



**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

**№ 7** 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 № 7 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 ЦГиЭ 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 ЦГиЭ 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 специалист по медицинской помощи в образовательных организациях Минздрава России по Уральскому федеральному округу (г. Екатеринбург, Российская Федерация)

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

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

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

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

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

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

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

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

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

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

Н.И. 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 ЦГиЭ Роспотребнадзора (г. Москва, Российская Федерация)

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

Н.А. Лебедева-Несверя д.социол.н., доц.; заведующий лабораторией методов анализа социальных рисков ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровьем 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 ФГБНУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова» Роспотребнадзора, заведующий базовой кафедрой эпидемиологии, микробиологии и паразитологии с Международным научно-образовательным Центром биологической безопасности в Институте наук о жизни и биомедицины ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»; заведующий лабораторией вирусологии ФНЦ биоразнообразия ДВО РАН (г. Владивосток, Российская Федерация)
- В.О. Щепин д.м.н., проф., членкор РАН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации; главный научный сотрудник, руководитель научного направления ФГБНУ «Национальный НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко» (г. Москва, Российская Федерация)

#### МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

## Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО

Рецензируемый  
научно-практический журнал

Том 30 № 7 2022

Выходит 12 раз в год

Основан в 1993 г.

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

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

#### Контакты редакции:

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

#### Издатель:

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

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

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

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

Опубликовано 29.07.2022  
Формат издания 60х84/8  
Печ. л. 10,75  
Тираж 1000 экз.  
Цена свободная

Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 7.  
С. 7–86.

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

# Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya – ZNI SO

## Public Health and Life Environment – PH&LE

Russian monthly peer-reviewed  
scientific and practical journal

Volume 30, Issue 7, 2022

Established in 1993

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

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

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

### The main objectives of the journal are:

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

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

Electronic manuscript submission at  
<https://zniso.fcgi.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 Gabrichovsky Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Moscow, Russian Federation

### Alexander V. Alekhnovich

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

### Sergey A. Balakhonov

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

### Natalia A. Bokareva

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

### Evgeniy L. Borshchuk

Dr. Sci. (Med.), Professor; Head of the First Department of Public Health and Health Care, Orenburg State Medical University, Orenburg, Russian Federation

### Nikolai I. Briko

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

### Vladimir B. Gurvich

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

### Tamara K. Dzagurova

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

### Sergey N. Kiselev

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

### Oleg V. Klepikov

Dr. Sci. (Biol.), Professor; Professor of the Department of 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-Neseyrya

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 7, 2022

Established in 1993

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

#### Editorial Contacts:

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

#### Publisher:

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

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

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

Subscription to the electronic version of  
the journal at <https://www.elibrary.ru>  
For advertising in the journal, please  
write to [zniso@fcgie.ru](mailto:zniso@fcgie.ru).

Published: July 29, 2022  
Publication format: 60x84/8  
Printed sheets: 10.75

Circulation: 1,000 copies  
Free price

*Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.*  
2022;30(7):7–86.

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

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

## СОДЕРЖАНИЕ

## ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ И СОЦИАЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ

Васильева Т.П., Ларионов А.В., Русских С.В., Зудин А.Б., Горенков Р.В., Васильев М.Д., Костров А.А., Хапалов А.А. Методический подход к организации мониторинга общественного здоровья Российской Федерации .....7

## МЕДИЦИНА ТРУДА

Бурганова А.М., Галиуллин А.Н., Галиуллин Д.А. Оценка влияния производственных факторов на формирование глаукомы .....18

## ГИГИЕНА ПИТАНИЯ

Короткова А.И., Багрянцева О.В., Соколов И.Е., Глиненко В.М. Вопросы безопасного использования БАД к пище на растительной основе (обзор) .....24

## ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

Шкарин В.В., Латышевская Н.И., Замараев В.С., Давыденко Л.А., Беляева А.В., Засядкина А.В., Тарабанов В.М. Оценка эффективности инновационного способа снижения микробной обсемененности воздуха учебных помещений (сообщение 1) .....33

## КОММУНАЛЬНАЯ ГИГИЕНА

Носков С.Н., Маркова О.Л., Еремин Г.Б., Зарицкая Е.В., Исаев Д.С. Количественное и качественное определение газов, образующихся на иловых площадках канализационно-очистных сооружений .....40

## ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

Бондаренко А.П., Курганова О.П., Троценко О.Е., Бурдинская Е.Н., Натякан Ю.А., Пшеничная Н.Ю., Огиенко О.Н. Сравнительный анализ бактериальной микрофлоры, выделенной от больных пневмонией и из внешней среды в лечебных учреждениях Амурской области .....48

Хабалова Н.Р., Лялина Л.В., Кафтырева Л.А. Результаты эпидемиологического и микробиологического мониторинга инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, в Республике Северная Осетия – Алания .....57

Водопьянов С.О., Водопьянов А.С., Олейников И.П., Монахова Е.В. Разработка схемы типирования токсигенных холерных вибрионов на основе данных биоинформационного анализа .....66

Коваленко И.С., Ситникова А.Л., Зинич Л.С., Якунин С.Н., Абибулаев Д.Э. Результаты мониторинга за иксодовыми клещевыми боррелиозами в Крыму (2015–2021 гг.) .....72

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

Из истории создания и развития санитарно-эпидемиологической службы Новосибирской области .....80

Из истории создания и развития санитарно-эпидемиологической службы Омской области .....84

## ЮБИЛЕИ

К 65-летию трудовой деятельности Архангельской Генриэтты Владимировны в Санкт-Петербургском научно-исследовательском институте радиационной гигиены .....86

## Public Health and Life Environment – PH&amp;LE / Volume 30, Issue 7, 2022

## CONTENTS

## ISSUES OF MANAGEMENT AND PUBLIC HEALTH

Vasilieva T.P., Larionov A.V., Russkikh S.V., Zudin A.B., Gorenkov R.V., Vasiliev M.D., Kostrov A.A., Khapalov A.A. Methodological approach to organizing public health monitoring in the Russian Federation..... 7

## OCCUPATIONAL MEDICINE

Burganova A.M., Galiullin A.N., Galiullin D.A. Assessment of the impact of occupational risk factors on the development of glaucoma..... 18

## NUTRITIONAL HYGIENE

Korotkova A.I., Bagryantseva O.V., Sokolov I.E., Glinenko V.M. Issues of safe use of plant-based food supplements: A review..... 24

## PEDIATRIC HYGIENE

Shkarin V.V., Lатышевская N.I., Zamaraev V.S., Davydenko L.A., Belyaeva A.V., Zasyadkina A.V., Tarabanov V.M. Evaluation of efficacy of an innovative method for reducing microbial air contamination in auditoriums: Part 1..... 33

## COMMUNAL HYGIENE

Noskov S.N., Markova O.L., Yeregin G.B., Zaritskaya E.V., Isaev D.S. Quantitative and qualitative determination of gases generated on sludge sites of sewage treatment plants ..... 40

## EPIDEMIOLOGY

Bondarenko A.P., Kurganova O.P., Trotsenko O.E., Burdinskaya E.N., Nattykan Yu.A., Pshenichnaya N.Yu., Ogienko O.N. Comparative analysis of bacterial microflora isolated from adult pneumonia inpatients and hospital objects in the Amur Region..... 48

Khabalova N.R., Lyalina L.V., Kaftyreva L.A. Results of epidemiological and microbiological monitoring of healthcare-associated infections in the Republic of North Ossetia-Alania ..... 57

Vodopyanov S.O., Vodopyanov A.S., Oleynikov I.P., Monakhova E.V. Elaboration of a toxigenic *Vibrio cholerae* typing scheme based on bioinformatics analysis data ..... 66

Kovalenko I.S., Sitnikova A.L., Zinich L.S., Yakunin S.N., Abibulaev D.E., Vladychak V.V., Poluektova O.A., Pidchenko N.N., Tikhonov S.N. Results of Ixodes tick-borne borreliosis monitoring in Crimea in 2015–2021 ..... 72

## MARKING THE CENTENARY OF THE RUSSIAN SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL SERVICE

Milestones in the history of the sanitary and epidemiological service in the Novosibirsk Region ..... 80

Milestones in the history of the sanitary and epidemiological service in the Omsk Region ..... 84

## ANNIVERSARIES

On the 65<sup>th</sup> work anniversary of Henrietta V. Arkhangelskaya at the St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene .....86



## Методический подход к организации мониторинга общественного здоровья Российской Федерации

Т.П. Васильева<sup>1</sup>, А.В. Ларионов<sup>1</sup>, С.В. Русских<sup>1,2</sup>, А.Б. Зудин<sup>1</sup>, Р.В. Горенков<sup>1</sup>,  
М.Д. Васильев<sup>1</sup>, А.А. Костров<sup>1</sup>, А.А. Хапалов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБНУ «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья имени Н.А. Семашко», ул. Воронцово Поле, д. 12, стр. 1, г. Москва, 105064, Российская Федерация  
<sup>2</sup> НИУ «Высшая школа экономики», ул. Мясницкая, д. 20, г. Москва, 101000, Российская Федерация

### Резюме

**Введение.** Всемирная организация здравоохранения определила термин «общественное здоровье» как медико-социальный ресурс и потенциал общества, однако на сегодня единого методического подхода к его оценке и внедрению в системе государственного управления предложено не было. Исследование раскрывает методический подход к организации мониторинга общественного здоровья в Российской Федерации. Актуальность данного исследования связана с необходимостью ориентации государственного регулирования на повышение качества жизни граждан, чего невозможно достичь без организации своевременного мониторинга общественного здоровья, принятия последующих управленческих решений, обеспечения непрерывности оказания медицинской помощи.

**Цель исследования:** разработка методического подхода по организации мониторинга общественного здоровья.

**Материалы и методы.** Проведен анализ и обобщение зарубежного и российского опыта на основе 37 нормативных правовых актов, научных публикаций зарубежных и отечественных авторов за период с 2008 года по настоящее время. Систематизированы методические рекомендации Всемирной организации здравоохранения, Международной организации по стандартизации и Организации экономического сотрудничества и развития с целью выявления обязательных элементов мониторинга общественного здоровья. Рекомендации ОЭСР "Handbook on Constructing Composite Indicators, Methodology and User Guide" и ВОЗ "The Urban Health Index" применяются при определении порядка расчета индексов состояния общественного здоровья.

**Результаты.** Впервые разработан методический подход к построению мониторинга общественного здоровья Российской Федерации, включая критерии его оценки как медико-социального ресурса, предполагающий расчет стратегического и оперативного индекса состояния общественного здоровья. Методический подход раскрывает порядок реализации организационных и процессных элементов. Организационные элементы связаны с администрированием мониторинга, в то время как процессные раскрывают порядок расчета показателей общественного здоровья. Помимо определения индикативных и критических значений индексов, представляется целесообразным также осуществление мониторинга отдельных показателей, применяемых при расчете индексов, таких как «численность населения младше репродуктивного возраста», «численность населения младше трудоспособного возраста», «численность населения, охваченного вакцинацией» и т. д.

**Заключение.** Реализация методического подхода позволит обеспечить как совокупный контроль состояния общественного здоровья, так и мониторинг отдельных его направлений. Расчет оперативного индекса позволит корректировать действия органов власти на ежемесячной основе, в то время как оценка стратегического индекса позволит повышать результативность мероприятий, реализуемых в рамках системы стратегического планирования.

**Ключевые слова:** общественное здоровье, мониторинг, показатели общественного здоровья, риски, государственное управление.

**Для цитирования:** Васильева Т.П., Ларионов А.В., Русских С.В., Зудин А.Б., Горенков Р.В., Васильев М.Д., Костров А.А., Хапалов А.А. Методический подход к организации мониторинга общественного здоровья Российской Федерации // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 7. С. 7–17. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-7-17>

### Сведения об авторах:

**Васильева** Татьяна Павловна – д.м.н., профессор, Заслуженный врач Российской Федерации, руководитель научного направления «Теоретические закономерности формирования общественного здоровья и здоровье сбережение» ФГБНУ «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья имени Н.А. Семашко»; e-mail: [vasileva\\_tp@mail.ru](mailto:vasileva_tp@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4831-1783>.

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

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

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

**Горенков** Роман Викторович – д.м.н., ведущий научный сотрудник, отдел изучения образа жизни и охраны здоровья населения ФГБНУ «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья имени Н.А. Семашко»; e-mail: [rogorenkov@mail.ru](mailto:rogorenkov@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3483-7928>.

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

**Костров** Алексей Александрович – руководитель лаборатории информатизации, автоматизации и искусственного интеллекта ФГБНУ «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья имени Н.А. Семашко»; e-mail: [kostrov@profit.ru](mailto:kostrov@profit.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7566-212X>.

**Хапалов** Алексей Александрович – научный сотрудник лаборатории информатизации, автоматизации и искусственного интеллекта ФГБНУ «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья имени Н.А. Семашко»; e-mail: [info@nrph.ru](mailto:info@nrph.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9079-9909>.

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

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

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

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

Статья получена: 27.06.22 / Принята к публикации: 08.07.22 / Опубликовано: 29.07.22

## Methodological Approach to Organizing Public Health Monitoring in the Russian Federation

Tatyana P. Vasilieva,<sup>1</sup> Alexander V. Larionov,<sup>1</sup> Sergey V. Russkikh,<sup>1,2</sup> Alexandr B. Zudin,<sup>1</sup> Roman V. Gorenkov,<sup>1</sup> Mikhail D. Vasiliev,<sup>1</sup> Alexey A. Kostrov,<sup>1</sup> Alexey A. Khapalov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> N.A. Semashko National Research Institute of Public Health, Bldg 1, 12 Vorontsovo Pole Street, Moscow, 105064, Russian Federation

<sup>2</sup> Higher School of Economics, 20 Myasnitskaya Street, Moscow, 101000, Russian Federation

### Summary

**Introduction:** The World Health Organization has defined the term “public health” as a sociomedical resource and potential of the society but no common methodological approach to its assessment and implementation in the public administration system has been proposed so far. Our study reveals a methodological approach to organizing public health monitoring in the Russian Federation. The relevance of this study is related to the need to focus government regulation on improving the quality of life of citizens, which cannot be achieved without duly monitoring of public health, subsequent managerial decision-making, and ensuring the continuity of health care.

**Objective:** To develop a methodological approach to organization of public health monitoring.

**Materials and methods:** Foreign and Russian experience was reviewed and analyzed based on 37 regulations and scientific papers of foreign and domestic authors published from the year 2008 to the present. We have also systematized guidelines issued by the World Health Organization, the International Organization for Standardization, and the Organization for Economic Cooperation and Development to identify mandatory components of public health monitoring. The OECD “Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide” and the WHO “Urban Health Index” are used in determining the procedure for calculating public health indices.

**Results:** We have developed the first methodological approach to constructing monitoring of public health in the Russian Federation that includes criteria of its evaluation as a sociomedical resource, involving calculation of the strategic and operational index of public health status. This approach reveals the order of implementation of organizational and process elements. Organizational elements are related to monitoring administration while process elements reveal the procedure for calculating public health indices. In addition to determining the indicative and critical values of the indices, it also seems appropriate to monitor individual indicators used in calculating the indices, such as the size of “population of pre-reproductive age”, “population under the working age”, “population covered by vaccination”, etc.

**Conclusion:** The implementation of the methodological approach will ensure both the overall control of public health and monitoring of its individual areas. The calculation of the operational index will facilitate adjustment of actions of the authorities on a monthly basis while the assessment of the strategic index will increase the effectiveness of activities implemented within the framework of the strategic planning system.

**Keywords:** public health, monitoring, public health indicators, risks, public administration.

**For citation:** Vasilieva TP, Larionov AV, Russkikh SV, Zudin AB, Gorenkov RV, Vasiliev MD, Kostrov AA, Khapalov AA. Methodological approach to organizing public health monitoring in the Russian Federation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(7):7-17. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-17>

### Author information:

Tatyana P. Vasilieva, Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Doctor of the Russian Federation, Head scientific of the Research Direction “Theoretical Patterns of Public Health Formation and Health Maintenance”, N.A. Semashko National Research Institute of Public Health; e-mail: vasilieva\_tp@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4831-1783>.

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

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

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

Roman V. Gorenkov, Dr. Sci. (Med.), Leading Researcher, Department of Lifestyle Studies and Public Health Protection, N.A. Semashko National Research Institute of Public Health; e-mail: rogorenkov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3483-7928>.

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

Alexey A. Kostrov, Head of the Laboratory of Informatization, Automation and Artificial Intelligence, N.A. Semashko National Research Institute of Public Health; alexey.kostrov@profite.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7566-212X>.

Alexey A. Khapalov, Researcher, Laboratory of informatization, Automation and Artificial Intelligence, N.A. Semashko National Research Institute of Public Health; e-mail: info@nrph.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9079-9909>.

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

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

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

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

Received: June 27, 2022 / Accepted: July 8, 2022 / Published: July 29, 2022

**Введение.** Исследование раскрывает методический подход к организации мониторинга состояния общественного здоровья в Российской Федерации<sup>1</sup>. Пандемия COVID-19 продемонстрировала актуальность совершенствования системы ранней идентификации угроз в сфере общественного здоровья с целью их возможного предупреждения и снижения негативных послед-

ствий [1]. Своевременная медицинская помощь, профилактика возникновения заболеваний способны значительно повысить качество жизни граждан. В соответствии с Указом Президента РФ от 21 июля 2020 г. № 474<sup>2</sup> (далее – Указ Президента РФ № 474) одной из ключевых национальных целей выступает «сохранение населения, здоровье и благополучие людей». Таким образом, создание

<sup>1</sup> Исследование проводится в рамках государственного задания с целью научного обоснования стратегии противодействия рискам снижения качества общественного здоровья.

<sup>2</sup> Указ Президента РФ от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года».

системы мониторинга сочетается со стратегическими ориентирами Российской Федерации. Вместе с тем, принимая в расчет требования Федерального закона от 28.06.2014 № 172-ФЗ<sup>3</sup>, помимо акцента на достижение стратегических ориентиров необходимо обеспечить достижение целей национальной безопасности.

С учетом возрастающих рисков в сфере общественного здоровья создаваемая система мониторинга должна стремиться к раскрытию информации в режиме реального времени. Последнее необходимо для принятия своевременных управленческих решений органами власти, обладающими соответствующими компетенциями в сфере охраны общественного здоровья. Вместе с тем периодичность публикации статистической информации ограничивает возможности создания системы мониторинга, позволяющего получать данные с минимальным временным лагом. По ряду статистических показателей, характеризующих состояние общественного здоровья, лаг может достигать 2 года. В результате органы власти, ответственные за улучшение общественного здоровья, ориентируются на предыдущие данные при принятии текущих управленческих решений, что снижает их результативность за счет невозможности своевременного реагирования на возрастающие риски. Необходимо разработать подход, позволяющий результативно использовать доступную информацию для идентификации рисков нарушения общественного здоровья на ранней стадии.

**Цель исследования:** разработка методического подхода по организации мониторинга общественного здоровья.

**Материалы и методы.** Проведен анализ и обобщение зарубежного и российского опыта на основе 37 нормативных правовых актов, научных публикаций зарубежных и отечественных авторов за период с 2008 года по настоящее время. Систематизированы методические рекомендации Всемирной организации здравоохранения, Международной организации по стандартизации и Организации экономического сотрудничества и развития с целью выявления обязательных элементов мониторинга общественного здоровья. Рекомендации ОЭСР “Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide”<sup>4</sup> и ВОЗ “Urban Health Index”<sup>5</sup> применяются при определении порядка расчета индексов состояния общественного здоровья.

**Результаты.** В исследовании раскрывается методический подход, предполагающий сбор данных для расчета двух показателей общественного здоровья как медико-социального ресурса: стратегического индикатора состояния общественного здоровья (далее — стратегический ИОЗ) и оперативного индикатора общественного здоровья (далее — оперативный ИОЗ), а также двух индикаторов риска его снижения: стратегического индикатора детерминант общественного здоровья (далее — стратегический ИДОЗ) и оперативного индикатора детерминант общественного здоровья (далее — оперативный ИДОЗ)<sup>6</sup>. Использование

стратегического ИОЗ позволяет анализировать сложившиеся тренды в изменении динамики показателей общественного здоровья, в то время как оперативный ИОЗ позволяет получать информацию в разрезе регионов с минимально возможным временным лагом в один месяц. С учетом перспектив развития цифровизации в сфере здравоохранения возможно ожидать повышение точности сбора информации, собираемой посредством оперативного ИОЗ [2].

Расчет ИОЗ и его детерминант возможно проводить как на федеральном, так и на региональном уровне. При реализации системы мониторинга общественного здоровья как медико-социального ресурса необходимо учитывать высокую дифференциацию данной характеристики в зависимости от регионов России [3]. Подход к управлению общественным здоровьем на основе мониторинга должен обеспечивать возможность адресного решения проблем в сфере общественного здоровья. Мониторинг общественного здоровья в регионах должен базироваться на индивидуальных индикативных и критических значениях показателей. Использование единых пороговых значений, определенных для Российской Федерации в целом, не позволит учесть особенности каждого региона. Реализация мониторинга на практике требует разработку методического подхода, позволяющего обеспечить бесперебойность процесса сбора и интерпретации информации о состоянии общественного здоровья.

С целью реализации мониторинга необходимо определить сферы, по которым собирается информация для оценки состояния общественного здоровья. В соответствии с Уставом Всемирной организации здравоохранения термин «здоровье» предполагает «состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических дефектов»<sup>7</sup>. В то же время специалисты ВОЗ дают определение общественному здоровью как медико-социальному ресурсу, обеспечивающему национальную безопасность страны, что правомерно, так как именно здоровье является ресурсом, которым владеет человек и общество и который используется ими в процессе всей жизни.

Порядок проведения мониторинга общественного здоровья предполагает реализацию двух основных аспектов: организационных элементов и процессных аспектов, связанных с непосредственным расчетом ИОЗ и его детерминант. Организационные аспекты необходимы для реализации бесперебойной системы мониторинга общественного здоровья, в то время как процессные аспекты позволяют проводить расчеты на практике. Непосредственный расчет ИОЗ и его детерминант связан с реализацией конкретных аналитических процедур для количественной оценки общественного здоровья, проведения дальнейшей интерпретации полученных результатов. Вместе с тем сам мониторинг общественного здоровья является циклическим процессом, включающим семь этапов (рис. 1).

<sup>3</sup> Федеральный закон от 28.06.2014 № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации».

<sup>4</sup> Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. OECD; 2008.

<sup>5</sup> WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. The Urban Health Index: A Handbook for its Calculation and Use I. World Health Organization; 2014.

<sup>6</sup> Порядок расчета ИДОЗ и ИОЗ во многом совпадает.

<sup>7</sup> Устав ВОЗ. URL: <https://www.who.int/ru/about/governance/constitution> (дата обращения: 31.05.2022).

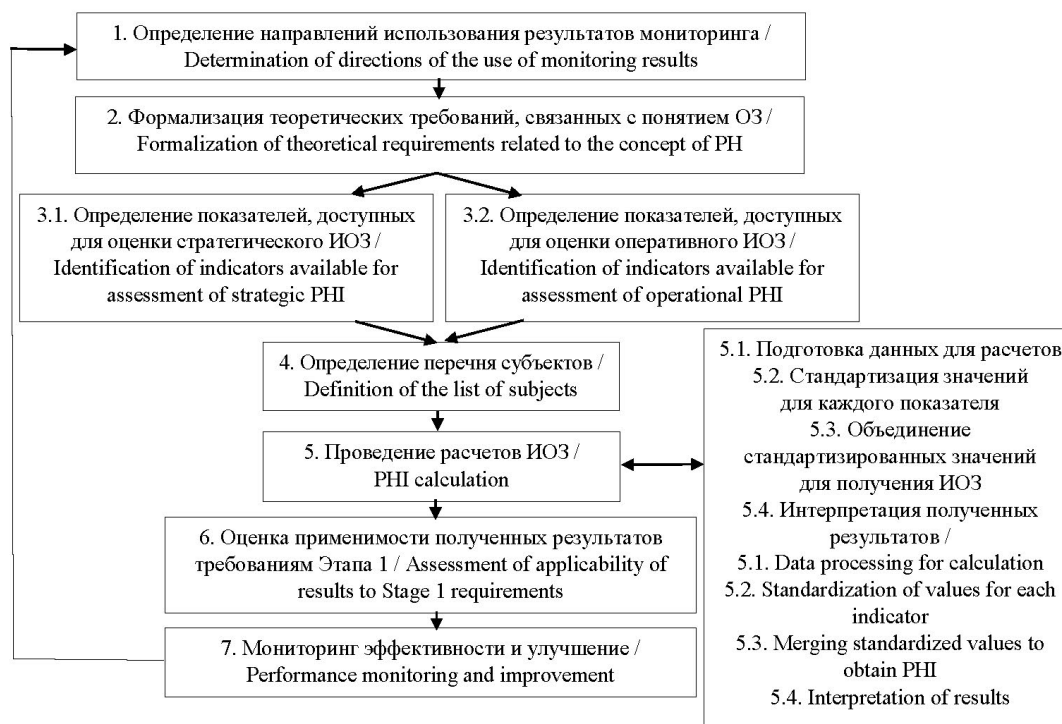


Рис. 1. Этапы реализации мониторинга состояния общественного здоровья в регионах России<sup>8</sup>  
Fig. 1. Stages of public health monitoring in Russian regions (PH, public health; PHI, public health index)

### 1. Определение направлений использования результатов мониторинга

Прежде всего целесообразно определить цель проведения мониторинга общественного здоровья. Ключевой целью мониторинга общественного здоровья выступает оценка степени достижения стратегического ориентира «сохранение населения, здоровье и благополучие людей», определенного в соответствии с Указом Президента РФ № 474. Данная задача является стратегической для всей системы мониторинга. Вместе с тем органы власти могут дополнительно определить операционные цели, способствующие достижению ключевого стратегического ориентира. Возможно определить следующие доступные операционные цели:

- оценка степени соблюдения требования национальной безопасности в контексте охраны общественного здоровья;
- оценка трендов в сфере изменения состояния общественного здоровья;
- мониторинг эффективности и результативности системы государственного управления в сфере охраны общественного здоровья [4];
- получение оперативных данных, позволяющих скорректировать действия региональных органов власти, обладающих необходимыми полномочиями в сфере общественного здоровья;
- получение данных, позволяющих скорректировать механизмы бюджетирования в рамках стратегического планирования [5];
- иные цели.

Необходимо на регулярной основе осуществлять анализ применимости результатов мониторинга с позиции их сопряженности с поставленными целями. При этом методика расчета ИОЗ и его

детерминант должна быть по возможности неизменной с целью обеспечения сравнимости полученных результатов во времени. В случае возникновения уникальных целей на конкретный год возможен расчет отдельных показателей, актуальных для конкретного периода времени и операционной задачи.

### 2. Формализация теоретических требований, связанных с понятием общественного здоровья

Представленное ранее определение демонстрирует, что общественное здоровье является комплексным понятием, мониторинг которого требует применения целого набора статистических показателей. Выбранные показатели должны раскрывать все возможные аспекты общественного здоровья. Точность выбора показателей зависит от всестороннего определения изучаемого понятия<sup>9</sup>. Общественное здоровье как ресурс зависит от двух групп составляющих: медицинского и социального ресурса (рис. 2).

Социальный ресурс предполагает учет размерности общества в целом, численности людей, проживающих на определенной территории, размерности отдельных страт общества, в том числе страт, обеспечивающих восполнение численности общества (население репродуктивного возраста); страт, обеспечивающих восполнение жизненно необходимых материальных и духовных благ и военного человеческого ресурса (население трудоспособного возраста, население старше трудоспособного возраста, сохранившего трудоспособность), а также страт, создающих социальный резерв для восполнения этих составляющих. К стратам, создающим социальный резерв, относятся: «население младше трудоспособного возраста»,

<sup>8</sup> Составлено авторами с учетом: WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. The Urban Health Index: A Handbook for its Calculation and Use I. World Health Organization; 2014.

<sup>9</sup> Handbook on Constructing Composite Indicators. Methodology and user guide. OECD. 2008.

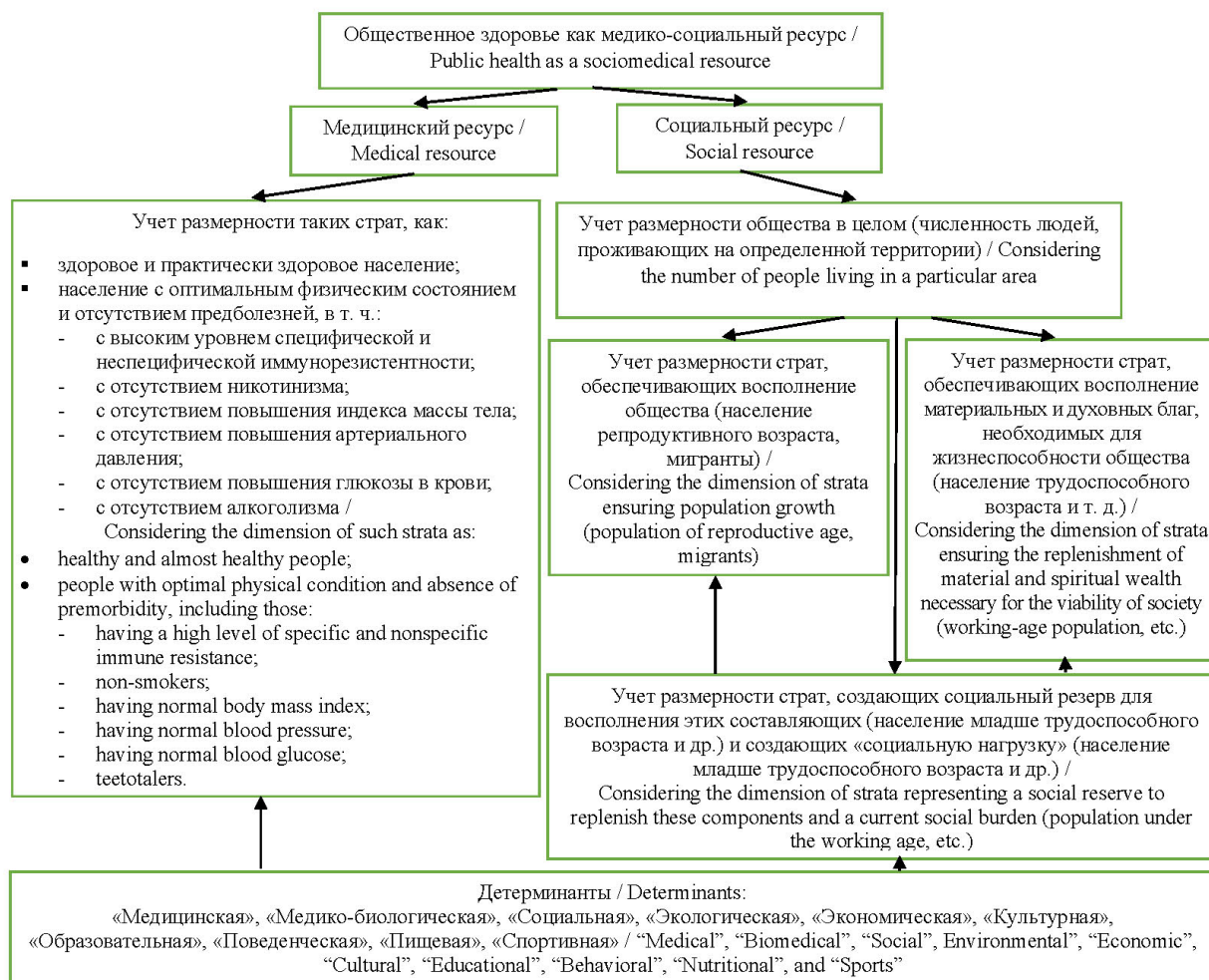


Рис. 2. Структуризация составляющих общественного здоровья и детерминант, определяющих его состояние  
Fig. 2. Structuring of the components of public health and its determinants

«население младше репродуктивного возраста», «население младше «военноспособного» возраста», «население старше трудоспособного возраста, сохранившее мотивацию к трудовой деятельности» и другие. В свою очередь медицинский ресурс предполагает учет численности таких страт, как здоровое и практически здоровое население, население с оптимальным физическим состоянием, в том числе с высоким уровнем специфической и неспецифической иммунорезистентности, отсутствием никотинизма, повышения массы тела, артериального давления, глюкозы в крови, алкоголизма и других факторов риска и предболезней, с дееспособностью. Когда есть социальный ресурс, общество может воспроизводиться и воспроизводить материальные, духовные ценности с целью развития [6]. Когда есть медицинский ресурс, общество может сохранять свое физическое состояние. Совокупное состояние общественного здоровья как медико-социального ресурса обеспечивает безопасность и устойчивость общества.

На социальный ресурс, как и на медицинский ресурс, влияют детерминанты, включающие факторы здоровья и факторы риска болезней, снижения жизненного и трудового потенциала населения и других явлений. При этом для управления формированием общественного здоровья необходимо учитывать иерархию рисков, определенную наличием индивидуального, груп-

пового популяционного, общественного уровней формирования факторов риска.

Таким образом, организация мониторинга общественного здоровья означает не только контроль показателей, связанных с размерностью общества, но и показателей, учитывающих физическое, душевное и социальное благополучие общества, в частности связанных с «интеллектуальностью», «счастьем» населения, ожиданиями и т. д.

Для характеристики описанных выше структурных компонентов общественного здоровья необходимо сформировать набор показателей (индикаторов), позволяющих провести их оценку.

### 3. Определение показателей, доступных для оценки ИОЗ и его детерминант

Выбор показателей для расчета ИОЗ и его детерминант предполагает использование как экспертных методов оценки, так и статистических характеристик. На данном этапе необходимо составить исчерпывающий перечень характеризующих состояние обеих составляющих общественного здоровья как медико-социального ресурса, доступных для анализа. При этом в дальнейшем после запуска мониторинга общественного здоровья перечень показателей должен, по возможности, оставаться неизменным. Соответственно, данный этап должен быть осуществлен на стадии внедрения мониторинга общественного здоровья. Определение показателей, доступных для оценки

ИОЗ и его детерминант, включает четыре основных этапа (рис. 3).

*Этап 1. Составление перечня доступных показателей.* Перечень должен включать сбалансированный набор показателей, позволяющих комплексно оценить общественное здоровье и состояние его детерминант. На данном этапе необходимо сформировать максимально доступный набор показателей, публикуемых в открытых источниках, таких как Росстат. Информация, содержащаяся в сформированном наборе, должна включать следующие характеристики: описание показателя; отнесение показателя к определенному уровню; отнесение показателя к определенному подуровню; единица измерения; временная доступность с учетом периодичности его измерения и публикации (ежегодный, ежеквартальный, ежемесячный, еженедельный); географическая доступность с учетом получения по всей территории Российской Федерации, статистическая доступность с учетом источника получения информации, а также вывод относительно возможности использования показателя при оценке ИОЗ и его детерминант.

Примерами показателей (индикаторов), доступных для расчета стратегического ИОЗ, являются «численность женского населения 15–49 лет», «численность мужского населения 15–49 лет», «численность трудоспособного населения», «численность мужского трудоспособного населения», «численность населения с 1-й группой здоровья», «численность населения со 2-й группой здоровья», «численность населения младше репродуктивного возраста», «численность населения младше трудоспособного возраста», «численность населения старше трудоспособного возраста», численность охваченных вакцинацией и т. д. Для расчета стратегического ИОЗ необходимо учитывать детерминанты, такие как обеспеченность общей площадью жилых домов в расчете на 1 человека, число больничных коек на 10 тыс. населения, число мест в дошкольных учреждениях в расчете на 100 дошкольников, количество городов со сверхнормальной загрязненностью воздуха вредными

веществами и т. д.<sup>10</sup> Данная категория показателей доступна на ежегодной основе на территории всей страны и ее субъектов, в источниках официальной статистики, а следовательно, может применяться для учета существующих трендов развития в сфере общественного здоровья, оценки успешности реализации стратегических документов.

Показатели, используемые для оценки оперативного ИОЗ и его детерминант, на данный момент недоступны по всем подуровням общественного здоровья. В этой связи для расчета оперативного ИОЗ и его детерминант должны быть составлены доступные на ежемесячной основе наборы показателей. К таким показателям, в частности, возможно отнести: число зарегистрированных умерших по основным классам и отдельным причинам смерти; объем платных услуг населению (оперативные данные) с 2017 года (медицинские услуги); число зарегистрированных родившихся и т. д.

В случае успешного внедрения мониторинга общественного здоровья возможно также построение оперативного ИОЗ и его детерминант на еженедельной основе. На еженедельной основе, в частности, возможно использовать показатели количества вызовов скорой помощи, смертность в регионе, а также информацию о волатильности денежных потоков в Платежной системе Банка России<sup>11</sup>. Для расчета оперативного ИОЗ необходимо применять показатели с минимальным уровнем «морального риска», «асимметрии информации» [7]. Лучшим примером такого показателя является «Количество вызовов скорой помощи, случаев». Данный показатель собирается напрямую от сотрудников бюджетных учреждений.

С учетом опыта ЕС общее количество показателей, характеризующих состояние общественного здоровья, должно быть в диапазоне от 80 до 100 показателей, используемых для оценки стратегического ИОЗ<sup>12</sup>. Для оценки оперативного ИОЗ, вероятно, будет применяться меньшее количество показателей. Последнее связано с тем, что оперативный ИОЗ будет направлен на выявление факта роста рисков в сфере сохранения

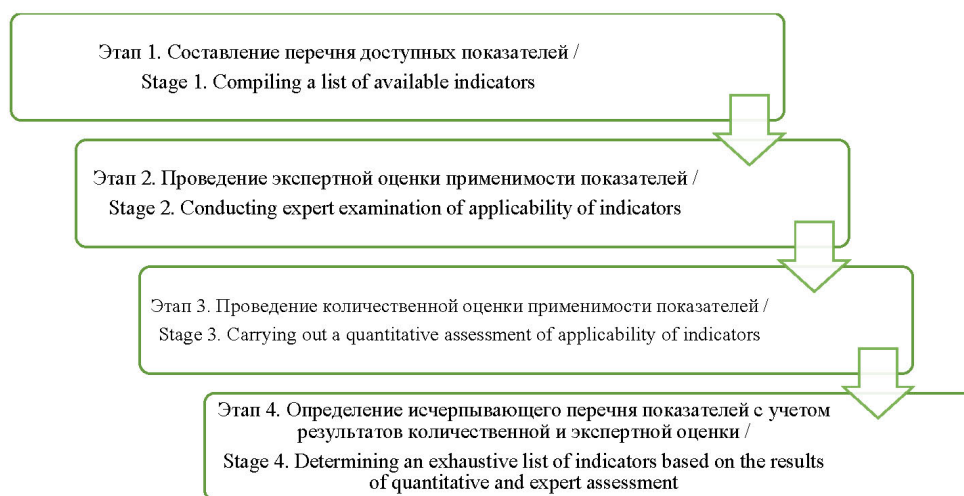


Рис. 3. Этапы, реализуемые для составления исчерпывающего перечня показателей

Fig. 3. Stages implemented to compile an exhaustive list of public health indices

<sup>10</sup> Экономический анализ хозяйственной деятельности, под редакцией А.Д. Шеремета. Москва: Издательство «Экономика», 1979.

<sup>11</sup> Мониторинг отраслевых финансовых потоков, № 3 (60), Банк России, 10.03.2022.

<sup>12</sup> The European Core Health Indicators.

общественного здоровья на ранней стадии. Кроме того, при включении индикатора в перечень стратегического и оперативного ИДОЗ необходим учет доказательности влияния на индикаторы общественного здоровья.

**Этап 2. Проведение экспертной оценки применимости показателей.** На втором этапе необходимо с помощью экспертных оценок определить соответствие выбранного показателя характеристике общественного здоровья<sup>13</sup>. Для этого необходимо сформировать экспертную группу, которая должна будет оценить значимость показателей [8]. При проведении экспертной оценки возможно попросить экспертов оценивать соответствие показателей с помощью шкалы Ликерта [9]. Помимо прочего, экспертную оценку возможно осуществлять с помощью оценки показателей на соответствие критериям SMART, CREAM, 4C, RACER (табл. 1).

Оценка соответствия критериям проводится также экспертно. В случае если показатель соответствует критериям, то он должен быть включен в перечень показателей мониторинга общественного здоровья.

**Этап 3. Проведение количественной оценки применимости показателей.** Данный этап предполагает проведение количественных оценок с целью определения применимости показателей для характеристики общественного здоровья. Возможна реализация следующих процедур:

**Проведение регрессионного анализа.** При проведении регрессионного анализа необходимо проводить оценку значимости показателей. В качестве объясняемой переменной целесообразно выбрать стратегический показатель «ожидаемая продолжительность жизни». Все факторы, планируемые к использованию в качестве показателей общественного здоровья и его детерминант, должны быть включены в регрессию в качестве объясняющих переменных. Коэффициенты в регрессии позволяют оценить вклад каждого показателя в характеристику общественного здоровья как медико-социального ресурса, а также в характеристику детерминант, определяющих его состояние.

**Учет вариативности рассматриваемого показателя между территориями.** При проведении региональных сравнений необходимо выбирать показатели, демонстрирующие вариативность в зависимости от региона<sup>14</sup>. Если показатель является единым для всех регионов, то такой показатель не позволит провести ранжировку регионов в зависимости от состояния общественного

здоровья и его детерминант. Соответственно, такой показатель должен быть исключен из анализа. Слишком высоковолатильный показатель также должен предметно рассматриваться с позиции оценки возможности его включения для анализа.

**Исключение сильно коррелируемых показателей.** Показатели, демонстрирующие слишком высокий уровень корреляции, должны быть исключены из анализа. Данный факт связан с тем, что в индексе не должно быть показателей, объясняющих один и тот же аспект общественного здоровья<sup>15</sup> или его детерминант. Корреляционный анализ позволяет провести оценку степени взаимосвязи с целью выбора наиболее значимых показателей. Примером сильно коррелируемых показателей является валовый региональный продукт и валовый региональный продукт на душу населения.

**Доступность данных для анализа.** Необходимо обеспечить, чтобы показатели, используемые в рамках мониторинга, были доступны для оценки. Для этого целесообразно определить наличие данных о фактическом значении показателя в источниках, публикуемых официальными органами власти, такими как Росстат, Минздрав России.

**Этап 4. Определение исчерпывающего перечня показателей с учетом результатов количественной и экспертной оценки.** После проведения количественной и экспертной оценки необходимо объединить полученные результаты с целью получения исчерпывающего перечня показателей, группировки показателей по доменам общественного здоровья, его социальной и медицинской составляющей. Перечень показателей, по возможности, в дальнейшем не должен изменяться. При получении обновленного показателя данный показатель должен автоматически попадать в базу данных с целью расчета ИОЗ и ИДОЗ.

#### 4. Определение перечня субъектов

После составления желаемого перечня показателей, относящихся к определенному подуровню, необходимо выбрать территории, по которым будет осуществляться мониторинг общественного здоровья. Возможно проводить оценку в разрезе федеральных округов, а также по отдельным регионам. С позиции достижения целей устойчивого развития мониторинг общественного здоровья целесообразно проводить кроме национального уровня прежде всего на региональном уровне, что связано с достаточным объемом используемых данных. В ряде случаев возможно проведение оценки и на муниципальном уровне. Необходимо

Таблица 1. Классификация характеристик, позволяющих оценить качество показателей<sup>16</sup>

Table 1. Classification of characteristics enabling indicator quality assessment

| Критерии / Criteria | Характеристики / Characteristics                                                                                                              |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SMART               | Конкретный, измеримый, достижимый, соответствующий, срочный (привязанный ко времени) / Specific, measurable, achievable, relevant, time-bound |
| CREAM               | Понятный, подходящий, экономичный, адекватный, проверяемый / Clear, relevant, economical, adequate, monitorable                               |
| 4C                  | Четкость, полнота, комплексность, непротиворечивость / Clarity, completeness, complexity, consistency                                         |
| RACER               | Соответствующий, приемлемый, убедительный, простой, надежный / Relevant, acceptable, credible, easy, robust                                   |

<sup>13</sup> Государственный стандарт ГОСТ 23554.0-79 «Экспертные методы оценки качества промышленной продукции».

<sup>14</sup> WHO Library Cataloguing-in-Publication Data The Urban Health Index: A Handbook for its Calculation and Use I. World Health Organization. 2014.

<sup>15</sup> Handbook on Constructing Composite Indicators METHODOLOGY AND USER GUIDE. OECD. 2008.

<sup>16</sup> Государственное управление: теория, функции, механизмы [Текст] : учеб. пособие / Н. Е. Дмитриева и др.; под науч. ред. А.В. Клименко; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2022. 276 с.

определить субъекты, по которым оценка проводится на регулярной основе (ежегодной и ежемесячной). Также в отдельные периоды при условии наличия данных возможно включить дополнительные территории с целью адресной оценки общественного здоровья и детерминант, определяющих его состояние. Проведение адресного мониторинга должно осуществлять специализированное учреждение, обладающее соответствующими компетенциями.

#### 5. Проведение расчетов ИОЗ и детерминант, определяющих его состояние

После составления исчерпывающего перечня показателей определения целевых регионов необходимо провести оценку ИОЗ. Проведение подобной оценки должно осуществляться на регулярной основе. Для оперативного мониторинга оценка должна проводиться на ежемесячной основе, в то время как для стратегического — на ежегодной основе<sup>17</sup>. Проведение расчета ИОЗ и его детерминант предполагает реализацию четырех ключевых этапов: подготовка данных для расчетов; стандартизация значений для каждого показателя; объединение стандартизированных значений для получения интегральной оценки; интерпретация полученных результатов.

##### 5.1. Подготовка данных для расчетов

Данные для расчетов должны подгружаться в систему автоматически посредством парсинга сайтов, на которых размещаются статистические показатели, используемые для оценки ИСОЗ. После получения набора показателей необходимо реализовать ряд процедур:

*При загрузке данных требуется проверить наличие пропусков среди показателей.* В случае наличия пропусков необходимо использовать техники по восстановлению недостающих данных. Наличие большого количества пропусков может являться основанием для исключения показателя из расчета интегральной оценки общественного здоровья и его детерминант.

*Требуется обеспечить необходимую ранжировку данных.* Данные должны быть проранжированы исходя из логики, что большее значение показателя будет отражать лучшее состояние общественного здоровья. Более низкие значения показателей будут отражать худшее состояние общественного здоровья и лучшее состояние детерминант его снижения. Для показателей с негативным эффектом необходимо рассчитать показатели «перевертыши». Классическим примером такого показателя является безработица [10]. Чем выше уровень безработицы, тем хуже состояние общественного здоровья. Предположим, что уровень безработицы составляет 6 %. Для расчета индекса необходимо высчитать «перевертыш», показатель, обратный от уровня безработицы. Сделать это возможно за счет расчета доли людей, которые не являются безработными. Для рассматриваемого примера такое значение составляет 94 %. Рассчитать показатели «перевертыши» необходимо для всех показателей, имеющих негативные эффекты. Проведение подобных расчетов необходимо для лучшей интерпретации ИОЗ и его детерминант.

*Исключить показатели с сильной негативной корреляцией.* В расчет необходимо включать данные, которые демонстрируют положительную корреляцию или корреляцию, близкую к нулю. Положительная корреляция означает, что увеличение одной переменной связано с ростом другой переменной. Если между показателями наблюдается сильно негативная корреляция, то существуют противоречия при изменении показателей. В результате подобные показатели в дальнейшем должны быть исключены из анализа.

Необходимо отметить, что описанные выше процедуры возможно применить на стадии пилотного запуска мониторинга общественного здоровья. С учетом полученных результатов возможно принять решение об исключении показателя из перечня показателей, используемых для расчета ИОЗ и индикатора детерминант его состояния.

##### 5.2. Стандартизация значений для каждого показателя

Стандартизация показателя приведет к тому, что полученное значение ИОЗ будет варьировать от 0 до 1 [11]. Стандартизация показателя может происходить с использованием подхода, изложенного в стандарте ВОЗ. Стандартизация показателей должна происходить по всем показателям, используемым для оценки оперативного и стратегического ИОЗ, а также индикаторов детерминант его состояния.

##### 5.3. Объединение стандартизированных значений для получения ИОЗ и его детерминант

Для расчета оперативного и стратегического ИОЗ, с учетом международной практики, необходимо рассчитать среднее геометрическое по всем стандартизированным значениям показателей. Среднее геометрическое значение должно быть рассчитано отдельно для стратегического и оперативного ИОЗ и детерминант, определяющих его состояние.

##### 5.4. Интерпретация полученных результатов

После получения значений необходимо провести интерпретацию полученных результатов. В литературе периодически поднимается вопрос о том, насколько разрозненные показатели возможно собрать для анализа отдельного индекса<sup>18</sup>. Для того чтобы повысить интерпретируемость полученных результатов, представляется целесообразным осуществлять анализ полученных значений ИОЗ, а также анализ динамики отдельных показателей, используемых для расчета ИОЗ, соответственно, его детерминант. Подобный подход пересекается с подходом Международной организации по стандартизации в части управления рисками. В соответствии со стандартом ГОСТ Р ИСО 31000—2019<sup>19</sup> при оценке рисков происходит оценка критериев риска. Критерии риска могут быть установлены как по совокупному риску, так и по отдельному виду. Необходим контроль достигнутых значений показателей как по самим ИОЗ/ИДОЗ, так и по отдельным показателям, используемым для расчета ИОЗ/ИДОЗ.

Для этого необходимо определить индикативное и критическое значение ИОЗ/ИДОЗ (рис. 4). Индикативное значение показателя отражает

<sup>17</sup> Подход, применимый для расчета ИСОЗ раскрыт в «The Urban Health Index, World Health Organization, 2014». В настоящем методическом подходе рассматривается именно подход, изложенный в указанном официальном документе Всемирной организации здравоохранения, адаптированный к отечественной практике.

<sup>18</sup> The Urban Health Index. World Health Organization. 2014.

<sup>19</sup> Государственный стандарт ГОСТ 23554.0-79 «Экспертные методы оценки качества промышленной продукции».

то целевое значение, которое предполагается достичь посредством использования инструментов стратегического планирования. Достижение критических значений будет отражать нарушение требований национальной безопасности в сфере общественного здоровья.

Соответственно, если показатель попадает в диапазон ниже критического значения, то возможно говорить о нарушении требований национальной безопасности (красная зона). Если показатель будет выше индикативного, то возможно говорить о достижении стратегического ориентира в сфере общественной безопасности (зеленая зона). Значения между индикативным и критическим могут рассматриваться с позиции оценки эффективности государственной политики в сфере общественного здоровья (желтая зона).

Достижение критического значения ИОЗ будет отражать системные проблемы в сфере общественной безопасности. В то же время достижение критического значения по отдельному показателю или в отдельном регионе демонстрирует возникновение локальных кризисов. Принятие решения о нарушении требований национальной безопасности на основе анализа отдельного показателя не всегда целесообразно. Требуется установить некоторый пороговый уровень интегральной оценки, определяемый по количеству показателей, для которых было достигнуто критическое значение.

#### 6. Оценка применимости полученных результатов требованиям Этапа 1

После проведения расчетов необходимо оценить, насколько полученные результаты применимы для принятия решений органами власти, ответственными за охрану общественного здоровья. В частности, в случае достижения критических значений по отдельному показателю целесообразно направить соответствующий запрос в региональный орган власти с целью выяснения причин, приведших к снижению общественного здоровья. Впоследствии могут быть приняты управленческие решения в части увеличения объемов финансирования, оказания конкретной помощи за счет перераспределения доступных ресурсов системы здравоохранения и других систем. Таким образом, мониторинг общественного здоровья может позволить решить проблемы, связанные с существованием мягких бюджетных ограничений [12].

В регионы, достигающие установленных индикативных значений, могут быть, наоборот, направлены запросы с выяснением причин успеха в части достижения значимых результатов в сфере обеспечения общественного здоровья и детерминант, определяющих его состояние. Лучшие практики в части развития общественного здоровья должны быть доступны другим региональным органам власти и страны.

#### 7. Мониторинг эффективности и улучшение

После получения результатов проводится оценка эффективности существующей системы мониторинга. В большей степени модернизация мониторинга общественного здоровья и детерминант, определяющих его состояние, должна происходить для организационных элементов, в меньшей степени — в аспектах, связанных с процессом расчета. Модернизация организационных аспектов возможна посредством цифровизации процесса получения информации, обновления интерпретации полученных данных [13]. Существенным потенциалом также обладает расширение территорий, доступных для проведения мониторинга.

На этапе расчета ИОЗ существует возможность корректировки определенных индикативных и критических значений. Корректировка индикативных и критических значений может происходить с определенной периодичностью в зависимости от достигаемых результатов<sup>20</sup>. Помимо этого, необходимо оценивать возможности для повышения точности и улучшения интерпретации полученных результатов в том числе за счет использования нестандартных математических методов, таких как фрактальный анализ, тропическая математика и т. д.<sup>21</sup>

**Обсуждение.** Описанный выше методический подход направлен на реализацию системы мониторинга общественного здоровья и детерминант, определяющих его состояние. Вместе с тем при реализации предлагаемого методического подхода на практике необходимо учитывать ряд дополнительных аспектов:

**Допущение при моделировании индексов.** При моделировании индексов необходимо учитывать существующие требования в части стабильности изучаемых территорий [14]. В случае изменения территорий (к примеру, муниципальных образований) необходимо вносить корректировки в методику оценки ИОЗ и ИДОЗ.

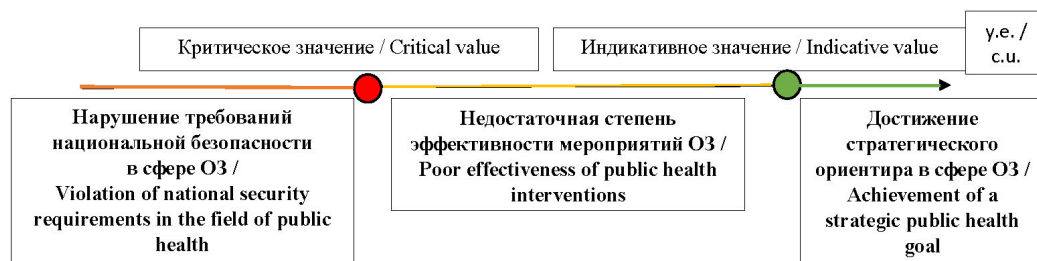


Рис. 4. Подход к интерпретации достигнутых значений показателей общественного здоровья и детерминант его состояния<sup>22</sup>

Fig. 4. The approach to interpretation of the achieved values of public health indicators and determinants of its status

<sup>20</sup> Беляев И.И., Булавин А.В. Основы стратегирования в области национальной безопасности. Новый подход к сравнительному анализу. Москва: Кнорус, 2018. 620 с.

<sup>21</sup> Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Москва: Издательство «МИР», 2000. 366 с.

<sup>22</sup> Составлено авторами с учетом: Беляев И.И., Ларионов А.В., Сильвестров С.Н. Оценка состояния экономической безопасности России на примере показателя уровня безработицы: метод фрактального анализа // Проблемы прогнозирования. 2021. № 2. С. 34–41.

**Ключевая роль оперативного ИОЗ и его детерминант.** При проведении оценки оперативного ИОЗ он должен также выполнять функцию обеспечения непрерывности функционирования всей системы мониторинга состояния общественного здоровья и его детерминант. Оперативный мониторинг должен базироваться на показателях, доступных в любых возможных ситуациях. Соответственно, этот мониторинг возможно рассматривать в качестве ключевого показателя, используемого для характеристики медико-социального аспекта национальной безопасности.

**Проведение пилотной апробации мониторинга.** Для результативной работы мониторинга общественного здоровья необходимо также провести его пилотную апробацию. После проведения пилотной апробации необходимо внести необходимые корректировки в методику мониторинга.

**Прогнозирование состояния общественного здоровья.** Собираемая информация может быть использована не только для характеристики существующей ситуации в сфере общественного здоровья, но и для прогнозирования дальнейших трендов. Для этого учитывается существующая ситуация с индикатором состояния детерминант, определяется состояние общественного здоровья. Информация, получаемая на основе мониторинга общественного здоровья и его детерминант, может применяться для составления документов стратегического планирования [15].

**Возможность проведения стационарных оценок.** Мониторинг с применением ИОЗ позволяет проводить оценку состояния общественного здоровья и его детерминант во времени. Благодаря этому возможно выявлять существующие и прогнозируемые тренды в сфере общественного здоровья. Вместе с тем в определенные периоды времени (к примеру, в период пандемии [16]) возникает задача получения стационарных оценок по отдельным статистическим разрезам показателей, территориям. Для этого возможно на конкретный год сформировать определенное задание по анализу целевого набора показателей. Задание может формироваться индивидуально в зависимости от существующих потребностей, связанных с изменением значимости отдельных факторов общественного здоровья [17]. Одним из таких факторов является занятость [18]. Помимо этого, возможно применение качественных методов анализа, предполагающих проведение полуструктурированных интервью в медицинских учреждениях целевого региона, органах власти, в том числе о состоянии индивидуальных факторах риска с последующей переоценкой относительных, добавочных рисков, а на этой основе — популяционных рисков по отдельным факторам. Полученные результаты в рамках указанных процедур также возможно рассматривать в качестве элемента стационарного мониторинга общественного здоровья.

В конечном счете представляется целесообразным проработать вопросы, связанные с составлением отчетной информации по результатам проводимого мониторинга общественного здоровья и его детерминант [19–21]. Одним из перспективных способов визуализации результатов является публикация карт регионов России с разбивкой на зоны с учетом субъектов, федеральных округов.

**Заключение.** Предлагаемый методический подход предполагает необходимость расчета стратегического и оперативного интегрального

индикатора общественного здоровья и его детерминант. Стратегический ИОЗ необходим для комплексной оценки общественного здоровья, в то время как оперативный ИОЗ позволяет осуществлять оценку состояния общественного здоровья на ежемесячной основе, в том числе интегрального индикатора его детерминант. Последнее определяет его ключевую роль в части обеспечения интересов национальной безопасности посредством выявления рисков общественного здоровья на ранней стадии. Дальнейшие исследования в данной области должны быть направлены на отдельную проработку каждого этапа настоящего методического подхода. Представляется целесообразным проведение пилотной апробации процессных аспектов, связанных с расчетом индексов, определением индикативных и критических значений.

### Список литературы

1. Хромушин В.А., Хадарцев А.А., Грачев Р.В., Кельман Т.В. Региональный мониторинг смертности в ракурсе COVID-19 // Вестник новых медицинских технологий. 2021. Т. 28. № 3. С. 77–81. doi: 10.24412/1609-2163-2021-3-77-81
2. Покида А.Н., Зыбуновская Н.В. Развитие телемедицины в России: взгляд потребителей // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 12. С. 7–16. doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-12-7-16.
3. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В., Кирьянов Д.А. Методические аспекты и результаты оценки демографических потерь, ассоциированных с вредным воздействием факторов среды обитания и предотвращаемых действиями Роспотребнадзора, в регионах Российской Федерации // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 4 (301). С. 15–20. doi: 10.35627/2219-5238/2018-301-4-15-20
4. Barzylovych A, Ursakii Y, Nadezhdenko A, Mamatova T, Chykarenko I, Kravchenko S. The influence of medical services public management on the population's life quality. *WSEAS Trans Environ Dev*. 2021;17:619–629. doi: 10.37394/232015.2021.17.60
5. Poister TH. The future of strategic planning in the public sector: Linking strategic management and performance. *Public Adm Rev*. 2010;70(s1):s246–s254. doi: 10.1111/j.1540-6210.2010.02284.x
6. Gábos A, Gál RI, Kézdi G. The effects of child-related benefits and pensions on fertility by birth order: a test on Hungarian data. *Popul Stud (Camb)*. 2009;63(3):215–231. doi: 10.1080/00324720903215293
7. Akerlof GA. The market for “lemons”: Quality uncertainty and the market mechanism. *Q J Econ*. 1970;84(3):488–500. doi: 10.2307/1879431
8. Сильвестров С.Н., Старовойтов В.Г., Беляев И.И., Ларионов А.В. Методический подход к оценке качества мероприятий стратегического планирования // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2021. Т. 17. № 12 (405). С. 2205–2228. doi: 10.24891/ni.17.12.2205
9. Camparo J, Camparo LB. The analysis of Likert scales using state multipoles: An application of quantum methods to behavioral sciences data. *J Educ Behav Stat*. 2013;38(1):81–101. doi: 10.3102/1076998611431084
10. Belyaev II, Larionov AV, Sil'vestrov SN. Assessment of the state of economic security in Russia using the example of the unemployment rate indicator: Fractal analysis method. *Studies on Russian Economic Development*. 2021;32(2):141–146. doi: 10.1134/S1075700721020027
11. Прохоров Б.Б., Тикунов В.С. Медико-Демографическая Классификация Регионов России // Проблемы прогнозирования. 2005. № 5. С. 142–151.
12. Grigoriadis ThN. Aid effectiveness and the soft budget constraint: EU development aid to the former Soviet Union. *Econ Lett*. 2011;112(3):287–289. doi: 10.1016/j.econlet.2011.05.021
13. Lin HC, Tu YF, Hwang GJ, Huang H. From precision education to precision medicine: Factors affecting

- medical staff's intention to learn to use AI applications in hospitals. *J Educ Techno Soc.* 2021;24(1):123-137.
14. Дмитриева Н.Е., Калгин А.С., Клименко А.В., Ларионов А.В., Минченко О.С., Попова Е.П. Государственное управление: теория, функции, механизмы. М.: Издательский дом НИУ ВШЭ. 2022.
  15. Gupta N, Bhatnagar T, Rade K, et al. Strategic planning to augment the testing capacity for COVID-19 in India. *Indian J Med Res.* 2020;151(2-3):210-215. doi: 10.4103/ijmr.IJMR\_1166\_20
  16. Benatia D, Godefroy R, Lewis J. Estimates of COVID-19 cases across four Canadian provinces. *Can Public Policy.* 2020;46(Suppl 3):S203-S216. doi: 10.3138/cpp.2020-035
  17. Огурцов А.Н., Дмитриев В.В. Интегральная оценка и геоинформационный анализ социальных детерминант здоровья населения Крайнего Севера Европейской части Российской Федерации. ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2019. Т. 25. № 1. С. 23-34. doi: 10.35595/2414-9179-2019-1-25-23-34
  18. Ramos J, Carles M, Benach J. Employment Conditions and Health Inequalities. Final Report to the WHO Commission on Social Determinants of Health (CSDH) Employment; 2013. doi: 10.13140/RG.2.2.28605.77281
  19. Хулхачиев О.Б. Необходимость разработки информационно-аналитической системы мониторинга социально обусловленных заболеваний // Социальные аспекты здоровья населения. 2011. № 3 (19). С. 23.
  20. Wetchayont P, Waiyasusri K. Using Moran's I for detection and monitoring of the Covid-19 spreading stage in Thailand during the third wave of the pandemic. *Geogr Environ Sustain.* 2021;14(4):155-167. doi: 10.24057/2071-9388-2021-090
  21. Москаленко В.Ф. Современные вызовы и риски для общественного здоровья в XXI столетии // Здоровье — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2010. Т. 5. № 1. С. 33.
- ### References
1. Khromushin VA, Khadartsev AA, Grachev RV, Kelman TV. Regional mortality monitoring from COVID-19. *Vestnik Novykh Meditsinskikh Tekhnologiy.* 2021;28(3):77-81. (In Russ.) doi: 10.24412/1609-2163-2021-3-77-81
  2. Pokida AN, Zybunovskaya NV. Development of telemedicine in Russia: A consumer view. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2021;29(12):7-16. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-12-7-16.
  3. Zaitseva NV, May IV, Klein SV, Kiryanov DA. Methodological aspects and results of estimation of demographic loss associated with harmful influence of environment factors and preventive activities of Rospotrebnadzor in regions of the Russian Federation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2018;4(301):15-20. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2018-301-4-15-20
  4. Barzylovych A, Ursakii Y, Nadezhdenko A, Mamatova T, Chykarenko I, Kravchenko S. The influence of medical services public management on the population's life quality. *WSEAS Trans Environ Dev.* 2021;17:619-629. doi: 10.37394/232015.2021.17.60
  5. Poister TH. The future of strategic planning in the public sector: Linking strategic management and performance. *Public Adm Rev.* 2010;70(s1):s246-s254. doi: 10.1111/j.1540-6210.2010.02284.x
  6. Gábos A, Gál RI, Kézdi G. The effects of child-related benefits and pensions on fertility by birth order: a test on Hungarian data. *Popul Stud (Camb).* 2009;63(3):215-231. doi: 10.1080/00324720903215293
  7. Akerlof GA. The market for "lemons": Quality uncertainty and the market mechanism. *Q J Econ.* 1970;84(3):488-500. doi: 10.2307/1879431
  8. Sil'vestrov SN, Starovoitov VG, Belyaev II, Larionov AV. Methodological approach to assessing the quality of strategic planning activities. *Natsional'nye Interesy: Prioritety i Bezopasnost'.* 2021;17(12(405)):2205-2228. (In Russ.) doi: 10.24891/ni.17.12.2205
  9. Camparo J, Camparo LB. The analysis of Likert scales using state multipoles: An application of quantum methods to behavioral sciences data. *J Educ Behav Stat.* 2013;38(1):81-101. doi: 10.3102/1076998611431084
  10. Belyaev II, Larionov AV, Sil'vestrov SN. Assessment of the state of economic security in Russia using the example of the unemployment rate indicator: Fractal analysis method. *Studies on Russian Economic Development.* 2021;32(2):141-146. doi: 10.1134/S1075700721020027
  11. Prokhorov BB, Tikunov VS. [Medical and demographic classification of the Russian regions.] *Problemy Prognozirovaniya.* 2005;(5):142-151. (In Russ.)
  12. Grigoriadis ThN. Aid effectiveness and the soft budget constraint: EU development aid to the former Soviet Union. *Econ Lett.* 2011;112(3):287-289. doi: 10.1016/j.econlet.2011.05.021
  13. Lin HC, Tu YF, Hwang GJ, Huang H. From precision education to precision medicine: Factors affecting medical staff's intention to learn to use AI applications in hospitals. *J Educ Techno Soc.* 2021;24(1):123-137.
  14. Dmitrieva NE, Kalgin AS, Klimenko AV, Larionov AV, Minchenko OS, Popova EP. [Public Administration: Theory, Functions, Mechanisms.] Klimenko AV, ed. Moscow: Higher School of Economics Publ.; 2022. (In Russ.)
  15. Gupta N, Bhatnagar T, Rade K, et al. Strategic planning to augment the testing capacity for COVID-19 in India. *Indian J Med Res.* 2020;151(2-3):210-215. doi: 10.4103/ijmr.IJMR\_1166\_20
  16. Benatia D, Godefroy R, Lewis J. Estimates of COVID-19 cases across four Canadian provinces. *Can Public Policy.* 2020;46(Suppl 3):S203-S216. doi: 10.3138/cpp.2020-035
  17. Ogurtsov AN, Dmitriev VV. Integrated assessment and geoinformational analysis of social determinants of population health of the Extreme North of the European part of the Russian Federation. *InterKarto. InterGIS.* 2019;25(1):23-34. doi: 10.35595/2414-9179-2019-1-25-23-34
  18. Ramos J, Carles M, Benach J. Employment Conditions and Health Inequalities. Final Report to the WHO Commission on Social Determinants of Health (CSDH) Employment; 2013. doi: 10.13140/RG.2.2.28605.77281
  19. Khulkhachiev OB. Epidemiological monitoring for socially conditioned diseases requires development of adequate information analysis. *Sotsial'nye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya.* 2011;(3(19)):23. (In Russ.)
  20. Wetchayont P, Waiyasusri K. Using Moran's I for detection and monitoring of the Covid-19 spreading stage in Thailand during the third wave of the pandemic. *Geogr Environ Sustain.* 2021;14(4):155-167. doi: 10.24057/2071-9388-2021-090
  21. Moskalenko VF. [Modern challenges and risks to public health in the twenty-first century.] *Zdorov'e — Osnova Chelovecheskogo Potentsiala: Problemy i Puti Ikh Resheniya.* 2010;5(1):33. (In Russ.)





## Оценка влияния производственных факторов на формирование глаукомы

А.М. Бурганова<sup>1</sup>, А.Н. Галиуллин<sup>2</sup>, Д.А. Галиуллин<sup>3</sup>

<sup>1</sup> АО «Городская клиническая больница № 12», ул. Лечебная, д. 7, г. Казань, 420036, Российская Федерация

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Бутлерова, д. 49, г. Казань, 420012, Российская Федерация

<sup>3</sup> Медицинский центр Общенационального благотворительного фонда «Ярд-Помощь», г. Казань, 420006, ул. Ютазинская, 8, Российская Федерация

### Резюме

**Введение.** Глаукома – большая группа глазных заболеваний, характеризующаяся постоянным или периодическим повышением внутриглазного давления выше приемлемого для данного человека уровня с последующим развитием типичных дефектов поля зрения, снижением остроты зрения и атрофией зрительного нерва. Глаукомой страдают около 3 % населения, а у 15 % незрячих людей во всем мире глаукома послужила причиной слепоты. Изучение механизмов развития глаукомы позволяет говорить о мультифакторном характере этого заболевания и роли порогового эффекта в ее возникновении. Установлено, что характер различных производственных факторов определяет частоту глаукомы, что необходимо учитывать при разработке мер профилактики глаукомы.

**Цель:** характеристика производственных факторов риска и их влияния на возникновение развития глаукомы.

**Материалы и методы.** Для изучения распространенности глаукомы среди населения города Казани были использованы данные по обращаемости по поводу заболевания глаукомы в амбулаторно-поликлинические учреждения городских больниц города Казани. Для изучения распространенности влияния неблагоприятных производственных факторов на развитие глаукомы была разработана специальная «Карта изучения оценки влияния производственных факторов на возникновение глаукомы населения города Казани за 2012–2021 гг.». Сила влияния производственных факторов риска определялась с помощью многофакторного дисперсионного анализа.

**Результаты.** У больных глаукомой среди производственных факторов наиболее часто отмечается высокая нервно-психическая напряженность на работе (29,7 %), тяжелый физический труд (10,7 %), контакт с химическими веществами (6,2 %), работа в ночную смену (3,9 %).

**Выводы.** Полученные данные ставят перед специалистами задачу раннего выявления влияния производственных факторов риска и проведения профилактических, диспансерных мероприятий, а также планирования лечебно-профилактической помощи больным при глаукоме.

**Ключевые слова:** глаукома, производственные факторы, сила влияния, дисперсионный анализ, приоритетные факторы риска.

**Для цитирования:** Бурганова А.М., Галиуллин А.Н., Галиуллин Д.А. Оценка влияния производственных факторов на формирование глаукомы // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 7. С. 18–23. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-18-23>

### Сведения об авторах:

✉ Бурганова Алсу Мансуровна – врач-офтальмолог, АО «Городская клиническая больница № 12»; e-mail: buralsu78@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2682-0651>.

Галиуллин Афгат Набиуллович – д.м.н., профессор кафедры общей гигиены – УМЦ «Бережливые технологии в здравоохранении» ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: kybm@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1294-4055>.

Галиуллин Дамир Афгатович – к.м.н., зам. главного врача по общим вопросам, руководитель медицинского центра Общенационального благотворительного фонда «Ярд-Помощь», e-mail: gykim68@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4957-0955>.

**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования: Галиуллин А.Н., Галиуллин Д.А.; сбор данных: Бурганова А.М.; анализ и интерпретация результатов: Галиуллин А.Н., Галиуллин Д.А.; обзор литературы: Бурганова А.М.; подготовка проекта рукописи: Бурганова А.М. Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

**Соблюдение этических стандартов:** Дизайн исследования одобрен на заседании предметной проблемной комиссии «Организация здравоохранения и медико-профилактическое дело» ГБОУ ВПО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России от 29.04.2013.

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

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

Статья получена: 07.07.21 / Принята к публикации: 08.07.22 / Опубликовано: 29.07.22

## Assessment of the Impact of Occupational Risk Factors on the Development of Glaucoma

Alsu M. Burganova,<sup>1</sup> Afgat N. Galiullin,<sup>2</sup> Damir A. Galiullin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> City Clinical Hospital No. 12, 7 Lechebnaya Street, Kazan, 420036, Russian Federation

<sup>2</sup> Kazan State Medical University, 49 Butlerov Street, Kazan, 420012, Russian Federation

<sup>3</sup> Medical Center of the National Charitable Foundation “Yardam-Pomoshch”, 8 Yutazinskaya Street, Kazan, 420006, Russian Federation

### Summary

**Background:** Glaucoma is a large group of eye diseases characterized by a constant or periodic increase in intraocular pressure followed by the development of typical visual field defects, decreased visual acuity and atrophy of the optic nerve. Glaucoma affects about 3 % of the population and is the cause of blindness in 15 % of the blind all over the world. The study of the mechanisms of glaucoma development indicates the multifactorial nature of this disease and the role of the threshold effect in its occurrence. It has been established that specific occupational risk factors determine the frequency of glaucoma, which must be taken into account in elaboration of appropriate preventive measures.

**Objective:** To characterize occupational risk factors and their impact on the development of glaucoma.

**Materials and methods:** To study the prevalence of glaucoma among the population of the city of Kazan, we used data on seeking specific ophthalmic advice for glaucoma in municipal outpatient clinics. To study adverse eye health effects of occupational risk factors, a special “Map for Studying the Impact of Occupational Risk Factors on the Development of Glaucoma”

in the Population of Kazan in 2012–2021” was developed. The strength of the influence of occupational risk factors was determined using the multivariate analysis of variance.

**Results:** Glaucoma patients are often exposed to such occupational risk factors as high neuropsychiatric tension (29.7 %), heavy physical labor (10.7 %), chemicals (6.2 %), and night shifts (3.9 %).

**Conclusions:** Our findings indicate the importance of early detection of adverse health effects of occupational risk factors; necessitate appropriate preventive measures, follow-up, and planning of therapeutic and preventive care for patients with glaucoma.

**Keywords:** glaucoma, production, strength of effect, analysis of variance, priority risk factors.

**For citation:** Burganova AM, Galiullin AN, Galiullin DA. Assessment of the impact of occupational risk factors on the development of glaucoma. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(7):18–23. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-18-23>

#### Author information:

✉ Alsu M. Burganova, ophthalmologist, City Clinical Hospital No. 12; e-mail: [buralu78@yandex.ru](mailto:buralu78@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2682-0651>.

Afgat N. Galiullin, Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of General Hygiene, Educational and Methodological Center “Lean Technologies in Health Care”, Kazan State Medical University; e-mail: [kybm@mail.ru](mailto:kybm@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1294-4055>.

Damir A. Galiullin, Cand. Sci. (Med.), Deputy Chief Physician for General Issues, Head of the Medical Center of the National Charitable Foundation “Yardam-Pomoshch”, e-mail: [gvkim68@mail.ru](mailto:gvkim68@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4957-0955>.

**Author contributions:** study conception and design: Galiullin A.N., Galiullin D.A.; data collection: Burganova A.M., analysis and interpretation of results: Galiullin A.N., Galiullin D.A.; literature review: Burganova A.M.; draft manuscript preparation: Burganova A.M. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

**Compliance with ethical standards:** Research design was approved at a meeting of the subject problem commission “Organization of Healthcare and Medical and Preventive Affairs of GBEI HPE” Kazan State Medical University of April 29, 2013.

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

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

Received: July 7, 2021 / Accepted: July 8, 2022 / Published: July 29, 2022

**Введение.** Глаукома — серьезная медико-социальная проблема общественного здравоохранения и является ведущей причиной необратимых нарушений зрения и неизлечимой слепоты у лиц в возрасте 50 лет и старше. По данным ВОЗ слепота на оба глаза составляет 13,5 % от всех случаев слепоты в мире [1, 2]. В 2020 году в мире глаукома была причиной 3,6 миллиона случаев слепоты [2, 8].

За 5 лет (2013–2018 гг.) в России увеличилось количество случаев заболеваний глаукомой на 10,5 % с 823,8 до 909,9 на 100 тыс. населения. Число впервые выявленных пациентов с глаукомой увеличивается на 3–4 % в год. По мере старения населения потребность в офтальмологических услугах возрастает [3].

Своевременное выявление факторов риска, диагностика и лечение глаукомы позволяют остановить или замедлить прогресс в развитии данного заболевания. Причины возникновения глаукомы многочисленны, в том числе связаны с производственными факторами риска. В литературе представлены результаты многоплановых исследований по изучению влияния характера профессиональной деятельности на развитие глаукомы [4–6], в том числе и от стажа профессиональной деятельности [7].

Нервно-психическая напряженность рассматривается в качестве причины повышения внутриглазного давления и развития глаукомы.

Н.М. Веселовская и соавт. (2017) отмечают, что профессионально обусловленное психоэмоциональное напряжение способствует повышению внутриглазного давления у 34 % трудоспособного населения, а в условиях длительного психоэмоционального напряжения профессионального характера распространенность глаукомы в случайной выборке регистрируется на уровне 15,6 % [8].

Установлено, что пролонгированное воздействие химических факторов производства приводит к неблагоприятным изменениям в состоянии здоровья работников. При этом увеличивается частота заболеваний глаукомой и сетчатки глаз [9, 10].

A.R. de Oliveira и соавт. (2017) отметили, что даже низкая концентрация смешанных органических растворителей может повредить сетчатку глаз [11].

В современных производственных условиях все чаще наблюдается комбинированное, комплексное и сочетанное воздействие на организм различных производственных факторов, приводящих к развитию глаукомы [12–14].

На зрительную систему отрицательно влияет тяжелый физический труд, а также воздействие тепла, химикатов, пыли и плохого освещения [15–17].

G. Ovenseri-Ogbomo и соавт. (2012) отметили, что из всех 406 обследованных рабочих шахт 62 (8,6 %) не имели нарушений зрения и каких-либо отклонений от нормы. Наиболее частым заболеванием среди горняков была пресбиопия, обнаруженная у 185 (45,5 %) человек, наблюдались аномалии сетчатки, глаукома выявлена у 62 (15,3 %). Хотя причины развития глаукомы не были установлены в этом исследовании, авторы отметили, что пыль, высокая температура негативно влияют на зрение. По мнению исследователей, следует проводить оценку факторов риска, чтобы контролировать предотвратимые профессиональные заболевания глаз [17].

В литературе приводятся данные комбинированного воздействия производственных факторов на состояние гидродинамики глаза, выявлено негативное влияние психоэмоциональной нагрузки и при работе с видеодисплейными терминалами на офтальмотонус, заключающееся в увеличении заболеваемости глаукомой в 8 раз по сравнению с работниками, профессиональная деятельность которых не связана с видеодисплейными терминалами и воздействием психоэмоциональных факторов [18].

Население, проживающее в условиях крупного мегаполиса, подвержено воздействию неблагоприятных производственных факторов, однако вопросы формирования у них нарушений зрения, в частности развитие глаукомы, ассоциируемой с трудовой деятельностью, изучены недостаточно. Подробные данные о факторах риска могут внести важный вклад в выявление факторов риска глаукомных изменений. Скрининг групп повышенного риска может быть наиболее экономически эффективным методом уменьшения объема не диагностированной глаукомы [19, 20].

**Цель работы:** изучить влияние производственных факторов риска на развитие глаукомы у населения, позволяющее сформулировать направления профилактики данного заболевания.

**Материалы и методы.** Для изучения распространенности глаукомы среди населения города Казани нами были использованы данные по обращаемости по поводу глазных болезней в амбулаторно-поликлинические учреждения городских больниц города Казани, а также в республиканский офтальмологический диспансер Министерства здравоохранения Республики Татарстан за период за 2012–2021 гг.

В этих целях были скопированы сведения из учетной медицинской документации, формы № 025/у-04<sup>1</sup> и № 030/у<sup>2</sup> за 2012–2021 гг., официальной формы отчетности.

Оценка распространенности глаукомы среди населения города Казани проводилась путем изучения данных 40 887 пациентов, обратившихся в поликлинические учреждения города Казани за офтальмологической помощью. При изучении структуры заболеваемости глаукомой у 1151 больного нами было проанализировано 10 359 единиц информации.

Для изучения распространенности влияния неблагоприятных производственных факторов на развитие глаукомы нами была разработана специальная «Карта изучения оценки влияния производственных факторов на возникновение глаукомы населения города Казани за 2012–2021 гг.», которая состояла из 8 вопросов и 52 их градаций.

Обследование больных глаукомой проводилось с учетом клинического течения заболевания, подробно изучали производственные факторы у обследуемых.

Для определения влияния производственных факторов нами был проведен многофакторный дисперсионный анализ.

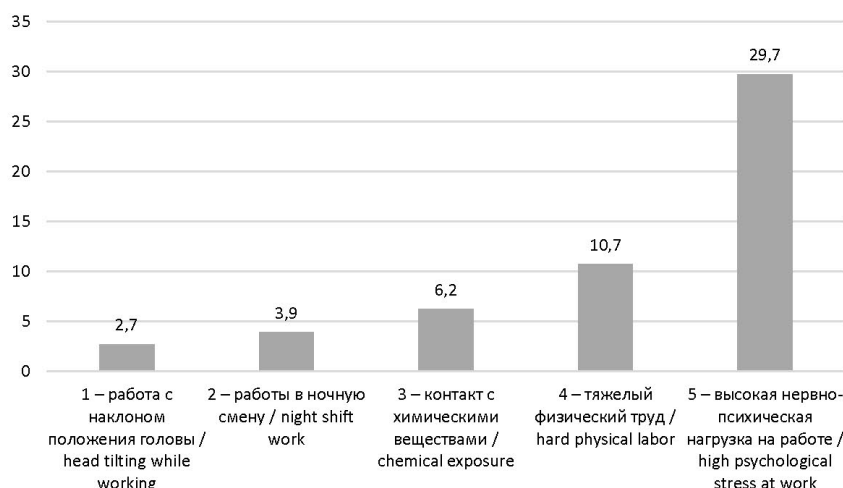
**Результаты и обсуждение.** В этих целях на первом этапе изучена распространенность неблагоприятных производственных факторов, а на втором этапе силы влияния как отдельных, так и комплексного действия этих факторов на формирование глаукомы (рис. 1, 2, таблица).

Наибольшая частота неблагоприятных факторов у больных глаукомой встречается при наличии у них высокой нервно-психической напряженности на работе (29,7 %), тяжелом физическом труде (10,7 %), контакте с химическими веществами (6,2 %), работе в ночную смену (3,9 %), меньший процент распространенности этих факторов отмечается при работе в наклонном положении головы (2,7 %) (рис. 1).

Полученные сведения о распространенности производственных факторов больных глаукомой послужили основой для определения силы (доли) влияния этих факторов на формирование глаукомы.

Наиболее существенное влияние на развитие глаукомы оказали сочетание всех факторов  $\eta^2_{\text{АВСДЕ}} = 30,3\%$  ( $P < 0,001$ ), неблагоприятные факторы тяжелого физического труда в сочетании с контактами химических веществ ( $\eta^2_{\text{АВ}} = 6,0\%$  ( $P < 0,01$ )), тяжелом физическом труде ( $\eta^2_{\text{А}} = 5,9\%$  ( $P < 0,05$ )), тяжелом физическом труде в сочетании с работой в наклонном положении головы ( $\eta^2_{\text{АД}} = 5,3\%$  ( $P < 0,05$ )) (рис. 2).

В табл. 1 показан вклад каждого неблагоприятного производственного фактора и их сочетанного влияния на возникновение глаукомы. При этом наиболее сильное негативное влияние на возникновение глаукомы оказало совместное действие всех учтенных в этом комплексе факторов  $\eta^2_{\text{АВСДЕ}} = 30,3\%$  ( $P < 0,001$ ). Меньшее, но существенное влияние оказало сочетанное действие тяжелого физического труда и контакта с химическими веществами  $\eta^2_{\text{АВ}} = 6,0\%$  ( $P < 0,01$ ), тяжелый физический труд –  $\eta^2_{\text{А}} = 5,9\%$  ( $P < 0,05$ ),

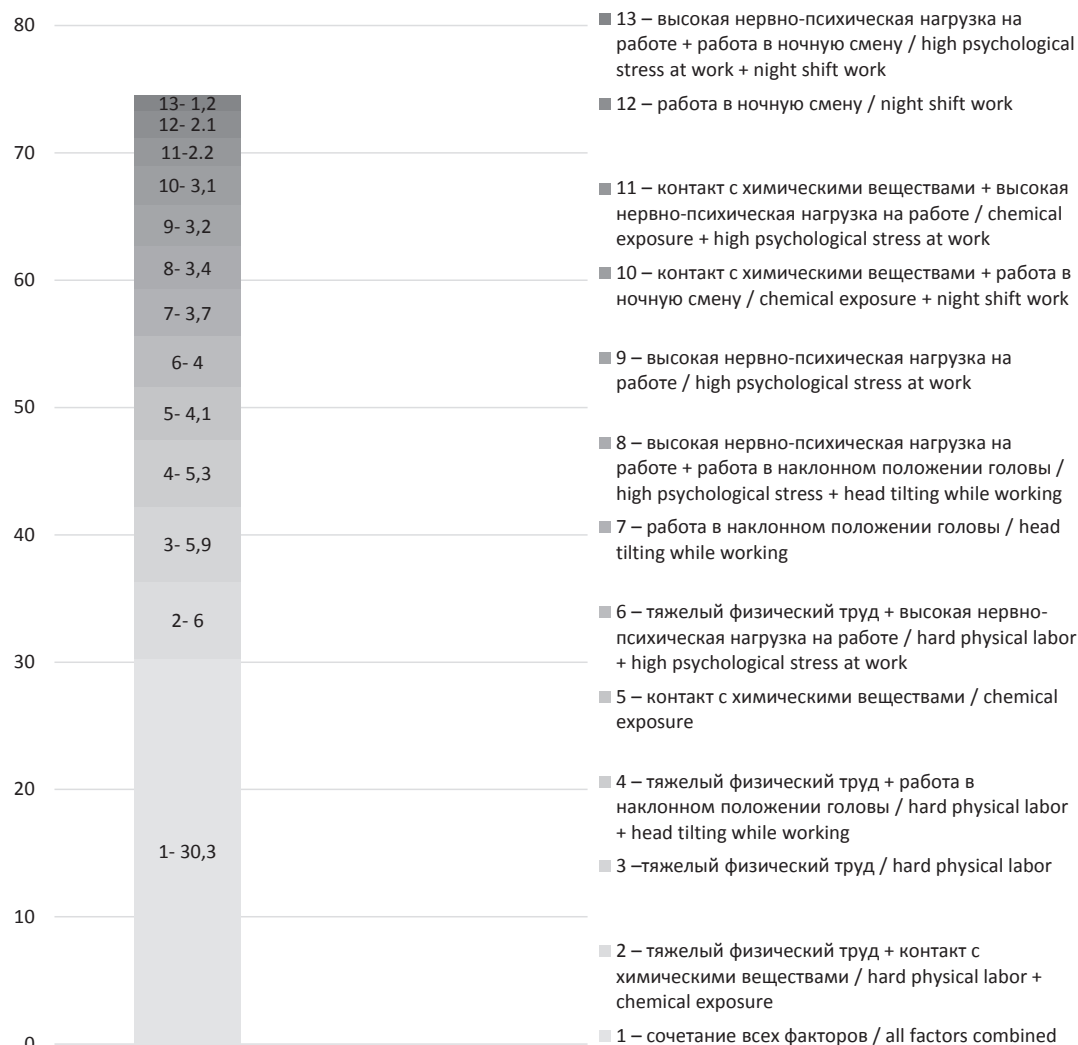


**Рис. 1.** Распространенность неблагоприятных производственных факторов у обследованных больных глаукомой

**Fig. 1.** The frequency of occupational risk factors in the examined patients with glaucoma

<sup>1</sup> Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 22 ноября 2004 г. № 255 «О порядке оказания первичной медико-санитарной помощи гражданам, имеющим право на получение набора социальных услуг» (с изменениями и дополнениями). Приложение № 2. Форма № 025/у-04 «Медицинская карта амбулаторного больного».

<sup>2</sup> Приказ Министерства здравоохранения РФ от 15 декабря 2014 г. № 834н «Об утверждении унифицированных форм медицинской документации, используемых в медицинских организациях, оказывающих медицинскую помощь в амбулаторных условиях, и порядков по их заполнению» (с изменениями и дополнениями) Приложение № 5. Форма № 030/у «Контрольная карта диспансерного наблюдения».



**Рис. 2.** Сила влияния производственных факторов риска на возникновение глаукомы (%)

**Fig. 2.** The strength of effect of occupational risk factors on the development of glaucoma (%)

тяжелый физический труд в сочетании с работой в наклонном положении головы —  $\eta^2_{\text{АД}} = 5,3\%$  ( $P < 0,05$ ), контакт с химическими веществами —  $\eta^2_{\text{В}} = 4,1\%$  ( $P < 0,05$ ), тяжелый физический труд в сочетании с высокой нервно-психической нагрузкой  $\eta^2_{\text{АС}} = 4\%$  ( $P < 0,05$ ), работа в наклонном положении головы —  $\eta^2_{\text{Д}} = 3,7\%$  ( $P < 0,05$ ), высокая нервно-психическая нагрузка на работе в сочетании с работой в ночную смену —  $\eta^2_{\text{СД}} = 3,4\%$  ( $P < 0,05$ ), высокая нервно-психическая нагрузка —  $\eta^2_{\text{С}} = 3,2\%$  ( $P < 0,05$ ), контакт с химическими веществами в сочетании с работой в наклонном положении головы —  $\eta^2_{\text{ВД}} = 3,1\%$  ( $P < 0,05$ ), контакт с химическими веществами в сочетании с высокой нервно-психической нагрузкой на работе —  $\eta^2_{\text{ВС}} = 2,2\%$  ( $P < 0,05$ ).

#### Выводы

1. Изучение производственных факторов на возникновение глаукомы показало, что наибольшая частота распространенности неблагоприятных факторов у больных глаукомой встречается при наличии у них высокой нервно-психической напряженности на работе (29,7 %), тяжелом физическом труде (10,7 %), контакте с химическими веществами (6,2 %) и работе в ночную смену (3,9 %), меньший процент распространенности

этих факторов отмечается при работе в наклонном положении головы (2,7 %).

2. С помощью многофакторного дисперсионного анализа установлены влияния неблагоприятных производственных факторов и сочетанного их действия на возникновение глаукомы. Наиболее сильное негативное влияние — оказало совместное действие всех учтенных в этом комплексе факторов  $\eta^2_{\text{АВСДЕ}} = 30,3\%$  ( $P < 0,001$ ).

3. Полученные данные могут явиться основой для планирования лечебно-профилактической помощи больным при глаукоме, повысить эффективность диспансерной работы, а также помочь в разработке профилактических мероприятий по устранению негативного влияния производственных факторов.

#### Список литературы

1. Flaxman SR, Bourne RRA, Resnikoff S, *et al.* Global causes of blindness and distance vision impairment 1990–2020: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Glob Health*. 2017;5(12):e1221–e1234. doi: 10.1016/S2214-109X(17)30393-5
2. GBD 2019 Blindness and Vision Impairment Collaborators; Vision Loss Expert Group of the Global Burden of Disease Study. Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years,

Таблица. Вклад влияния неблагоприятных производственных факторов риска на возникновение глаукомы среди населения крупного мегаполиса

Table. Assessment of effect of occupational risk factors on the development of glaucoma in the urban population

| Факторы и их сочетания /<br>Occupational risk factors and their combinations                                                                                         | Сила влияния ( $\eta^2$ , %) /<br>Effect size ( $\eta^2$ , %) | Значение (P) /<br>Value (P) | Ранговое место /<br>Rank |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| А – тяжелый физический труд / A – hard physical labor                                                                                                                | 5,9                                                           | < 0,05                      | 3                        |
| В – контакт с химическими веществами / B – chemical exposure                                                                                                         | 4,1                                                           | < 0,05                      | 5                        |
| С – высокая нервно-психическая нагрузка на работе /<br>C – high psychological stress at work                                                                         | 3,2                                                           | < 0,05                      | 9                        |
| Д – работа в наклонном положении головы /<br>D – head tilting while working                                                                                          | 3,7                                                           | < 0,05                      | 7                        |
| Е – работа в ночную смену / E – night shift work                                                                                                                     | 2,1                                                           | < 0,05                      | 12                       |
| AB – тяжелый физический труд + контакт с химическими веществами /<br>AB – hard physical labor + chemical exposure                                                    | 6,0                                                           | < 0,01                      | 2                        |
| AC – тяжелый физический труд + высокая нервно-психическая<br>нагрузка на работе /<br>AC – hard physical labor + high psychological stress at work                    | 4,0                                                           | < 0,05                      | 6                        |
| AD – тяжелый физический труд + работа в наклонном положении головы /<br>AD – hard physical labor + head tilting while work                                           | 5,3                                                           | < 0,05                      | 4                        |
| BC – контакт с химическими веществами + высокая<br>нервно-психическая нагрузка на работе /<br>BC – chemical exposure + high psychological stress at work             | 2,2                                                           | < 0,05                      | 11                       |
| BE – контакт с химическими веществами + работа в ночную смену /<br>BE – chemical exposure + night shift work                                                         | 3,1                                                           | < 0,05                      | 10                       |
| CD – высокая нервно-психическая нагрузка на работе + работа<br>в наклонном положении головы /<br>CD – high psychological stress at work + head tilting while working | 3,4                                                           | < 0,05                      | 8                        |
| CE – высокая нервно-психическая нагрузка на работе + работа в ночную<br>смену /<br>CE – high psychological stress at work + night shift work                         | 1,2                                                           | < 0,05                      | 13                       |
| ABC/DE – сочетание всех учтенных факторов /<br>ABCDE – all factors combined                                                                                          | 30,3                                                          | $\pm < 0,001$               | 1                        |
| Суммарное влияние ( $\eta^2_x$ ) / Total effect ( $\eta^2_x$ )                                                                                                       | 74,5                                                          | < 0,001                     |                          |
| Случайное влияние ( $\eta^2_z$ ) / Random effect ( $\eta^2_z$ )                                                                                                      | 25,5                                                          | < 0,001                     |                          |
| Общее влияние ( $\eta^2_y$ ) / Overall effect ( $\eta^2_y$ )                                                                                                         | 100                                                           | < 0,001                     |                          |

and prevalence of avoidable blindness in relation to VISION 2020: the Right to Sight: an analysis for the Global Burden of Disease Study. *Lancet Glob Health*. 2021;9(2):e144–e160. doi: 10.1016/S2214-109X(20)30489-7

- Поликарпов А.В., Александрова Г.А., Голубев Н.А. и др. Заболеваемость взрослого населения России в 2017 году. Статистические материалы. Ч. III. Москва, 2018. 160 с.
- Бабанов С., Будах Д. Профессиональные поражения органа зрения // *Врач*. 2017. № 7. С. 7–13.
- Дмитриев И.А., Измайлова Д.З. Профилактика заболеваний органов зрения у работников авиационной отрасли как элемент здорового образа жизни // Молодежь, устремленная в будущее: проблемы, интересы, перспективы : Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции, Ульяновск, 29–30 октября 2018 года. Ульяновск: Ульяновский государственный технический университет, 2018. С. 139–143.
- Леонова Е.С., Поляков С.В., Семисынов С.О., Позднякова М.А. Изучение распространенности астенопии среди работников ОАО «РЖД» по данным литературных источников // Профилактическая медицина как научно-практическая основа сохранения и укрепления здоровья населения : Сборник научных трудов / Под общей редакцией М.А. Поздняковой. Нижний Новгород : Ремедиум Приволжье, 2019. С. 198–201.
- Латышевская Н.И., Алборова М.А., Давыденко Л.А., Беляева А.В. Условия труда и профессиональные риски патологии передних отделов глаза у станочников по металлообработке // Медицина труда и промышленная экология. 2020. Т. 60. № 7. С. 462–467. doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-7-462-467
- Веселовская Н.М., Веселовская З.Ф., Жеребко И.Б. Психоэмоциональное напряжение – один из основных факторов повышения внутриглазного

давления и развития глаукомы // *Врачебное дело*. 2017. № 1–2. С. 104–107.

- Hamada N, Azizova TV, Little MP. An update on effects of ionizing radiation exposure on the eye. *Br J Radiol*. 2020;93(1115):20190829. doi: 10.1259/bjr.20190829
- Утеулиев Е.С., Закен М., Акжолова Н. Анализ распространенности и факторов риска развития офтальмопатологии при пролонгированном воздействии малых доз ионизирующего излучения // *Вестник Казахского национального медицинского университета*. 2020. № 1. С. 162–165.
- de Oliveira AR, Campos Neto AA, Bezerra de Medeiros PC, de Andrade MJO, Dos Santos NA. Chronic organic solvent exposure changes visual tracking in men and women. *Front Neurosci*. 2017;11:666. doi: 10.3389/fnins.2017.00666
- Агаева Ф.А. Патология органа зрения у работников нефтехимического промышленности (обзор литературы) // *Oftalmologiya*. 2017. № 2 (24). С. 112–116.
- Аксёненко А.В., Громакина Е.В. Офтальмопатология у шахтеров // *Современные проблемы науки и образования*. 2019. № 3. С. 185.
- Севальнев А.И., Шаравара Л.П. Вредные условия труда как фактор риска развития производственно обусловленной заболеваемости у работников вспомогательных профессий // *Запорожский медицинский журнал*. 2019. Т. 21. № 2(113). С. 246–252. doi: 10.14739/2310-1210.2019.2.161505
- Каленич Л.А., Ковтун Г.Р., Миргородская М.Н. Анализ состояния органа зрения у работников учреждений города Краснодара по данным профосмотров // *Научный вестник здравоохранения Кубани*. 2017. № 1 (49). С. 7–10.
- Панков В.А., Кулешова М.В. Оценка условий труда, состояния здоровья и профессионального

- риска работников предприятий теплоэнергетики // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 7. С. 766–770. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-7-766-770
17. Ovenseri-Ogbomo G, Ocansey S, Abu E, Kyei S, Boadi-Kusi S. Oculo-visual findings among industrial mine workers at Goldfields Ghana Limited, Tarkwa. *Ophthalmol Eye Dis.* 2012;4:35-42. doi: 10.4137/OED.S9204
  18. Афендулова И.С. Структурная модель комплексного исследования влияния ВДТ и психо-эмоционального стресса на офтальмотонус и состояние гидродинамики // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2009. Т. 8. № 1. С. 222–225.
  19. McMonnies CW. Glaucoma history and risk factors. *J Optom.* 2017;10(2):71-78. doi: 10.1016/j.optom.2016.02.003
  20. Kapetanakis VV, Chan MPY, Foster PJ, Cook DG, Owen CG, Rudnicka AR. Global variations and time trends in the prevalence of primary open angle glaucoma (POAG): a systematic review and meta-analysis. *Br J Ophthalmol.* 2016;100(1):86-93. doi: 10.1136/bjophthalmol-2015-307223
- ### References
1. Flaxman SR, Bourne RRA, Resnikoff S, et al. Global causes of blindness and distance vision impairment 1990-2020: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Glob Health.* 2017;5(12):e1221-e1234. doi: 10.1016/S2214-109X(17)30393-5
  2. GBD 2019 Blindness and Vision Impairment Collaborators; Vision Loss Expert Group of the Global Burden of Disease Study. Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years, and prevalence of avoidable blindness in relation to VISION 2020: the Right to Sight: an analysis for the Global Burden of Disease Study. *Lancet Glob Health.* 2021;9(2):e144-e160. doi: 10.1016/S2214-109X(20)30489-7
  3. Polikarpov AV, Alexandrova GA, Golubev NA, et al. [Disease Incidence in the Adult Population of Russia in 2017. Statistical Materials.] Part III. Moscow; 2018. (In Russ.)
  4. Babanov S, Budash D. Occupational damages to the organ of vision. *Vrach.* 2017;(7):7-13. (In Russ.)
  5. Dmitriev IA, Izmaylova DZ. [Prevention of eye diseases in workers of the aviation industry as an element of a healthy lifestyle.] In: *Youth Looking to the Future: Problems, Interests, Prospects: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference, Ulyanovsk, October 29–30, 2018.* Shinyaeva OV, ed. Ulyanovsk: Ulyanovsk State Technical Univ. Publ.; 2018:139-142. (In Russ.)
  6. Leonova ES, Polyakov SV, Semisynov SO, Pozdnyakova MA. [Study of the prevalence of asthenopia among employees of the Russian Railways JSC based on literary sources.] In: *Preventive Medicine as a Scientific and Practical Basis for Maintaining and Strengthening Public Health: Collection of Scientific Papers.* Pozdnyakova MA, ed. Nizhny Novgorod: Remedium Privolzye Publ.; 2019:198-201. (In Russ.)
  7. Latyshevskaya NI, Alborova MA, Davydenko LA, Belyaeva AV. Working conditions and occupational risks of anterior eye pathology in metalworking machine operators. *Meditina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2020;60(7):462-467. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-7-462-467
  8. Veselovskaya NN, Veselovskaya ZF, Zherebko IB. Psych-emotional stress – one of the leading factors of elevated intraocular pressure and glaucoma. *Vrachebnoe Delo.* 2017;(1-2):104-107. (In Russ.)
  9. Hamada N, Azizova TV, Little MP. An update on effects of ionizing radiation exposure on the eye. *Br J Radiol.* 2020;93(1115):20190829. doi: 10.1259/bjr.20190829
  10. Uteuliyev E, Zaken M, Akzholova N. Analysis of the prevalence and risk factors of ophthalmopathology with prolonged exposure to small doses of ionizing radiation. *Vestnik Kazakhskogo Natsional'nogo Meditsinskogo Universiteta.* 2020;(1):162-165. (In Russ.)
  11. de Oliveira AR, Campos Neto AA, Bezerra de Medeiros PC, de Andrade MJO, Dos Santos NA. Chronic organic solvent exposure changes visual tracking in men and women. *Front Neurosci.* 2017;11:666. doi: 10.3389/fnins.2017.00666
  12. Aghayeva FA. Eye pathology in workers of petrochemical industry (literature review). *Oftalmologiya.* 2017;(2(24)):112-116. (In Russ.)
  13. Aksenenko AV, Gromakina EV. Oftalmopatologia in miners. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya.* 2019;(3):185. (In Russ.)
  14. Sevalniev AI, Sharavara LP. Harmful working conditions as a risk factor for the development of occupational morbidity in auxiliary professions workers. *Zaporozhskiy Meditsinskiy Zhurnal.* 2019;21(2(113)):246-252. (In Russ.) doi: 10.14739/2310-1210.2019.2.161505
  15. Kalenich LA, Kovtun GR, Mirgorodskaya MN. Assessment of visual organs in workers of different professions in Krasnodar according to preventive examination. *Nauchnyy Vestnik Zdravookhraneniya Kubani.* 2017;(1(49)):7-10. (In Russ.)
  16. Pankov VA, Kuleshova MV. Working conditions, health status and occupational risk of employees of thermal power plants. *Gigiena i Sanitariya.* 2019;98(7):766-770. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-7-766-770
  17. Ovenseri-Ogbomo G, Ocansey S, Abu E, Kyei S, Boadi-Kusi S. Oculo-visual findings among industrial mine workers at Goldfields Ghana Limited, Tarkwa. *Ophthalmol Eye Dis.* 2012;4:35-42. doi: 10.4137/OED.S9204
  18. Афендулова И.С. Структурная модель комплексного исследования влияния видеотерминала и психо-эмоционального стресса на офтальмотонус и гидродинамику. *Системный Анализ и Управление в Биомедицинских Системах.* 2009;8(1):222-225. (In Russ.)
  19. McMonnies CW. Glaucoma history and risk factors. *J Optom.* 2017;10(2):71-78. doi: 10.1016/j.optom.2016.02.003
  20. Kapetanakis VV, Chan MPY, Foster PJ, Cook DG, Owen CG, Rudnicka AR. Global variations and time trends in the prevalence of primary open angle glaucoma (POAG): a systematic review and meta-analysis. *Br J Ophthalmol.* 2016;100(1):86-93. doi: 10.1136/bjophthalmol-2015-307223



© Коллектив авторов, 2022

УДК 613.2.099: 619



## Вопросы безопасного использования БАД к пище на растительной основе (обзор)

А.И. Короткова<sup>1,2</sup>, О.В. Багрянцева<sup>2,3</sup>, И.Е. Соколов<sup>2</sup>, В.М. Глиненко<sup>4</sup><sup>1</sup> ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве» Роспотребнадзора, Графский пер., д. 4, корп. 2, 3, 4, г. Москва, 129626, Российская Федерация<sup>2</sup> ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», Устьинский пр-д, д. 2/14, г. Москва, 109240, Российская Федерация<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет), ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, г. Москва, 119048, Российская Федерация<sup>4</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, ул. Делегатская, д. 20, стр. 1, г. Москва, 127473, Российская Федерация

### Резюме

**Введение.** Широкое применение специализированных пищевых продуктов, в том числе БАД к пище на растительной основе, обусловлено наличием в их составе самых разнообразных биологически активных веществ. Однако некоторые растения, содержащие в своем составе такие биологически активные вещества, как пулегон, ментофуран, эстрагол, метилэвгенол, сафрол, туйон, могут оказывать негативное влияние на здоровье человека.

**Цель исследования:** анализ и обоснование необходимости регламентации максимально допустимых уровней содержания монотерпеноидов (пулегон, ментофуран, туйон) и алкенилбензолов (эстрагола, метилэвгенола, сафрولا) в растительном сырье и БАД к пище на его основе в соответствии с данными, представленными в настоящее время в отечественных и международных научных публикациях.

**Материалы и методы.** Использованы информационно-аналитические методы, методы экспертной оценки на основе обобщения и анализа современных научных исследований, опубликованных на русском и английском языках в реферативных базах данных Scopus, Web of Science, PubMed и РИНЦ за период 2001–2021 гг. Ключевые слова для поиска: пулегон, ментофуран, метилэвгенол, эстрагол, сафрол, туйон. В первоначальную выборку попало 43 статьи, из них 13 статей были исключены из выборки после первичного анализа. Отбор статей осуществлялся по принципу наличия в них сведений о метаболизме, уровнях содержания в травах и травяных чаях, токсическом действии на организм экспериментальных животных, возможном негативном влиянии на здоровье человека вышеуказанных биологически активных веществ. Авторы отобрали 30 полнотекстовых материалов, соответствующих вышеуказанным критериям. Результаты исследований систематизированы по типу интервенций.

**Результаты.** Анализ многочисленных исследований монотерпеноидов и алкенилбензолов говорит о токсическом действии этих групп веществ на организм подопытных животных. Международное агентство по изучению рака (IARC) классифицировало пулегон, метилэвгенол и сафрол как вещества «возможно канцерогенные для человека» (потенциально способные вызвать рак) – группа 2В. Показаны риски для здоровья человека при содержании в составе БАД к пище на растительной основе алкенилбензолов.

**Заключение.** Представленные данные указывают на необходимость принятия мер по ограничению использования некоторых видов растений, содержащих высокие концентрации биологически активных веществ, оказывающих негативное воздействие на организм человека, установления гигиенических нормативов содержания этих веществ в составе БАД к пище на растительной основе с целью исключения возможных рисков для здоровья потребителей при использовании такой пищевой продукции в составе рациона.

**Ключевые слова:** токсичность, БАД к пище, растительное сырье, пулегон, ментофуран, метилэвгенол, эстрагол, сафрол, туйон.

**Для цитирования:** Короткова А.И., Багрянцева О.В., Соколов И.Е., Глиненко В.М. Вопросы безопасного использования БАД к пище на растительной основе (обзор) // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 7. С. 24–32. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-24-32>

### Сведения об авторах:

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

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

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

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

**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн обзорно-аналитического исследования: Короткова А.И., Багрянцева О.В.; сбор данных литературы: Короткова А.И., Багрянцева О.В., Соколов И.Е.; систематизация данных литературы: Глиненко В.М.; анализ и обобщение данных литературы: Короткова А.И.; подготовка рукописи: Короткова А.И., Багрянцева О.В. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

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

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

Статья получена: 24.05.22 / Принята к публикации: 08.07.22 / Опубликовано: 29.07.22

## Issues of Safe Use of Plant-Based Food Supplements: A Review

Alena I. Korotkova,<sup>1,2</sup> Olga V. Bagryantseva,<sup>2,3</sup> Ilya E. Sokolov,<sup>2</sup> Victor M. Glinenko<sup>4</sup><sup>1</sup> Center for Hygiene and Epidemiology in Moscow, Bldgs 2, 3 & 4 Graftsky Lane, Moscow, 129626, Russian Federation

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

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

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

### Summary

**Background:** The widespread use of specialized food products, including plant-based dietary supplements, is determined by a rich variety of biologically active constituents. However, some plants containing such bioactive compounds as pulegone, menthofuran, estragole, methyleugenol, safrole, and thujone may cause adverse health effects.

**Objective:** To review recent domestic and international scientific papers in order to substantiate the importance of regulating maximum permissible levels of monoterpene ketones (pulegone, menthofuran, and thujone) and alkenylbenzenes (estragole, methyleugenol, and safrole) in plant raw materials and plant-based nutritional supplements.

**Materials and methods:** We used the keywords pulegone, menthofuran, methyleugenol, estragole, safrole, and thujone to search Scopus, Web of Science, PubMed, and RSCI abstract and citation databases and then applied information analysis and expert examination techniques to summarize research data published in Russian and English languages in 2001–2021. The initial sample consisted of 43 articles, of which 13 were excluded after initial screening. The selection criteria included availability of data on metabolism of the organic compounds in question, their levels in herbs and herbal teas, toxic effects on experimental animals, and potential adverse health effects in humans. We selected 30 full-text scientific publications and classified their data by the type of interventions.

**Results:** The analysis of numerous studies of monoterpene ketones and alkenylbenzenes indicates a toxic effect of these groups of compounds on experimental animals. The International Agency for Research on Cancer (IARC) has classified pulegone, methyleugenol and safrole in Group 2B, which means that they are possibly carcinogenic to humans. Human health risks from plant-based alkenylbenzenes contained in dietary supplements are also demonstrated.

**Conclusion:** Our findings prove the need to take appropriate risk management measures in order to limit the use of certain plant species containing high concentrations of biologically active substances posing threat to human health and to regulate their permissible levels in plant-based supplements.

**Keywords:** toxicity, food supplements, plant raw materials, pulegone, menthofuran, methyleugenol, estragole, safrole, thujone.

**For citation:** Korotkova AI, Bagryantseva OV, Sokolov IE, Glinenko VM. Issues of safe use of plant-based food supplements: A review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(7):24–32. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-24-32>

### Author information:

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

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

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

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

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

**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 24, 2022 / Accepted: July 8, 2022 / Published: July 29, 2022

**Введение.** Широкое применение специализированных пищевых продуктов, в том числе БАД к пище на растительной основе, обусловлено наличием в их составе самых разнообразных биологически активных веществ (БАВ) — пищевых волокон и их составляющих, витаминов и их активных метаболитов, макро- и микроэлементов, фитонутриентов и других минорных биологически активных веществ.

В настоящее время в составе пищевой продукции, в том числе БАД к пище, могут использоваться только растения, имеющие традиции пищевого применения<sup>1</sup> — утвержден перечень, включающий около 400 запрещенных при производстве БАД к пище растений и продуктов их переработки<sup>2</sup>. В этот перечень вошли компоненты растительного происхождения, содержащие вещества канцерогенного, гепатотоксического и курареподобного действия, а также оказывающие наркотическое, психотропное и галлюциногенное

действие. Определены адекватный и верхний допустимый уровень суточного потребления биологически активных веществ — фитонутриентов в составе БАД к пище<sup>3</sup>. Данные вещества оказывают выраженное влияние на метаболизм и иммунный статус организма [1–3]. Однако некоторые растения, содержащие в своем составе определенные БАВ, могут оказывать негативное влияние на состояние здоровья. Так, например, растения семейства *Lamiaceae* могут оказывать гепатотоксичное действие на организм [4]. К БАВ, содержащимся в травах и растениях данного семейства и других, относятся пулегон, ментофуран, эстрагол, метилэвгенол, сафрол, туйон и их метаболиты.

Максимально допустимые уровни (МДУ) этих БАВ регламентируются в составе ароматизаторов, изготавливаемых на основе трав и пряностей, а также в пищевой продукции, полученной с использованием ароматизаторов из растительного

<sup>1</sup> Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 17.01.2013 № 2 «О надзоре за биологически активными добавками к пище» (зарегистрировано в Минюсте России 14.02.2013 № 27080).

<sup>2</sup> Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года № 880).

<sup>3</sup> Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) (утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 28 мая 2010 года № 299).

сырья<sup>4</sup>. Несмотря на большие объемы потребления (по сравнению с ароматизаторами), содержание данных БАВ не регламентируется в составе БАД к пище на основе растительного сырья, также не разработаны методы их анализа в данном виде пищевой продукции.

**Цель исследования:** анализ и обоснование необходимости регламентации максимально допустимых уровней содержания монотерпенов (пулегона, ментофурана, туйона) и алкенилбензолов (эстрагола, метилэвгенола, сафрола) в растительном сырье и БАД к пище на его основе в соответствии с данными, представленными в настоящее время в отечественных и международных научных публикациях.

**Материалы и методы.** Использованы информационно-аналитические методы, методы экспертной оценки на основе обобщения и анализа современных научных исследований, опубликованных на русском и английском языках в реферативных базах данных Scopus, Web of Science, PubMed и РИНЦ за период 2001–2021 гг. Ключевые слова для поиска: пулегон, ментофуран, метилэвгенол, эстрагол, сафрол, туйон. В первоначальную выборку попало 43 статьи, из них 13 статей были исключены из выборки после первичного анализа. Отбор статей осуществлялся по принципу наличия в них

сведений о метаболизме, уровнях содержания в травах, пищевых продуктах, токсическом действии на организм экспериментальных животных, возможном влиянии на здоровье человека вышеуказанных биологически активных веществ. Авторы отобрали 30 полнотекстовых материалов, удовлетворяющих вышеуказанным критериям. Результаты исследований систематизированы по типу интервенций.

**Результаты исследования.** *Токсиколого-гигиеническая характеристика монотерпенов, при определенных условиях оказывающих негативное влияние на здоровье человека.*

**Пулегон** — оксигенированный монотерпеноид, в больших количествах присутствующий в растениях семейства *Lamiaceae*. Пулегон является основным составляющим нескольких видов мяты (*Mentha*) и получаемых из них эфирных масел, в том числе мяты яблочной (*M. rotundifolia*), имбирной (*M. gentilis*), полевой (*M. arvensis*), корсиканской (*M. requienii Benth*), длиннолистной (*M. longifolia*), перечной (*M. piperita*), колосовой (*M. spicata*), европейского (*M. pulegium*) и американского пеннирояля (*H. pulegioides*). Также пулегон был обнаружен в различных концентрациях в растениях семейства *Rutaceae*, *Asteraceae* (табл. 1) [5–8].

Таблица 1. Содержание пулегона в эфирном масле растений

Table 1. Levels of pulegone in essential oils of plants

| Семейство / Family     | Род / Genus                      | Вид / Type                                                                | Содержания пулегона, % от общего количества БАВ в составе эфирных масел / Proportion of pulegone in the total amount of bioactive substances in oils |
|------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Яснотковые / Lamiaceae | Мята / Mentha                    | Мята европейская, европейский пеннирояль / <i>M. pulegium</i>             | 71,3–97                                                                                                                                              |
|                        |                                  | Мята яблочная / <i>M. rotundifolia</i>                                    | < 97                                                                                                                                                 |
|                        |                                  | Мята канадская / <i>M. canadensis</i> L.                                  | 81–95                                                                                                                                                |
|                        |                                  | Мята имбирная / <i>M. gentilis</i>                                        | < 86,2                                                                                                                                               |
|                        |                                  | Мята полевая / <i>M. arvensis</i>                                         | < 81,5                                                                                                                                               |
|                        |                                  | Корсиканская мята / <i>M. requienii Benth</i>                             | < 78,4                                                                                                                                               |
|                        |                                  | Мята длиннолистная / <i>M. longifolia</i>                                 | < 72,6                                                                                                                                               |
|                        |                                  | Мята чаберовидная / <i>M. saturejoides</i> R. Br.                         | 40                                                                                                                                                   |
|                        |                                  | Мята перечная / <i>M. piperita</i>                                        | 0,1–5,4                                                                                                                                              |
|                        |                                  | Мята колосовая / <i>M. spicata</i>                                        | 1,7–1,9                                                                                                                                              |
|                        | Амаракус / <i>Amaracus</i>       | Амаракус (душица) яснотковый / <i>A. dictamnus Benth.</i>                 | 66–85                                                                                                                                                |
|                        | Гедеома / <i>Hedeoma</i>         | Американская мята, американский пеннирояль / <i>H. pulegioides</i>        | 30–82,3                                                                                                                                              |
|                        | Многоколосник / <i>Agastache</i> | Многоколосник формозский / <i>A. formosana Hayata ex Makino et Nemoto</i> | 80                                                                                                                                                   |
|                        | Зизифора / <i>Ziziphora</i>      | Зизифора памироалайская / <i>Z. pamiroalaica Juz.</i>                     | 40–89                                                                                                                                                |
|                        |                                  | Зизифора тонкая / <i>Z. tenuior</i> L.                                    | 60–78                                                                                                                                                |
|                        |                                  | Зизифора жесткая / <i>Z. rigida Stapf.</i>                                | 70                                                                                                                                                   |
|                        |                                  | Зизифора Выходцева / <i>Z. vichodceviana V. Tkatch. Ex Tuljaganova</i>    | 61                                                                                                                                                   |
|                        |                                  | Зизифора пахучковидная / <i>Z. clinopodioides Lam.</i>                    | 47–60                                                                                                                                                |
|                        |                                  | Зизифора Бунге / <i>Z. bungeana Juz.</i>                                  | 55,2–56,5                                                                                                                                            |
|                        |                                  | Зизифора цветоножковая / <i>Z. pedicellata Pazij et Vved.</i>             | 6,8–28,02                                                                                                                                            |
|                        | Клиноподиум / <i>Clinopodium</i> | Душевик мятолистный / <i>C. menthifolium</i>                              | < 75,2                                                                                                                                               |
|                        | Чабер / <i>Satureja</i>          | Чабер душистый / <i>S. odora Epling</i>                                   | 70–75                                                                                                                                                |
|                        |                                  | Чабер двухцветковый / <i>S. biflora Briq.</i>                             | 56–60                                                                                                                                                |
|                        |                                  | Чабер абиссинский / <i>S. abyssinica Briq.</i>                            | 48                                                                                                                                                   |
|                        | Розмарин / <i>Rosmarinus</i>     | Розмарин обыкновенный / <i>Rosmarinus officinalis</i>                     | < 0,98                                                                                                                                               |
| Рутовые / Rutaceae     | Баросма / <i>Barosma</i>         | Баросма горная / <i>B. betulina</i>                                       | 3–70                                                                                                                                                 |
|                        |                                  | Баросма мелкогородчатая / <i>B. crenulata</i>                             |                                                                                                                                                      |
| Астровые / Asteraceae  | Полынь / <i>Artemisia</i>        | Полынь лечебная / <i>A. abrotanum L.</i>                                  | 6,2                                                                                                                                                  |

<sup>4</sup> ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» (принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 20 июля 2012 года № 58).

Пулегон легко всасывается в организме человека. Он метаболизируется до изомеров гидроксипулегона, преимущественно путем окисления в печени в 5-м, 9-м и 10-м положениях. Дополнительно 9-гидроксипулегон окисляется до ментофурана, который превращается в реакционноспособные эпоксид и альдегид ( $\gamma$ -кетональ) ментофурана. 5-гидроксипулегон превращается в пиперитенон, который затем гидроксилируется в положении 9 и далее превращается в аналогичный метаболит фурана и  $\gamma$ -кетональ. Дальнейший метаболизм  $\gamma$ -кетоналя происходит с образованием 4-метил-2-циклогексенона и п-крезола [5].

По результатам проведенных исследований были получены данные о гепатотоксичности пулегона. При внутрибрюшинном введении крысам разовой дозы пулегона в количестве 250 мг/кг происходило заметное снижение микросомального цитохрома P-450, амидопирин-N-деметилазы и активности глюкозо-6-фосфатазы, а также значительное увеличение уровня трансаминаз и сывороточного глутамат пирувата [9].

Согласно другим проведенным исследованиям трем экспериментальным группам животных (мыши) внутрижелудочно вводился пулегон в количестве 25, 50 и 100 мг/кг соответственно. Во всех трех группах наблюдалось угнетение активности гена CYP19A1, отвечающего за кодирование белков, а также транскрипционного фактора, регулирующего клеточный цикл, — белка p53, выполняющего функцию супрессора образования злокачественных опухолей. Вместе с тем пулегон снижал экспрессию регулятора апоптоза Bcl-2 — внутриклеточного белкового фактора, подавляющего апоптоз во многих клеточных системах, включая лимфогематopoэтические и нейрональные клетки, а также регулирующего клеточную смерть, контролируя проницаемость митохондриальной мембраны. Негативно влияя на альфа-, бета-рецепторы эстрогена, пулегон нарушал ангиогенез в яичниках, повышая атрезию фолликулов и снижая уровень эстрогена и прогестерона в сыворотке крови. При этом наблюдался дозозависимый эффект — более высокие концентрации пулегона приводили к наиболее тяжелому токсическому действию на организм экспериментальных животных [10].

В исследованиях токсичности пулегона и ментофурана (при введении по отдельности или одновременно), проводимых на крысах в течение 28 дней, для них была установлена NOEL (доза, не вызывающая заметных изменений в организме животных — по observed effect level) — 20 мг/кг массы тела и максимальный уровень суточного потребления (acceptable daily intake — ADI) — 0,1 мг/кг массы тела [11].

В результате проведенных Европейским агентством по безопасности пищевой продукции (EFSA) оценок рисков пулегона и 5 родственных ему по структуре веществ показано, что переносимая доза (TDI) пулегона составляет 0,1 мг/кг массы тела (м.т.) в сутки. Пулегон и ментофуран, вследствие их генотоксичности, не могут использоваться

в качестве вкусоароматических веществ<sup>5,6</sup> [11, 12]. EFSA указало на необходимость дополнительных данных о генотоксичности пулегона (п-мента-1,4(8)-диен-3-он, FL-№: 07.127), представляющего собой альфа-, бета-ненасыщенный кетон. EFSA разрешено использование в составе ароматизаторов изопулегола (№ FL: 02.067), изопулегона (№ FL: 07.067) и изопулегилацетата (№ FL: 09.219), несмотря на имеющиеся данные, указывающие на то, что изопулегон может частично изомеризоваться в пулегон<sup>7</sup>.

При изучении возможных негативных последствий, связанных с употреблением пулегона, в двухнедельном исследовании подопытным животным (крысам и мышам) внутрижелудочно вводили пулегон в составе кукурузного масла из расчета дозы 0, 37,5, 75, 150, 300 или 600 мг пулегона/кг массы тела для крыс и 0, 18,75, 37,5, 75, 150 или 300 мг пулегона/кг массы тела для мышей 5 дней в неделю в течение 16 дней. В трехмесячном исследовании крысам и мышам вводили 0, 9,375, 18,75, 37,5, 75 или 150 мг пулегона/кг массы тела животного 5 дней в неделю в течение 14 недель. В двухлетнем исследовании крысам и мышам вводили 0, 18,75 (только самцам крыс), 37,5, 75 или 150 (только мыши и самки крыс) мг пулегона/кг массы тела животного 5 дней в неделю в течение 104 недель. Результаты проведенных исследований указывают на токсическое действие, которое в определенных дозах оказывает пулегон на внутренние органы экспериментальных животных (табл. 2, 3) [5, 13, 14].

Международное агентство по изучению рака (IARC) классифицировало пулегон как вещество «возможно канцерогенное для человека» (потенциально способное вызвать рак) — группа 2B [5].

В дополнение к прямой токсичности, возникающей в результате воздействия пулегона, негативный эффект оказывают и его метаболиты, проявляя высокую гепатотоксичность.

**Ментофуран** — токсичный фуран-терпеноид, который также присутствует в растениях семейства *Lamiaceae*, является метаболитом пулегона и окисляется ферментами цитохрома P-450 до гепатотоксичных метаболитов, истощающих систему глутатиона.

Метаболизм ментофурана затрагивает ферменты цитохрома P450 — CYP1A2, CYP2E1 и CYP2C19, которые окисляют его до 2-гидроксиментофурана, являющегося промежуточным звеном в образовании минтлактона и изоминтлактона. Метаболиты ментофурана, идентифицированные в микросомах печени человека и крысы и отвечающие за гепатотоксичность, представляют собой  $\gamma$ -кетональ и эпоксиды, образующиеся в результате окисления фуранового кольца [5, 15].

Воздействие ментофурана на макроорганизм во многом схоже с воздействием пулегона. Для человека клинические признаки интоксикации характеризуются центрилобулярным геморрагическим некрозом печени, отеком легких, кишечным кровотечением и спазмами. Существуют сообщения о смертельных исходах. Подтверждено наличие

<sup>5</sup> ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» (принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 20 июля 2012 года № 58).

<sup>6</sup> Regulation (EC) No 1334/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on flavourings and certain food ingredients with flavouring properties for use in and on foods and amending Council Regulation (EEC) No 1601/91, Regulations (EC) No 2232/96 and (EC) No 110/2008 and Directive 2000/13/EC.

<sup>7</sup> Flavouring Group Evaluation 57 (FGE.57)[1]: Consideration of two structurally related pulegone metabolites and one ester thereof evaluated by JECFA (55th meeting). May 6, 2009. doi: 10.2903/j.efsa.2009.1079

Таблица 2. Токсическое действие пулегона на внутренние органы экспериментальных животных (крысы)

Table 2. Toxic effects of pulegone on the internal organs of experimental animals (rats)

| Период исследования / Study duration | Доза, мг/кг / Dose (mg/kg) | Патологические изменения внутренних органов экспериментальных животных (крысы) при внутрижелудочном введении пулегона / Pathological changes in the internal organs of experimental animals (rats) following intragastric administration of pulegone                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      |                            | самцы / males                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | самки / females                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 2 недели / 2 weeks                   | 300                        | Все самцы крыс и почти все самки умерли до окончания исследования в связи с токсическим поражением печени – цитоплазматической вакуолизацией и некрозом / All male and almost all female rats died before the end of the study due to toxic liver injury, i.e. cytoplasmic vacuolization and necrosis                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                      | 600                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 3 месяца / 3 months                  | 37,5                       | Гиперплазия костного мозга / Bone marrow hyperplasia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Изменений не обнаружено / No health effects detected                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                      | 75                         | Гиперплазия желчных протоков и гипертрофия гепатоцитов; гиалиновая гломерулопатия / Bile duct hyperplasia and hepatocyte hypertrophy; hyaline glomerulopathy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Минерализация железистого эпителия желудка / Mineralization of the glandular epithelium of the stomach                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                      |                            | Гиперплазия костного мозга / Bone marrow hyperplasia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                      | 150                        | Гипертрофия и гиперплазия желчных протоков; фокальный некроз гепатоцитов; минерализация сердца / Bile duct hypertrophy and hyperplasia; focal necrosis of hepatocytes; mineralization of the heart                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Минерализация железистого эпителия желудка; гистиоцитарная инфильтрация легких и кисты яичника. 1 самка умерла на 9-й день / Mineralization of the glandular epithelium of the stomach; histiocytic infiltration of the lungs and ovarian cysts. One female rat died on the 9th day.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 2 года / 2 years                     | 37,5                       | Гиперплазия овальных клеток и перипортальный фиброз печени; гиалиновая гломерулопатия; гиперплазия костного мозга / Oval cell hyperplasia and periportal liver fibrosis; hyaline glomerulopathy; bone marrow hyperplasia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                      |                            | Диффузное изменение гепатоцитов; воспаление и язвы желудка / Diffuse change of hepatocytes; inflammation and stomach ulcers                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Метаплазия обонятельного эпителия / Olfactory epithelial metaplasia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                      | 75                         | Гиалиновая гломерулопатия; дегенерация обонятельного эпителия / Hyaline glomerulopathy; degeneration of the olfactory epithelium                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                      |                            | Почечная киста, гиперплазия, воспаление, язвы и перфорация желудка. По окончании исследования выжили только 2 самца / Renal cyst, hyperplasia, inflammation, ulcers and perforation of the stomach. Only two animals survived                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Метаплазия обонятельного эпителия / Olfactory epithelial metaplasia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                      | 150                        | Диффузное изменение гепатоцитов; жировые изменения печени; гиперплазия и кисты желчных протоков; некроз гепатоцитов; гиперплазия овальных клеток печени; портальный фиброз; гиалиновая гломерулопатия; хроническая прогрессирующая нефропатия; дегенерация обонятельного эпителия / Diffuse hepatocyte changes; fatty liver changes; hyperplasia and cysts of the bile ducts; necrosis of hepatocytes; hyperplasia of oval liver cells; portal fibrosis; hyaline glomerulopathy; chronic progressive nephropathy; degeneration of the olfactory epithelium | Диффузное изменение гепатоцитов; жировые изменения печени; гиперплазия и кисты желчных протоков; некроз гепатоцитов; гиперплазия овальных клеток печени; портальный фиброз; папилломы и карциномы мочевого пузыря; гиалиновая гломерулопатия; хроническая прогрессирующая нефропатия; дегенерация и метаплазия обонятельного эпителия. По окончании исследования ни одна самка не выжила / Diffuse changes in hepatocytes; fatty liver changes; bile duct hyperplasia and cysts; necrosis of hepatocytes; hyperplasia of oval liver cells; portal fibrosis; papillomas and carcinomas of the bladder; hyaline glomerulopathy; chronic progressive nephropathy; olfactory epithelium degeneration and metaplasia; zero survival |
|                                      |                            | Исследования не проводились / Not studied                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

гепатотоксичного эффекта. В отличие от пулегона, токсичность ментофурана не может быть снижена при помощи глутатиона [16].

При совместном изучении токсического действия структурно родственных монотерпенов пулегона и ментофурана было установлено, что ментофуран, являясь основным метаболитом пулегона, проявляет более высокую гепатотоксичность, чем пулегон, в печени экспериментальных животных (крыс). Пероральный прием пулегона в количестве 400 мг/кг и ментофурана в количестве 250 мг/кг один раз в день в течение 5 дней привели к значительному снижению уровней микросомального цитохрома P-450 и высокой гепатотоксичности у крыс. Однако при проведении 24-часового исследования на пяти прецизионных срезах тканей печени чело-

века и расчете полумаксимальной эффективной концентрации (EC50) установлено, что пулегон является более токсичным для печени человека, чем ментофуран, так как EC50 для пулегона составила 4,0 г/мг ткани, для ментофурана – 5,8 г/мг ткани. При этом во всех прецизионных срезах наблюдалось снижение экспрессии miR-155-5p, что дает возможность рассматривать miR-155-5p в качестве биомаркера токсичности пулегона [17].

Туйон – бициклический монотерпеноидный кетон, присутствующий в виде двух изомеров – (S)- $\alpha$ -туйон и (R)- $\beta$ -туйон. (S)- $\alpha$ -туйон является основным компонентом западного красного кедра (*Thuja plicata* Donn ex D. Don) (63,5–84,0 %), полыни (*Artemisia genipi* Weber ex Stechm.) (79,8 %), морской полыни (*Artemisia aritima* L.) (63,3 %), туи (*Thuja occidentalis* L.) (48,7–51,5 %), шалфея (*Salvia*

Таблица 3. Токсическое действие пулегона на внутренние органы экспериментальных животных (мыши)

Table 3. Toxic effects of pulegone on the internal organs of experimental animals (mice)

| Период исследования / Study duration | Доза, мг/кг / Dose (mg/kg) | Патологические изменения внутренних органов экспериментальных животных (мыши) при внутрижелудочном введении пулегона / Pathological changes in the internal organs of experimental animals (mice) following intragastric administration of pulegone                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                 |
|--------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      |                            | Самцы / Males                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Самки / Females                                                                                                                 |
| 2 недели / 2 weeks                   | 300                        | Некроз печени / Liver necrosis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Цитоплазматическая вакуолизация и диффузное жировое изменение печени / Cytoplasmic vacuolization and diffuse fatty liver change |
|                                      |                            | 4 самки и 1 самец умерли к пятому дню исследования в связи с токсическим поражением печени / For female and one male mice died by the fifth day of the study from toxic liver damage                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                 |
| 3 месяца / 3 months                  | 37,5                       | Не наблюдалось никаких гистопатологических поражений, которые можно было бы отнести к введению пулегона / No histopathological lesions potentially attributed to pulegone exposure were observed                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                 |
|                                      | 75                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                 |
|                                      | 150                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                 |
| 2 года / 2 years                     | 37,5                       | Множественная гепатоцеллюлярная аденома; гиалиновая гломерулопатия / Multiple hepatocellular adenoma; hyaline glomerulopathy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Изменений не обнаружено / No health effects detected                                                                            |
|                                      | 75                         | Множественная гепатоцеллюлярная аденома, гепатобластома / Multiple hepatocellular adenoma, hepatoblastoma                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Остеомы или остеосаркомы всех органов; остеомы носа / Osteomas or osteosarcomas of all organs; nasal bone osteoma               |
|                                      |                            | Неопухолевые поражения печени (прозрачные клеточные, эозинофильные и смешанные клеточные очаги; очаговое жировое изменение; гипертрофия центрилобулярных гепатоцитов; некроз; пигментация; киста и гиперплазия желчных протоков; гиперплазия овальных клеток). Гиалиновая гломерулопатия / Non-tumor liver lesions (transparent cellular, eosinophilic and mixed cellular foci; focal fatty change; hypertrophy of centrilobular hepatocytes; necrosis; pigmenta- tion; cyst and hyperplasia of bile ducts; hyperplasia of oval cells). Hyaline glomerulopathy                                                                                                                                                              |                                                                                                                                 |
|                                      | 150                        | Множественная гепатоцеллюлярная аденома; остеомы носа, гиперплазия и кисты желчных протоков; гиперплазия овальных клеток печени; портальный фиброз; папилломы и карциномы мочевого пузыря; гиалиновая гломерулопатия; хроническая прогрессирующая нефропатия; дегенерация и метаплазия обонятельного эпителия / Multiple hepatocellular adenoma; nasal bone osteoma, bile duct hyperplasia and cysts; hyperplasia of oval liver cells; portal fibrosis; papillomas and carcinomas of the bladder; hyaline glomerulopathy; chronic progressive nephropathy; degeneration and metaplasia of the olfactory epithelium                                                                                                          | Гиалиновая гломерулопатия / Hyaline glomerulopathy                                                                              |
|                                      |                            | Комбинированные случаи гепатоцеллюлярной аденомы, карциномы или гепатобластомы. Неопухолевые поражения печени (прозрачные клеточные, эозинофильные и смешанные клеточные очаги; очаговое жировое изменение; гипертрофия центрилобулярных гепатоцитов; некроз; пигментация; киста и гиперплазия желчных протоков; гиперплазия овальных клеток). Нефропатия, застойная почка / Combined cases of hepatocellular adenoma, carcinoma or hepatoblastoma. Non-tumor liver lesions (transparent cellular, eosinophilic and mixed cellular foci; focal fatty change; hypertrophy of centrilobular hepatocytes; necrosis; pigmenta- tion; bile duct cyst and hyperplasia; hyperplasia of oval cells). Nephropathy, congestive kidney |                                                                                                                                 |

*officinalis* L.) (13,1–48,5 %), полыни белой (*Artemisia herba-alba* Asso) (25,7–36,8 %), полыни африканской (*Artemisia afra* Jacq. Ex Willd.) (22,5 %) и полыни обыкновенной (*Artemisia vulgaris* L.) (11,4 %). (R)- $\beta$ -туйон содержится в полыни (*Artemisia genipi* Weber ex Stechm.) (33,1–59,9 %), пижме (*Tanacetum vulgare* L.) (45,2 %), полыни большой (*Artemisia arborescens* L.) (34,0 %), шалфее (3,9–19,1 %), западном красном кедре (4,9–15,2 %), тую (3,14–9,9 %), белой полыни (2,0–9,0 %) и полыни африканской (8,9 %) [7].  $\alpha$ -Туйон более нейротоксичен, чем  $\beta$ -туйон. При пероральном приеме туйон может влиять на ЦНС и вызывать судороги, что говорит о том, что он может пересекать гематоэнцефалический барьер. Даже при низких дозах туйон может воздействовать на нервную ткань у крыс. Показано, что диастереомеры туйона ингибируют гамма-аминомасляную кислоту человека типа А (ГАМК)А, вызывая мышечные спазмы и судороги в дозе 5 мг/кг. CYP2A6, CYP3A4 и CYP2B6 метаболизируют  $\alpha$ -туйон до 4- и 7-гидрокситуйона у людей. Было обнаружено, что  $\alpha$ -туйон ингибирует CYP2A6 (концентрация полумаксимального ингибирования (IC<sub>50</sub>) = 2,34 мг/л) и CYP2B6 (IC<sub>50</sub> = 2,66 мг/л), что может способствовать длительной и усилен-

ной  $\alpha$ -туйоновой токсичности. Переносимая доза (TDI) туйона составляет 0,01 мг/кг массы тела в сутки [11]. Прием масла шалфея и туйи может вызывать судороги. Масло пижмы нейротоксично и также несет в себе риск возникновения судорог. Внутрижелудочное введение самкам швейцарских беременных мышей экстракта *Artemisia herba-alba* (внутрижелудочная фаза в 80 и 150 мг/кг) в течение всего периода гестации снижало фертильность, изменяло физическое развитие потомства, поддерживало функцию памяти и нейромоторный рефлекс у потомства. Водный экстракт *Artemisia herba-alba* (при 300 мг/кг/сутки) вызвал снижение коэффициента фертильности самок крыс Sprague Dawley. Исходя из полученных сведений, следует избегать потребления богатых туйоном масел во время беременности [7].

Сведения о токсичности также были получены при изучении другой группы соединений – алкенилбензолов.

**Токсиколого-гигиеническая характеристика алкенилбензолов, при определенных условиях оказывающих негативное влияние на здоровье человека.**

Алкенилбензолы встречаются в качестве вторичных растительных метаболитов в различных травах

и специях, например в базилике (*Ocimum nudicaule Benth.*), фенхеле (*Foeniculum vulgare Mill.*), эстрагоне (*Artemisia dracunculus L.*), корице цейлонской (*Cinnamomum rigidissimum H.T.Chang*), звездчатом анисе (*Illicium verum Hook.f.*). Представителями данной группы соединений являются метилэвгенол, эстрагол, сафрол (табл. 4) [6, 18–21].

**Метаболические пути активации алкилбензолов.** Метаболические пути активации сафрола, метилэвгенола и эстрагола включают О-деалкилирование алкоксизаместителей в ароматическом кольце, эпоксидирование при двойной связи аллиловой боковой цепи и 1'-гидроксилирование аллиловой боковой цепи. 1'-гидроксиалкилбензолы могут впоследствии быть сульфоконъюгированы. Полученные эфиры аллилового сульфата нестабильны и могут вступать в реакцию с клеточными нуклеофилами, такими как белки или ДНК, и в конечном счете инициировать и запускать серию токсических эффектов, включая белковые аномальные модификации, инактивацию ферментов, сшивку ДНК, образование иммуногенных видов, гибель клеток или онкогенную активацию. Токсикологическая значимость подчеркивается выводом о том, что введение ингибитора сульфотрансферазы (SULT) пентахлорфенола (PCP) резко снижает канцерогенную активность сафрола у грызунов. Кроме

того, реакционноспособные сульфатные эфиры могут быть получены посредством конъюгации глутатиона с образованием производных меркаптурной кислоты. N-ацетил-S-[3'-(4-метоксифенил) аллил]-цистеин – меркаптурная кислота, образованная из 1'-сульфоксиэстрагола, была обнаружена в моче добровольцев после употребления чая из фенхеля, содержащего примерно 2 мг эстрагола [18, 22, 23].

**Эстрагол.** При проведении целого ряда исследований было показано наличие гепатоканцерогенного действия эстрагола при его пероральном введении мышам и крысам в дозах 150–600 мг/кг. Однако эти дозы в значительной степени превышают возможную наибольшую дозу его потребления в составе пищевых продуктов (0,05–50 мг/кг массы тела). Было также показано, что эстрагол либо не обладает мутагенной активностью, либо проявляет очень слабую мутагенную активность по отношению к *S. typhimurium* в тесте Эймса. Эстрагол и его метаболит 1'-гидроксиэстрагол способны к индукции синтеза ДНК в гепатоцитах крыс и мышей в условиях *in vitro* и *in vivo* при его введении в дозах 500, 1000 и 2000 мг/кг массы тела [16].

Присутствие эстрагола в чае из фенхеля (*Foeniculum vulgare Mill.*) подтверждено

Таблица 4. Содержание алкилбензолов в эфирном масле растений

Table 4. Levels of alkenylbenzenes in essential oils of plant

| Семейство / Family            | Вид / Type                                                                    | Содержание алкилбензолов, % от общего количества БАВ в составе эфирных масел / Proportion of alkenylbenzenes in the total amount of bioactive substances in oils |                      |                  |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------|
|                               |                                                                               | метилэвгенол / methyleugenol                                                                                                                                     | эстрагол / estragole | сафрол / safrole |
| Яснотковые / Lamiaceae        | Базилик обыкновенный / <i>Ocimum nudicaule Benth.</i>                         | –                                                                                                                                                                | 98                   | –                |
|                               | Базилик душистый / <i>Ocimum basilicum L.</i>                                 | 9,27–87,04                                                                                                                                                       | 20–89                | < 1              |
|                               | Базилик камфорный / <i>Ocimum canum Sims.</i>                                 | –                                                                                                                                                                | 52                   | –                |
|                               | Многоколосник морщинистый / <i>Agastache rugosa</i>                           | 83–96                                                                                                                                                            | –                    | –                |
|                               | Многоколосник фенхельный / <i>Agastache foeniculum</i>                        | –                                                                                                                                                                | 43–74                | –                |
|                               | Мелиса лекарственная / <i>Melissa officinalis L.</i>                          | –                                                                                                                                                                | < 6,3                | –                |
|                               | Иссоп лекарственный / <i>Hyssopus officinalis L.</i>                          | 0,09–3,8                                                                                                                                                         | 4,8                  | –                |
| Зонтичные / Apiaceae          | Кервель ажурный / <i>Anthriscus cerefolium</i>                                | –                                                                                                                                                                | < 85                 | –                |
|                               | Испанский кервель / <i>Myrrhis odorata</i>                                    | –                                                                                                                                                                | < 75                 | –                |
|                               | Фенхель обыкновенный (зрелые семена) / <i>Foeniculum vulgare Mill.</i>        | –                                                                                                                                                                | 61,8                 | –                |
|                               | Западный эстрагон / Western tarragon                                          | 0,51–28,87                                                                                                                                                       | 17,26–75             | –                |
|                               | Восточный эстрагон / Eastern tarragon                                         | 9,59–28,40                                                                                                                                                       | 0,29–0,31            | –                |
|                               | Семена японского звездчатого аниса / Japanese Star Anise seeds                | 9,8                                                                                                                                                              | –                    | 6,6              |
|                               | Семена китайского звездчатого аниса / Chinese Star Anise seeds                | –                                                                                                                                                                | 0,5–5,5              | –                |
|                               | Семена аниса / Anise seeds                                                    | 0,1–0,2                                                                                                                                                          | 1,44–7,08            | –                |
| Астровые / Asteraceae         | Полынь эстрагонная / <i>Artemisia dracunculus L.</i>                          | –                                                                                                                                                                | 60–75                | –                |
| Миртовые / Myrtaceae          | Ягоды душистого перца / Allspice berries                                      | < 62,7                                                                                                                                                           | –                    | –                |
| Мускатниковые / Myristicaceae | Ядро мускатного ореха, Восточная Индонезия / Nutmeg kernel, Eastern Indonesia | 16,7                                                                                                                                                             | –                    | 1,6              |
|                               | Ядро мускатного ореха, Шри-Ланка / Nutmeg kernel, Sri Lanka                   | 0,6                                                                                                                                                              | –                    | 1,4              |
| Лавровые / Lauraceae          | Авокадо / <i>Persea americana Mill.</i>                                       | 3–85                                                                                                                                                             | –                    | –                |
|                               | Равенсара душистая / <i>Ravensara aromatica Sonn</i>                          | 8,5                                                                                                                                                              | 79,7                 | –                |
|                               | Окотея душистая / <i>Ocotea odorifera (Vell.) Rohwer</i>                      | 0,1–78                                                                                                                                                           | –                    | < 1              |
|                               | Корица цейлонская / <i>Cinnamomum rigidissimum H.T. Chang</i>                 | 28,62                                                                                                                                                            | –                    | 61,72            |
|                               | Лавр благородный / <i>Laurus nobilis L.</i>                                   | 1,7–11,8                                                                                                                                                         | –                    | –                |
| Перечные / Piperaceae         | Перец кубеба / <i>Piper cubeba L. fruit</i>                                   | 41,31                                                                                                                                                            | –                    | –                |
|                               | Бетельный орех / <i>Piper betle L.</i>                                        | 4,1                                                                                                                                                              | 1,02–4,0             | –                |
| Лимонниковые / Schisandraceae | Звездчатый анис (плоды) / <i>Illicium verum Hook.f.</i>                       | –                                                                                                                                                                | 0,34–5,04            | 0,14             |

Примечание: «–» – не обнаружено.

Note: “–” not detected.

многочисленными исследованиями с использованием методов газовой хроматографии в сочетании с масс-спектрометрией (ГХ-МС). Эстрагол был обнаружен в качестве второстепенного компонента в количестве 0,8–4,1 % от общего количества летучих соединений. Согласно проведенным исследованиям, диапазон уровней содержания эстрагола в сухом фенхеле составил 0,15–13,3 мг/г, тогда как содержание эстрагола в настоях из фенхеля было значительно ниже – от 0,4 до 133,4 мкг/25 мл настоя, приготовленного из 1 г сухого материала, т. е. 0,016–5,34 мкг/мл. Определение эстрагола в инфузиях из различных широко используемых коммерческих травяных чаев на основе семян фенхеля показало, что уровни эстрагола находятся в пределах 50–250 мкг/л, в отдельных образцах достигают уровней 241–2058 мкг/л чая из чайных пакетиков. В чайных экстрактах из травяных чайных смесей типа фенхель-анис-тмин содержание эстрагола варьировалось от 4,0 до 76,7 мкг/л. При этом через час после употребления данного чайного экстракта содержание эстрагола в грудном молоке кормящих женщин составило 0,13 мкг/л. При ежедневном употреблении чая из фенхеля действие эстрагола оценивается в диапазоне 0,008–20,78 мкг/кг в день (младенцы), 0,25–5,04 мкг/кг в день (дети), 0,32–6,42 мкг/кг в сутки (женщины) и 0,15–2,93 мкг/кг в сутки (мужчины) [19, 20].

Результаты различных исследований *in vivo* показали, что лечение мышей эстраголом или его метаболитом 1'-гидроксиэстраголом приводило к индукции опухоли печени. При этом мутагенные эффекты были более выражены после лечения метаболитом эстрагола. При внутрижелудочном введении эстрагола в количестве 600, 200, 66, 22 мг/кг 5 дней в неделю в течение 4 недель самцам крыс линии gpt delta rat (F344) были установлены гепатотоксические эффекты, при этом из пяти крыс, получавших максимальную дозу эстрагола, количество выживших составило две особи [20, 24].

При проведении исследований с использованием криоконсервированной клеточной линии человека НераRG, после 24-часового воздействия эстрагола в концентрации 12,5 ммоль происходило быстрое снижение жизнеспособности клеток [25].

**Метилэвгенол.** Исследования травяных напитков, содержащих в своем составе имбирь (*Zingiber officinale* Rosc), гвоздику (*Syzygium aromaticum* L.), корицу (*Cinnamomum burmannii* Blume), фенхель (*Foeniculum vulgare* Mill.), перец бетель (*Piper betle* L.), бадьян (*Illicium verum*), мускатный орех (*Myristica fragrans*), лимонник (*Schizandra chinensis*), показали наличие метилэвгенола в количестве от 2,6 до 443,7 мкг/г в 49 из 114 образцов, закупленных в магазинах розничной торговли. Расчетное суточное потребление метилэвгенола составило от 0,1 до 2,7 мкг/кг массы тела в сутки [26].

LD50 (среднелетальная доза) при однократном пероральном введении мышам метилэвгенола составила от 810 до 1560 мг/кг массы тела. Он является генотоксичным канцерогеном в отношении различных систем организма при его поступлении в дозе 100 мг/кг массы тела. При введении метилэвгенола в дозе 300 мг/кг массы тела было отмечено снижение массы тела у самок и самцов мышей. При введении самцам мышей

метилэвгенола в дозах 30, 100 и 300 мг/кг массы тела наблюдалось увеличение печени. У самок мышей увеличение печени наблюдалось при введении метилэвгенола в дозе 300 мг/кг массы тела. Отмечено увеличение случаев цитологических изменений, некроза тканей, подострых воспалений в тканях печени, гиперплазии желчного пузыря у самок мышей, получавших метилэвгенол в дозе 1000 мг/кг массы тела. Для самок такие изменения наблюдались при введении метилэвгенола в дозе 300–1000 мг/кг массы тела. При пероральном введении метилэвгенола в количестве 30 мг/кг массы тела и более наблюдалось увеличение случаев атрофии, отеков, нарушений митотического деления и кисты в железистой ткани нижнего отдела желудка. Установлена доза метилэвгенола, не вызывающая заметных изменений в организме животных (NOEL) – 10 мг/кг веса в сутки [16]. При внутрижелудочном введении метилэвгенола в количестве 100, 300, 10 мг/кг в течение 91 дня самцам и самкам крыс линии gpt delta rat (F344) у всех особей были установлены гепатокарциногенные поражения [27].

В двухлетнем исследовании группам из 50 самок и 50 самцов мышей линии B3C3F внутрижелудочно вводился метилэвгенол в 0,5 % метилцеллюлозе в количестве 0 (контроль), 37, 75 и 150 мг/кг 5 дней в неделю в течение 105 недель. Метилэвгенол вызвал значительное увеличение заболеваемости гепатоцеллюлярной аденомой, карциномой и гепатобластомой у обоих полов, при этом наблюдался дозозависимый эффект. Вместе с тем зафиксирована одна карцинома желудка у самки и две нейроэндокринные опухоли у самцов мышей [28].

**Сафрол.** Многочисленные исследования показали, что введение сафрала экспериментальным животным (мыши и крысы) индуцировало опухоли и приводило к канцерогенным эффектам в печени и легких. Канцерогенный эффект был опосредован активными метаболитами – 1'-гидрокси-сафролом или 1'-сульфокси-сафролом [20, 28].

В микросомах печени человека сафрол активировался посредством CYP1A2 и продуцировал несколько реакционноспособных метаболитов, которые были идентифицированы как хинон и его таутомеры. Показано, что эти метаболиты опосредуют гепатотоксичность сафрала [4, 29].

Так же как и пулегон, IARC относит метилэвгенол и сафрол к группе 2B – вещества «возможно канцерогенные для человека» (потенциально способные вызвать рак) [27, 30].

**Обсуждение.** Монотерпеноиды (пулегон, ментофуран, туйон) и алкенилбензолы (эстрагол, метилэвгенол, сафрол) в соответствии с техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» запрещены для использования при производстве пищевой продукции в качестве вкусоароматических веществ. Приложением 20 данного технического регламента утверждены максимально допустимые уровни содержания этих БАВ в составе пищевых продуктов, содержащих их за счет использования растительного сырья и ароматизаторов из растительного сырья. Аналогичные требования установлены в Европейском союзе<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Регламент (ЕС) № 1334/2008 Европейского Парламента и Совета от 16 декабря 2008 года по вкусоароматическим добавкам и некоторым пищевым ингредиентам, обладающим ароматическими свойствами, которые используют в пищевых продуктах и на их поверхности.

При этом ни на территории стран Таможенного союза Евразийского экономического союза, ни на территории стран Европейского союза не установлен гигиенический норматив содержания данных БАВ в БАД к пище на основе растительного сырья.

По результатам анализа данных о метаболизме пулегона в ментофуран, их взаимодействия с белками, приводящего к хронической регенеративной пролиферации клеток, которая может быть связана с канцерогенностью пулегона в печени и мочевом пузыре экспериментальных животных, Международное агентство по изучению рака (IARC) классифицировало пулегон как вещество «возможно канцерогенное для человека» (потенциально способное вызвать рак) – группа 2В. Метилэвгенол и сафрол также были отнесены к данной группе. Показаны риски здоровью при содержании в составе БАД к пище на растительной основе алкилбензолов (эстрагола, метилэвгенола, сафрола).

**Заключение.** Представленные данные указывают на необходимость принятия мер по ограничению использования некоторых видов растений, содержащих высокие концентрации биологически активных веществ, оказывающих негативное воздействие на организм человека, установления гигиенических нормативов содержания этих веществ в составе БАД к пище на растительной основе с целью исключения возможных рисков для здоровья потребителей при использовании такой пищевой продукции в составе рациона.

#### Список литературы / References

- Ramos da Silva LR, Ferreira OO, Cruz JN, et al. *Lamiaceae* essential oils, phytochemical profile, antioxidant and biological activities. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2021;2021:6748052. doi: 10.1155/2021/6748052
- Kulkarni SA, Nagarajan SK, Ramesh V, Palaniyandi V, Selyam SP, Madhavan T. Computational evaluation of major components from plant essential oils as potent inhibitors of SARS-CoV-2 spike protein. *J Mol Struct*. 2020;1221:128823. doi: 10.1016/j.molstruc.2020.128823
- Asif M, Saleem M, Saadullah M, Yaseen HS, Al Zarzour R. COVID-19 and therapy with essential oils having antiviral, anti-inflammatory, and immunomodulatory properties. *Inflammopharmacology*. 2020;28(5):1153-1161. doi: 10.1007/s10787-020-00744-0
- He S, Zhang C, Zhou P, et al. Herb-induced liver injury: phylogenetic relationship, structure – toxicity relationship, and herb-ingredient network analysis. *Int J Mol Sci*. 2019;20(15):3633. doi: 10.3390/ijms20153633
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Some Drugs and Herbal Products. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, vol. 108. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer; 2016. Accessed July 20, 2022. <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/06/mono108.pdf>
- Compendium of botanicals reported to contain naturally occurring substances of possible concern for human health when used in food and food supplements. *EFSA J*. 2012;10(5):2663. doi: 10.2903/j.efsa.2012.2663
- Dosoky NS, Setzer WN. Maternal reproductive toxicity of some essential oils and their constituents. *Int J Mol Sci*. 2021;22(5):2380. doi: 10.3390/ijms22052380
- Головкин БН, Руденская РН, Трофимова ИА, Шпретер АИ., Семихов В.Т. Биологически активные вещества растительного происхождения. В трех томах. Москва: Федеральное государственное унитарное предприятие «Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительный центр «Наука», 2001, Т. 1. 764 с.
- Golovkin BN, Rudenskaya RN, Trofimova IA, Schroeter AI, Semikhov VF. [Biologically Active Substances of Plant Origin.] Vol. 1. Moscow: Nauka Publ.; 2001. (In Russ.)
- Božović M, Ragno R. Calamintha nepeta (L.) Savi and its main essential oil constituent pulegone: biological activities and chemistry. *Molecules*. 2017;22(2):290. doi: 10.3390/molecules22020290
- Souldouzi R, Razi M, Shalizer Jalali A, Jalilzadeh-Amin G, Amani S. Effect of (R)-(+)-pulegone on ovarian tissue; correlation with expression of aromatase Cyp19 and ovarian selected genes in mice. *Cell J*. 2018;20(2):231-243. doi: 10.22074/cellj.2018.4798
- Natural Sources of Flavours: Report No. 2. Strasbourg: Council of Europe; 2007.
- Regulations (EC) No 2232/96 and (EC) No 110/2008 and Directive 2000/13/E. *OJEU*. 2008;34-50.
- Ibrahim R, Nyska A, Dunnick J, Ramot Y. The toxicologic pathology aspects of selected natural herbal products and related compounds. *J Toxicol Pathol*. 2021;34(3):181-211. doi: 10.1293/tox.2021-0016
- National Toxicology Program. Toxicology and carcinogenesis studies of pulegone (CAS No. 89-82-7) in F344/N rats and B6C3F1 mice (gavage studies). *Natl Toxicol Program Tech Rep Ser*. 2011;(563):1-201.
- Brewer CT, Chen T. Hepatotoxicity of herbal supplements mediated by modulation of cytochrome P450. *Int J Mol Sci*. 2017;18(11):2353. doi: 10.3390/ijms18112353
- Багрянцева ОВ, Шatrov ГН. О регламентации применения вкусоароматических веществ и вкусоароматических препаратов при производстве ароматизаторов и пищевых продуктов // Вопросы питания. 2013. Т. 82. № 1. С. 23–32.
- Bagryantseva OV, Shatrov GN. About flavoring substances and flavoring preparations regulation in the field of manufacturing of flavorings and foodstuffs. *Voprosy Pitaniya*. 2013;82(1):23-32. (In Russ.)
- Zárybnický T, Matoušková P, Lancošová B, Šubrt Z, Skálová L, Boušová I. Inter-individual variability in acute toxicity of R-pulegone and R-menthofuran in human liver slices and their influence on miRNA expression changes in comparison to acetaminophen. *Int J Mol Sci*. 2018;19(6):1805. doi: 10.3390/ijms19061805
- Eisenreich A, Götz ME, Sachse B, Monien BH, Herrmann K, Schäfer B. Alkenylbenzenes in foods: aspects impeding the evaluation of adverse health effects. *Foods*. 2021;10(9):2139. doi: 10.3390/foods10092139
- European Medicines Agency, 2020 Public statement on the use of herbal medicinal products containing estragole, EMA/HMPC/137212/2005 Rev. 1.
- Tangpao T, Chung HH, Sommano SR. Aromatic profiles of essential oils from five commonly used Thai Basils. *Foods*. 2018;7(11):175. doi: 10.3390/foods7110175
- Alminderej F, Bakari S, Almundarij TI, Snoussi M, Aouadi K, Kadri A. Antioxidant activities of a new chemotype of *Piper cubeba* L. fruit essential oil (methyleugenol/eugenol): in silico molecular docking and ADMET studies. *Plants (Basel)*. 2020;9(11):1534. doi: 10.3390/plants9111534
- Wang YK, Li WQ, Xia S, Guo L, Miao Y, Zhang BK. Metabolic activation of the toxic natural products from herbal and dietary supplements leading to toxicities. *Front Pharmacol*. 2021;12:758468. doi: 10.3389/fphar.2021.758468
- Gori L, Gallo E, Mascherini V, Mugelli A, Vannacci A, Firenzuoli F. Can estragole in fennel seed decoctions really be considered a danger for human health? A fennel safety update. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2012;2012:860542. doi: 10.1155/2012/860542
- Nohmi T, Masumura K, Toyoda-Hokaiwado N. Transgenic rat models for mutagenesis and carcinogenesis. *Genes Environ*. 2017;39:11. doi: 10.1186/s41021-016-0072-6
- Paini A, Sala Benito JV, Bessems J, Worth AP. From in vitro to in vivo: Integration of the virtual cell based assay with physiologically based kinetic modelling. *Toxicol In Vitro*. 2017;45(Pt 2):241-248. doi: 10.1016/j.tiv.2017.06.015
- Suparmi S, Ginting AJ, Mariyam S, Wesseling S, Rietjens I. Levels of methyleugenol and eugenol in instant herbal beverages available on the Indonesian market and related risk assessment. *Food Chem Toxicol*. 2019;125:467-478. doi: 10.1016/j.fct.2019.02.001
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Some chemicals present in industrial and consumer products, food and drinking-water. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum*. 2013;101:9-549.
- Bode AM, Dong Z. Toxic phytochemicals and their potential risks for human cancer. *Cancer Prev Res (Phila)*. 2015;8(1):1-8. doi: 10.1158/1940-6207.CAPR-14-0160
- Yang AH, Zhang L, Zhi DX, Liu WL, Gao X, He X. Identification and analysis of the reactive metabolites related to the hepatotoxicity of safrole. *Xenobiotica*. 2018;48:1164-1172. doi: 10.1080/00498254.2017.1399227
- IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to man: some naturally occurring substances. *IARC Monogr Eval Carcinog Risk Chem Man*. 1976;10:1-342.

## Оценка эффективности инновационного способа снижения микробной обсемененности воздуха учебных помещений (сообщение 1)

В.В. Шкарин<sup>1,2</sup>, Н.И. Латышевская<sup>1,2</sup>, В.С. Замараев<sup>1,2</sup>, Л.А. Давыденко<sup>1,2</sup>,  
А.В. Беляева<sup>1,2</sup>, А.В. Засядкина<sup>1,2</sup>, В.М. Тарабанов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, пл. Павших Борцов, д. 1, г. Волгоград, 400131, Российская Федерация

<sup>2</sup> ООО «Центр молодежного инновационного творчества «Биопечать»», пр. им. В.И. Ленина, д. 58/1, кв. 50, г. Волгоград, 400005, Российская Федерация

### Резюме

**Введение.** Санитарно-гигиеническое благополучие воздушной среды закрытых помещений различного назначения – важнейшее направление профилактики распространения инфекций с аэрозольным механизмом передачи возбудителя.

**Цель исследования:** оценка эффективности инновационного способа снижения микробной обсемененности воздушной среды учебных помещений с использованием пленочного абсорбера оригинальной конструкции.

**Материалы и методы.** Выполнена оценка микробной обсемененности воздушной среды учебных помещений в холодный (январь-февраль 2021 г.) и теплый (апрель 2021 г.) периоды года. Использовался пленочный абсорбер оригинальной конструкции, в котором активным веществом является водный раствор хлористого лития. Микробную обсемененность воздушной среды определяли в динамике учебного дня при различных режимах его работы. Отбор проб и исследование воздуха проводились сертифицированными методами.

**Результаты.** Исследование микробной обсемененности воздуха учебных комнат показало наличие в большинстве проб 2–4-компонентных ассоциаций микроорганизмов. В холодный период года регистрировались более высокие значения микробной обсемененности в учебных помещениях в сравнении с теплым периодом года. Выявлено уменьшение микробной обсемененности воздуха в конце занятий при работе устройства в течение 30 минут в режиме общеобменной вентиляции на 0–38 %; при работе устройства с действующим веществом – на 80–99 %.

**Заключение.** Способ снижения микробной обсемененности воздуха учебных помещений с использованием пленочного абсорбера оригинальной конструкции показал высокую эффективность.

**Ключевые слова:** качество воздуха, закрытые помещения, очистка воздуха.

**Для цитирования:** Шкарин В.В., Латышевская Н.И., Замараев В.С., Давыденко Л.А., Беляева А.В., Засядкина А.В., Тарабанов В.М. Оценка эффективности инновационного способа снижения микробной обсемененности воздуха учебных помещений (сообщение 1) // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 7. С. 33–39. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-33-39>

### Сведения об авторах:

**Шкарин Владимир Вячеславович** – д.м.н., доцент, заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения Института НМФО ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России; исполнитель в рамках соглашения № 3 от 20.12.2021 между Комитетом экономической политики и развития Волгоградской области, руководителем проекта и организацией ООО «ЦМИТ БИОПЕЧАТЬ»; e-mail: fuv-ozz@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7520-7781>.

**Латышевская Наталья Ивановна** – д.м.н., профессор, заведующая кафедрой общей гигиены и экологии ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России; руководитель в рамках соглашения № 3 от 20.12.2021 между Комитетом экономической политики и развития Волгоградской области, руководителем проекта и организацией ООО «ЦМИТ БИОПЕЧАТЬ»; e-mail: latyshnata@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8367-745X>.

**Замараев Валерий Семенович** – д.м.н., профессор, профессор кафедры микробиологии, вирусологии, иммунологии с курсом клинической микробиологии ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России; исполнитель в рамках соглашения № 3 от 20.12.2021 между Комитетом экономической политики и развития Волгоградской области, руководителем проекта и организацией ООО «ЦМИТ БИОПЕЧАТЬ»; e-mail: vszamarayev@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7442-9940>.

**Давыденко Людмила Александровна** – д.м.н., профессор, профессор кафедры общей гигиены и экологии ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России; исполнитель в рамках соглашения № 3 от 20.12.2021 между Комитетом экономической политики и развития Волгоградской области, руководителем проекта и организацией ООО «ЦМИТ БИОПЕЧАТЬ»; e-mail: ladav52@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6612-0529>.

✉ **Беляева Алина Васильевна** – к.б.н., доцент кафедры общей гигиены и экологии ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России; исполнитель в рамках соглашения № 3 от 20.12.2021 между Комитетом экономической политики и развития Волгоградской области, руководителем проекта и организацией ООО «ЦМИТ БИОПЕЧАТЬ»; e-mail: bel.alina@list.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2723-8938>.

**Засядкина Анна Владимировна** – ассистент кафедры микробиологии, вирусологии, иммунологии с курсом клинической микробиологии ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России; исполнитель в рамках соглашения № 3 от 20.12.2021 между Комитетом экономической политики и развития Волгоградской области, руководителем проекта и организацией ООО «ЦМИТ БИОПЕЧАТЬ»; e-mail: anna.z7@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4202-7207>.

**Тарабанов Валерий Михайлович** – исполнитель в рамках соглашения № 3 от 20.12.2021 между Комитетом экономической политики и развития Волгоградской области, руководителем проекта и организацией ООО «ЦМИТ БИОПЕЧАТЬ»; e-mail: vmtarabanov@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2470-5908>.

**Информация о вкладе авторов:** разработка дизайна исследования: Шкарин В.В., Латышевская Н.И., Тарабанов В.М.; написание текста рукописи: Латышевская Н.И., Замараев В.С., Беляева А.В., Давыденко Л.А.; обзор публикаций по теме статьи: Латышевская Н.И.; получение данных для анализа: Замараев В.С., Засядкина А.В.; анализ полученных данных: Давыденко Л.А., Тарабанов В.М. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

**Соблюдение этических стандартов:** Протокол исследования одобрен Комиссией по биомедицинской этике ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, протокол № 1 от 28.01.2021.

**Финансирование:** статья подготовлена при финансовой поддержке гранта в рамках соглашения № 3 от 20.12.2021 между Комитетом экономической политики и развития Волгоградской области, руководителем проекта Н.И. Латышевской и организацией (ООО «ЦМИТ БИОПЕЧАТЬ»).

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

Статья получена: 21.03.22 / Принята к публикации: 08.07.22 / Опубликовано: 29.07.22

## Evaluation of Efficiency of an Innovative Method for Reducing Microbial Air Contamination in Auditoriums: Part 1

Vladimir V. Shkarin,<sup>1,2</sup> Natalia I. Latyshevskaya,<sup>1,2</sup> Valery S. Zamaraev,<sup>1,2</sup>  
Ludmila A. Davydenko,<sup>1,2</sup> Alina V. Belyaeva,<sup>1,2</sup> Anna V. Zasyadkina,<sup>1,2</sup> Valery M. Tarabanov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Volgograd State Medical University, 1 Fallen Fighters Square, Volgograd, 400131, Russian Federation

<sup>2</sup> "Bioprint" Center for Youth Innovative Creativity,  
Apt. 50, 58/1 Lenin Avenue, Volgograd, 400005, Russian Federation

### Summary

**Background:** Sanitary and hygienic well-being of the air environment of closed premises for various purposes is the most important direction in preventing the spread of infections with an aerosol mechanism of pathogen transmission.

**Objective:** To evaluate the effectiveness of an innovative method of reducing microbial indoor air contamination in auditoriums using a film absorber of original design.

**Materials and methods:** We investigated microbial contamination of indoor air in medical university auditoriums in the cold (January-February 2021) and warm (April 2021) seasons of the year. We also tested the efficiency of air purification using a specially designed film absorber with and without an aqueous solution of lithium chloride added as an active substance. The microbial air contamination was monitored during the academic day under various modes of the device operation. Air sampling and testing were carried out using certified methods.

**Results:** Our findings showed the presence of 2 to 4-component associations of microorganisms in most collected indoor air samples. Higher levels of microbial contamination in auditoriums were observed in the cold season of the year. A decrease in microbial air contamination after classes by 0-38 % was detected following 30 minutes of the absorber operation in the general ventilation mode and by 80-99 % after operating it with the active substance added.

**Conclusion:** Test results demonstrate high efficiency of the method of reducing microbial air contamination in auditoriums using the film absorber of original design.

**Keywords:** air quality, enclosed spaces, air purification.

**For citation:** Shkarin VV, Latyshevskaya NI, Zamaraev VS, Davydenko LA, Belyaeva AV, Zasyadkina AV, Tarabanov VM. Evaluation of efficiency of an innovative method for reducing microbial air contamination in auditoriums: Part 1. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(7):33-39. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-33-39>

### Author information:

Vladimir V. Shkarin, Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Head of the Department of Public Health and Health Care, Institute of Continuing Medical and Pharmaceutical Education, Volgograd State Medical University; executor of the research project under Agreement No. 3 of December 20, 2021 between the Committee for Economic Policy and Development of the Volgograd Region, Project Manager and the "Bioprint" Center for Youth Innovative Creativity; e-mail: fuv-ozz@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7520-7781>.

Natalia I. Latyshevskaya, Dr. Sci. (Med.), Prof.; Head of Department of General Hygiene and Ecology, Volgograd State Medical University; Manager of the research project under Agreement No. 3 of December 20, 2021 between the Committee for Economic Policy and Development of the Volgograd Region, Project Manager and the "Bioprint" Center for Youth Innovative Creativity; e-mail: latyshnata@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8367-745X>.

Valery S. Zamaraev, Dr. Sci. (Med.), Prof.; Professor of the Department of Microbiology, Virology, and Immunology with a Course of Clinical Microbiology, Volgograd State Medical University; executor of the research project under Agreement No. 3 of December 20, 2021 between the Committee for Economic Policy and Development of the Volgograd Region, Project Manager and the "Bioprint" Center for Youth Innovative Creativity; e-mail: vszamaraev@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7442-9940>.

Ludmila A. Davydenko, Dr. Sci. (Med.), Prof.; Professor of the Department of General Hygiene and Ecology, Volgograd State Medical University; executor of the research project under Agreement No. 3 of December 20, 2021 between the Committee for Economic Policy and Development of the Volgograd Region, Project Manager and the "Bioprint" Center for Youth Innovative Creativity; e-mail: ladav52@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6612-0529>.

Alina V. Belyaeva, Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Department of General Hygiene and Ecology, Volgograd State Medical University; executor of the research project under Agreement No. 3 of December 20, 2021 between the Committee for Economic Policy and Development of the Volgograd Region, Project Manager and the "Bioprint" Center for Youth Innovative Creativity; e-mail: bel.alina@list.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2723-8938>.

Anna V. Zasyadkina, Assistant, Department of Microbiology, Virology, Immunology with a Course of Clinical Microbiology, Volgograd State Medical University; executor of the research project under Agreement No. 3 of December 20, 2021 between the Committee for Economic Policy and Development of the Volgograd Region, Project Manager and the "Bioprint" Center for Youth Innovative Creativity; e-mail: anna.z7@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4202-7207>.

Valery M. Tarabanov, executor of the research project under Agreement No. 3 of December 20, 2021 between the Committee for Economic Policy and Development of the Volgograd Region, Project Manager and the "Bioprint" Center for Youth Innovative Creativity; e-mail: vmtarabanov@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2470-5908>.

**Author contributions:** study conception and design: Shkarin V.V., Latyshevskaya N.I., Tarabanov V.M.; data collection: Zamaraev V.S., Zasyadkina A.V.; data analysis: Davydenko L.A., Tarabanov V.M.; literature review: Latyshevskaya N.I.; draft manuscript preparation: Latyshevskaya N.I., Zamaraev V.S., Belyaeva A.V., Davydenko L.A. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

**Compliance with ethical standards:** The study protocol was approved by the Biomedical Ethics Committee of the Volgograd State Medical University, Minutes No. 1 of January 28, 2021.

**Funding:** The article was prepared within implementation of the research project under Agreement No. 3 of December 20, 2021 between the Committee for Economic Policy and Development of the Volgograd Region, Project Manager Natalia I. Latyshevskaya and the "Bioprint" Center for Youth Innovative Creativity.

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

Received: March 21, 2022 / Accepted: July 8, 2022 / Published: July 29, 2022

**Введение.** Санитарно-гигиеническое благополучие воздушной среды закрытых помещений различного предназначения — важнейшее направление профилактики распространения инфекций с аэрозольным механизмом передачи возбудителя [1]. Большое количество гигиенических исследований посвящено проблеме циркуляции микроорганизмов в стационарах различного профиля, оценке фактической контаминации воздуха различных помещений медицинских организаций

микроорганизмами, анализу риска развития инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи [2–8]. В последние годы появился ряд работ, посвященных изучению видового состава микробиоты общественного транспорта [9–13].

В то же время в связи с ухудшающейся эпидемиологической ситуацией в мире особую значимость приобретает обеспечение микробиологической безопасности воздушной среды при пребывании в закрытых помещениях и близких контактах

различных контингентов населения. Особому риску для здоровья подвергаются обучающиеся в различных образовательных организациях (школьники, студенты, дети, занимающиеся в различных секциях и кружках) в связи с длительным пребыванием в закрытых помещениях. С состоянием воздушной среды, характером ее микрофлоры связана заболеваемость обучающихся острыми респираторными инфекциями. Респираторная инфекция способствует формированию у детей и подростков очагов хронического воспаления, развитию аллергических заболеваний, обострению латентных очагов инфекции [14–18]. Улучшение качества воздушной среды в классных комнатах, лекционных аудиториях, лабораториях по гигиеническому и микробиологическим показателям является важнейшей составляющей в системе мероприятий по профилактике респираторно-вирусных заболеваний школьников и студентов. В то же время работы, посвященные микробиологическому мониторингу воздуха учебных помещений с последующей разработкой методов профилактики воздушно-капельных инфекций, единичны [19–21]. Так, в работе Абдулиной Г.А. и соавт. [20] установлено, что микрофлора учебных комнат наиболее агрессивна в количественном и качественном отношении в холодный период года. Например, общее микробное число, количество стафилококков, гемолитических стрептококков (КОЕ/м<sup>3</sup>) в два и более раз выше зимой в сравнении с аналогичным показателем в летний период времени. При этом авторы отметили, что использование ультрафиолетового бактерицидного рециркулятора «АЕРЕХ constant» для улучшения микробиологических показателей учебной комнаты не дало ожидаемой и рекламируемой эффективности. В работе Горбатовой Е.Ю. [21] установлено, что в 16,8 % аудиторий (от всех исследуемых) определено наличие плесневых грибов (от 10 до 50 КОЕ/л). Также в 6,3 % учебных комнат выявлен золотистый стафилококк (от 4 до 8 колониеобразующих единиц), являющийся представителем патогенной микрофлоры и вызывающий гнойно-септические заболевания. Определено высокое содержание бактерий различного вида: *Bacillus altitudinis*, *Bacillus simplex*, *Bacillus cereus*, *Bacillus horneckiae*, являющихся спорообразующими почвенными бактериями.

В связи вышеизложенным понятно, что технологии, позволяющие быстро и эффективно уничтожать микроорганизмы в воздухе, востребованы не только в медицине, но и в других областях жизнедеятельности человека, в том числе в помещениях образовательных организаций. При этом практически все известные методы и подходы улучшения качества воздушной среды закрытых помещений по биологическому фактору направлены на уничтожение микроорганизмов, уже содержащихся в воздухе [22–24]. Например, метод аэрозольной дезинфекции, основанный на преобразовании дезинфицирующего средства в мелкодисперсное состояние с помощью специальной распыляющей аппаратуры и введения аэрозоля в воздушную среду помещения [23].

Распространенным способом очистки приточного воздуха является применение фильтров различных классов очистки (в зависимости от назначения помещения и требований к чистоте воздуха в них). В основе метода фильтрации лежит принцип предотвращения поступления в помещение твердых аэрозольных частиц (в том числе микроорганизмов) путем их задержки на высокоэффективных фильтрах – НЕРА-фильтрах, технология которых направлена не на уничтожение микроорганизмов, а только на ограничение их поступления в помещение. При этом не исключается накопление живых микроорганизмов на фильтрующей части, приводящий впоследствии к их «залповому выбросу» в воздух помещения. Представляется актуальной разработка и внедрение инновационных технологий, позволяющих улучшить качество воздушной среды как за счет ограничения поступления живых микроорганизмов в воздух закрытых помещений, так и их инактивации.

**Цель исследования:** оценка эффективности инновационного способа снижения микробной обсемененности воздушной среды учебных помещений с использованием пленочного абсорбера оригинальной конструкции.

**Материалы и методы.** Реализация поставленной цели предполагала оценку параметров микроклимата и динамики микробной обсемененности воздуха учебных помещений при различных режимах работы устройства (без присутствия людей). Исследование проводилось на базе Волгоградского государственного медицинского университета. Было обследовано 8 аудиторий. Произведено 72 замера (прибор testo-400, термогигрометр ТКА-ТВ) параметров микроклимата (температура, результирующая температура, относительная влажность, скорость движения воздуха) в соответствии с требованиями МУК 4.3.2756–10<sup>1</sup> и СанПиН 1.2.3685–21<sup>2</sup>.

В данной работе (сообщение 1) для обеззараживания воздуха представлен вариант конструкции с активным веществом – хлоридом лития (устройство кондиционирования воздуха – пленочный абсорбер оригинальной конструкции – защищено патентом РФ на полезную модель № 199446). Конструкция устройства позволяет получить развитую поверхность контакта воздуха с раствором хлористого лития (коэффициент эффективности тепло-массообмена составляет 0,9), а также исключить попадание раствора в помещение вследствие отсутствия процесса распыливания жидкости в аппарате. Известно, что хлорид лития согласно данным литературы (справочник Н.В. Лазарева, 1977)<sup>3</sup> может применяться для кондиционирования воздуха, но без уточнения для производственных или жилых помещений. В соответствии с СанПиН 1.2.3685–21 ориентировочный безопасный уровень воздействия (ОБУВ) в атмосферном воздухе городских и сельских поселений лития хлорида (в пересчете на литий) составляет 0,02 мг/м<sup>3</sup>. В связи с вышеизложенным во втором сообщении предполагается представить результаты оценки безопасности работы устройства (исходя из токсикологической характеристики вещества), подтверждающих отсутствие

<sup>1</sup> МУК 4.3.2756–10 «Методические указания по измерению и оценке микроклимата производственных помещений».

<sup>2</sup> СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

<sup>3</sup> Вредные вещества в промышленности: Неорганические и элементарноорганические соединения : справ. для химиков, инженеров и врачей: в 3-х т. / под общ. ред. засл. деят. науки, проф. Н.В. Лазарева. Л.: Химия, Ленингр. отд-ние, 1977. 608 с.

миграции хлорида лития в воздухе помещения. Разработанный инновационный способ снижения микробной обсемененности воздуха закрытых помещений защищен патентом на изобретение (заявка № 2021117492/04(036899))<sup>4</sup>.

Изучение микробной обсемененности воздушной среды (МОВС) осуществлялось в соответствии с существующими в РФ нормативами, регламентирующими микробиологическую безопасность воздушной среды в лечебных учреждениях: СП 2.1.3678–20<sup>5</sup> и МУК 4.2.2942–11<sup>6</sup>. Исследования проводили в холодный и теплый периоды года в помещениях с учетом показателя удельной площади помещения на одного обучающегося. МОВС определяли до начала учебных занятий, сразу после их окончания и после использования пленочного абсорбера. По мнению Беловой И.В. и соавт., выделение микроорганизмов культуральным методом позволяет судить не только о видовом разнообразии микробиоценоза, но и о количественной представленности каждого вида [13, 24]. Определялись следующие показатели, выраженные в КОЕ/м<sup>3</sup>: общая микробная обсемененность, количество стафилококков, плесневых и дрожжевых грибов, количество гемолитических микроорганизмов.

Пробы воздуха отбирали аспирационным методом с использованием сертифицированного аспиратора ПУ-1Б, используя для посева в каждой серии опытов по три чашки с мясопептонным агаром (МПА), желточно-солевым агаром (ЖСА), средой Сабуро и кровяным агаром. Оптимальные объемы аспирируемого воздуха были подобраны в предварительных опытах. Через двое суток культивирования посевов при 37 °С проводился подсчет колоний. Каждая серия опытов в идентичных условиях проводилась не менее трех раз при трех режимах работы устройства; 0,5, 1,0 и 1,5 часа. Обработка результатов осуществлялась с использованием пакета программ Microsoft Excel. Достоверность результатов рассчитывалась с применением критерия  $\chi^2$  ( $p < 0,05$ ).

**Результаты исследования.** Оценка параметров микроклимата показала, что в холодный период года все показатели соответствовали гигиеническим нормам (табл. 1). В теплый период года температура воздуха колебалась в диапазоне 25,6–27,8 °С, результирующая превышала допустимые величины.

Исследование сезонных колебаний МОВС показало рост практически всех исследуемых показателей в холодный период года. Полученные данные согласуются с результатами группы авторов [20], которые выявили, что микрофлора учебных комнат наиболее агрессивна в холодный период года. Наряду с повышением общей микробной обсемененности наблюдалось существенное увеличение концентрации стафилококков и гемолитической флоры, особенно после проведения в помещениях занятий с обучающимися (рис. 1, 2). В исследовании Горбатковой Е.Ю. [21] в учебных комнатах выявлен золотистый стафилококк, являющийся представителем патогенной микрофлоры, вызывающий гнойно-септические заболевания.

Существенное влияние на показатели МОВС после проведения занятий оказывало количество студентов в учебном помещении (рис. 3).

Дальнейшие исследования по оценке эффективности инновационного способа снижения микробной обсемененности воздуха учебных помещений проводили в холодный период после проведения в учебном помещении занятий с удельной площадью 2,8 м<sup>2</sup> на одного студента, таким образом выбрана модель исследования с наиболее жесткими условиями.

Предварительно определены показатели МОВС при работе устройства без добавления активного вещества. На рис. 4 представлено сравнение показателей микробной обсемененности воздуха по окончании занятий в учебных комнатах и после работы устройства в течение 30 минут в режиме общеобменной вентиляции; их снижение не носило достоверный характер.

В режиме работы устройства с добавлением активного вещества в течение 30 минут показатели МОВС снижались более чем в 10 раз, что свидетельствует об эффективности предлагаемого инновационного способа снижения микробной обсемененности воздушной среды (рис. 5, табл. 2).

Далее выполнена оценка МОВС при работе устройства в течение одного и полутора часов. Показано, что увеличение времени работы устройства не оказывало существенного влияния на изучаемые показатели, что позволило сделать вывод о достаточной эффективности инновационного способа снижения микробной обсемененности воздушной среды учебных помещений

Таблица 1. Параметры микроклимата учебных помещений

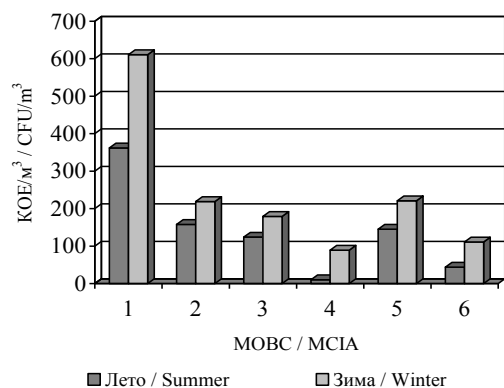
Table 1. Microclimate parameters registered in auditoriums

| Показатель / Parameter                                 | Холодный период года / Cold season of the year |                          |                        | Теплый период года / Warm season of the year |                          |                        |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------------------------------|--------------------------|------------------------|
|                                                        | оптимальная / optimal                          | допустимая / permissible | фактическая / observed | оптимальная / optimal                        | допустимая / permissible | фактическая / observed |
| Температура воздуха / Air temperature, °С              | 19–21                                          | 18–23                    | 20,4–21,6              | 23–25                                        | 18–28                    | 25,6–27,8              |
| Результирующая температура / Resulting temperature, °С | 18–20                                          | 17–22                    | 21,1–21,8              | 22–24                                        | 19–27                    | 27,9–30,2              |
| Относительная влажность / Relative humidity, %         | 45–30                                          | 60–30                    | 54,7–63,4              | 60–30                                        | 65–30                    | 54,6–63,2              |
| Скорость движения воздуха, м/сек / Air velocity, m/s   | 0,2                                            | 0,3                      | 0,18–0,21              | 0,15                                         | 0,25                     | 0,21–0,25              |

<sup>4</sup> Латышевская Н.И., Апухтин А.Ф., Замираев В.С. Способ очистки воздуха от патогенной микрофлоры путем кондиционирования через сменяемые поглощающие фильтры. Патент РФ на изобретение № 2775086. 16.06.2021. Доступно по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49199938>. Ссылка активна на 02 августа 2022 г.

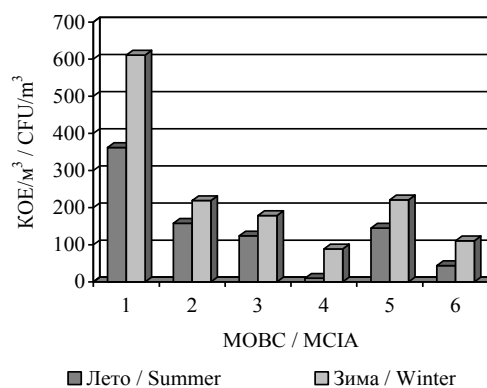
<sup>5</sup> СП 2.1.3678–20 «Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг».

<sup>6</sup> МУК 4.2.2942–11 «Методы санитарно-бактериологических исследований объектов окружающей среды, воздуха и контроля стерильности в лечебных организациях».



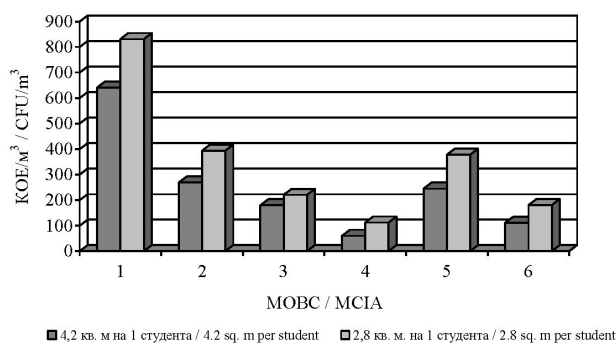
**Рис. 1.** Показатели сезонной изменчивости микробной обсемененности воздушной среды в учебных помещениях до начала занятий (1 – мясопептонный агар; 2 – желточно-солевой агар; 3 – среда Сабуро; 4 – плесневые грибы на среде Сабуро; 5 – кровяной агар; 6 – гемолитические колонии на кровяном агаре)

**Fig. 1.** Indicators of seasonal variability of microbial contamination of indoor air (MCIA) in university auditoriums before classes (1 – beef extract agar; 2 – salt egg yolk agar; 3 – Sabouraud agar; 4 – mold on Sabouraud agar; 5 – blood agar; 6 – hemolytic bacterial colonies on blood agar)



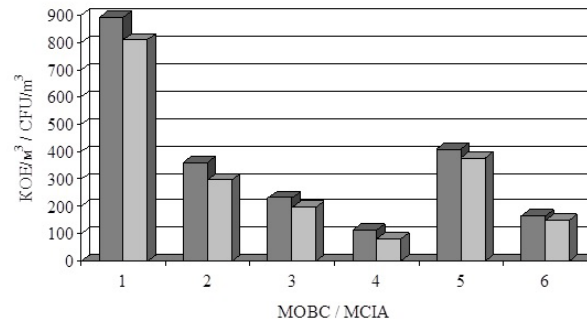
**Рис. 2.** Показатели сезонной изменчивости микробной обсемененности воздушной среды в учебных помещениях после занятий (1 – мясопептонный агар; 2 – желточно-солевой агар; 3 – среда Сабуро; 4 – плесневые грибы на среде Сабуро; 5 – кровяной агар; 6 – гемолитические колонии на кровяном агаре)

**Fig. 2.** Indicators of seasonal variability of microbial contamination of indoor air (MCIA) in university auditoriums after classes (1 – beef extract agar; 2 – salt egg yolk agar; 3 – Sabouraud agar; 4 – mold on Sabouraud agar; 5 – blood agar; 6 – hemolytic bacterial colonies on blood agar)



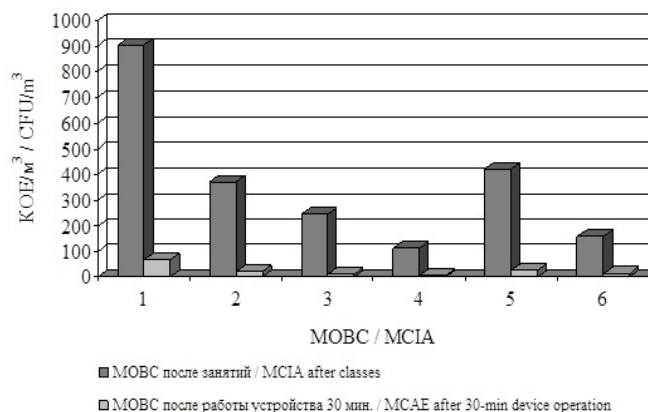
**Рис. 3.** Показатели микробной обсемененности воздушной среды с учетом удельной площади учебного помещения на одного обучающегося (1 – мясопептонный агар; 2 – желточно-солевой агар; 3 – среда Сабуро; 4 – плесневые грибы на среде Сабуро; 5 – кровяной агар; 6 – гемолитические колонии на кровяном агаре)

**Fig. 3.** Indicators of microbial contamination of indoor air (MCIA) depending on the auditorium area per student (1 – beef extract agar; 2 – salt egg yolk agar; 3 – Sabouraud agar; 4 – mold on Sabouraud agar; 5 – blood agar; 6 – hemolytic bacterial colonies on blood agar)



**Рис. 4.** Динамика показателей микробной обсемененности воздуха при работе устройства в режиме вентиляции в течение 30 минут (1 – мясопептонный агар; 2 – желточно-солевой агар; 3 – среда Сабуро; 4 – плесневые грибы на среде Сабуро; 5 – кровяной агар; 6 – гемолитические колонии на кровяном агаре)

**Fig. 4.** Changes in the level of microbial contamination of indoor air (MCIA) after 30-minute operation of the device in the ventilation mode (1 – beef extract agar; 2 – salt egg yolk agar; 3 – Sabouraud agar; 4 – mold on Sabouraud agar; 5 – blood agar; 6 – hemolytic bacterial colonies on blood agar)



**Рис. 5.** Динамика показателей микробной обсемененности воздуха при работе устройства с действующим веществом в течение 30 минут (1 – мясопептонный агар; 2 – желточно-солевой агар; 3 – среда Сабуро; 4 – плесневые грибы на среде Сабуро; 5 – кровяной агар; 6 – гемолитические колонии на кровяном агаре)

**Fig. 5.** Changes in level of microbial contamination of indoor air (MCIA) after 30-minute operation of the device with the active substance added (1 – beef extract agar; 2 – salt egg yolk agar; 3 – Sabouraud agar; 4 – mold on Sabouraud agar; 5 – blood agar; 6 – hemolytic bacterial colonies on blood agar)

Таблица 2. Сравнительный анализ динамики микробной обсемененности воздуха, %

Table 2. Comparative analysis of the dynamics of microbial air contamination, %

| № питательной среды / Growth medium no. | Питательная среда / Growth medium                                                     | Режим общеобменной вентиляции / General ventilation mode | Работа устройства с добавлением хлористого лития / Operation of the absorber with lithium chloride added |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                       | Мясопептонный агар / Beef extract agar                                                | 33                                                       | 93                                                                                                       |
| 2                                       | Желточно-солевой агар / Salt egg yolk agar                                            | 14                                                       | 99                                                                                                       |
| 3                                       | Сабуро / Sabouraud agar                                                               | 0                                                        | 99                                                                                                       |
| 4                                       | Плесневые грибы на Сабуро / Mold on Sabouraud agar                                    | 68                                                       | 80                                                                                                       |
| 5                                       | Кровяной агар / Blood agar                                                            | 11                                                       | 95                                                                                                       |
| 6                                       | Гемолитические колонии на кровяном агаре / Hemolytic bacterial colonies on blood agar | 0                                                        | 85                                                                                                       |

с использованием пленочного абсорбера оригинальной конструкции в режиме работы «0,5 часа».

**Заключение.** Изучена и оценена МОВС учебных комнат; в большинстве проб выявлены 2–4-компонентные ассоциации микроорганизмов. В состав ассоциаций входили бактерии и грибы III и IV группы патогенности. Анализ полученных данных показал, что фактическая контаминация воздуха учебных помещений в холодный период года достоверно отличается от таковой в теплый период года уже в начале учебного дня. Показатели микробной обсемененности воздуха в учебных помещениях после проведения занятий (через 4 часа) достоверно выше; возрастание наиболее значительно в холодный период года. Осуществленная оценка инновационного способа снижения микробной обсемененности воздуха учебных помещений с использованием пленочного абсорбера оригинальной конструкции показала высокую степень его эффективности. Уже через 0,5 часа его работы показатели МОВС снижались более чем в 10 раз, что определяет незначительные эксплуатационные расходы устройства. На разработанный инновационный способ снижения микробной обсемененности воздуха закрытых помещений (заявка № 2021117492/04(036899)) получено решение о выдаче патента на изобретение. В настоящее время ведется продолжение исследования в двух направлениях: 1) изучение безопасности работы устройства, подтверждение отсутствия миграции хлорида лития в воздух помещения; 2) апробация работы устройства и оценка эффективности способа обеззараживания воздуха с другими активными веществами, например хлоридом магния. Результаты будут представлены в сообщении 2.

#### Список литературы

- Noakes CJ, Beggs CB, Sleight PA, Kerr KG. Modelling the transmission of airborne infections in enclosed spaces. *Epidemiol Infect.* 2006;134(5):1082–1091. doi: 10.1017/S0950268806005875
- Габриэлян Н.И., Горская Е.М., Романова Н.И., Ситгареев Р.Ш. Внешняя среда хирургической клиники и внутрибольничные инфекции (состояние вопроса) // Медицинский алфавит. 2015. Т. 1. № 6. С. 7–12.
- Зарипова А.З., Бадамшина Г.Г., Зиятдинов В.Б., Исаева Г.Ш. Региональные особенности заболеваемости инфекциями, связанными с оказанием медицинской помощи // Практическая медицина. 2016. № 5(97). С. 7–11.
- Бадамшина Г.Г., Зиятдинов В.Б., Исаева Г.Ш., Кириллова М.А., Земскова С.С. Анализ риска развития инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи // Анализ риска здоровью. 2017. № 2. С. 113–118. doi: 10.21668/health.risk/2017.2.12
- Беляева Е.В., Ермолина Г.Б., Борискина Е.В., Шкуркина И.С., Кропотов В.С. Исследование циркуляции *S. Epidermidis* и *S. Haemolyticus* в детском стационаре // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 4 (337). С. 18–24. doi:10.35627/2219-5238/2021-337-4-18-24
- Бадамшина Г.Г., Зиятдинов В.Б., Фатхутдинова Л.М. Актуальные вопросы оценки условий труда медицинских работников по уровню биологического фактора // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59. № 9. С. 551–551. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-551-552
- Шайхразиева Н.Д., Булычева И.А., Лопушов Д.В., Сабаева Ф.Н. Этиологическая структура и антибиотикорезистентность нозокомиальных штаммов микроорганизмов в отделении анестезиологии и реанимации // Медицинский альманах. 2019. № 1 (58). С. 32–34. doi: 10.21145/2499-9954-2019-1-32-34
- Abdollahi A, Mahmoudzadeh S. Microbial profile of air contamination in hospital wards. *Iran J Pathol.* 2012;7(3):177–182. Accessed July 28, 2022. https://ijp.iranpath.org/article\_8355.html
- Afshinnekoo E, Meydan C, Chowdhury S, et al. Geospatial resolution of human and bacterial diversity with city-scale metagenomics. *Cell Syst.* 2015;1(1):72–87. doi: 10.1016/j.cels.2015.01.001
- MetaSUB International Consortium. The Metagenomics and Metadesign of the Subways and Urban Biomes (MetaSUB) International Consortium inaugural meeting report. *Microbiome.* 2016;4(1):24. doi: 10.1186/s40168-016-0168-z
- Тихонов В.В., Николаева О.В., Пильгун П.А. Оценка численности микроорганизмов в воздухе общественного транспорта Москвы в зимний период // Городские исследования и практики. 2018. Т. 3. № 3 (12). С. 36–47. doi: 10.17323/usp33201836-47
- Бирюков М.В., Черницына В.В. Оценка микроклимата и бактериальной флоры в летнее время года в общественном транспорте // Актуальные проблемы экспериментальной и клинической медицины. Мат. 78-й международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов. 2020. С. 173
- Белова И.В., Тоцилина А.Г., Соловьева И.В. и др. Видовой состав микробиоты автобусов внутригородских маршрутов. Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 4 (337). С. 10–17. doi: 10.35627/2219-5238/2021-337-4-10-17
- Гервазиева В.Б., Сверановская В.В., Штерншис Ю.А., Семенов Б.Ф. Роль респираторных вирусов в развитии аллергии // Цитокины и воспаление. 2003. Т. 2. № 3. С. 1–8.
- Германенко И.Г. Эпидемиологические особенности аденовирусной инфекции у детей. Современные проблемы инфекционной патологии человека: Сборник научных трудов, Минск, 25–26 октября 2012 года / Министерство здравоохранения Республики Беларусь, Республиканский научно-практический центр эпидемиологии и микробиологии. – Минск: Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр эпидемиологии и микробиологии». 2012. С. 21–24.
- Исаева Г.Ш., Зиятдинов В.Б., Габидуллина С.Н. Гигиенический и микробиологический мониторинг воздушной среды в начальной школе. Здоровоохранение Российской Федерации. 2016. Т. 60. № 2. С. 83–88. doi: 10.18821/0044-197X-2016-60-2-83-88
- Салтыкова Т.С., Жигарловский Б.А., Иваненко А.В., Волкова Н.А., Антонова В.И., Брико Н.И.

- Эпидемиологическая характеристика острых респираторных вирусных инфекций и гриппа на территории Российской Федерации и г. Москвы // Журнал инфектологии. 2019. Т. 11. № 2. С. 124–132. doi: 10.22625/2072-6732-2019-11-2-124-132
18. Le Cann P, Bonvallet N, Glorennec P, Deguen S, Goeury C, Le Bot B. Indoor environment and children's health: recent developments in chemical, biological, physical and social aspects. *Int J Hyg Environ Health*. 2011;215(1):1–18. doi: 10.1016/j.ijheh.2011.07.008
  19. Badri RM, Alani RR, Hassan SS. Identification and characterization of air bacteria from some school of Baghdad city. *Mesop Environ J*. 2016;2(4):9–13. Accessed July 28, 2022. <https://www.iasj.net/iasj/download/4459b557baf9282e>
  20. Абдулина Г.А., Ахметова С.Б., Джантасова А.Д. и др. Микробиологический мониторинг воздуха учебных помещений — основа профилактики воздушно-капельных инфекций среди учащихся // Вестник Карагандинского университета. Серия «Биология. Медицина. География». 2018. Т. 89. № 1. С. 20–27.
  21. Горбаткова Е.Ю. Гигиеническая оценка условий обучения (на примере высших учебных заведений Уфы) // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 4. С. 405–411. doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-4-405-411
  22. Наголкин А.В., Загидуллов М.Ф., Донецкая Д.И. Инновационное решение обеспечения биобезопасности воздушной среды с помощью российской технологии обеззараживания воздуха «Поток» // Инновации. 2015. № 12 (206). С. 106–110.
  23. Шестопалов Н.В., Скопин А.Ю., Федерова Л.С., Гололобова Т.В. Совершенствование методических подходов к управлению риском распространения инфекций с аэрозольным механизмом передачи возбудителя // Анализ риска здоровью. 2019. № 1. С. 84–90.
  24. Пунченко О.Е., Косякова К.Г., Васильева Н.В. Исследование микробиоты воздуха в многопрофильном стационаре Санкт-Петербурга // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93. № 5. С. 33–36.
- ### References
1. Noakes CJ, Beggs CB, Sleigh PA, Kerr KG. Modelling the transmission of airborne infections in enclosed spaces. *Epidemiol Infect*. 2006;134(5):1082–91. doi: 10.1017/S0950268806005875
  2. Gabrielyan NI, Gorskaya EM, Romanova NI, Saitgareev RSh. External environment of surgical clinic and nosocomial infections. *Meditinskiy Alfavit*. 2015;1(6):7–12. (In Russ.)
  3. Zaripova AZ, Badamshina GG, Ziatdinov VB, Isaeva GSh. Regional peculiarities of incidence of infections associated with health care. *Prakticheskaya Meditsina*. 2016;5(97):7–11. (In Russ.)
  4. Badamshina GG, Ziatdinov VB, Isaeva GSh, Kirillova MA, Zemskova SS. Analysis of risk for infections related to providing medical assistance. *Health Risk Analysis*. 2017;(2):113–118. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2017.2.12
  5. Belyaeva EV, Ermolina GB, Boriskina EV, Shkurkina IS, Kropotov VS. The study of persistence of *S. epidermidis* and *S. haemolyticus* in a children's hospital. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;(4(337)):18–24. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-337-4-18-24
  6. Badamshina GG, Ziatdinov VB, Fatkhutdinova LM. Topical issues of assessment of working conditions of medical workers on the level of biological factor. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2019;59(9):551–552. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-551-552
  7. Shaikhrazieva ND, Bulycheva IA, Lopushov DV, Sabaeva FN. Etiological structure and antibiotic resistance of the nosocomial strains of microorganisms in the department of anaesthesiology and resuscitation. *Meditinskiy Al'manakh*. 2019;(1(58)):32–34. (In Russ.) doi: 10.21145/2499-9954-2019-1-32-34
  8. Abdollahi A, Mahmoudzadeh S. Microbial profile of air contamination in hospital wards. *Iran J Pathol*. 2012;7(3):177–182. Accessed July 28, 2022. [https://ijp.iranpath.org/article\\_8355.html](https://ijp.iranpath.org/article_8355.html)
  9. Afshinnekoo E, Meydan C, Chowdhury S, et al. Geospatial resolution of human and bacterial diversity with city-scale metagenomics. *Cell Syst*. 2015;1(1):72–87. doi: 10.1016/j.cels.2015.01.001
  10. MetaSUB International Consortium. The Metagenomics and Metadesign of the Subways and Urban Biomes (MetaSUB) International Consortium inaugural meeting report. *Microbiome*. 2016;4(1):24. doi: 10.1186/s40168-016-0168-z
  11. Tikhonov VV, Nikolaeva OV, Pilgun PA. Quantity of airborne microorganisms in public transport of Moscow in winter period. *Gorodskie Issledovaniya i Praktiki*. 2018;3(3):36–47. (In Russ.) doi: 10.17323/usp33201836-47
  12. Biryukov MV, Chernitsyna VV. [Assessment of the microclimate and bacterial flora in the summertime in public transport of Volgograd.] In: *Actual Problems of Experimental and Clinical Medicine: Proceedings of the 78th International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students, Volgograd, October 14–16, 2020*. Volgograd: Volgograd State Medical University Publ.; 2020:173. (In Russ.)
  13. Belova IV, Tochilina AG, Solovyeva IV, et al. Species composition of microbiota in city buses. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;(4(337)):10–17. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-337-4-10-17
  14. Gervazieva VB, Sveranovskaya VV, Shternshis YuA, Semenov BF. Role of respiratory viruses in the development of allergy. *Tsitokiny i Vospaleniye*. 2003;2(3):1–8. (In Russ.)
  15. Germanenko IG. [Epidemiological features of adenovirus infection in children.] In: *Contemporary Problems of Human Infectious Pathology: Collection of Scientific Papers*. Minsk: Republican Research Center for Epidemiology and Microbiology Publ.; 2012:21–24. (In Russ.)
  16. Isaeva GSh, Ziatdinov VB, Gabidullina SN. The hygienic and microbiological monitoring of air in grade school. *Zdravookhraneniye Rossiyskoy Federatsii*. 2016;60(2):83–88. (In Russ.) doi: 10.18821/0044-197X-2016-60-2-83-88
  17. Saltykova TS, Zhigalovsky BA, Ivanenko AV, Volkova NA, Antonova VI, Briko NI. Epidemiological characteristics of acute respiratory viral infection and influenza in Russian Federation and Moscow. *Zhurnal Infekologii*. 2019;11(2):124–132. (In Russ.) doi: 10.22625/2072-6732-2019-11-2-124-132
  18. Le Cann P, Bonvallet N, Glorennec P, Deguen S, Goeury C, Le Bot B. Indoor environment and children's health: recent developments in chemical, biological, physical and social aspects. *Int J Hyg Environ Health*. 2011;215(1):1–18. doi: 10.1016/j.ijheh.2011.07.008
  19. Badri RM, Alani RR, Hassan SS. Identification and characterization of air bacteria from some school of Baghdad city. *Mesop Environ J*. 2016;2(4):9–13. Accessed July 28, 2022. <https://www.iasj.net/iasj/download/4459b557baf9282e>
  20. Abdulina GA, Akhmetova SB, Jantasova AD, et al. Microbiological monitoring of air in classrooms is the basis for preventing airborne infections among students. *Vestnik Karagandinskogo Universiteta. Seriya: Biologiya. Meditsina. Geografiya*. 2018;89(1):20–27. (In Russ.)
  21. Gorbatkova EYu. Hygienic assessment of learning environment conditions (by the example of higher educational institutions of the city of Ufa). *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(4):405–411. (In Russ.) doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-4-405-411
  22. Nagolkin AV, Zagidullov MF, Donetskaya DI. Innovative solution to ensure biosafety in the air using Russian air decontamination technology "Potok". *Innovatsii*. 2015;(12(206)):106–110. (In Russ.)
  23. Shestopalov NV, Skopin AYU, Fedorova LS, Gololobova TV. Developing methodical approaches to managing risks of airborne infections with aerosol contagion. *Health Risk Analysis*. 2019;(1):84–92. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2019.1.09.eng
  24. Punchenko OE, Kosyakova KG, Vasilyeva NV. The investigation of the air microbiota in the multidisciplinary hospital of Saint Petersburg. *Gigiena i Sanitariya*. 2014;93(5):33–36. (In Russ.)



© Коллектив авторов, 2022

УДК 614.7

ГИГИЕНА ВОЗДУХА

**Количественное и качественное определение газов, образующихся на иловых площадках канализационно-очистных сооружений**С.Н. Носков<sup>1,2</sup>, О.Л. Маркова<sup>1</sup>, Г.Б. Еремин<sup>1</sup>, Е.В. Зарицкая<sup>1</sup>, Д.С. Исаев<sup>1</sup><sup>1</sup> ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 2-я Советская ул., д. 4, г. Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, ул. Кирочная, д. 41, г. Санкт-Петербург, 191015, Российская Федерация**Резюме****Введение.** Изучение влияния газов, образующихся на иловых площадках канализационно-очистных сооружений, на население имеет все возрастающий интерес как для науки, так и для практики.**Цель исследования:** анализ материалов по вопросу количественного и качественного определения газов, образующихся на иловых площадках канализационно-очистных сооружений, с целью выбора приоритетных загрязняющих веществ, подлежащих оценке.**Материалы и методы.** Выполнен анализ санитарно-эпидемиологических заключений на проекты санитарно-защитных зон иловых площадок канализационно-очистных сооружений (343 единицы), проектных материалов по размещению осадков сточных вод на иловых площадках (на примере г. Зеленогорска), отечественных и зарубежных литературных источников (23 источника), справочников по наилучшим доступным технологиям. Проведены собственные исследования, которые включали отбор образцов осадков сточных вод, исследования проводились однократно в 2022 году.**Результаты.** По данным приложений к санитарно-эпидемиологическим заключениям, выполненных инвентаризаций источников выбросов, проектных материалов и веществ, включенных в программу производственного контроля, выбраны 8 веществ. По результатам анализа литературных источников определены 28 веществ. Выполнены измерения в рамках исследования пробы неизвестного состава с целью определения перечня соединений, которые потенциально могут являться причиной неприятного запаха илов, а также осуществлено моделирование процесса эмиссии вредных веществ из образцов в лабораторных условиях, рассчитаны концентрации загрязняющих веществ в воздушной среде, выделяющиеся из 1 кг образца. Сформирован перечень из 18 веществ.**Заключение.** На основании проведенного анализа и выполненных лабораторных исследований определен приоритетный перечень загрязняющих веществ, которые обнаруживаются в выбросах от осадков (илов) сточных вод общим количеством веществ 48. После проведения исследований на пробу «неизвестного» состава имеющийся список будет уточнен с учетом полученных результатов.**Ключевые слова:** осадки сточных вод, канализационные очистные сооружения, иловые площадки, загрязняющие вещества, методы оценки.**Для цитирования:** Носков С.Н., Маркова О.Л., Еремин Г.Б., Зарицкая Е.В., Исаев Д.С. Количественное и качественное определение газов, образующихся на иловых площадках канализационно-очистных сооружений // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 7. С. 40–47. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-40-47>**Сведения об авторах:**✉ **Носков** Сергей Николаевич – к.м.н., старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; доцент кафедры коммунальной гигиены ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России; e-mail: sergeinoskov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7971-4062>.**Маркова** Ольга Леонидовна – к.б.н., старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: olleonor@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4727-7950>.**Еремин** Геннадий Борисович – к.м.н., заведующий отделом анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: yeremin45@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1629-5435>.**Зарицкая** Екатерина Викторовна – руководитель отдела лабораторных исследований ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: zev-79@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2481-1724>.**Исаев** Даниил Сергеевич – младший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: glok09@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9165-1399>.**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования, сбор и обработка результатов, написание текста: Носков С.Н.; обработка результатов, написание текста: Маркова О.Л.; дизайн исследования, редактирование: Еремин Г.Б.; обработка результатов, редактирование: Зарицкая Е.В.; написание текста, редактирование: Исаев Д.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: 14.03.22 / Принята к публикации: 08.07.22 / Опубликовано: 29.07.22

**Quantitative and Qualitative Determination of Gases Generated on Sludge Sites of Sewage Treatment Plants**Sergei N. Noskov,<sup>1,2</sup> Olga L. Markova,<sup>1</sup> Gennadiy B. Yerechin,<sup>1</sup>  
Ekaterina V. Zaritskaya,<sup>1</sup> Daniel S. Isaev<sup>1</sup><sup>1</sup> North-West Public Health Research Center, 4 2<sup>nd</sup> Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation<sup>2</sup> North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 41 Kirochnaya Street, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation

**Summary**

**Background:** The study of the impact of gases generated on sludge sites of sewage treatment plants on the population is of increasing interest for science and practice.

**Objective:** To analyze data on quantitative and qualitative determination of gases generated on the sludge sites of sewage treatment plants in order to select priority pollutants to be monitored.

**Materials and methods:** We analyzed sanitary and epidemiological conclusions on projects of sanitary protection zones of 343 sludge sites of sewage treatment plants, design materials for the placement of sewage sludge on silt plots in the town of Zelenogorsk, 23 Russian and foreign literary sources, and best available techniques reference documents. We also conducted our own study that included single sewage sludge sampling in the first half of 2022.

**Results:** Based on the data contained in the attachments to sanitary and epidemiological conclusions, the inventory of emission sources, design materials, and substances included in the production control programs, we selected eight priority pollutants while the results of the literature review demonstrated the importance of 28 chemicals. Measurements were made as part of testing the sample of unknown composition to detect the compounds that could potentially account for malodors from sewage sludge.

**Conclusion:** Based on the analysis of documents, literary sources, and results of testing, we made a list of 48 priority pollutants generated by sewage sludge. This list will be refined as soon as the composition of the sewage sludge sample is specified.

**Keywords:** sewage sludge, sewage treatment plants, sludge sites, pollutants, measuring techniques.

**For citation:** Noskov SN, Markova OL, Yeregin GB, Zaritskaya EV, Isaev DS. Quantitative and qualitative determination of gases generated on sludge sites of sewage treatment plants. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(7):40–47. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-40-47>

**Author information:**

✉ Sergei N. Noskov, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Department of Health Risk Analysis, North-West Public Health Research Center; Associate Professor, Department of Municipal Hygiene, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; e-mail: [sergeinoskov@mail.ru](mailto:sergeinoskov@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7971-4062>.

Olga L. Markova, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Department of Health Risk Analysis, North-West Public Health Research Center; e-mail: [olleonmar@mail.ru](mailto:olleonmar@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4727-7950>.

Gennadiy B. Yeregin, Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of Health Risk Analysis, North-West Public Health Research Center; e-mail: [yeregin45@yandex.ru](mailto:yeregin45@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1629-5435>.

Ekaterina V. Zaritskaya, Head of the Laboratory Research Department, North-West Public Health Research Center; e-mail: [zev-79@mail.ru](mailto:zev-79@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2481-1724>.

Daniel S. Isaev, Junior Researcher, Department of Public Health Risk Analysis, North-West Public Health Research Center; e-mail: [glok09@mail.ru](mailto:glok09@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9165-1399>.

**Author contributions:** study conception and design: Noskov S.N., Yeregin G.B.; data collection: Noskov S.N.; analysis and interpretation of results: Noskov S.N., Markova O.L., Zaritskaya E.V.; draft manuscript preparation: Noskov S.N., Markova O.L., Isaev D.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: March 14, 2022 / Accepted: July 8, 2022 / Published: July 29, 2022

**Введение.** Каждый год в Российской Федерации на муниципальных сооружениях по очистке сточных вод образуется более 100 млн м<sup>3</sup> осадков при средней влажности 96 %. Необходимо отметить, что осадки сточных вод содержат в своем составе токсичные вещества (соли тяжелых металлов, токсичную органику и др.) и различные виды представителей микрофлоры, в том числе патогенные. В связи с этим осадок городских очистных сооружений представляется опасным в санитарно-эпидемиологическом и экологическом отношении отходом, требующим специальной обработки с целью предотвращения загрязнения окружающей среды [1, 2]. До настоящего времени основным способом обращения с осадками сточных вод остается их складирование на полигонах, что превращает огромные территории в очаги бактериологической и токсикологической опасности. При длительном хранении осадков сточных вод на полигонах происходит непрерывное выделение газов, в том числе дурно пахнущих веществ в атмосферу.

Процесс разложения отходов носит характер окисления, происходящего в верхних слоях отходов. В более глубоких слоях разложение органики носит анаэробный характер, результатом чего является образование метана в больших концентрациях (85 % от общего количества биогаза). От источников складирования осадков в атмосферу поступают загрязняющие вещества 2, 3 и 4-го классов опасности, обладающие как неприятным запахом, так и не канцерогенными,

канцерогенными эффектами (сероводород, бензол, хлороформ, фенол, формальдегид, толуол, смесь природных меркаптанов, аммиак, гексан, кумол, нафталин, метан) [3–5].

Особенность осадков сточных вод канализационных очистных сооружений (КОС) состоит в том, что, пройдя через технологические этапы обработки, они обладают крайне резким запахом [6]. Надо отметить, что работ, посвященных данной тематике, достаточно мало.

Daniel González и соавт. в своей работе проводили инвентаризацию газообразных и пахучих выбросов, образующихся в процессе лабораторного компостирования осадка сточных вод с очистных сооружений, смешанного с органическими фракциями твердых бытовых отходов и наполнителем (диатомит) в соотношении (1 : 0,25 : 3) [7, 8]. В течение всего процесса контролировалось выделение NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, летучих органических соединений (ЛОС) при компостировании осадка. Для этих загрязняющих веществ были рассчитаны специальные коэффициенты выбросов.

В работе Raquel Lebreiro и соавт. был поставлен эксперимент по мониторингу выбросов химических соединений, ответственных за запах, на образцах смешанного активного ила (первичный и вторичный) с осадком сточных вод [9]. На основании проведенного исследования были идентифицированы восемь соединений различных химических классов: производные серы, ароматические вещества, терпены, альдегиды и летучие жирные кислоты: метантиол, толуол, лимонен,

бензол, диметилтрисульфид (ДМТС), уксусная кислота, бензальдегид и пропионовая кислота. Данные соединения являются типичными промежуточными продуктами процессов ферментации.

В ранее выполненном исследовании Zagta и соавт. эти соединения были обнаружены в пахучих выбросах загустителей, центрифугах и при технологических операциях удаления осадка [10–16]. Метантиол и ДМТС также были определены как основные соединения серы, присутствующие в пространстве муниципальных контейнеров для ила в работе Son and Striebig [17]. Органические сульфиды часто встречаются в зловонных выбросах при сгущении, обезвоживании и хранении осадка и ответственны за характерный запах гнилой капусты/чеснока [18].

Исследования газообразных выбросов при компостирования сырого (СОСВ) и анаэробно сброженного осадка (АСОСВ) в лабораторных условиях выполнены в работе Caterina Maulini-Duran, Adriana Artola и соавт. Состав и количественные характеристики выбросов ЛОС были определены с применением современных аналитических методов, включая SPME/GC-МС. ЛОС были классифицированы по следующим химическим классам: спирты, сложные эфиры, фураны, кетоны, алифатические углеводороды, ароматические углеводороды, азотсодержащие соединения, серосодержащие соединения и терпены. В табл. 1 представлено распределение различных классов ЛОС, обнаруженных в отходящих из реакторов газах [19].

Загрязнение воздуха веществами, обладающими запахом, воспринимается населением как сигнал ухудшения качества атмосферного воздуха. Запахи, ощущаемые человеком, являются не только одним из важнейших показателей, влияющих на оценку качества воздуха, но и способны оказывать психологическое воздействие; могут негативно сказываться на самочувствии и даже на здоровье человека, в связи с чем население обращается с жалобами в органы государственной власти на наличие запахов, однако последние чаще всего не имеют возможности ни определить источник

запаха и его состав, ни привлечь нарушителя к ответственности ввиду многокомпонентности смесей, формирующих запахи.

Поскольку запахи могут негативно сказываться на самочувствии и здоровье человека, оценка методов количественного и качественного определения газов, образующихся на иловых площадках канализационно-очистных сооружений, с учетом выбросов дурно пахнущих веществ является актуальной гигиенической проблемой.

**Цель исследования:** определение количественного и качественного состава газов, образующихся на иловых площадках канализационно-очистных сооружений, с целью выбора приоритетных загрязняющих веществ, подлежащих оценке.

**Материалы и методы.** Выполнен анализ:

– санитарно-эпидемиологических заключений на проекты санитарно-защитных зон иловых площадок КОС, выданных Роспотребнадзором в 2009–2021 гг. общим количеством 343 единицы, инвентаризаций источников выбросов;

– проектных материалов по размещению осадков сточных вод на иловых площадках (на примере КОС г. Зеленогорска);

– отечественных и зарубежных литературных источников общим количеством 23, глубина проработки не менее 5 лет, двух справочников по наилучшим доступным технологиям<sup>1,2</sup>.

Проведены исследования Северо-Западного научного центра гигиены и общественного здоровья и химико-аналитического центра «Арбитраж» ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», которые включали отбор образцов осадков сточных вод, обезвоженных механическим способом, представляющих собой смесь избыточного ила и сырого осадка в соотношении ил/осадок: 30/70. Исследования проводились однократно в 2022 году.

На первом этапе работ были выполнены измерения в рамках исследования пробы неизвестного состава с целью определения перечня соединений, которые потенциально могут являться причиной неприятного запаха илов. Определение веществ выполнялось с использованием высокоточных

**Таблица 1.** Содержание ЛОС (%), выделяемых в ходе изучения процессов компостирования сырого ила (СОСВ-I и СОСВ-II) и анаэробно сброженного осадка (АСОСВ-I и АСОСВ-II)

**Table 1.** Proportion of volatile organic compounds generated by raw sludge (RS-I and RS-II) and anaerobically digested sludge (ADS-I and ADS-II) composting

| Химические соединения / Chemicals                   | Содержание ЛОС в образцах, % / Proportion of volatile organic compounds in samples |                  |                  |                    |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|--------------------|
|                                                     | СОСВ-I<br>RS-I                                                                     | СОСВ-II<br>RS-II | АСОСВ-I<br>ADS-I | АСОСВ-II<br>ADS-II |
| Терпены / Terpenes                                  | 72,0                                                                               | 64,3             | 24,9             | 33,4               |
| Фураны / Furans                                     | 0,11                                                                               | 0,07             | 0,17             | 11,3               |
| Эфиры / Esters                                      | 0,00                                                                               | 0,01             | 0,00             | 0,00               |
| Спирты / Spirits                                    | 8,9                                                                                | 15,1             | 4,42             | 22,9               |
| Кетоны / Ketones                                    | 4,16                                                                               | 5,14             | 0,17             | 0,00               |
| Азотсодержащие соединения / Nitrogen compounds      | 0,06                                                                               | 0,03             | 37,6             | 6,5                |
| Серосодержащие соединения / Sulfur compounds        | 11,1                                                                               | 11,4             | 16,4             | 6,95               |
| Алифатические углеводороды / Aliphatic hydrocarbons | 0,37                                                                               | 0,13             | 8,35             | 13,2               |
| Ароматические углеводороды / Aromatic hydrocarbons  | 3,27                                                                               | 3,78             | 7,95             | 5,79               |

<sup>1</sup> ИТС 22.1-2016 «Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям».

<sup>2</sup> ИТС 10-2019 ИТС 10 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов».

химико-аналитических методов исследования воздуха: флуориметрического, фотометрического, газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием, высокоэффективной жидкостной хроматографии.

На втором этапе было выполнено моделирование процесса эмиссии вредных веществ из образцов в лабораторных условиях, рассчитаны концентрации загрязняющих веществ в воздушной среде, выделяющиеся из 1 кг образца.

Проведены исследования газовых выбросов при компостировании сырого и анаэробно сброженного осадка с использованием лабораторного реактора.

На основе проанализированных данных и выполненных исследований сформирован перечень приоритетных веществ.

**Результаты исследования.** Согласно выполненному анализу имеющихся санитарно-эпидемиологических заключений установлено, что примерно в 30 % случаев (109 заключений) выполненные расчеты и оценка риска для здоровья населения позволили изменить ориентировочные размеры санитарно-защитных зон в сторону сокращения без разработки дополнительных природоохранных мероприятий<sup>3</sup>. Возможность сокращения размеров санитарно-защитной зоны на основании расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе, физического воздействия на атмосферный воздух и оценки риска для здоровья человека предусмотрена правилами установления санитарно-защитных зон и использования земельных участков, расположенных в границах санитарно-защитных зон<sup>4</sup>. Тем не менее, несмотря на то что согласно проведенной инвентаризации и расчетам рассеивания концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на границе обоснованной санитарно-защитной зоны и на жилых территориях не превышают гигиенические нормативы (табл. 2) (на примере очистных сооружений г. Зеленогорска), в учреж-

дения органов государственной власти ежегодно поступает значительное количество жалоб населения на навязчивые специфические запахи от иловых площадок сточных вод.

По данным приложений к санитарно-эпидемиологическим заключениям, выполненной инвентаризации источников выбросов, проектных материалов и веществ, включенных в программу производственного контроля, выбраны 8 веществ.

По результатам анализа литературных источников определены 28 веществ образующихся на иловых площадках КОС, а также специфические, типичные ЛОС, выделяемые в процессе компостирования [19].

Проведенные исследования Северо-Западного научного центра гигиены и общественного здоровья и химико-аналитического центра «Арбитраж» ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» включали образцы осадков сточных вод, обезвоженные механическим способом, представляющие собой смесь избыточного ила и сырого осадка в соотношении ил/осадок: 30/70 с целью определения перечня выделяющихся дурно пахнущих веществ. На первом этапе работ были выполнены измерения в рамках исследования пробы неизвестного состава с целью определения перечня соединений, которые потенциально могут являться причиной неприятного запаха илов:

- серосодержащие соединения (меркаптаны, летучие сульфиды и дисульфиды);
- летучие органические соединения (ароматические, альдегиды, кетоны, терпены);
- алифатические амины;
- карбонилсодержащие соединения (формальдегид, ацетальдегид и т. д.);
- аммиак;
- сероводород;
- фенол и его производные (суммарно).

На основе полученных результатов измерений был сформирован перечень соединений, обладающих запахом, которые целесообразно

**Таблица 2. Максимально-разовые приземные концентрации загрязняющих веществ от источников предприятия в расчетных точках**

**Table 2. Maximum one-time surface concentrations of pollutants emitted by the sources of the wastewater treatment facility at the measuring points**

| Код / Code | Вещество / Substance                                                                                                                                                                                  | Максимальные приземные концентрации в долях предельно допустимых концентраций (без фона / с фоном) /<br>Maximum surface concentrations in fractions of maximum permissible concentrations (without/with background) |                                                                                           |                                                                                                                                |                                                                                                                                     |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            |                                                                                                                                                                                                       | На границе контура объекта / рекреационной зоны; точки 1–4 /<br>On the border of the object / recreational area; Points 1–4                                                                                         | На границе жилой зоны; точки 5, 6 /<br>On the border of the residential area; Points 5, 6 | На границе рекреационной зоны (дачные участки); точка 7 /<br>On the border of the recreational area (summer cottages); Point 7 | На границе рекреационной зоны (заказник Шучье Озеро); точка 8 /<br>On the border of the recreational area (Shchuchye Lake); Point 8 |
| 0303       | Аммиак / Ammonia                                                                                                                                                                                      | 0,23 / 0,30                                                                                                                                                                                                         | 0,01                                                                                      | 0,01                                                                                                                           | 0,10                                                                                                                                |
| 0410       | Метан / Methane                                                                                                                                                                                       | < 0,01                                                                                                                                                                                                              | < 0,01                                                                                    | < 0,01                                                                                                                         | < 0,01                                                                                                                              |
| 0416       | Смесь предельных углеводородов C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> –C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> /<br>Mixture of saturated hydrocarbons C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> –C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> | < 0,01                                                                                                                                                                                                              | < 0,01                                                                                    | < 0,01                                                                                                                         | < 0,01                                                                                                                              |
| 333        | Дигидросульфит / Dihydrosulfite                                                                                                                                                                       | < 0,01                                                                                                                                                                                                              | < 0,01                                                                                    | < 0,01                                                                                                                         | < 0,01                                                                                                                              |
| 1071       | Гидроксибензол / Hydroxybenzene                                                                                                                                                                       | < 0,01                                                                                                                                                                                                              | < 0,01                                                                                    | < 0,01                                                                                                                         | < 0,01                                                                                                                              |
| 1325       | Формальдегид / Formaldehyde                                                                                                                                                                           | < 0,01                                                                                                                                                                                                              | < 0,01                                                                                    | < 0,01                                                                                                                         | < 0,01                                                                                                                              |

<sup>3</sup> Реестр санитарно-эпидемиологических заключений на проектную документацию. Доступно по: <http://fp.crc.ru/doc/?type=max> (дата доступа: 12.03.2022).

<sup>4</sup> СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов». Утверждены и введены в действие постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 25 сентября 2007 г. № 74.

измерять в газовой выделении из образцов ила при проведении экспериментов в модельных условиях: метилмеркаптан, диметилсульфид, дисульфид углерода, ацетон, 2-метилфуран, изопропанол, бутанон-2, бутанол-2, бутаналь, толуол, α-пинен, лимонен, углеводороды C<sub>9</sub>-C<sub>13</sub> нормального, изомерного и циклического строения (сумма 7 конгенеров), формальдегид, ацетальдегид, сероводород, аммиак, фенолы летучие. На втором этапе исследований было выполнено моделирование процесса эмиссии вредных веществ из образцов в лабораторных условиях, рассчитаны концентрации загрязняющих веществ в воздушной среде, выделяющиеся из 1 кг образца. Установлено, что вклад в газовые выбросы вносят кетоны: ацетон, бутанон – 19; 19 мг/кг, спирты: изопропанол, бутанол – 22; 14 мг/кг соответственно, а также толуол – 14 мг/кг, аммиак – 3,2 мг/кг, серосодержащие соединения: метилмеркаптан, диметилсульфид, сероводород – 0,25; 0,57; 0,26 мг/кг; альдегиды – формальдегид, ацетальдегид – 0,41; 0,73 мг/кг; фенолы – 0,35 мг/кг, углеводороды C<sub>9</sub>-C<sub>13</sub> – 0,82 мг/кг. Наименьший вклад в валовый выброс показали терпены: α-пинен, лимонен – 0,082; 0,077 мг/кг; 2-метилфуран – 0,05 мг/кг [20–22]. По результатам анализа собственных исследований выделено 18 основных веществ.

**Обсуждение.** Запах как критерий качества атмосферного воздуха был предложен пионером гигиенического нормирования атмосферных загрязнений академиком В.А. Рязановым еще в 1949 году. До настоящего времени в нашей стране запах остается вне поля внимания нормативно-правовых законодательных актов, действие нормативного документа, регламентировавшего правила установления нормативов и контроля выбросов дурно пахнущих веществ в атмосферу<sup>5</sup>, в связи с «регуляторной гильотиной» прекращено.

Наличие запаха в атмосферном воздухе также является частой причиной обращений граждан в суд с просьбой о возмещении вреда здоровью в связи с негативным воздействием загрязненного воздуха. При этом более половины обращений по возмещению вреда в связи с загрязнением воздуха не подлежат удовлетворению несмотря на то, что Конституция Российской Федерации гарантирует каждому гражданину право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением (ст. 42). Однако случаев, когда судом было удовлетворено исковое заявление о компенсации вреда, нет в связи с отсутствием доказательств несоответствия качества воздуха гигиеническим требованиям, причинно-следственной связи между деятельностью хозяйствующего субъекта и нарушением права на благоприятную среду обитания.

Наличие запаха химического вещества учитывается при установлении допустимой концентрации (ПДК) по рефлекторному воздействию на человека индивидуального вещества. В настоящее время в Российской Федерации для 224 веществ установлено ПДК<sub>мр</sub> по их рефлекторному действию (фактически исключительно по запаху) и для 161 вещества как по рефлекторному, так и резорбтивному действию. Однако запах как лимитирующий показатель вредности не всегда фигурирует в числе рефлекторных и резорбтивных эффектов, хотя по оценке пороговых значений запаха устанавливаются значения рефлекторных реакций с помощью адаптометрии и электроэнцефалографии субсенсорных концентраций вещества. В связи с этим для ряда веществ пороги запаха ниже ПДК. Так, для метантиола (метилмеркаптана) гигиенический норматив максимально-разового содержания в атмосферном воздухе<sup>6</sup> составляет 0,006 мг/м<sup>3</sup>, порог запаха при этом составляет 0,0001–0,0003 мг/м<sup>3</sup>. В связи с этим при обосновании значений ПДК<sub>мр</sub> веществ необходимо в качестве лимитирующего признака использовать критерий недопустимости «навязчивого» («раздражающего») запаха.

В большинстве случаев запах формируется не отдельным веществом, а сложной смесью веществ, из которой часто невозможно выделить конкретные, обладающие запахом соединения, часть из которых не идентифицированы. Когда запах формируется не конкретным веществом, а смесью пахучих веществ неизвестного состава, осуществляют контроль не за выбросами отдельных пахучих веществ, а контролируют запах в целом. Таким образом, на основании приведенного примера определено, что приоритетными загрязнителями могут являться вещества (группа веществ), не всегда превышающие гигиенические нормативы.

Полученные данные о химическом составе выбросов могут служить основой для разработки эффективных профилактических мероприятий, дезодорации иловых осадков и выбора мест размещения иловых площадок<sup>7,8,9</sup>. Анализ регулирования запахов в атмосферном воздухе на национальном, государственном и муниципальном уровнях в 28 странах показал, что в мире используются разнообразные подходы к определению дурно пахнущих веществ и установлению для них максимальных стандартов воздействия (maximum impact standard), фиксированных разделительных расстояний (separation distance standard), стандартов выбросов (maximum emission standard), стандартов жалоб (maximum annoyance standard), технологических стандартов (technology standard). Европейская единица запаха (ЕЗ/м) – количество пахучего вещества (пахучих веществ), которое, будучи разбавленным 1 м<sup>3</sup> нейтрального газа при нормальных условиях, вызывает физиологический

<sup>5</sup> ГОСТ 32673–2014 «Правила установления нормативов и контроля выбросов дурнопахнущих веществ в атмосферу».

<sup>6</sup> СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», разд. I, табл. I.1, п. 313.

<sup>7</sup> Фридман К.Б., Носков С.Н., Еремин Г.Б. Разработка способа количественного и качественного определения газов, образующихся на иловых площадках канализационно-очистных сооружений // Отчет о НИР (Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека). 2021. № НИОКР 121031300057–5. 53 с.

<sup>8</sup> Фридман К.Б., Еремин Г.Б., Зарицкая Е.В., Маркова О.В., Носков С.Н. Гигиеническая оценка перспективных технологий обработки осадков очистных сооружений канализации на основе данных загрязнения атмосферного воздуха выбросами одоризирующих веществ // Отчет о НИР (Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека). 2020. № НИОКР АААА-А20-120021090059–9. 80 с.

<sup>9</sup> Копытенкова О.И., Ганичев П.А., Еремин Г.Б., Зарицкая Е.В., Маркова О.Л., Рябцев В.В. База данных «Технологии обработки осадков очистных сооружений канализации». Свидетельство № 2020621908 от 16.10.2020.

отклик, эквивалентный отклику, вызываемому одной Европейской эталонной массой запаха (EROM), разбавленной  $1 \text{ м}^3$  нейтрального газа при нормальных условиях. Во многих зарубежных странах разработаны подходы к нормированию, контролю и регулированию запаха в атмосферном воздухе, которые имеют существенные различия. Так, требования к качеству воздуха варьируют от полного запрета наличия запаха до возможности ощущения раздражения 10 % населения, подходы к контролю — от исследований на источнике с построением различных моделей рассеивания до эпидемиологических исследований, которые проводятся в течение 6–12 месяцев с оценкой уровня и характера запаха в установленных точках вокруг предприятия группой инспекторов. Концентрация запаха в воздухе, не вызывающая раздражение у основной массы населения, составляет порядка  $2\text{--}3 \text{ ЕЗ/м}^3$ . Однако в европейских странах нормативная концентрация запаха устанавливается с учетом не только его рефлекторного воздействия, но и многих «социальных» факторов, в частности природы запаха, плотности населения, особенности конкретной территории (места компактного проживания населения, зоны отдыха, промышленные районы, сельская местность и т. д.), и варьирует в диапазоне от 2 до  $15 \text{ ЕЗ/м}^3$ .

В Европе (Франция, Германия, Австрия, Италия) на государственном уровне устанавливаются четкие нормативы запахов для некоторых предприятий. Так, например, во Франции для сельскохозяйственных районов устанавливается норматив запаха  $5 \text{ ЕЗ/м}^3$  на расстоянии 3 км от животноводческих предприятий. В Венгрии используется диапазон уровней запаха от 3 до  $5 \text{ ЕЗ/м}^3$ , который позволяет избежать жалоб населения, в Испании проект нормативов запаха для Каталонии предусматривает диапазон уровней запаха от 3 до  $7 \text{ ЕЗ/м}^3$  в зависимости от характера предприятия. В Австралии устанавливаются разные нормативы уровня запаха в разных штатах в зависимости от плотности населения (от 2 до  $10 \text{ ЕЗ/м}^3$ ). В Дании норматив запаха в жилой зоне составляет  $5 \text{ ЕЗ/м}^3$ , в промышленной зоне —  $10 \text{ ЕЗ/м}^3$ , при этом 99 % времени в году запах должен отсутствовать [23].

В отечественной практике предлагались подходы к решению этой проблемы на базе органолептического контроля загрязнения атмосферного воздуха веществами, обладающими запахом, с возможностью выражения содержания вещества (смеси веществ) в любой заданной точке как в концентрации веществ, так и в единицах запаха, а также исследования запахов на источнике и измерения концентрации запаха ольфактометрическим методом в заданных точках с дальнейшим использованием расчетных моделей. Методика ольфакто-одориметрической оценки дурно пахнущих веществ в лабораторных условиях позволяет устанавливать приемлемые уровни запаха, не оказывающие «навязчивого» («раздражающего») действия на население и гармонизированные с зарубежными критериями качества атмосферного воздуха. Однако в связи с недоступностью для

широкого распространения предлагаемого метода инструментального контроля и субъективизацией предлагаемого экспертного метода оценок реализация подхода по установлению понятия «норматив запаха» затруднительна.

Так, например, ольфактометрическими исследованиями выбросов запаха на одном из заводов по обезвреживанию хозяйственно-бытовых, промышленных и поверхностных сточных вод промышленного города установлено, что уровень запаха на источнике при начальной обработке сточных вод составил от 4903 до  $7220 \text{ ЕЗ/м}^3$  (мощность выброса от 3,99 до  $55,65 \text{ ЕЗ/с} \times 10^{-3}$ ) и уменьшился до  $25 \text{ ЕЗ/м}^3$  (мощность выброса  $0,28 \text{ ЕЗ/с} \times 10^{-3}$ ) к моменту завершения очистки. В Российской Федерации ольфактометрические измерения не находят широкого применения, так как требуют длительной и систематической работы в области исследования, наличия толерантности, развития адаптации при воздействии веществ, обладающих запахом<sup>10,11,12</sup>.

**Заключение.** Таким образом, в выполненных исследованиях представлен широкий перечень классов химических веществ, ответственных за типичный запах, выделяемый при очистке осадка сточных вод. Уровень запаха и концентраций целевых загрязняющих веществ в газовых выбросах определяется характеристиками исходного сырья и условиями (аэробных/анаэробных) процессов обработки и хранения иловых осадков.

Оценка количественного и качественного определения газов, образующихся на иловых площадках канализационно-очистных сооружений, является актуальной задачей и требует дальнейшего изучения для формирования предложений в ведомственные нормативные акты и федеральные законы. Приоритетными веществами в выбросах являются вещества, как правило формирующие неприятный запах.

На основании проведенного анализа определен приоритетный перечень загрязняющих веществ, которые обнаруживаются в выбросах от осадков (илов) сточных вод общим количеством веществ 48. После проведения исследований на пробу «неизвестного» состава из общего списка будут исключены следующие вещества:

- не обнаруженные при эмиссии при проведении исследования проб «неизвестного» состава;
- не имеющие гигиенического значения (значения концентраций 0,1 ПДК и менее);
- не превышающие порог ольфактометрического воздействия;
- для которых отсутствуют методики определения.

#### Список литературы

1. Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Фридман К.Б., Еремин Г.Б., Панькин А.В. Выявление источников выбросов загрязняющих веществ, вызывающих жалобы населения на неприятные запахи // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 6. С. 601–607. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-601-607
2. Копытенкова О.И., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Маркова О.Л., Ганичев П.А. К вопросу сжигания

<sup>10</sup> Пинигин М.А. Органолептический контроль содержания в атмосферном воздухе веществ, обладающих запахом: методические рекомендации / М.А. Пинигин, О.В. Бударина, Л.А. Тепикина, З.Ф. Сабирова, Л.А. Федотова, А.А. Сафиулин, З.В. Шипулина, Н.Д. Антипова, И.В. Баева. М., 2011.

<sup>11</sup> Цибульский В.В. Методическое пособие по инвентаризации, нормированию и контролю выбросов запаха / В.В. Цибульский, М.А. Яценко-Хмелевская, Н.Г. Хитрина, Л.И. Короленко, под общим руководством А.Ю. Недре. СПб., 2012.

<sup>12</sup> ГОСТ Р 58578—2019 «Правила установления нормативов и контроля выбросов запаха в атмосферу».

- осадков сточных вод // Актуальные вопросы гигиены : сборник научных трудов VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 27 февраля 2021 года / Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова. Санкт-Петербург: Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, 2021. С. 167–171.
3. Фридман К.Б., Мироненко О.В., Белкин А.С., Носков С.Н., Магомедов Х.К. Экспериментальное обоснование программы гигиенической оценки метода геотубирования при складировании осадков городских сточных вод // Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. 2017. Т. 12. № 2. С. 202–211. doi: 10.21638/11701/spbu11.2017.209
  4. Магомедов Х.К., Белкин А.С., Носков С.Н., Фридман К.Б. Гигиеническая оценка метода геотубирования осадков городских очистных сооружений канализации // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 7. С. 623–626. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-7-623-626
  5. Зарицкая Е.В., Ганичев П.А., Михеева А.Ю., Маркова О.Л., Еремин Г.Б., Мясников И.О. К вопросу о контроле летучих загрязняющих соединений, формирующих запахи, при деятельности канализационных очистных сооружений // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 10 (331). С. 52–55. doi: 10.35627/2219-5238/2020-331-10-52-55
  6. Рублевская О.Н. Мероприятия по предотвращению распространения неприятных запахов на объектах ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 10. С. 46–55.
  7. González D, Colón J, Gabriel D, Sánchez A. The effect of the composting time on the gaseous emissions and the compost stability in a full-scale sewage sludge composting plant. *Sci Total Environ*. 2019;654:311–323. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.081
  8. González D, Guerra N, Colón J, Gabriel D, Ponsá S, Sánchez A. Characterization of the gaseous and odour emissions from the composting of conventional sewage sludge. *Atmosphere*. 2020;11(2):211. doi: 10.3390/atmos11020211
  9. Lebrero R, Rangel MG, Muñoz R. Characterization and biofiltration of a real odorous emission from wastewater treatment plant sludge. *J Environ Manage*. 2013;116:50–57. doi: 10.1016/j.jenvman.2012.11.038
  10. Zarra T, Naddeo V, Belgiorio V, Reiser M, Kranert M. Odour monitoring of small wastewater treatment plant located in sensitive environment. *Water Sci Technol*. 2008;58(1):89–94. doi: 10.2166/wst.2008.330
  11. Pagans E, Font X, Sánchez A. Emission of volatile organic compounds from composting of different solid wastes: abatement by biofiltration. *J Hazard Mater*. 2006;131(1–3):179–186. doi: 10.1016/j.jhazmat.2005.09.017
  12. Suffet IH, Decottignies V, Senante E, Bruchet A. Sensory assessment and characterization of odor nuisance emissions during the composting of wastewater biosolids. *Water Environ Res*. 2009;81(7):670–679. doi: 10.2175/106143008X390762
  13. Rosenfeld PE, Suffet IH. Understanding odorants associated with compost, biomass facilities, and the land application of biosolids. *Water Sci Technol*. 2004;49(9):193–199.
  14. Amlinger F, Peyr S, Cuhls C. Green house gas emissions from composting and mechanical biological treatment. *Waste Manag Res*. 2008;26(1):47–60. doi: 10.1177/0734242X07088432
  15. Komilis DP, Ham RK, Park JK. Emission of volatile organic compounds during composting of municipal solid wastes. *Water Res*. 2004;38(7):1707–1714. doi: 10.1016/j.watres.2003.12.039
  16. Tsai CJ, Chen ML, Ye AD, Chou MS, Shen SH, Mao IF. The relationship of odor concentration and the critical components emitted from food waste composting plants. *Atmos Environ*. 2008;42(35):8246–8251. doi: 10.1016/j.atmosenv.2008.07.055
  17. Son HK, Striebig BA. Quantification and treatment of sludge odor. *Environ Eng Res*. 2003;8(5):252–258. doi: 10.4491/eer.2003.8.5.252
  18. Vincent AJ. Sources of odours in wastewater treatment. Stuetz R, Frechen, FB, eds. *Odours in Wastewater Treatment – Measurement, Modelling and Control*. IWA Publishing; 2005:69–92. doi: 10.2166/9781780402932
  19. Maulini-Duran C, Artola A, Font X, Sánchez A. A systematic study of the gaseous emissions from bi-solids composting: raw sludge versus anaerobically digested sludge. *Bioresour Technol*. 2013;147:43–51. doi: 10.1016/j.biortech.2013.07.118
  20. Маркова О.Л., Зарицкая Е.В., Ганичев П.А., Еремин Г.Б. Определение летучих веществ, формирующих запахи осадков сточных вод канализационных очистных сооружений // Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора «Современные проблемы эпидемиологии, микробиологии и гигиены» (г. Екатеринбург, 15–17 сентября 2021 года) / под ред. А.Ю. Поповой. — Екатеринбург: ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 2021. С. 166–167.
  21. Маркова О.Л., Зарицкая Е.В., Еремин Г.Б. К вопросу дезодорации осадков сточных вод. // Здоровье населения — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2020. Т. 15. № 1. С. 393–401.
  22. Пугачев Е.А. Очистка городских сточных вод мегаполиса. Москва: Издательство АСВ, 2013. 136 с.
  23. Brancher M, Griffiths KD, Franco D, de Melo Lisboa H. A review of odour impact criteria in selected countries around the world. *Chemosphere*. 2017;168:1531–1570. doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.11.160

## References

1. Karelin AO, Lomtev AY, Friedman KB, Yeregin GB, Pankin AV. Identification of emission sources of pollutants causing complaints of unpleasant odours. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(6):601–607. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-601-607
2. Kopytenkova OI, Yeregin GB, Mozzhukhina NA, Markova OL, Ganichev PA. [On the issue of sewage sludge incineration.] In: *Topical Questions of Hygiene: Proceedings of the Sixth All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, St. Petersburg, February 27, 2021*. Saint Petersburg: I.I. Mechnikov North-Western State Medical University Publ.; 2021:167–171. (In Russ.)
3. Fridman KB, Mironenko OV, Belkin AS, Noskov SN, Magomedov KhK. Experimental basis for hygienic assessment methods using geotube dewatering during storage of municipal wastewater precipitants. *Vestnik Sankt-Petersburgskogo Universiteta. Meditsina*. 2017;12(2):202–211. (In Russ.) doi: 10.21638/11701/spbu11.2017.209
4. Magomedov KhK, Fridman KB, Belkin AS, Noskov SN. Experimental substantiation of the hygienic assessment method of the geotubing of deposits from urban sewage treatment facilities. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(7):623–626. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-7-623-626
5. Zaretskaya EV, Ganichev PA, Mikheeva AY, Markova OL, Yeregin GB, Miasnikov IO. On the issue of monitoring odor-generating volatile pollutants during sewage treatment plant operation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(10(331)):52–55. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-331-10-52-55
6. Rublevskaya ON. Measures on preventing malodors release at the facilities of SUE “Vodokanal of St. Petersburg”. *Vodosnabzhenie i Sanitarnaya Tekhnika*. 2013;(10):46–55. (In Russ.)
7. González D, Colón J, Gabriel D, Sánchez A. The effect of the composting time on the gaseous emissions and the compost stability in a full-scale sewage sludge composting plant. *Sci Total Environ*. 2019;654:311–323. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.081

8. González D, Guerra N, Colón J, Gabriel D, Ponsá S, Sánchez A. Characterization of the gaseous and odour emissions from the composting of conventional sewage sludge. *Atmosphere*. 2020;11(2):211. doi: 10.3390/atmos11020211
9. Lebrero R, Rangel MG, Muñoz R. Characterization and biofiltration of a real odorous emission from wastewater treatment plant sludge. *J Environ Manage*. 2013;116:50-57. doi: 10.1016/j.jenvman.2012.11.038
10. Zarra T, Naddeo V, Belgiorno V, Reiser M, Kranert M. Odour monitoring of small wastewater treatment plant located in sensitive environment. *Water Sci Technol*. 2008;58(1):89-94. doi: 10.2166/wst.2008.330
11. Pagans E, Font X, Sánchez A. Emission of volatile organic compounds from composting of different solid wastes: abatement by biofiltration. *J Hazard Mater*. 2006;131(1-3):179-186. doi: 10.1016/j.jhazmat.2005.09.017
12. Suffet IH, Decottignies V, Senante E, Bruchet A. Sensory assessment and characterization of odor nuisance emissions during the composting of wastewater biosolids. *Water Environ Res*. 2009;81(7):670-679. doi: 10.2175/106143008x390762
13. Rosenfeld PE, Suffet IH. Understanding odorants associated with compost, biomass facilities, and the land application of biosolids. *Water Sci Technol*. 2004;49(9):193-199.
14. Amlinger F, Peyr S, Cuhls C. Green house gas emissions from composting and mechanical biological treatment. *Waste Manag Res*. 2008;26(1):47-60. doi: 10.1177/0734242X07088432
15. Komilis DP, Ham RK, Park JK. Emission of volatile organic compounds during composting of municipal solid wastes. *Water Res*. 2004;38(7):1707-1714. doi: 10.1016/j.watres.2003.12.039
16. Tsai CJ, Chen ML, Ye AD, Chou MS, Shen SH, Mao IF. The relationship of odor concentration and the critical components emitted from food waste composting plants. *Atmos Environ*. 2008;42(35):8246-8251. doi: 10.1016/j.atmosenv.2008.07.055
17. Son HK, Striebig BA. Quantification and treatment of sludge odor. *Environ Eng Res*. 2003;8(5):252-258. doi: 10.4491/eer.2003.8.5.252
18. Vincent AJ. Sources of odours in wastewater treatment. Stuetz R, Frechen, FB, eds. *Odours in Wastewater Treatment – Measurement, Modelling and Control*. IWA Publishing; 2005:69-92. doi: 10.2166/9781780402932
19. Maulini-Duran C, Artola A, Font X, Sánchez A. A systematic study of the gaseous emissions from biosolids composting: raw sludge versus anaerobically digested sludge. *Bioresour Technol*. 2013;147:43-51. doi: 10.1016/j.biortech.2013.07.118
20. Markova OL, Zaritskaya EV, Ganichev PA, Yeremin GB. [Determination of sewage sludge odor-generating volatile compounds at sewage treatment plants.] In: *Up-to-Date Problems of Epidemiology, Microbiology and Hygiene: Proceedings of the 13<sup>th</sup> All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists of Rospotrebnadzor, Yekaterinburg, September 15-17, 2021*. Popova AYU, ed. Yekaterinburg: Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers Publ.; 2021:166-167. (In Russ.)
21. Markova OL, Zaritskaya EV, Yeremin GB. On the issue of waste water sediment deodorization. *Zdorov'e – Osnova Chelovecheskogo Potentsiala: Problemy i Puti Ikh Resheniya*. 2020;15(1):393-401. (In Russ.)
22. Pugachev EA. [Urban Wastewater Treatment in a Megalopolis.] Moscow: ASV Publ.; 2016. (In Russ.)
23. Brancher M, Griffiths KD, Franco D, de Melo Lisboa H. A review of odour impact criteria in selected countries around the world. *Chemosphere*. 2017;168:1531-1570. doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.11.160



© Коллектив авторов, 2022

УДК 616.24-002:[614.21+615.015.8]:001.8(571.61)



## Сравнительный анализ бактериальной микрофлоры, выделенной от больных пневмонией и из внешней среды в лечебных учреждениях Амурской области

А.П. Бондаренко<sup>1</sup>, О.П. Курганова<sup>2</sup>, О.Е. Троценко<sup>1</sup>, Е.Н. Бурдинская<sup>3</sup>,  
Ю.А. Натыкан<sup>3</sup>, Н.Ю. Пшеничная<sup>4</sup>, О.Н. Огиенко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФБУН «Хабаровский НИИ эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора,  
ул. Шевченко, д. 2, г. Хабаровск, 680610, Российская Федерация

<sup>2</sup> Управление Роспотребнадзора по Амурской области,  
ул. Первомайская, д. 30, г. Благовещенск, 675002, Российская Федерация

<sup>3</sup> ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Амурской области»,  
ул. Первомайская, д. 30, г. Благовещенск, 675002, Российская Федерация

<sup>4</sup> ФБУН «Центральный НИИ эпидемиологии» Роспотребнадзора,  
ул. Новогиреевская, д. 3а, г. Москва, 111123, Российская Федерация

### Резюме

**Введение.** Пандемия COVID-19 обострила проблему инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, в частности ситуацию с распространением резистентных штаммов внутри стационаров с возможным развитием нозокомиальных инфекций.

**Цель:** сравнительный анализ бактериальной микрофлоры, выделенной от больных пневмонией и из внешней среды; оценка потенциальной опасности больничной среды в лечебных учреждениях Амурской области в плане риска внутрибольничного инфицирования.

**Материалы и методы.** В качестве госпитальных баз определены 2 лечебно-профилактических учреждения (ЛПУ): ЛПУ 1 (соматическая больница) и ЛПУ 2 («ковидный госпиталь»). В каждом учреждении проведено параллельное бактериологическое исследование клинических проб от больных и проб из внешней среды ЛПУ. Всего исследованы 519 проб мокроты от 284 больных и 486 проб из внешней среды ЛПУ при еженедельном заборе смывов в течение 12 недель наблюдения. Бактериологическое исследование выполнено классическим методом. Идентификация патогенов и определение их чувствительности к антимикробным препаратам (АМП) проводили с помощью баканализаторов AutoSCAN-4 и Vitek® 2 Compact 30.

**Результаты.** Наряду с выявлением в 33,8 % случаев патогенной бактериальной флоры у больных пневмонией определен высокий уровень обнаружения патогенов из внешней среды ЛПУ 1 и ЛПУ 2 (23,3–12,4 %). В структуре патогенов, выделенных из внешней среды, клинически значимые грамотрицательные бактерии составляют 44,9–15,4 %, соответственно ЛПУ с долей возбудителей с множественной лекарственной устойчивостью (МЛУ) 32,7–3,8 %. Выявленные различия могут быть связаны с более жестким режимом дезинфекции в ЛПУ 2. В структуре грамотрицательных изолятов с МЛУ отмечена высокая доля карбапенемостойчивых штаммов, выделенных как от больных (20,0 %), так и из внешней среды (38,9 %).

**Выводы.** Проведенный мониторинг позволил охарактеризовать состав и соотношение бактериальных возбудителей, выделяемых от больных пневмонией и из внешней среды. Широкий спектр возбудителей, в том числе с лекарственно-устойчивыми маркерами, выявляемых с высокой частотой в смывах с объектов больничной среды, и их накопление с течением времени свидетельствуют о потенциальной опасности больничной среды и риске внутрибольничного инфицирования.

**Ключевые слова:** пневмония, этиология, больничная среда, динамическое наблюдение, лекарственная устойчивость патогенов.

**Для цитирования:** Бондаренко А.П., Курганова О.П., Троценко О.Е., Бурдинская Е.Н., Натыкан Ю.А., Пшеничная Н.Ю., Огиенко О.Н. Сравнительный анализ бактериальной микрофлоры, выделенной от больных пневмонией и из внешней среды в лечебных учреждениях Амурской области // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 7. С. 48–56. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-48-56>

### Сведения об авторах:

✉ **Бондаренко** Альбина Павловна – к.м.н., ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией бактериальных инфекций ФБУН «Хабаровский НИИ эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора; e-mail: baclab\_hniiem@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9197-8519>.

**Троценко** Ольга Евгеньевна – д.м.н., директор ФБУН «Хабаровский НИИ эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора; e-mail: adm@hniiem.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3050-4472>.

**Курганова** Ольга Петровна – к.м.н., руководитель Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Амурской области; e-mail: info@rospotrebнадzor-amur.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3010-3054>.

**Бурдинская** Екатерина Николаевна – заместитель главного врача ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Амурской области»; e-mail: office@cge-amur.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9931-9203>.

**Натыкан** Юлия Александровна – заведующая отделом обеспечения эпидемиологического надзора ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Амурской области»; e-mail: office@cge-amur.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8482-2404>.

**Пшеничная** Наталья Юрьевна – д.м.н., профессор, заместитель директора по клинико-аналитической работе ФБУН «Центральный НИИ эпидемиологии» Роспотребнадзора; e-mail: natalia-pshenichnaya@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2570-711X>.

**Огиенко** Ольга Николаевна – младший научный сотрудник лаборатории бактериальных инфекций ФБУН «Хабаровский НИИ эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора; e-mail: baclab\_hniiem@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3872-0006>.

**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования: Троценко О.Е., Пшеничная Н.Ю., Бондаренко А.П.; сбор данных: Курганова О.П., Бурдинская Е.Н., Натыкан Ю.А.; анализ и интерпретация результатов: Бондаренко А.П., Троценко О.Е., Курганова О.П., Пшеничная Н.Ю.; статистическая обработка данных: Огиенко О.Н.; обзор литературы: Бондаренко А.П., Троценко О.Е.; подготовка проекта рукописи: Бондаренко А.П., Троценко О.Е. Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

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

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

Статья получена: 15.06.22 / Принята к публикации: 08.07.22 / Опубликовано: 29.07.22

# Comparative Analysis of Bacterial Microflora Isolated from Adult Pneumonia Inpatients and Hospital Objects in the Amur Region

Albina P. Bondarenko,<sup>1</sup> Olga P. Kurganova,<sup>2</sup> Olga E. Trotsenko,<sup>1</sup> Ekaterina N. Burdinskaya,<sup>3</sup> Yulia A. Natykan,<sup>3</sup> Natalia Yu. Pshenichnaya,<sup>4</sup> Olga N. Ogienko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Khabarovsk Research Institute of Epidemiology and Microbiology,  
2 Shevchenko Street, Khabarovsk, 680610, Russian Federation

<sup>2</sup> Amur Regional Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 30 Pervomayskaya Street, Blagoveshchensk, 675002, Russian Federation

<sup>3</sup> Center for Hygiene and Epidemiology in the Amur Region,  
30 Pervomayskaya Street, Blagoveshchensk, 675002, Russian Federation

<sup>4</sup> Central Research Institute of Epidemiology,  
3a Novogireevskaya Street, Moscow, 111123, Russian Federation

## Summary

**Background:** The COVID-19 pandemic has exacerbated the problem of healthcare-associated infections and worsened the situation with the hospital spread of antibiotic resistant strains potentially inducing nosocomial infections.

**Objective:** To compare bacterial microflora isolated from adult pneumonia inpatients and hospital objects and to assess the risk of hospital-acquired infections in the Amur Region.

**Materials and methods:** The study was conducted in a multidisciplinary and a "COVID" hospital hereinafter referred to as Hospitals 1 and 2, respectively. Parallel bacteria culture testing of 519 sputum samples from 284 inpatients and 486 wipe samples collected weekly during 12 weeks in both hospitals was carried out using a classical method. AutoSCAN-4 and Vitek® 2 Compact 30 analyzers were applied to identify pathogens and determine their antimicrobial susceptibility.

**Results:** Along with the detection of pathogenic bacteria in 33.8 % of hospitalized patients with pneumonia, we found pathogens in 23.3 % and 12.4 % of wipe samples from Hospitals 1 and 2, respectively, and established that the proportion of Gram-negative bacteria in them was 44.9 % and 15.4 % while the share of multidrug-resistant strains was 32.7 % and 3.8 %. The significant differences observed can be attributed to a more stringent disinfection regime in Hospital 2. The structure of multidrug-resistant Gram-negative bacteria was noted for a high proportion of carbapenem-resistant organisms isolated from both sputum (20.0 %) and wipe (38.9 %) samples.

**Conclusion:** Our monitoring results helped define the composition and ratio of bacterial pathogens isolated from pneumonia cases and hospital objects. A wide range of pathogens, including those resistant to antibiotics, often detected in wipe samples and their accumulation over time indicate the potential hazard of the hospital environment posing an increased risk of hospital-acquired infections.

**Keywords:** pneumonia, etiology, hospital environment, follow-up, drug resistance.

**For citation:** Bondarenko AP, Kurganova OP, Trotsenko OE, Burdinskaya EN, Natykan YuA, Pshenichnaya NYu, Ogienko ON. Comparative analysis of bacterial microflora isolated from adult pneumonia inpatients and hospital objects in the Amur Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(7):48–56. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-48-56>

## Author information:

✉ Albina P. Bondarenko, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Head of Bacteriology Laboratory, Khabarovsk Research Institute of Epidemiology and Microbiology; e-mail: baclab\_hniiem@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9197-8519>.

Olga P. Kurganova, Cand. Sci. (Med.), Head of the Amur Regional Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; e-mail: info@rospotrebnadzor-amur.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3010-3054>.

Olga E. Trotsenko, Dr. Sci. (Med.), Director of the Khabarovsk Research Institute of Epidemiology and Microbiology; e-mail: adm@hniiem.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3050-4472>.

Ekaterina N. Burdinskaya, Deputy Head Doctor, Center for Hygiene and Epidemiology in the Amur Region; e-mail: office@cge-amur.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9931-9203>.

Yulia A. Natykan, Head of Epidemiological Surveillance Department, Center for Hygiene and Epidemiology in the Amur Region; e-mail: office@cge-amur.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8482-2404>.

Natalia Yu. Pshenichnaya, Dr. Sci. (Med.), Prof., Deputy Director for Clinical and Analytical Work, Central Research Institute of Epidemiology; e-mail: natalia-pshenichnaya@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2570-711X>.

Olga N. Ogienko, Junior Researcher, Bacteriology Laboratory, Khabarovsk Research Institute of Epidemiology and Microbiology; e-mail: adm@hniiem.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3872-0006>.

**Author contributions:** study conception and design: Trotsenko O.E., Pshenichnaya N.Yu., Bondarenko A.P.; data collection: Kurganova O.P., Burdinskaya E.N., Natykan Yu.A.; analysis and interpretation of results: Bondarenko A.P., Trotsenko O.E., Kurganova O.P., Pshenichnaya N.Yu.; statistical data processing: Ogienko O.N.; literature review: Bondarenko A.P., Trotsenko O.E.; draft manuscript preparation: Bondarenko A.P., Trotsenko O.E. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

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

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

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

Received: June 15, 2022 / Accepted: July 8, 2022 / Published: July 29, 2022

**Введение.** В период пандемии новой коронавирусной инфекции (НКИ) бесконтрольное потребление антибиотиков привело к нарастающему антибиотикорезистентности бактериальных возбудителей пневмоний, быстрому их распространению в больничной среде и за ее пределами и формированию условий для нозокомиальных инфекций [1]. Массовому использованию антибиотиков способствовал тот факт, что их применение было предусмотрено первоначальными протоколами лечения COVID-19 при отсутствии критериев их назначения при этой инфекции. По данным В.Г. Акимкина и соавт. (2021 г.), 68,9 % пациентов с COVID-19 использовали антибиотики до госпитализации, при этом уровень

самолечения составил 33,0 % [1]. По сообщению Э.А. Ортенберга, реальная необходимость назначения АМП отмечается лишь для 6–8 % пациентов, у которых развиваются бактериальные осложнения [2]. Неправильное использование антимикробных препаратов (АМП) в период пандемии НКИ привело к дополнительному косвенному прессингу, способствуя отбору устойчивых к антибиотикам форм бактерий за счет гибели чувствительных к АМП вариантов, что создает предпосылки для формирования лекарственной устойчивости основных видов микроорганизмов, циркулирующих в стационарах. Нерациональное применение АМП коснулось группы препаратов широкого спектра действия и также препаратов резерва (имипенема,

меропенема) как в стационарах, так и в амбулаторной практике, что привело к формированию возбудителей, устойчивых к карбапенемам.

Условия пандемии COVID-19 были связаны с распространением вирусной инфекции. Тем не менее эта ситуация оказала существенное влияние на ускорение темпов селекции штаммов бактерий с множественной лекарственной устойчивостью [3]. Она также обострила проблему инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи (ИСМП), в частности проблему распространения устойчивых штаммов внутри стационаров с возможным развитием нозокомиальных инфекций [4, 5].

Больничный стационар представляет собой специфическую экологическую нишу, в которой непрерывно происходит селекция штаммов, способных конкурировать с другими микроорганизмами и формировать госпитальные клоны с высоким эпидемическим потенциалом и свойством длительно сохраняться и накапливаться в больничной среде [6].

Подавляющее большинство ИСМП развивается в результате колонизации локусов пациентов и медицинского персонала госпитальными клонами возбудителей. Основным резервуаром возбудителей является организм пациента, в котором происходит селекция и накопление эпидемических вариантов возбудителей [7].

Особенностью исследований, выполненных в период пандемии НКИ, является выделение от тяжелых больных отделений реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ), с разнообразными формами респираторной поддержки, карбапенем-устойчивых патогенных биологических агентов (ПБА) [8]. Именно эти больные впоследствии становятся «резервуаром» антибиотикорезистентных возбудителей, а в ОРИТ формируются условия для нозокомиальных инфекций [9].

В период пандемии многие лечебные учреждения, изначально не предназначенные для госпитализации инфекционных больных, были перепрофилированы в «ковидные» стационары. Как показал опыт, именно в этих учреждениях велика вероятность возникновения очагов внутрибольничных инфекций, чему способствуют экстренный характер оказания медицинской помощи, высокая загрузка отделений интенсивной терапии, привлечение к работе персонала без опыта трудовой деятельности в инфекционных стационарах [10].

В этой связи следует отметить высокий профессиональный риск заражения медицинских работников — наиболее уязвимой и активно вовлекаемой в эпидемический процесс НКИ группы населения [11, 12]. Закономерности, выявленные для НКИ, являются актуальными и для бактериальных инфекций. Как следует из анализа результатов анонимного анкетирования медицинских работников, проведенного в мае — июне 2020 г. в Екатеринбурге, среди 1872 участников опроса коронавирусную инфекцию уже перенес 161 человек (8,6 %). Риск заражения был выше у среднего и младшего медицинского персонала и особенно высок при выполнении манипуляций, связанных с генерацией аэрозоля (интубация, трахеостомия). Показано, что работа с биологическим материалом пациентов повышает риск инфицирования в 2,07 раза, контакт с поверхностями в окруже-

нии больного (кровать, тумбочка, постельное белье, личные вещи пациента) увеличивает риск инфицирования в 2,58 раза [13].

В исследовании, проведенном в Великобритании, установлена высокая заболеваемость COVID-19 среди сотрудников клининговых служб больниц, а самая низкая — среди сотрудников, работающих в отделениях интенсивной терапии [14]. Это свидетельствует, с одной стороны, о загрязненности объектов больничной среды, с другой — о важности соблюдения мер инфекционной безопасности и подготовленности персонала к условиям работы с высоким риском инфицирования.

Возбудителями инфекций, связанных с оказанием помощи, чаще становятся грамотрицательные бактерии (*Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Stenotrophomonas maltophilia*). Селекция антибиотикоустойчивых изолятов, обладающих различными механизмами резистентности, более выражена у грамотрицательных микроорганизмов, чем у грамположительных [15, 16]. Всесторонний микробиологический мониторинг этих микроорганизмов, выявление особенностей распределения их во внутрибольничной среде и среди пациентов в каждом больничном учреждении является основанием для организации стратегии инфекционного контроля [17].

Так, известно, что одной из отличительных особенностей *Acinetobacter baumannii* является способность сохранять жизнеспособность в течение длительного времени на поверхностях, что способствует их распространению в лечебных учреждениях. Было показано: если в больничной палате есть больной — выделитель *Acinetobacter baumannii*, то в 39 % случаев палата такого пациента контаминирована этим патогеном [18]. При контакте персонала с больными, инфицированными лекарственно-устойчивыми штаммами *A. baumannii*, контаминация перчаток и халатов медперсонала составляла 38,7 %. Пребывание в палате больного более 5 минут является независимым фактором риска инфицирования *A. baumannii* [19, 20].

Все это обосновывает необходимость дальнейшего изучения условий формирования и распространения этиологически значимых лекарственно-устойчивых вариантов возбудителей пневмоний, связанных с оказанием медицинской помощи (ИСМП).

**Цель исследования** — провести сравнительный анализ бактериальной микрофлоры, выделенной от больных пневмонией и из внешней среды, и с помощью методов микробиологического и эпидемиологического анализа дать оценку потенциальной опасности больничной среды в плане риска присоединения инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, у больных пневмонией в условиях стационаров Амурской области.

**Материалы и методы.** Исследование проведено в Амурской области в период с 21.12.2020 по 15.03.2021 в условиях реализации научно-исследовательской программы Роспотребнадзора «Особенности эпидемиологии, клиники и этиологии внебольничных пневмоний. Формирование этиологически значимых лекарственно-устойчивых вариантов бактериальных возбудителей пневмоний, связанных с оказанием медицинской помощи в период пандемии COVID-19».

Наряду с изучением значимости лекарственно-устойчивых вариантов бактериальных возбудителей

в этиологии пневмонии, на базе двух госпиталей — ЛПУ 1 (соматическое отделение) и ЛПУ 2 («ковидный» госпиталь) — проведен отбор проб в динамике (еженедельно) в течение 12 недель наблюдения с объектов внешней среды в палатах, где находились обследуемые пациенты. При этом исследование организовано 6 циклами длительностью по две недели каждый.

В ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Амурской области» параллельно с исследованием 519 проб биологического материала от 284 пациентов (в том числе 285 проб от 151 пациента из ЛПУ 1 и 234 пробы от 133 пациентов из ЛПУ 2) отобрано и исследовано 468 проб внешней среды, в том числе 210 проб смывов с объектов внешней среды и 24 пробы воздуха в ЛПУ 1, 210 и 24 пробы соответственно в ЛПУ 2.

Бактериологическое исследование выполнено классическим методом. Идентификацию патогенов и определение их чувствительности к антимикробным препаратам (АМП) проводили с помощью баканализаторов Autoskan-4 и Vitek® 2 Compact 30.

Статистическая обработка осуществлялась с помощью программы Statistica 6.0. Анализ результатов проводился с использованием непараметрических методов статистической обработки (критерий хи-квадрат, в том числе с поправкой Йейтса, и точный критерий Фишера). Для получения данных рассчитывался доверительный интервал (95 % ДИ). В случае, если уровень значимости

отличий составлял менее 0,05, разница между изучаемыми показателями считалась достоверной.

## Результаты

**Результаты исследования в ЛПУ 1.** В табл. 1 представлен сравнительный анализ структуры патогенов, выявленных у больных ЛПУ 1 и из объектов внешней среды этого же стационара. ПБА в количестве 43 изолятов были выделены от 32 из 151 больного — 21,2 % (95 % ДИ: 14,7–27,7 %) в процессе их первичного и повторного обследования. Флора представлена 9 видами ПБА. Выделен 1 изолят классического возбудителя внебольничной пневмонии (ВП) — *Streptococcus pneumoniae* — 2,3 % (95 % ДИ: 0,0–8,9 %). Другая грамположительная флора составила 39,5 % (95 % ДИ: 24,9–54,2 %) — *S. aureus*, *S. epidermidis*, *S. saprophyticus*, *Enterococcus faecalis*. Лекарственно-устойчивых форм в этой группе возбудителей не выявлено.

В группе грамотрицательных энтеробактерий — 2 изолята *Klebsiella pneumoniae* с множественной лекарственной устойчивостью (МЛУ) — 4,7 % (95 % ДИ: 0,5–12,9 %).

Неферментирующие грамотрицательные бактерии (НГОБ) в структуре патогенов составили 2,3 % (95 % ДИ: 0,0–8,9 %), в их числе 1 изолят *Pseudomonas aeruginosa*. Большая часть изолятов представлена грибами рода *Candida*.

Частота выявления ПБА в смывах оказалась высокой — 49 положительных проб из 210 смывов — 23,3 % (95 % ДИ: 17,6–29,1 %), и даже превысила частоту выделения бактериальных

**Таблица 1. Сравнительный анализ видового разнообразия бактериальных культур, выделенных в мокроте больных пневмонией и в пробах внешней среды (в смывах с поверхностей) в ЛПУ 1 Амурской области**

**Table 1. Comparative analysis of bacteria isolated from sputum samples of adult pneumonia inpatients and wipe samples collected in Hospital 1 of the Amur Region**

| Выделенные культуры возбудителей /<br>Isolated pathogen cultures             | Изоляты, выделенные в мокроте /<br>Pathogens isolated from sputum<br>samples<br>n = 43 (100 %) |                  | Изоляты, выделенные в пробах<br>смывов /<br>Pathogens isolated from wipe samples<br>n = 49 (100 %) |                    |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
|                                                                              | n                                                                                              | %                | n                                                                                                  | %                  |
| <i>S. pneumoniae</i>                                                         | 1                                                                                              | 2,3 (0,0–8,9)*   | 0                                                                                                  | 0                  |
| <b>Грам + флора, в т. ч.: / Gram-positive bacteria, including:</b>           | 17                                                                                             | 39,5 (24,9–54,2) | 27                                                                                                 | 55,1 (41,18–69,03) |
| <i>S. aureus</i>                                                             | 1                                                                                              | 2,3 (0,0–8,9)    | 2                                                                                                  | 4,1 (0,4–11,3)     |
| <i>S. epidermidis</i>                                                        | 2                                                                                              | 4,7 (0,5–12,9)   | 13                                                                                                 | 26,5 (14,2–38,9)   |
| <i>S. saprophyticus</i>                                                      | 10                                                                                             | 23,3 (10,6–35,9) | 0                                                                                                  | 0                  |
| <i>S. hominis</i>                                                            | 0                                                                                              | 0                | 2                                                                                                  | 4,1 (0,4–11,3)     |
| <i>Enterococcus faecalis</i>                                                 | 4                                                                                              | 9,3 (2,6–19,7)   | 7                                                                                                  | 14,3 (4,5–24,1)    |
| <i>Enterococcus faecium</i>                                                  | 0                                                                                              | 0                | 3                                                                                                  | 6,1 (1,2–14,5)     |
| <b>Грам-энтеробактерии, в т. ч.: / Gram-negative bacteria, including:</b>    | 2                                                                                              | 4,7 (0,5–12,9)   | 19                                                                                                 | 38,8 (25,1–52,4)   |
| <i>Klebsiella pneumoniae</i> с МЛУ / MDR <i>Klebsiella pneumoniae</i>        | 2                                                                                              | 4,7 (0,5–12,9)   | 8                                                                                                  | 16,3 (6,0–26,7)    |
| <i>Escherichia coli</i> с МЛУ / MDR <i>Escherichia coli</i>                  | 0                                                                                              | 0                | 2                                                                                                  | 4,1 (0,4–11,3)     |
| <i>Enterobacter agglomerans</i>                                              | 0                                                                                              | 0                | 3                                                                                                  | 6,1 (1,2–14,5)     |
| <i>Enterobacter cloacae</i> с МЛУ / MDR <i>Enterobacter cloacae</i>          | 0                                                                                              | 0                | 5                                                                                                  | 10,2 (1,7–18,7)    |
| <i>Citrobacter freundii</i> с МЛУ / MDR <i>Citrobacter freundii</i>          | 0                                                                                              | 0                | 1                                                                                                  | 2,0 (0,0–7,8)      |
| <b>НГОБ, в т. ч. / NFGNB, including:</b>                                     | 1                                                                                              | 2,3 (0,0–8,9)    | 3                                                                                                  | 6,1 (1,2–14,5)     |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i>                                                | 1                                                                                              | 2,3 (0,0–8,9)    | 0                                                                                                  | 0                  |
| <i>Acinetobacter baumannii</i> с МЛУ / MDR <i>Acinetobacter baumannii</i>    | 0                                                                                              | 0                | 1                                                                                                  | 2,0 (0,0–7,8)      |
| <i>Acinetobacter Iwofii</i>                                                  | 0                                                                                              | 0                | 2                                                                                                  | 4,1 (0,4–11,3)     |
| <b>Грибы рода <i>Candida</i>, в т. ч.: / <i>Candida spp.</i>, including:</b> | 22                                                                                             | 51,2 (36,2–66,1) | не исследовалось / not tested                                                                      |                    |
| <i>Candida albicans</i>                                                      | 20                                                                                             | 46,5 (31,6–61,4) |                                                                                                    |                    |
| <i>Candida crusei</i>                                                        | 2                                                                                              | 4,7 (0,5–12,9)   |                                                                                                    |                    |
| <b>Итого / Total</b>                                                         | <b>43</b>                                                                                      | <b>100</b>       | <b>49</b>                                                                                          | <b>100</b>         |

Примечание: НГОБ — неферментирующие грамотрицательные бактерии; МЛУ — множественная лекарственная устойчивость; \* В скобках указан 95 % доверительный интервал.

Note: NFGNB, Non-fermenting Gram-negative bacilli; MDR, multidrug-resistant; \* A 95 % confidence interval is shown in brackets.

возбудителей от пациентов — 21,2 % (95 % ДИ: 14,7–27,7 %). Микрофлора, выделенная в смывах, представлена 12 наименованиями ПБА, в том числе грамположительная флора — 5 наименованиями, грамотрицательная — 5 наименованиями, НГОБ — 2 наименованиями. В структуре возбудителей грамположительная флора, выделенная из смывов, составила 55,1 % (95 % ДИ: 41,2–69,0 %) и представлена только чувствительными к антибиотикам вариантами.

Грамотрицательные энтеробактерии составили 38,8 % (95 % ДИ: 25,1–52,4 %) положительных проб смывов, представлены 5 наименованиями и в основном лекарственно-устойчивыми вариантами (16 из 19 изолятов — 84,2 % (95 % ДИ: 64,9–96,7 %) — *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae* и *Citrobacter freundii*). Без маркеров лекарственной устойчивости оказался только *Enterobacter agglomerans*. НГОБ составили 6,1 % (95 % ДИ: 1,2–14,5 %) в структуре возбудителей, выявленных в смывах (3 штамма из 49 изолятов), в том числе 1 штамм *Acinetobacter baumannii* с лекарственно-устойчивыми маркерами. При этом спектр возбудителей в смывах был шире, чем в клиническом материале, доля лекарственно-устойчивых ПБА (17 штаммов среди 49 изолятов) составила в смывах 34,7 % (95 % ДИ: 21,3–48,0 %).

Исследование проб смывов в динамике в 8 палатах в ЛПУ 1 показало, что в первые 3 цикла наблюдения, с 1-й по 6-ю неделю, бактериальная контаминация выявлена в 21,1 % (95 % ДИ: 12,7–29,5 %) случаев — в 19 из 90 проб смывов, эпидемиологически значимые возбудители (*Acinetobacter baumannii* с МЛУ, *Klebsiella pneumoniae* с МЛУ, *E. coli* с МЛУ, *Enterobacter*

*cloacae* с МЛУ) выделены в 4 из 90 проб — 4,4 % (95 % ДИ: 1,2–9,6 %), остальная микрофлора представлена антибиотикочувствительными вариантами *S. aureus*, *S. epidermidis*, *Enterococcus faecalis*, *Enterobacter agglomerans*.

В последующие 3 цикла наблюдения, с 7-й по 12-ю неделю, микрофлора выявлена в 25,0 % (95 % ДИ: 17,3–32,7 %) случаев — в 30 из 120 проб смывов, при этом с маркерами лекарственной устойчивости (*Klebsiella pneumoniae* с МЛУ, *Enterobacter cloacae* с МЛУ, *Citrobacter freundii* с МЛУ) — в 13 из 120 проб — 10,8 % (95 % ДИ: 5,3–16,4 %).

Следовательно, при динамическом наблюдении установлены не только значительное число больных пневмонией с выделением ПБА — 21,2 % (95 % ДИ: 14,7–27,7 %) случаев, но и широкая циркуляция бактерий в больничных палатах, при этом с течением времени зафиксировано накопление во внешней среде эпидемиологически значимых возбудителей с маркерами лекарственной устойчивости.

Таким образом, источниками контаминации внешней среды являются больные пневмонией и они же подвергаются бактериальному суперинфицированию из внешней среды. Опасность внешней больничной среды при отсутствии должного дезинфекционного режима заключена в сохранении и накоплении агрессивных ПБА.

При исследовании 24 проб воздуха бактериальная флора в ЛПУ 1 не была выявлена.

**Результаты исследования в ЛПУ 2.** Структура патогенов у больных пневмонией в сопоставлении со структурой ПБА, выделенных из внешней среды ЛПУ 2, представлена в табл. 2.

Таблица 2. Сравнительный анализ видового разнообразия бактериальных культур, выделенных в мокроте больных пневмонией и в пробах внешней среды (в смывах с поверхностей) в ЛПУ 2 Амурской области

Table 2. Comparative analysis of bacteria isolated from sputum samples of adult pneumonia inpatients and wipe samples collected in Hospital 2 of the Amur Region

| Выделенные культуры возбудителей /<br>Isolated pathogen cultures           | Изоляты, выделенные в мокроте /<br>Pathogens isolated from sputum<br>samples<br>n = 78 (100 %) |                         | Изоляты, выделенные в пробах<br>смывов /<br>Pathogens isolated from wipe samples<br>n = 26 (100 %) |                         |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
|                                                                            | n                                                                                              | %                       | n                                                                                                  | %                       |
| <i>S. pneumoniae</i>                                                       | 1                                                                                              | 1,3 (0,0–5,0)*          | 0                                                                                                  | 0                       |
| <b>Грам + флора, в т. ч.: / Gram-positive bacteria, including:</b>         | <b>19</b>                                                                                      | <b>24,4 (14,8–33,9)</b> | <b>22</b>                                                                                          | <b>84,6 (68,5–95,6)</b> |
| <i>S. epidermidis</i> с МЛУ / MDR <i>S. epidermidis</i>                    | 1                                                                                              | 1,3 (0,0–5,0)           | 0                                                                                                  | 0                       |
| <i>S. epidermidis</i>                                                      | 7                                                                                              | 9,0 (2,6–15,3)          | 8                                                                                                  | 30,8 (14,9–49,5)        |
| <i>S. saprophiticus</i>                                                    | 9                                                                                              | 11,5 (4,4–18,6)         | 1                                                                                                  | 3,8 (0,0–14,3)          |
| <i>S. salivarius</i>                                                       | 1                                                                                              | 1,3 (0,0–5,0)           | 0                                                                                                  | 0                       |
| <i>E. faecalis</i>                                                         | 1                                                                                              | 1,3 (0,0–5,0)           | 3                                                                                                  | 11,5 (2,3–26,3)         |
| <i>E. faecium</i>                                                          | 0                                                                                              | 0                       | 10                                                                                                 | 38,5                    |
| <b>Грам- энтеробактерии, в т. ч.: / Gram-negative bacteria, including:</b> | <b>3</b>                                                                                       | <b>3,8 (0,7–9,1)</b>    | <b>2</b>                                                                                           | <b>7,7 (0,8–20,8)</b>   |
| <i>K. pneumoniae</i> с МЛУ / MDR <i>K. pneumoniae</i>                      | 3                                                                                              | 3,8 (0,7–9,1)           | 0                                                                                                  | 0                       |
| <i>E. agglomerans</i>                                                      | 0                                                                                              | 0                       | 1                                                                                                  | 3,8 (0,0–14,3)          |
| <i>E. cloacae</i> с МЛУ / MDR <i>E. cloacae</i>                            | 0                                                                                              | 0                       | 1                                                                                                  | 3,8 (0,0–14,3)          |
| <b>НГОБ, в т. ч.: / NFGNB, including:</b>                                  | <b>1</b>                                                                                       | <b>1,3 (0,0–5,0)</b>    | <b>2</b>                                                                                           | <b>7,7 (0,8–20,8)</b>   |
| <i>A. Iwoffi</i>                                                           | 0                                                                                              | 0                       | 2                                                                                                  | 7,7 (0,8–20,8)          |
| <b>Pseudomonas spp.</b>                                                    | <b>1</b>                                                                                       | <b>1,3 (0,0–5,0)</b>    | <b>0</b>                                                                                           | <b>0</b>                |
| <b>Грибы рода Candida, в т. ч.: / Candida spp., including:</b>             | <b>54</b>                                                                                      | <b>69,2 (59,0–79,5)</b> | не исследовалось / not tested                                                                      |                         |
| <i>C. albicans</i>                                                         | 48                                                                                             | 61,5 (50,7–72,3)        |                                                                                                    |                         |
| <i>C. crusei</i>                                                           | 4                                                                                              | 5,1 (1,4–11,0)          |                                                                                                    |                         |
| <i>C. kefyr</i>                                                            | 2                                                                                              | 2,6 (0,3–7,3)           |                                                                                                    |                         |
| <b>Итого / Total</b>                                                       | <b>78</b>                                                                                      | <b>100</b>              | <b>26</b>                                                                                          | <b>100</b>              |

Примечание: НГОБ – неферментирующие грамотрицательные бактерии; МЛУ – множественная лекарственная устойчивость; \* В скобках указан 95 % доверительный интервал.

Note: NFGNB, Non-fermenting Gram-negative bacilli; MDR, multidrug-resistant; \* A 95 % confidence interval is shown in brackets.

Итак, 78 изолятов ПБА были выделены от 64 из 133 обследованных больных пневмонией — 48,1 % (95 % ДИ: 39,6–56,6 %) в процессе их первичного и повторного обследования. Флора представлена 11 видами ПБА. Классический возбудитель пневмонией *S. pneumoniae* выделен у 1 больного, что занимает 1,3 % (95 % ДИ: 0,0–5,0 %) случаев в структуре возбудителей. Другая грамположительная флора составляет 24,4 % (95 % ДИ: 14,8–33,9 %) — *S. epidermidis* с МЛУ, *S. epidermidis*, *S. salivarius*, *E. faecalis*.

В группе грамотрицательных энтеробактерий — 3 штамма *K. pneumoniae* с МЛУ — 3,8 % (95 % ДИ: 0,7–9,1 %). НГОБ представлены только одним изолятом *Pseudomonas spp.* — 1,3 % (95 % ДИ: 0,0–5,0 %). Большая часть изолятов представлена грибами рода *Candida* — 54 изолята — 69,2 % случаев (95 % ДИ: 59,0–79,5 %).

Частота выявления ПБА в смывах из внешней среды ЛПУ 2 (26 положительных проб из 210 смывов) составила 12,4 % (95 % ДИ: 20,7–32,6 %). Микрофлора, выделенная в смывах, представлена 7 наименованиями ПБА, в том числе грамположительной флорой (22 штамма из 26 положительных проб — 84,6 % (95 % ДИ: 68,5–95,6 %) — *S. epidermidis*, *S. saprophyticus*, *E. faecalis*, *E. faecium*), грамотрицательными энтеробактериями — 2 штамма — 7,7 % (95 % ДИ: 0,8–20,8 %) — *E. cloacae* с МЛУ и *E. agglomerans*, НГОБ — 2 штамма — 7,7 % (95 % ДИ: 0,8–20,8 %). Таким образом, лекарственно-устойчивые ПБА (*E. cloacae* с МЛУ) определены только в 1 случае из 26 положительных проб смывов, то есть в 3,8 % (95 % ДИ: 0,0–14,3 %).

Исследование проб смывов в динамике в 8 палатах ЛПУ 2 показало, что в первые 3 цикла (6 недель) наблюдения частота выявлений ПБА составила 14,4 % (95 % ДИ: 7,2–21,7) — из 90 смывов выделены 13 патогенов, в том числе *E. cloacae* с МЛУ. В последующие 3 цикла (с 4-го по 6-й цикл, 7–12-я недели) уровень выделений ПБА несколько снизился, составив 10,8 % (95 % ДИ: 5,3–16,4 %) — 13 положительных находок из 120 смывов, лекарственно-устойчивых штаммов не выделено.

Следует отметить, что нормативные документы по исследованию обсемененности объектов больничной среды не предусматривают поиски грибов р. *Candida*.

При исследовании 24 проб воздуха бактериальная флора в ЛПУ 2 не была выявлена.

В целом, подводя итоги данному разделу исследований, следует констатировать отсутствие в ЛПУ 2 сходства между составом возбудителей, выявленных у больных и из внешней среды, хотя основными источниками инфекции для больничной среды являются больные, и уровень положительных находок ПБА в смывах довольно высокий (12,4 %; 95 % ДИ: 20,7–32,6 %). В условиях инфекционного госпиталя с усиленным дезинфекционным режимом большая часть ПБА, попадающих в больничную среду, обезвреживается, что, возможно, объясняет данную ситуацию. Но, как показали наши исследования, остается еще довольно широкий спектр микроорганизмов, выявляемых в смывах с достаточно высокой частотой, что свидетельствует о потенциальной опасности больничной среды.

**Характеристика лекарственной устойчивости патогенов, выявленных от больных и из внешней среды двух стационаров — в ЛПУ 1 и ЛПУ 2**

В целом по двум учреждениям в период выполнения исследований (декабрь 2020 года — март 2021 года) были выделены 24 культуры с множественной лекарственной устойчивостью (табл. 3). В том числе 6 культур — 25 % (95 % ДИ: 10,1–43,8 %) — выделены из образцов мокроты и 18 культур — 75 % (95 % ДИ: 56,2–89,9 %) — с объектов больничной среды. Обращает на себя внимание тот факт, что большая часть изолятов из внешней среды была выделена с санитарно-технического оборудования.

В смывах преобладали находки полирезистентной *K. pneumoniae* (8 из 18 штаммов) — 44,4 % (95 % ДИ: 22,8–67,1 %), на втором месте лекарственно-устойчивые *E. cloacae* (7 из 18 штаммов) — 33,3 % (95 % ДИ: 14,0–56,1 %).

В клиническом материале, аналогично смывам с объектов больничной среды, подавляющее большинство находок приходится также на полирезистентные *K. pneumoniae* — 83,3 % (95 % ДИ: 46,4–99,9 %) случаев.

Все 24 культуры фенотипически проявляли устойчивость к цефалоспорином IV поколения и могли быть определены как штаммы ESBL (*Extended Spectrum Beta-lactamases*), и часть из них, 8 культур — 33,3 % (95 % ДИ: 16,3–53,0 %), были дополнительно устойчивы к карбапенемам (*carb R*) — 7 культур из внешней среды и 1 культура от больного.

Из 6 лекарственно-устойчивых культур, выделенных от больных, только 5 относятся к грамотрицательным ПБА, и только у одного из 5 штаммов — 20,0 % (95 % ДИ: 0,1–61,5 %) выявлена устойчивость к карбапенемам. При этом 4 культуры выделены от больных из ЛПУ 2, в том числе штамм с карбапенем-устойчивостью (*carb R*).

Из 18 культур, выделенных из объектов внешней среды, в 7 случаях — 38,9 % (95 % ДИ: 18,3–61,8 %) определена устойчивость к карбапенемам, в том числе 2 штамма *K. pneumoniae*, 2 штамма *E. cloacae*, 1 штамм *E. coli*, 1 штамм *C. freundii* и 1 штамм *Acinetobacter baumannii*. Большая часть *carb R*-штаммов (6 из 7) выделена в ЛПУ 1.

Таким образом, в двух стационарах отмечено следующее:

- в ЛПУ 1 высокая частота выделения патогенов с лекарственной устойчивостью из внешней среды (из 18 культур с МЛУ 17 выделены в ЛПУ 1 — 94,5 % (95 % ДИ: 79,7–99,9 %)) и низкая частота выявления штаммов с лекарственно-устойчивыми маркерами от больных (2 штамма из 6);

- в ЛПУ 2 только 1 штамм из 18 лекарственно-устойчивых, выделенных в смывах, относился к этому стационару — 5,5 % (95 % ДИ: 0,0–20,3 %); но чаще, чем в ЛПУ 1, выявляли лекарственно-устойчивые штаммы от больных (4 штамма из 6) — 66,7 % (95 % ДИ: 27,8–95,4 %).

**Обсуждение.** Таким образом, при сравнительном анализе бактериальной микрофлоры, выделенной от больных пневмонией и из внешней среды в лечебных учреждениях Амурской области, установлено следующее.

В ЛПУ 1 (соматический стационар) уровни выделения ПБА от больных и из внешней среды были сходными: 21,2 % (95 % ДИ: 14,7–27,7 %) и 23,3 % (95 % ДИ: 17,6–29,1 %).

В ЛПУ 2 («ковидный» госпиталь) уровень выделения патогенов из мокроты больных был высоким — 48,1 % (95 % ДИ: 39,6–56,6 %). Уровень выделения ПБА из объектов внешней среды ЛПУ 2

**Таблица 3. Характеристика 24 культур с множественной лекарственной устойчивостью, выделенных в клиническом материале (n = 6) и с объектов внешней среды (n = 18) в ЛПУ 1 и ЛПУ 2**

**Table 3. Characteristics of 24 multi-drug resistant pathogens isolated from six sputum samples of inpatients and 18 wipe samples of environmental objects in Hospitals 1 and 2**

| № | Наименование резистентного м/о / Miltidrug-resistant pathogen | Внешняя среда (наименование точки) / Hospital object; sampling date                                                | Клинический материал (Ф.И.О. больного, палата, дата взятия образца) / Inpatient (name initials, hospital and ward nos., sampling date)     |
|---|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | <i>Acinetobacter baumannii</i>                                | 1. Прикроватная тумбочка (ЛПУ 1, п. 312) от 30.12.21 / Bedside table (Hospital 1, Ward 312); Dec 30, 2021; carb R* | —                                                                                                                                          |
| 2 | <i>Klebsiella pneumoniae</i>                                  | 2. Барашки крана (ЛПУ 1, п. 312) от 13.01.21 / Faucet handles (Hospital 1, ward 312); Jan 13, 2021                 | 1. П.Е.М. (первичный, на 2 неделе) – ЛПУ 2, 306 п. от 04.01.21 / P.E.M. (incident case, week 2); Hospital 2, ward 306; Jan 4, 2021; carb R |
|   | <i>Klebsiella pneumoniae</i>                                  | 3. Барашки крана (ЛПУ 1, п. 304) от 10.02.21 / Faucet handles (Hospital 1, ward 304); Feb 10, 2021                 | 2. Д.Г.С. (первичный, на 2 неделе) – ЛПУ 2, 304 п. от 08.01.21 / D.G.S. (incident case, week 2); Hospital 2, ward 304; Jan 8, 2021         |
|   | <i>Klebsiella pneumoniae</i>                                  | 4. Шпингалет (ЛПУ 1, п. 304) от 10.02.21 / Latch (Hospital 1, ward 304); Feb 10, 2021                              | 3. Д.Л.В. (контактный, на 2 неделе) – ЛПУ 2, 305 п. от 25.01.21 / D.L.V. (contact, week 2); Hospital 2, ward 305; Jan 25, 2021             |
|   | <i>Klebsiella pneumoniae</i>                                  | 5. Барашки крана (ЛПУ 1, п. 310) от 17.02.21 / Faucet handles (Hospital 1, ward 310); Feb 17, 2021; carb R         | 4. М.М.М. (контактный, на 2 неделе) – ЛПУ 1, 310 п. от 22.02.21 / M.M.M. (contact, week 2); Hospital 1, ward 310; Feb 22, 2021             |
|   | <i>Klebsiella pneumoniae</i>                                  | 6. Кнопка унитаза (ЛПУ 1, п. 307) от 24.02.21 / Toilet handle (Hospital 1, ward 307); Feb 24, 2021; carb R         | 5. В.В.Ю. (первичный, на 1 неделе) – ЛПУ 1, 307 п. от 02.03.21 / V.V.Yu. (incident case, week 1); Hospital 1, ward 307; Mar 2, 2021        |
|   | <i>Klebsiella pneumoniae</i>                                  | 7. Кран (ЛПУ 1, п. 307) от 03.03.21 / Water tap (Hospital 1, ward 307); Mar 3, 2021                                | —                                                                                                                                          |
|   | <i>Klebsiella pneumoniae</i>                                  | 8. Стакан кислородный (ЛПУ 1, п. 310) от 10.03.21 / Oxygen humidifier bottle (Hospital 1, ward 310); Mar 10, 2021  | —                                                                                                                                          |
|   | <i>Klebsiella pneumoniae</i>                                  | 9. Кран (ЛПУ 1, п. 310) от 10.03.21 / Water tap (Hospital 1, ward 310); Mar 10, 2021                               | —                                                                                                                                          |
| 3 | <i>Enterobacter cloacae</i>                                   | 10. Тумба прикроватная (ЛПУ 2, п. 307) от 20.01.21 / Bedside table (Hospital 2, ward 307); Jan 20, 2021; carb R    | —                                                                                                                                          |
|   | <i>Enterobacter cloacae</i>                                   | 11. Барашки крана (ЛПУ 1, п. 311) от 27.01.21 / faucet handles (Hospital 1, ward 311); Jan 27, 2021                | —                                                                                                                                          |
|   | <i>Enterobacter cloacae</i>                                   | 12. Кнопка унитаза (ЛПУ 1, п. 312) от 03.02.21 / toilet handle (Hospital 1, ward 312); Feb 3, 2021                 | —                                                                                                                                          |
|   | <i>Enterobacter cloacae</i>                                   | 13. Кнопка унитаза (ЛПУ 1, п. 312) от 17.02.21 / Toilet handle (Hospital 1, ward 312); Feb 17, 2021                | —                                                                                                                                          |
|   | <i>Enterobacter cloacae</i>                                   | 14. Барашки крана (ЛПУ 1, п. 307) от 24.02.21 / Faucet handles (Hospital 1, ward 307); Feb 24, 2021; carb R        | —                                                                                                                                          |
|   | <i>Enterobacter cloacae</i>                                   | 15. Кран (ЛПУ 1, п. 312) от 10.03.21 / Water tap (Hospital 1, ward 312); Mar 10, 2021                              | —                                                                                                                                          |
| 4 | <i>Escherichia coli</i>                                       | 16. Кнопка унитаза (ЛПУ 1, п. 308) от 10.02.21 / Toilet handle (Hospital 1, ward 308); Feb 10, 2021; carb R        | —                                                                                                                                          |
|   | <i>Escherichia coli</i>                                       | 17. Дверь (ЛПУ 1, п. 310) от 10.03.21 / Door (Hospital 1, ward 310); Mar 10, 2021                                  | —                                                                                                                                          |
| 5 | <i>Citrobacter freundii</i>                                   | 18. Кнопка унитаза (ЛПУ 1, п. 308) от 10.02.21 / Toilet handle (Hospital 1, ward 308); Feb 10, 2021; carb R        | —                                                                                                                                          |
| 6 | <i>Staphylococcus epidermidis</i>                             | —                                                                                                                  | 6. А.Н.Л. (контактный, на 1 неделе) – ЛПУ 2, 308 п. от 01.03.21 / A.N.L. (contact, week 1); Hospital 2, ward 308; Mar 1, 2021.             |

Примечание: \*carb R – устойчивость к карбапенемам.

Note: \*carb R, carbapenem resistant.

был более низким по сравнению с ЛПУ 1 и составил 12,4 % (95 % ДИ: 20,7–32,6 %) случаев. Такая ситуация могла быть вызвана усиленным режимом дезинфекции в «ковидном» госпитале, а именно: увеличением кратности дезинфекции объектов окружающей среды стационара (через каждые 4 часа), ротацией дезинфицирующих препаратов

(каждые три месяца), установлением строгого контроля за концентрацией активного вещества в рабочих растворах дезинфицирующих средств.

С одной стороны, положительные находки ПБА во внешней среде и в клиническом материале подтверждают факт возможного формирования и циркуляции резистентной микрофлоры

как госпитального штамма в больничной среде. С другой стороны, нахождение пациентов на лечении в соматическом стационаре ЛПУ 1 и последующий их перевод (при установлении диагноза «Внебольничная пневмония», обусловленная SARS-CoV-2) в инфекционный госпиталь ЛПУ 2, вероятно, обеспечивает «кумуляцию» мультирезистентных штаммов в популяции пациентов ЛПУ 2.

В целом при обследовании внешней среды двух стационаров из 420 смывов было выделено 75 изолятов возбудителей — 17,9 % (95 % ДИ: 14,2–21,5 %).

При динамическом наблюдении за циркуляцией патогенов во внешней среде (с 1-й по 6-ю и с 7-й по 12-ю неделю) установлены не только широкая циркуляция патогенов в больничных палатах, но и накопление во внешней среде эпидемиологически значимых возбудителей.

Широкий спектр возбудителей, выявленных в смывах с объектов больничной среды с достаточно высокой частотой, свидетельствует о потенциальной опасности больничной среды и риске внутрибольничного инфицирования. Следует отметить значительную долю карбапенемрезистентных штаммов в составе возбудителей, выявляемых как от больных (20 %; 95 % ДИ: 0,1–61,5 % случаев), так и из смывов с объектов больничной среды (38,9; 95 % ДИ: 18,3–61,8 %).

Результаты выполненного исследования обосновывают роль следующих факторов формирования агрессивной госпитальной среды: низкий уровень этиологической расшифровки заболеваний; эмпирическая нерациональная антимикробная терапия; продолжительное нахождение больных в стационаре; непрерывное функционирование госпитальных баз (отсутствие систематической заключительной дезинфекции); неэффективный санитарно-бактериологический контроль больничных стационаров; формальный подход к выбору точек для отбора материала с объектов внешней среды и, как следствие, отсутствие контроля за проведением дезинфекционных мероприятий; отсутствие в должном объеме микробиологической диагностики каждого случая нозокомиальной пневмонии (исследование биологического материала из дыхательных путей, крови, при наличии плеврита — плевральной жидкости) с определением чувствительности возбудителя к антибактериальным препаратам [21].

Подтверждена необходимость проведения частого и регулярного микробиологического мониторинга в многопрофильных стационарах, а также в разных отделениях одного и того же стационара. Как показывает опыт работы в условиях пандемии COVID-19, территории госпиталей неоднородны по структуре выделенных микроорганизмов и уровню их чувствительности к АМП. Тактика противодействия должна основываться на характеристике «локальных» микроорганизмов.

Результаты микробиологического мониторинга станут еще более важными инструментами предотвращения роста резистентности к АМП внутри клиник и отделений [4].

## Выводы

1. Преобладание в пробах из внешней среды и в клиническом материале *Klebsiella pneumoniae* с МЛУ свидетельствует о возможном формировании госпитальных штаммов и риске внутрибольничного инфицирования.

2. Установлено накопление в больничной среде резистентной микрофлоры в процессе длительного пребывания больного в стационаре.

3. Определена значительная доля карбапенем-резистентных штаммов с МЛУ, выявленных как от больных (20 %; 95 % ДИ: 0,1–61,5 % случаев), так и из смывов с объектов больничной среды (38,9; 95 % ДИ: 18,3–61,8 %).

4. Широкий спектр возбудителей, выявленный в смывах с объектов больничной среды с достаточно высокой частотой (23,3 и 12,3 % случаев соответственно ЛПУ 1 и ЛПУ 2), свидетельствует о потенциальной опасности больничной среды и риске внутрибольничного инфицирования.

## Список литературы

1. Акимкин В.Г., Тутельян А.В., Шулакова Н.И., Воронин Е.М. Пандемия COVID-19: новый виток нарастания антибиотикорезистентности // Инфекционные болезни. 2021. Т. 19. № 3. С. 133–138. doi: 10.20953/1729-9225-2021-3-133-138
2. Ортенберг Э.А. Почти два года с COVID-19: некоторые аспекты использования антибиотиков // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2021. Т. 23. № 3. С. 248–253. doi: 10.36488/cmac.2021.3.248-253
3. Li J, Wang J, Yang Y, et al. Etiology and antimicrobial resistance of secondary bacterial infections in patients hospitalized with COVID-19 in Wuhan, China: A retrospective analysis. *Antimicrob Resist Infect Control*. 2020;9(1):153. doi: 10.1186/s13756-020-00819-1
4. Ромашов О.М., Ни О.Г., Быков А.О., Круглов А.Н., Проценко Д.Н., Тюрин И.Н. Оценка резистентности микроорганизмов многопрофильного стационара и модернизация схем антимикробной терапии в условиях пандемии COVID-19 // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2021. Т. 23. № 3. С. 293–303. doi: 10.36488/cmac.2021.3.293-303
5. Головерова Ю.А., Марьин А.Г., Шабалина С.В., Тутельян А.В., Орлова О.А., Акимкин В.Г. Уровень заболеваемости инфекциями, связанными с оказанием медицинской помощи, в отделениях высокого эпидемиологического риска инфицирования // Инфекционные болезни. 2019. Т. 17. № 3. С. 69–73. doi: 10.20953/1729-9225-2019-3-69-73
6. Брик Н.И., Брусина Е.Б., Зуева Л.П. и др. Госпитальный штамм — непознанная реальность // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2013. № 1 (68). С. 30–35.
7. Чезанова Е.А., Ефимова О.С., Сахарова В.М. и др. Дополнительный резервуар госпитальных микроорганизмов в медицинских организациях // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2021. Т. 98. № 3. С. 266–275. doi: 10.36233/0372-9311-120
8. Орлова О.А., Акимкин В.Г. Организация эпидемиологической диагностики дыхательных путей // Медицинский алфавит. 2017. Т. 3. № 30 (327). С. 5–19.
9. Руднов В.А., Багин В.А., Бельский Д.В. и др. Современный портрет вентилятор-ассоциированной инфекции нижних дыхательных путей: этиология и проблемы диагностики // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2021. Т. 23. № 1. С. 17–25.
10. Гончаров А.Е., Зуева Л.П., Мохов А.С., и др. Распространение мультиантибиотикорезистентных возбудителей инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, в стационарах для лечения пациентов с COVID-19 // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2021. Т. 20. № 2. С. 68–73. doi: 10.31631/2073-3046-2021-20-2-68-73
11. Hughes MM, Groenewold MR, Lessem SE, et al. Update: Characteristics of health care personnel with COVID-19 — United States, February 12–July 16, 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2020;69(38):1364-1368. doi: 10.15585/mmwr.mm6938a3

12. Treibel TA, Manisty C, Burton M, *et al.* COVID-19: PCR screening of asymptomatic health-care workers at London hospital. *Lancet*. 2020;395(10237):1608-1610. doi: 10.1016/S0140-6736(20)31100-4
13. Платонова Т.А., Голубкова А.А., Тутельян А.В., Смирнова С.С. Заболеваемость COVID-19 медицинских работников. Вопросы биобезопасности и факторы профессионального риска // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2021. Т. 20. № 2. С. 4–11. doi: 10.31631/2073-3046-2021-20-2-4-11
14. Shields A, Faustini SE, Perez-Toledo M, *et al.* SARS-CoV-2 seroprevalence and asymptomatic viral carriage in healthcare workers: A cross-sectional study. *Thorax*. 2020;75(12):1089-1094. doi: 10.1136/thoraxjnl-2020-215414
15. Mehrad B, Clark NM, Zhanel GG, Lynch JP 3rd. Antimicrobial resistance in hospital-acquired gram-negative bacterial infections. *Chest*. 2015;147(5):1413-1421. doi: 10.1378/chest.14-2171
16. Cerceo E, Deitelzweig SB, Sherman BM, Amin AN. Multidrug-resistant gram-negative bacterial infections in the hospital setting: Overview, implications for clinical practice, and emerging treatment options. *Microb Drug Resist*. 2016;22(5):412-431. doi: 10.1089/mdr.2015.0220
17. Маркелова Н.Н., Семенова Е.Ф., Тутельян А.В. Мониторинг возбудителей инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи (*Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Stenotrophomonas maltophilia*), в стационаре // Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы. 2019. Т. 9. № 2. С. 68–74. doi: 10.18565/epidem.2019.9.2.68-74
18. Munoz-Price LS, Namias N, Cleary T, *et al.* *Acinetobacter baumannii*: Association between environmental contamination of patient rooms and occupant status. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2013;34(5):517-520. doi: 10.1086/670209
19. Morgan DJ, Liang SY, Smith CL, *et al.* Frequent multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* contamination of gloves, gowns, and hands of healthcare workers. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2010;31(7):716-721. doi: 10.1086/653201
20. Хрульнова С.А., Федорова А.В., Фролова И.Н., Клясова Г.А. Молекулярно-генетическое типирование *Acinetobacter baumannii*, выделенных из гемокультуры больных опухолями системы крови, методом ПЦР случайных полиморфных фрагментов ДНК // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2020. Т. 19. № 4. С. 38–47. doi: 10.31631/2073-3046-2020-19-4-38-47
21. Попова А.Ю., Ежлова Е.Б., Демина Ю.В. и др. Этиология внебольничных пневмоний в период эпидемического распространения COVID-19 и оценка риска возникновения пневмоний, связанных с оказанием медицинской помощи // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 7. С. 67–75. doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-7-67-75
1. Akimkin VG, Tutelyan AV, Shulakova NI, Voronin E.M. COVID-19 pandemic: A new round of antibiotic resistance. *Infektsionnye Bolezni*. 2021;19(3):133-138. (In Russ.) doi: 10.20953/1729-9225-2021-3-133-138
2. Ortenberg EA. Almost two years with COVID-19: Some aspects of antibiotic use. *Klinicheskaya Mikrobiologiya i Antimikrobnaya Khimioterapiya*. 2021;23(3):248-253. (In Russ.) doi: 10.36488/cmac.2021.3.248-253
3. Li J, Wang J, Yang Y, *et al.* Etiology and antimicrobial resistance of secondary bacterial infections in patients hospitalized with COVID-19 in Wuhan, China: A retrospective analysis. *Antimicrob Resist Infect Control*. 2020;9(1):153. doi: 10.1186/s13756-020-00819-1
4. Romashov OM, Ni OG, Bykov AO, Kruglov AN, Protsenko DN, Tyurin IN. Antimicrobial resistance and antimicrobial therapy modification during COVID-19 pandemic in large tertiary hospital. *Klinicheskaya Mikrobiologiya i Antimikrobnaya Khimioterapiya*. 2021;23(3):293-303. (In Russ.) doi: 10.36488/cmac.2021.3.293-303
5. Goloverova YuA, Marin GG, Shabalina SV, Tutelyan AV, Orlova OA, Akimkin VG. Incidence of health care-associated infections in high-risk hospital units. *Infektsionnye Bolezni*. 2019;17(3):69–73. (In Russ.) doi: 10.20953/1729-9225-2019-3-69-73
6. Briko NI, Brusina EB, Zueva LP, *et al.* Hospital strain – Mysterious reality. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2013;(1(68)):30-35. (In Russ.)
7. Chezganova EA, Efimova OS, Sakharova VM, *et al.* A novel source of hospital microorganisms in healthcare settings. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii*. 2021;98(3):266-275. (In Russ.) doi: 10.36233/0372-9311-120
8. Orlova OA, Akimkin VG. Organization of epidemiological diagnosis of ventilator-associated respiratory infections. *Meditinskiy Alfavit*. 2017;3(30(327)):15–19. (In Russ.)
9. Rudnov VA, Bagin VA, Belsky DV, *et al.* Ventilator-associated lower respiratory tract infections: etiology and diagnosis. *Klinicheskaya Mikrobiologiya i Antimikrobnaya Khimioterapiya*. 2021;23(1):17-25. (In Russ.) doi: 10.36488/cmac.2021.1.17-25
10. Goncharov AE, Zueva LP, Mokhov AS, *et al.* Spread of multi-antibiotic-resistant health-care pathogens in hospitals to treat COVID-19 patients. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2021;20(2):68-73. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2021-20-2-68-73
11. Hughes MM, Groenewold MR, Lessem SE, *et al.* Update: Characteristics of health care personnel with COVID-19 – United States, February 12–July 16, 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2020;69(38):1364-1368. doi: 10.15585/mmwr.mm6938a3
12. Treibel TA, Manisty C, Burton M, *et al.* COVID-19: PCR screening of asymptomatic health-care workers at London hospital. *Lancet*. 2020;395(10237):1608-1610. doi: 10.1016/S0140-6736(20)31100-4
13. Platonova TA, Golubkova AA, Tutelyan AV, Smirnova SS. The incidence of COVID-19 medical workers. The issues of biosafety and occupational risk factors. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2021;20(2):4-11. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2021-20-2-4-11
14. Shields A, Faustini SE, Perez-Toledo M, *et al.* SARS-CoV-2 seroprevalence and asymptomatic viral carriage in healthcare workers: A cross-sectional study. *Thorax*. 2020;75(12):1089-1094. doi: 10.1136/thoraxjnl-2020-215414
15. Mehrad B, Clark NM, Zhanel GG, Lynch JP 3rd. Antimicrobial resistance in hospital-acquired gram-negative bacterial infections. *Chest*. 2015;147(5):1413-1421. doi: 10.1378/chest.14-2171
16. Cerceo E, Deitelzweig SB, Sherman BM, Amin AN. Multidrug-resistant gram-negative bacterial infections in the hospital setting: Overview, implications for clinical practice, and emerging treatment options. *Microb Drug Resist*. 2016;22(5):412-431. doi: 10.1089/mdr.2015.0220
17. Markelova NN, Semenov EF, Tutelyan AV. Monitoring the pathogens (*Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Stenotrophomonas maltophilia*) of healthcare-associated infections in a hospital. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni. Aktual'nye Voprosy*. 2019;9(2):68-74. (In Russ.) doi: 10.18565/epidem.2019.9.2.68-74
18. Munoz-Price LS, Namias N, Cleary T, *et al.* *Acinetobacter baumannii*: Association between environmental contamination of patient rooms and occupant status. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2013;34(5):517-520. doi: 10.1086/670209
19. Morgan DJ, Liang SY, Smith CL, *et al.* Frequent multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* contamination of gloves, gowns, and hands of healthcare workers. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2010;31(7):716-721. doi: 10.1086/653201
20. Khrulnova SA, Fedorova AV, Frolova IN, Klyasova GA. Genotyping by random amplified polymorphic DNA assay of *Acinetobacter baumannii* isolated from blood culture of patients with hematological malignancies. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2020;19(4):38-47. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2020-19-4-38-47
21. Popova AY, Ezhlova EB, Demina YuV, *et al.* Etiology of community-acquired pneumonia during the epidemic spread of COVID-19 and healthcare-associated pneumonia risk assessment. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;29(7):67-75. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-7-67-75

## References

1. Akimkin VG, Tutelyan AV, Shulakova NI, Voronin E.M. COVID-19 pandemic: A new round of antibiotic resistance. *Infektsionnye Bolezni*. 2021;19(3):133-138. (In Russ.) doi: 10.20953/1729-9225-2021-3-133-138
2. Ortenberg EA. Almost two years with COVID-19: Some aspects of antibiotic use. *Klinicheskaya Mikrobiologiya i Antimikrobnaya Khimioterapiya*. 2021;23(3):248-253. (In Russ.) doi: 10.36488/cmac.2021.3.248-253
3. Li J, Wang J, Yang Y, *et al.* Etiology and antimicrobial resistance of secondary bacterial infections in patients hospitalized with COVID-19 in Wuhan, China: A retrospective analysis. *Antimicrob Resist Infect Control*. 2020;9(1):153. doi: 10.1186/s13756-020-00819-1
4. Romashov OM, Ni OG, Bykov AO, Kruglov AN, Protsenko DN, Tyurin IN. Antimicrobial resistance and antimicrobial therapy modification during COVID-19 pandemic in large tertiary hospital. *Klinicheskaya Mikrobiologiya i Antimikrobnaya Khimioterapiya*. 2021;23(3):293-303. (In Russ.) doi: 10.36488/cmac.2021.3.293-303
5. Goloverova YuA, Marin GG, Shabalina SV, Tutelyan AV, Orlova OA, Akimkin VG. Incidence of health



## Результаты эпидемиологического и микробиологического мониторинга инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, в Республике Северная Осетия – Алания

Н.Р. Хабалова<sup>1,2</sup>, Л.В. Лялина<sup>1,3</sup>, Л.А. Кафтырева<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера» Роспотребнадзора, ул. Мира, д. 14, г. Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация

<sup>2</sup> ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Северная Осетия – Алания»

Роспотребнадзора, ул. Николаева, д. 26а, г. Владикавказ, 362021, Российская Федерация

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, ул. Кирочная, д. 41, г. Санкт-Петербург, 191015, Российская Федерация

### Резюме

**Введение.** Комплекс экзогенных и эндогенных факторов риска в многопрофильных стационарах создает условия для развития инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, вызываемых ESKAPE-патогенами.

**Цель исследования:** определение эпидемиологических особенностей, учет этиологической значимости резистентных штаммов ведущих возбудителей инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, и их распространенности в многопрофильных стационарах Республики Северная Осетия – Алания.

**Материалы и методы.** Проведен эпидемиологический анализ результатов мониторинга заболеваемости и данных микробиологического мониторинга чувствительности к антимикробным препаратам ведущих возбудителей в 2012–2021 гг. Выполнена детекция генов, кодирующих продукцию металло-β-лактамаз, у штаммов *P. aeruginosa*, β-лактамаз расширенного спектра и PFGE-профилей штаммов *E. coli* и *K. pneumoniae*.

**Результаты.** В Республике Северная Осетия – Алания среднемноголетний показатель инцидентности в изученный период составил 0,74 на 1000 госпитализированных больных. 44,2 % всех случаев приходится на хирургические отделения, 32,4 % – на отделения родовспоможения, 6,6 % – на детские отделения, 16,8 % – на другие отделения. Среднемноголетний показатель инцидентности в хирургии выше данных по другим отделениям – 0,85 на 1000 пациентов, основными нозологическими формами явились инфекции области хирургического вмешательства, постинъекционные инфекции, инфекции нижних дыхательных путей и инфекции мочевыводящих путей. Ведущими возбудителями в этиологической структуре являются микроорганизмы семейства *Enterobacteriaceae*, *P. aeruginosa* и *Staphylococcus* spp. Показатели инцидентности, установленные на основе результатов организованного микробиологического мониторинга, были в среднем в 2,5 раза выше данных регистрации на основе рутинной системы надзора.

**Выводы.** Показатели заболеваемости инфекциями, связанными с оказанием медицинской помощи, в Республике Северная Осетия – Алания существенно не отличаются от показателей по РФ в целом. Отделениями риска в регионе являются хирургические. Оптимизация мер профилактики требует риск-ориентированного подхода с учетом данных углубленного микробиологического мониторинга ведущих возбудителей, имеющих механизмы устойчивости к препаратам выбора, распространенных в стационарах.

**Ключевые слова:** инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи, антимикробный препарат.

**Для цитирования:** Хабалова Н.Р., Лялина Л.В., Кафтырева Л.А. Результаты эпидемиологического и микробиологического мониторинга инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, в Республике Северная Осетия – Алания // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 7. С. 57–65. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-57-65>

### Сведения об авторах:

✉ Хабалова Надина Руслановна – аспирант ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера» Роспотребнадзора; врач-эпидемиолог, врач-бактериолог ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Северная Осетия – Алания»; e-mail: [shtalya@yandex.ru](mailto:shtalya@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5572-0342>.

Лялина Людмила Владимировна – д.м.н., профессор кафедры эпидемиологии, паразитологии и дезинфектологии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, заведующая лабораторией эпидемиологии инфекционных и неинфекционных заболеваний ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера» Роспотребнадзора; e-mail: [lyalina@pasteurorg.ru](mailto:lyalina@pasteurorg.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9921-3505>.

Кафтырева Лидия Алексеевна – д.м.н., профессор кафедры медицинской микробиологии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, заведующая лабораторией кишечных инфекций, руководитель отдела микробиологии ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера» Роспотребнадзора; e-mail: [pasteur@lk14290.spb.edu](mailto:pasteur@lk14290.spb.edu); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0989-1404>.

**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования: Хабалова Н.Р., Лялина Л.В.; сбор данных: Хабалова Н.Р.; анализ и интерпретация результатов: Хабалова Н.Р., Лялина Л.В.; обзор литературы: Кафтырева Л.А.; подготовка проекта рукописи: Кафтырева Л.А. Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

**Соблюдение этических стандартов:** Дизайн исследования одобрен локальным этическим комитетом ФГБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера» Роспотребнадзора, протокол № 8 от 25.04.2011.

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

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

Статья получена: 30.06.22 / Принята к публикации: 08.07.22 / Опубликовано: 29.07.22

## Results of Epidemiological and Microbiological Monitoring of Healthcare-Associated Infections in the Republic of North Ossetia–Alania

Nadina R. Khabalova,<sup>1,2</sup> Liudmila V. Lyalina,<sup>1,3</sup> Lidiya A. Kaftyreva<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Pasteur Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology,  
14 Mira Street, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation

<sup>2</sup> Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of North Ossetia–Alania,  
26A Nikolayev Street, Vladikavkaz, 362021, Russian Federation

<sup>3</sup> North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov,  
41 Kirochnaya Street, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation

**Summary**

**Introduction:** The complex of exogenous and endogenous risk factors in multidisciplinary hospitals creates conditions for the development of nosocomial infections induced by ESKAPE pathogens.

**Objective:** To establish epidemiological features and etiological significance of antibiotic resistant strains of the leading pathogens inducing hospital-acquired infections and to determine their prevalence in multidisciplinary clinics of the Republic of North Ossetia–Alania.

**Materials and methods:** We analyzed the incidence of nosocomial infections and results of the microbiological monitoring of antimicrobial drug resistance in leading pathogens for the years 2012–2021. Detection of genes encoding the production of metallo- $\beta$ -lactamases was performed in *P. aeruginosa* strains, extended-spectrum  $\beta$ -lactamases and PFGE profiles of *E. coli* and *K. pneumoniae* strains.

**Results:** In the Republic of North Ossetia–Alania, the average long-term incidence rate of hospital-acquired infections in the study period was 0.74 per 1,000 inpatients. We established that 44.2 % of all such cases were diagnosed in surgical departments, 32.4 % – in maternity departments, 6.6 % – in pediatric departments, and 16.8 % – in other clinical departments. The average long-term incidence rate of nosocomial infections was the highest (0.85 per 1,000 patients) in departments of surgery, the most prevalent being surgical and injection site infections, lower respiratory tract and urinary tract infections. The leading pathogens in the etiological structure were *Enterobacteriaceae* spp., *P. aeruginosa* and *Staphylococcus* spp. The incidence rates estimated based on microbiological monitoring results were on average 2.5 times higher than those registered within the routine surveillance system.

**Conclusions:** Incidence rates of healthcare-associated infections in the Republic of North Ossetia–Alania are comparable to those in the Russian Federation. Patients of surgery departments are at higher risk for nosocomial infections. Optimization of preventive measures requires a risk-based approach that takes into account in-depth microbiological monitoring data on the most common pathogens resistant to drugs of choice in local hospitals.

**Keywords:** nosocomial infections, antibiotics.

**For citation:** Khabalova NR, Lyalina LV, Kaftyreva LA. Results of epidemiological and microbiological monitoring of healthcare-associated infections in the Republic of North Ossetia–Alania. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(7):57–65. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-57-65>

**Author information:**

✉ Nadina R. Khabalova, postgraduate student, Pasteur Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology; epidemiologist, bacteriologist, Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of North Ossetia–Alania; e-mail: shtaly@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5572-0342>.

Liudmila V. Lyalina, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Epidemiology, Parasitology and Disinfection, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; Head of the Laboratory of Epidemiology of Infectious and Non-Communicable Diseases, Pasteur Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology; e-mail: lyalina@pasteurorg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9921-3505>.

Lidiya A. Kaftyreva, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Medical Microbiology, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; Head of the Laboratory of Intestinal Infections, Head of the Microbiology Department, Pasteur Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology; e-mail: [pasteur@lk14290.spb.edu](mailto:pasteur@lk14290.spb.edu); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0989-1404>.

**Author contributions:** study conception and design: Khabalova N.R., Lyalina L.V.; data collection: Khabalova N.R.; analysis and interpretation of results: Khabalova N.R., Lyalina L.V.; literature review: Kaftyreva L.A.; draft manuscript preparation: Kaftyreva L.A. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

**Compliance with ethical standards:** The study design was approved by the local ethics committee of Saint Petersburg Pasteur Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Minutes No. 8 of April 25, 2011.

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

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

Received: June 30, 2021 / Accepted: July 8, 2022 / Published: July 29, 2022

**Актуальность проблемы.** Надзор и профилактика инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи (ИСМП), — это непростые задачи многих практических медицинских направлений и специальностей, сохраняющие актуальность во все периоды развития здравоохранения [1–3].

Показатель заболеваемости в нашей стране находится на уровне 0,8 на 1000 госпитализированных пациентов [1].

Тяжелое течение у пациентов основных патологий, требующих инвазивных медицинских вмешательств, существенно увеличивает риск развития инфекционных осложнений, связанных с оказанием в условиях многопрофильных стационаров необходимой специализированной медицинской помощи [1]. К этой группе риска относятся в первую очередь пациенты хирургических и специализированных реанимационных отделений.

В зависимости от совокупности вышеуказанных эндогенных и экзогенных факторов риска частота инфекций области хирургического вмешательства (ИОХВ) составляет 15–118 случаев на 1000 оперированных пациентов, инфекции нижних дыхательных путей (ИНДП) — 7,9–23,9 на 1000 дней респираторной поддержки, катетер-ассоциированные инфекции кровотока (КАИК) — 3,5–12,2 на 1000 дней катетеризации центральных вен, инфекции мочевыводящих путей (ИМП) — 4,1–8,8 на 1000 дней катетеризации [2].

Успех лечения зависит от правильности назначения антимикробной терапии, так как резистентные к препаратам выбора возбудители выходят на лидирующие позиции как этиологические агенты основных нозологических форм, в том числе у пациентов хирургических и реанимационных отделений [4–8]. Глобальное распространение штаммов, имеющих гены резистентности к антимикробным препаратам (АМП) и способных к их передаче среди возбудителей, представляет значительную угрозу здравоохранению в целом [8–13].

В ходе исследования впервые получены данные об эпидемиологических особенностях ИСМП, эпидемическом процессе, факторах риска в хирургических и специализированных реанимационных отделениях многопрофильных стационаров Республики Северная Осетия — Алания, изучены механизмы формирования резистентности к широкому спектру современных АМП у возбудителей, выделенных из биоматериала от пациентов с данной инфекционной патологией.

**Целью исследования** явилось определение эпидемиологических особенностей, учет этиологической значимости резистентных штаммов ведущих возбудителей инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи и их распространенности в многопрофильных стационарах Республики Северная Осетия — Алания (РСО-А).

**Материалы и методы.** Проявления эпидемического процесса ИСМП изучались методом детального ретроспективного анализа заболеваемости взрослого населения за десятилетний период с 2012 по 2021 год. Данные официальной регистрации были подвержены статистической обработке для определения динамики и структуры многолетней заболеваемости, особенностей эпидемического процесса в отделениях различного профиля стационаров РСО-А, частоты возникновения основных нозологических форм ИСМП. Использован метод целенаправленного эпидемиологического наблюдения за исходами ИСМП на основании данных медицинской документации хирургических и реанимационных отделений за 48 календарных месяцев 2012–2013 и 2018–2019 гг. для выявления, стратификации и сравнения фоновых уровней заболеваемости, выявления ведущих экзогенных и эндогенных факторов риска, причинно-следственных связей, определения основных источников инфекции, механизмов передачи возбудителей. Учет ИСМП осуществлялся методом активного выявления с использованием стандартного эпидемиологического определения случая ИСМП.

Отделения хирургического профиля рассматривались в совокупности со специализированными реанимационными в силу общего контингента пациентов, получающих обязательный реанимационный уход в послеоперационном периоде. Многопрофильные отделения реанимации для пациентов с ургентной патологией, не связанные с хирургическими, рассматривать в данном контексте было нецелесообразно, они вошли в категорию «прочие отделения».

Бактериологические методы включали идентификацию микроорганизмов из проб биоматериала, исследование чувствительности к антимикробным препаратам (АМП) выделенных штаммов микроорганизмов различными методами, ретроспективный анализ данных микробиологических исследований биологических проб от пациентов с проявлениями ИСМП. Изучена чувствительность к АМП 3044 изолированных штаммов ведущих микроорганизмов, выделенных за 60 календарных месяцев 2015–2019 гг. Интерпретацию полученных результатов проводили согласно экспертным правилам EUCAST (версия 8.0, 2020), современным критериям CLSI.

Для молекулярно-генетических методов исследований ДНК выделяли с использованием коммерческого набора InstaGen Matrix (BioRad) согласно инструкции производителя. В ходе исследования проводилась детекция генов, кодирующих продукцию  $\beta$ -лактамаз генетических семейств TEM, SHV, OXA и CTX-M у штаммов возбудителей семейства *Enterobacteriaceae* в мультиплексной ПЦР. Детекцию генов, кодирующих продукцию металло- $\beta$ -лактамаз (VIM, IMP, NDM) у штаммов *P. aeruginosa*, проводили в ПЦР в режиме реального времени с использованием готовых коммерческих наборов реагентов «АмплиСенс® MDR MBL-FL». «Генотипирование методом PFGE штаммов *E. coli* и *K. pneumoniae* проводилось с рестриктазой XbaI согласно протоколу<sup>1</sup> и методу [14], апробированному и широко используемому

в лаборатории кишечных инфекций научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии им. Пастера.

В качестве контрольного использовался штамм *S. Branderup*. Проведено полногеномное секвенирование 6 штаммов из группы ESKAPE и их депонирование в Государственную коллекцию патогенных микроорганизмов и клеточных культур.

**Результаты.** Динамика заболеваемости в многопрофильных стационарах РСО-А показывает относительно стабильные уровни заболеваемости, за исключением отдельно взятых лет. Среднемноголетний показатель заболеваемости в РСО-А составил 0,74 на 1000 госпитализированных пациентов (95 % ДИ 0,60–0,88). По данным официальной статистики в основном случаи регистрируются у пациентов старше 18 лет – 0,55 на 1000 госпитализированных (95 % ДИ 0,5–0,61), именно поэтому исследование проводилось в этой возрастной группе.

Среднемноголетняя частота ИСМП в отделениях хирургического и реанимационного профиля была наиболее высока и составила 44,2 %. Среднемноголетний показатель инцидентности в отделениях хирургического и реанимационного профиля в РСО-А составил 0,85 на 1000 госпитализированных (95 % ДИ 0,66–1,04). На втором месте отделения родовспоможения – 32,4 %, среднемноголетний показатель инцидентности составил 0,42 на 1000 госпитализированных (95 % ДИ 0,25–0,59). Заболеваемость в прочих отделениях стационарного типа составила 12,3 %, в детских отделениях – 6,6 %, в амбулаторно-поликлинических учреждениях – 4,5 %.

Несмотря на неразрывную связь между отделениями хирургического и реанимационного профиля, спектр ведущих микроорганизмов, вызывающих ИСМП у пациентов, имел различия.

В отделениях реанимации в пробах биоматериала от пациентов чаще обнаруживались штаммы *P. aeruginosa* (45,9 на 100 исследований), *Staphylococcus* spp. (20,9), бактерии семейства *Enterobacteriaceae* (11,4). Эти микроорганизмы составили более 65 % всех находок.

В отделениях хирургического профиля бактерии семейства *Enterobacteriaceae* и рода *Staphylococcus* в биоматериале обнаруживались чаще (37,9 и 38,7 на 100 исследований соответственно). Штаммы *P. aeruginosa* изолировались реже в 3,5 (13,5).

В хирургических и реанимационных отделениях ИОХВ за период исследования составили 44,8 %. Среднемноголетний уровень заболеваемости за анализируемый период составил 0,79 на 1000 оперированных больных. Чаще встречались нагноения послеоперационных ран (88,3 %) и лигатурные абсцессы (11,7 %).

Из отделяемого послеоперационных ран *S. aureus* выделяли чаще остальных возбудителей (38,7 на 100 исследований), таких как *E. coli* (19,3), *P. aeruginosa* (13,5), *P. mirabilis* (9,6), *Enterococcus* spp. (7,7), *K. pneumoniae* (3,6).

Постинъекционные инфекционные осложнения составили 17,5 %. Структура заболеваемости была представлена постинъекционными внутримышечными инфильтратами (28,6 %) и абсцессами (19,4 %), ограниченными инфекционными

<sup>1</sup> Standard operating procedure for PulseNet PFGE of *Escherichia coli* O157:H7, *Escherichia coli* Non-O157 (STEC), *Salmonella* serotypes, *Shigella sonnei* and *Shigella flexneri*. Accessed January 12, 2022. [https://pulsenetinternational.org/assets/PulseNet/uploads/pfge/PNL05\\_Ec-Sal-ShigPFGEprotocol.pdf](https://pulsenetinternational.org/assets/PulseNet/uploads/pfge/PNL05_Ec-Sal-ShigPFGEprotocol.pdf).

воспалениями в месте установки катетера (27,1 %), флебитами (14,5 %), колонизациями венных катетеров (12,3 %), инфекционными воспалениями подкожного кармана (4,9 %), туннельными инфекционными воспалениями (3,2 %). Среднегодовой показатель инцидентности на 1000 дней катетеризации составил 7,74.

Ведущими этиологическими агентами, выделенными из проб крови, являются коагулазонегативные стафилококки, *P. aeruginosa*, представители семейства *Enterobacteriaceae* и *S. aureus* (63,2, 15,2, 8,6 и 6,3 на 100 исследований соответственно).

Частота возникновения инфекций нижних дыхательных путей (ИНДП) составила 28,6 %. Структура заболеваемости представлена нозологическими пневмониями (65 %) и инфицированиями трахеостомических отверстий (24 %). Среднегодовой показатель инцидентности на 1000 дней респираторной поддержки составил 8,12.

При микробиологическом исследовании проб биоматериала от пациентов с ИНДП (отделяемое дыхательных путей, бронхоальвеолярный лаваж, мокрота) чаще выделяли *P. aeruginosa* (36 на 100 исследований), *K. pneumoniae* (27,4), *S. aureus* (16,9) и *E. coli* (9,8).

Удельный вес ИМП от числа основных форм ИСМП составил 9,5 %. Среднегодовой показатель инцидентности составил 8,5 на 1000 дней катетеризации мочевыводящих путей.

Исследование мочи показало, что ведущими возбудителями ИМП являются *E. coli* (18,2 на 100 исследований), *Enterococcus* spp., коагулазонегативные стафилококки (16,0), *P. aeruginosa* (11,4), *S. aureus* (8,5), *K. pneumoniae* (7,4), *P. mirabilis* (4,1).

Эпидемиологический анализ с использованием риск-ориентированного подхода показал

влияние конкретных факторов на формирование эпидемиологического процесса и развитие основных нозологических форм ИСМП у пациентов отделений хирургического и реанимационного профиля стационаров РСО-А (табл. 1).

Результаты целенаправленного эпидемиологического наблюдения (ЭН) за течением и исходами ИСМП в хирургических и реанимационных отделениях РСО-А в заявленные периоды времени (24 календарных месяца 2012–2013 годов и аналогичный период 2018–2019 годов) показали причинно-следственную связь между суммарным воздействием ряда эндогенных и экзогенных факторов риска и частотой развития ИСМП.

Из эндогенных факторов риска наиболее значимым явилось физическое состояние пациента. Большинство пациентов отделений хирургии и реанимации при оценке физического состояния по шкале ASA относились к группам P3, P4 и P5. У 47,4 и 52,3 % пациентов с ИСМП (соответственно периодам ЭН) наблюдались тяжелые острые и хронические системные заболевания, 24,7 и 27,4 % (соответственно периодам ЭН) имели инвалидизирующие тяжелые системные заболевания, 12,3 и 14,1 % (соответственно периодам ЭН) поступали в стационары в крайне тяжелых и терминальных состояниях, требующих незамедлительных оперативных и/или реанимационных вмешательств. Такие состояния пациентов, предусматривающие ограничение физической активности, наличие декомпенсированных функций органов и систем, а также ряд неконтролируемых состояний, требуют применения различных медицинских устройств, таких как трахеостомические, нефростомические, послеоперационные дренажные, катетеры центральных вен и мочевыводящих путей,

Таблица 1. Основные факторы риска ИСМП в отделениях хирургического и реанимационного профиля стационаров Республики Северная Осетия – Алания

Table 1. The main risk factors of nosocomial infections in hospital surgery departments and intensive care units in the Republic of North Ossetia–Alania

| Фактор риска / Risk factor                                               | Инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи / Nosocomial infections | Нозологическая форма / Nosological form                                  |                                                                                                     |                                                                                         |                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
|                                                                          |                                                                            | Инфекции области хирургического вмешательства / Surgical site infections | Инфекции нижних дыхательных путей / Lower respiratory tract infections                              | Катетер-ассоциированные инфекции кровотока / Catheter-associated bloodstream infections | Инфекции мочевыводящих путей / Urinary tract infections             |
|                                                                          | на 1000 пациентов (95 % ДИ) / Per 1,000 patients (95 % CI)                 | на 1000 операций (95 % ДИ) / Per 1,000 surgeries (95 % CI)               | на 1000 дней респираторной поддержки (95 % ДИ) / Per 1,000 days of artificial respiration (95 % CI) | на 1000 катетеро-дней (95 % ДИ) / Per 1,000 catheter-days (95 % CI)                     | на 1000 катетеро-дней (95 % ДИ) / Per 1,000 catheter-days (95 % CI) |
| Возраст, лет / Age, years                                                |                                                                            |                                                                          |                                                                                                     |                                                                                         |                                                                     |
| 18–35                                                                    | 3,55<br>(1,97–5,13)                                                        | 6,97<br>(4,96–8,98)                                                      | 2,25<br>(0,89–3,61)                                                                                 | 1,13<br>(0,27–1,99)                                                                     | 1,96<br>(0,94–2,98)                                                 |
| 36–50                                                                    | 12,75<br>(10,79–14,65)                                                     | 14,45<br>(11,33–17,57)                                                   | 11,71<br>(8,84–14,58)                                                                               | 4,76<br>(3,73–5,79)                                                                     | 8,57<br>(6,23–10,91)                                                |
| > 50                                                                     | 24,61<br>(19,29–29,93)                                                     | 19,32<br>(15,47–23,17)                                                   | 24,83<br>(19,91–29,75)                                                                              | 9,12<br>(7,49–10,75)                                                                    | 14,63<br>(11,68–17,58)                                              |
| ASA                                                                      |                                                                            |                                                                          |                                                                                                     |                                                                                         |                                                                     |
| P3                                                                       | 20,25<br>(16,02–24,48)                                                     | 4,21<br>(2,23–6,19)                                                      | 14,42<br>(11,35–17,49)                                                                              | 2,93<br>(1,52–4,34)                                                                     | 12,41<br>(8,94–15,88)                                               |
| P4                                                                       | 34,91<br>(28,02–41,8)                                                      | 12,73                                                                    | 18,11                                                                                               | 8,31                                                                                    | 16,26                                                               |
| P5                                                                       | 61,12<br>(50,76–70,48)                                                     | 31,17<br>(25,48–36,86)                                                   | 27,34<br>(22,36–32,32)                                                                              | 10,72<br>(7,70–13,74)                                                                   | 27,13<br>(22,12–32,14)                                              |
| Длительность оперативного вмешательства, часов / Surgery duration, hours |                                                                            |                                                                          |                                                                                                     |                                                                                         |                                                                     |
| > 4                                                                      | 59,61<br>(50,65–68,97)                                                     | 27,36<br>(21,25–33,47)                                                   | 19,54<br>(14,69–24,39)                                                                              | 12,26<br>(8,74–15,78)                                                                   | 11,83<br>(7,72–15,94)                                               |

аппараты длительной респираторной поддержки и искусственной вентиляции легких (ИВЛ). Наличие данных устройств более 3 дней рассматривалось как экзогенный фактор риска развития ИСМП.

Исследование показало, что в первый период ЭН (2012–2013 гг.) вышеуказанные экзогенных факторы риска имели эпидемическую значимость в 77,9 % случаев ИСМП. Во второй период наблюдения (2018–2019 гг.) эпидемическая значимость была значительно выше и составила 88,5 % случаев (табл. 2).

По итогам проведенного сравнительного анализа было определено, что в РСО-А в период с 2015 по 2019 г. показатели заболеваемости, установленные на основе результатов организованного микробиологического мониторинга, были выше в среднем в 2,5 раза (в разные годы — от 1,8 до 3,2) данных официальной регистрации на основе рутинной системы надзора.

Выделенные в ходе микробиологических исследований из проб биоматериала от пациентов с основными нозологическими формами ведущие возбудители проявляли различные уровни чувствительности к АМП.

11,1 % штаммов *P. aeruginosa* проявляли чувствительность ко всем АМП. Резистентными к 1 и более АМП были 88,9 % штаммов, причем 16,3 % — ко всем тестируемым препаратам. К цефалоспорином 3-го поколения резистентны были 88,9 % штаммов, к цефоперазону/сульбактаму — 84,6 %, амикацину — 84,2 %, ципрофлоксацину — 66,9 %. К препарату выбора меропенему устойчивыми были 61,2 % штаммов, чувствительными оставались 38,8 %.

В популяции *Staphylococcus spp.* 15,8 % штаммов были чувствительны к АМП, устойчивость к 1 и более АМП проявили 84,2 %. Препараты пенициллинового ряда обладали наименьшей активностью — 70,9 % штаммов были резистентны к бензилпенициллину, ампициллину и амоксициллину. Метициллин-резистентность выявлена у 15,2 % штаммов. Фенотипирование по профилям резистентности показало, что 20 % штаммов сочетали устойчивость к пенициллинам с чувствительностью к другим АМП. 64,5 % резистентных штаммов проявляли комбинированную устойчивость к пенициллинам и АМП других групп. 16,5 % штаммов из этой группы были резистентны к 4 и более группам АМП.

Среди *E. coli* около трети изученных штаммов (35,1 %) оставались чувствительными к АМП, а две трети штаммов (64,9 %) проявляли резистентность

к 1 или более препаратам. Полусинтетические пенициллины обладали наименьшей активностью в отношении *E. coli*. Доля штаммов, устойчивых к полусинтетическим пенициллинам, составила 64,9 %, ингибиторзащищенным пенициллинам — 17,4 %, цефалоспорином 3–4-го поколения — 27,5 %, карбапенемам — 4,9 %. Устойчивость штаммов *E. coli* к цефалоспорином 3-го поколения была вызвана продукцией  $\beta$ -лактамаз широкого спектра действия, а устойчивость к карбапенемам — продукцией карбапенемаз. По анализу фенотипов резистентности штаммов *E. coli* показал, что большинство штаммов были устойчивы только к полусинтетическим пенициллинам и оставались чувствительными к другим группам АМП. В то же время 6,2 % штаммов характеризовались множественной устойчивостью к АМП разных групп.

Штаммы *K. pneumoniae* в 41,6 % сохранили чувствительность к противомикробным препаратам, в 58,4 % характеризовались резистентностью к 1 АМП и более. 23,1 % устойчивых к цефалоспорином 3-го поколения штаммов *K. pneumoniae* продуцировали  $\beta$ -лактамазы расширенного спектра, а 9,0 % устойчивых к карбапенемам штаммов продуцировали карбапенемазы. Анализ фенотипов резистентности *K. pneumoniae* показал, что среди устойчивых штаммов более 40,0 % были резистентны к 3 или более группам АМП. К одной или двум группам препаратов были устойчивы не более 10,0 %.

Молекулярно-генетические методы исследования выявили, что штаммы *E. coli*, устойчивые к ампициллину, продуцируют  $\beta$ -лактамазу широкого спектра TEM-1.

Установлено, что устойчивость к цефалоспорином 3–4-го поколения у 9 штаммов *E. coli* и *K. pneumoniae* была обусловлена продукцией  $\beta$ -лактамаз расширенного спектра, относящихся к генетической группе CTX-M-1 (табл. 3).

Полимеразно-цепная реакция в режиме реального времени не выявила у штаммов *P. aeruginosa* наиболее распространенные гены, кодирующие продукцию карбапенемаз (металло- $\beta$ -лактамаз генетических групп VIM, IMP и NDM).

Штаммы *E. coli* и *K. pneumoniae* характеризовались внутривидовой гетерогенностью по спектру резистентности к антимикробным препаратам и PFGE-профилям (табл. 4).

**Обсуждение.** В многопрофильных стационарах Республики Северная Осетия — Алания показатель заболеваемости ИСМП (0,74 на 1000 госпитализированных пациентов) не имеет статистически

Таблица 2. Эпидемическая значимость применения различных медицинских устройств в развитии ИСМП

Table 2. Contribution of various medical devices to the development of nosocomial infections

| Факторы риска / Risk factors                                                                     | Периоды эпидемиологического наблюдения, годы / Years of epidemiological surveillance |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|                                                                                                  | 2011–2012                                                                            | 2018–2019 |
| Эндогенные / Endogenous                                                                          |                                                                                      |           |
| ASA                                                                                              | 84,4 %                                                                               | 91,6 %    |
| P3                                                                                               | 47,4 %                                                                               | 52,3 %    |
| P4                                                                                               | 24,7 %                                                                               | 27,4 %    |
| P5                                                                                               | 12,3 %                                                                               | 14,1 %    |
| Экзогенные / Exogenous                                                                           |                                                                                      |           |
| Наличие медицинских устройств (3 и более дней) / Application of medical devices ( $\geq 3$ days) | 100 %                                                                                | 100 %     |
| Развитие ИСМП / Development of nosocomial infections                                             | 77,9 %                                                                               | 88,5 %    |

Таблица 3.  $\beta$ -лактамазы штаммов энтеробактерийTable 3.  $\beta$ -lactamases of Enterobacteriaceae strains

| Микроорганизм / Microorganism | Фенотип резистентности / Resistance phenotype                                                  | $\beta$ -лактамазы / $\beta$ -lactamases                                                   |                                     | n (%) штаммов / Strain n (%) |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
|                               |                                                                                                | Тип / Type                                                                                 | Генетическая группа / Genetic group |                              |
| <i>E. coli</i> (n = 17)       | Ампициллин / Ampicillin                                                                        | $\beta$ -лактамаза широкого спектра TEM / TEM broad-spectrum $\beta$ -lactamase            | TEM-1                               | 7 (22,6)                     |
|                               | Цефалоспорины 3–4-го поколения / 3 <sup>rd</sup> and 4 <sup>th</sup> generation cephalosporins | $\beta$ -лактамаза расширенного спектра CTX-M / CTX-M extended-spectrum $\beta$ -lactamase | CTX-M-1                             | 3 (5,9)                      |
| <i>K. pneumoniae</i> (n = 11) | Цефалоспорины 3–4-го поколения / 3 <sup>rd</sup> and 4 <sup>th</sup> generation cephalosporins | $\beta$ -лактамаза расширенного спектра CTX-M / CTX-M extended-spectrum $\beta$ -lactamase | CTX-M-1                             | 6 (54,5)                     |

Таблица 4. Внутривидовая гетерогенность энтеробактерий – возбудителей ИСМП

Table 4. Intraspecific heterogeneity of Enterobacteriaceae inducing nosocomial infections

| Микроорганизм / Microorganism | Фенотип резистентности / Resistance phenotype | PFGE-профили / PFGE profiles |
|-------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|
| <i>E. coli</i> (n = 17)       | 12                                            | 8                            |
| <i>K. pneumoniae</i> (n = 11) | 8                                             | 7                            |

значимых отличий от среднего показателя по Российской Федерации, однако выше данных по отдельно взятым регионам (показатель заболеваемости по РФ – 0,7–0,8<sup>2</sup>, в Республике Тыва – 0,01, Республике Алтай – 0,06, Забайкальском крае – 0,08, Свердловской области – 0,16 на 1000 госпитализированных пациентов) [15].

Изучение распределения заболеваемости по профилю отделений показало, что отделениями риска по частоте развития ИСМП являются хирургические и реанимационные (РСО-А – 44,2 %, РФ – 41,9 %<sup>2</sup>, Оренбургская область – 42,4 %), что вызывает настороженность и требует более организованного риск-ориентированного подхода к вопросам профилактики и надзора [4, 16–18].

Высокая частота заболеваемости ИОХВ (РСО-А – 44,8 %, РФ – 23,6 %<sup>2</sup>) указывает на необходимость совершенствования противоэпидемического режима в стационарах хирургического профиля и организации эпидемиологического наблюдения за исходами хирургических вмешательств с использованием стандартного определения случая.

Высокая частота постинъекционного инфицирования (РСО-А – 17,5 %, в РФ – 6,7 %<sup>2</sup>) является следствием активного и повсеместного применения инвазивных методов лечения, требующих постоянных инъекционных и инфузионных вмешательств, с необходимостью обеспечения внутривенного доступа путем постановки катетеров центральных сосудов сроком более 3 дней. Немалую роль играет соблюдение правил обработки рук медицинского персонала [2, 9].

Частота развития ИНДП в РСО-А составила 28,6 % от числа основных нозологических форм, что ниже данных по стране (РФ – 31,1 %, Оренбургская область – 34,5 %). Практически все случаи инфицирования дыхательных путей связаны с длительной респираторной поддержкой, установкой трахеостомических устройств и подключением к аппаратам ИВЛ, о чем свидетельствуют и данные других исследователей [2, 16, 19].

Частота возникновения ИМП составила 9,5 %, что выше данных по РФ (5,9 %). 89 % случаев и были связаны с постановкой нефростомических устройств, мочевыводящих катетеров в течение 3 и более дней [2, 18].

Результаты двух целенаправленных эпидемиологических наблюдений за исходами ИСМП наглядно показывает линейную зависимость частоты возникновения от комплексного воздействия эндогенных и экзогенных факторов риска. Основную группу риска составили пациенты, которым устанавливались различные медицинские устройства (трахеостомические, нефростомические, дренажные, аппараты искусственной вентиляции легких, катетеры центральных сосудов и мочевыводящих путей в течение 3 и более дней) в силу тяжести состояния пациента (оценка РЗ-Р5 по шкале ASA). Тесный контакт органов и тканей с инородными телами в совокупности с необоснованной антимикробной терапией повышает вероятность адгезии и размножения госпитальных штаммов, что увеличивает риск неблагоприятных исходов [1, 4, 15, 17, 18].

Разница в показателях инцидентности, выявленных при организованном микробиологическом мониторинге, и данных официальной рутинной регистрации в среднем в 2,5 раза указывает на необходимость использования данных микробиологического мониторинга для полноценной профилактики ИСМП [9, 15, 20].

Анализ данных микробиологического мониторинга возбудителей, выделенных из проб биоматериала от пациентов в отделениях хирургического и реанимационного профиля, показал, что основными этиологическими агентами являлись штаммы микроорганизмов, проявляющие свойства поли- и мультирезистентности к препаратам выбора [19, 21–23].

Часть выделенных штаммов относилась к патогенам группы ESKAPE, имеющим определенные механизмы резистентности к АМП, как генетического, так и негенетического характера

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

и способным передавать их в популяции микроорганизмов, циркулирующих в многопрофильных стационарах [5, 7, 10, 24, 25].

Молекулярно-генетические методы исследования, ориентированные на детекцию у штаммов *P. aeruginosa* карбапенемаз, доказали отсутствие генетической природы проявления резистентности к препаратам карбапенемового ряда и подтвердили данные других авторов о значении природных механизмов эффлюкс-помп и особенностей проницаемости пориновых каналов [5, 10].

Выявлена продукция  $\beta$ -лактамаз расширенного спектра TEM-1 и генетической группы CTX-M-1 у штаммов *E. coli* и *K. pneumoniae*, наиболее распространенных в стационарах Российской Федерации и стран Европы [10].

Внутривидовая гетерогенность штаммов возбудителей семейства *Enterobacteriaceae* по спектру резистентности к АМП и PFGE-профилям свидетельствует об отсутствии моноклональности штаммов, что на сегодняшний день является хорошим прогностическим признаком [10, 26, 27].

В Государственной коллекции патогенных микроорганизмов и клеточных культур депонированы 6 штаммов микроорганизмов из группы ESKAPE, выделенных в ходе данного исследования. Методом полногеномного секвенирования впервые получены данные их нуклеотидных последовательностей. По результатам данного исследования разработаны и зарегистрированы базы данных, включающие показатели заболеваемости в Республике Северная Осетия – Алания по возрастным группам, профилю отделений, отдельным нозологическим формам за все годы наблюдения и данные чувствительности к антимикробным препаратам и детекции механизмов резистентности ведущих возбудителей [20, 28]. Эти внедрения могут быть использованы для перспективных научных исследований проблемы инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи [26, 27, 29].

**Заключение.** Показатель инцидентности инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, в стационарах Республики Северная Осетия – Алания существенно не отличаются от средних показателей по России в целом, но выше данных по отдельным регионам.

Отделениями риска по частоте развития инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, являются отделения хирургического и реанимационного профиля. Среди всех нозологических форм преобладают инфекции области хирургического вмешательства, катетер-ассоциированные инфекции кровотока, инфекции нижних дыхательных путей и инфекции мочевыводящих путей.

У пациентов отделений хирургического и реанимационного профиля в Республике Северная Осетия – Алания важными прогностическими параметрами развития инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, являются: возраст, отношение к группам риска по шкале ASA  $P \geq 3$ , длительные (более 4 часов) и высокотравматичные оперативные вмешательства, наличие специальных медицинских устройств или длительная респираторная поддержка (более 3 дней).

Организация эффективных мер профилактики инфекций, связанных с оказанием медицинской

помощи, в отделениях хирургического и реанимационного профиля требует риск-ориентированного подхода с учетом данных углубленного микробиологического мониторинга.

Ведущими этиологическими агентами в отделениях хирургического и реанимационного профиля являются представители рода *Staphylococcus*, возбудителей семейства *Enterobacteriaceae* и *P. aeruginosa*, на которые в хирургических отделениях приходится 90,1 %, в реанимации – 78,2 %.

Среди штаммов ведущих возбудителей выявлены высокие уровни резистентности к АМП 73,9 %.

Выявлена резистентность к препаратам выбора у ведущих этиологических агентов:

– 61,2 % штаммов *P. aeruginosa* были резистентны к карбапенемам;

– 27,5 % штаммов возбудителей семейства *Enterobacteriaceae* были резистентны к цефалоспорином 3–4-го поколения.

– 15,6 % штаммов *Staphylococcus* spp. были метициллин-резистентными.

За счет продукции  $\beta$ -лактамаз расширенного спектра генетической группы CTX-M1 выявлен высокий уровень резистентности штаммов *K. pneumoniae* и *E. coli* к цефалоспорином 3–4-го поколения (54,5 и 22,6 % соответственно).

Об отсутствии моноклональности штаммов возбудителей семейства *Enterobacteriaceae* свидетельствует внутривидовая гетерогенность по спектрам резистентности к АМП и PFGE-профилям. Это является хорошим прогностическим критерием.

#### Список литературы

1. Тутельян А.В., Акимкин В.Г., Марьин Г.Г. От внутрибольничных инфекций до инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи: научное развитие проблемы // Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы. 2019. Т. 9. № 1. С. 14–22. doi: 10.18565/epidem.2019.9.1.14-22
2. Брусина Е.Б., Зуева Л.П., Ковалишена О.В. и др. Инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи: современная доктрина профилактики. Часть 2. Основные положения // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2018. Т. 17. № 6 (103). С. 4–10. doi: 10.31631/2073-3046-2018-17-4-10
3. Mehta R, Mavalankar DV, Ramani KV, Sharma S, Hussein J. Infection control in delivery care units, Gujarat state, India: a needs assessment. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2011;11:37. doi: 10.1186/1471-2393-11-37
4. Яровой С.К., Восканян Ш.Л., Тутельян А.В., Гладкова Л.С. Антибактериальная профилактика при развитии инфекций в области хирургического вмешательства: взгляд эпидемиолога // Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы. 2020. Т. 10. № 1. С. 21–29. doi: 10.18565/epidem.2020.10.1.21-9
5. Складан Г.Е., Королёва И.А., Борунова Ж.В. и др. Карбапенем-резистентные возбудители инфекционных процессов различной локализации в отделениях МКНЦ им. А.С. Логинова // Внутрибольничные инфекции в медицинских учреждениях различного профиля, риски, профилактика, лечение осложнений: материалы XVII научно-практической конференции, Москва, 2019. С. 47–48.
6. Сергеев В.И., Кудрявцева Л.Г., Пегушина О.Г., Волкова Э.О., Решетникова Н.И. Групповая заболеваемость гнойно-септическими инфекциями клебсиеллезной этиологии пациентов кардиохирургического стационара // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2020. Т. 19. № 1. С. 90–98. doi: 10.31631/2073-3046-2020-19-1-90-98
7. Скачкова Т.С., Замятин М.Н., Орлова О.А. и др. Мониторинг метициллин-резистентных штаммов стафилококка в многопрофильном стационаре Москвы с помощью молекулярно-биологических

- методов // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2021. Т. 20. № 1. С. 44–50. doi: 10.31631/2073-3046-2021-20-1-44-50
8. Сергеев В.И., Кудрявцева Л.Г., Пегушина О.Г. Частота выявления и антибиотикорезистентность возбудителей гнойно-септических инфекций // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2022. Т. 21. № 1. С. 74–80. doi: 10.31631/2073-3046-2022-21-1-74-80
  9. Захватова А.С., Дарьина М.Г., Светличная Ю.С., Зуева Л.П., Асланов Б.И., Червякова М.А. Микробиологический мониторинг антимикробной резистентности потенциальных возбудителей инфекций кровотока // Инфекция и иммунитет. 2022. Т. 12. № 1. С. 185–192. doi: 10.15789/2220-7619-ARM-1552
  10. Дятлов И.А. О механизме защиты бактериальной клетки, который может быть использован для борьбы с антибиотикорезистентностью // Бактериология. 2021. Т. 6. № 1. С. 5–7. doi: 10.20953/2500-1027-2021-1-5-7
  11. Brouqui P, Boudjema S, Soto Aladro A, *et al.* New approaches to prevent healthcare-associated infection. *Clin Infect Dis.* 2017;65(suppl\_1):S50–S54. doi: 10.1093/cid/cix433
  12. Nabhan AF, Allam NE, Hamed Abdel-Aziz Salama M. Routes of administration of antibiotic prophylaxis for preventing infection after caesarean section. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016;2016(6):CD011876. doi: 10.1002/14651858.CD011876.pub2
  13. Theuretzbacher U, Gottwalt S, Beyer P, *et al.* Analysis of the clinical antibacterial and antituberculosis pipeline. *Lancet Infect Dis.* 2019;19(2):e40–e50. doi: 10.1016/S1473-3099(18)30513-9
  14. Durmaz R, Otlu B, Koksall F, *et al.* The optimization of a rapid pulsed-field gel electrophoresis protocol for the typing of *Acinetobacter baumannii*, *Escherichia coli* and *Klebsiella* spp. *Jpn J Infect Dis.* 2009;62(5):372–7.
  15. Смирнова С.С., Вяткина Л.Г., Егоров И.А., Жуйков Н.Н. Анализ выявления и регистрации инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи в Уральском и Сибирском федеральных округах в 2020 году: информационный бюллетень. Екатеринбург: ЮНИКА, 2021. 56 с.
  16. Денисюк Н.Б. Эпидемиологические особенности инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, в Оренбургской области // Эпидемиология и Инфекционные болезни. Актуальные вопросы. 2021. Т. 11. № 1. С. 37–42. doi: 10.18565/epidem.2021.11.1.37-42
  17. Иванова М.В., Миндлина А.Я. Эпидемиологические особенности инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи в родовспомогательных учреждениях Российской Федерации в 2007–2017 гг. // Журнал инфектологии. 2019. Т. 11. № 3. С. 90–101. doi: 10.22625/2072-6732-2019-11-3-90-101
  18. Акимкин В.Г., Тутельян А.В. Актуальные направления научных исследований в области инфекции, связанных с оказанием медицинской помощи, на современном этапе // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 4 (301). С. 46–50. doi: 10.35627/2219-5238/2018-301-4-46-50
  19. Шайхразиева Н.Д., Булычева И.А., Лопушов Д.В., Сабаева Ф.Н. Этиологическая структура и антибиотикорезистентность госпитальных штаммов микроорганизмов в отделении анестезиологии и реанимации // Медицинский альманах. 2019. № 1 (58). С. 32–34. doi: 10.21145/2499-9954-2019-1-32-34
  20. Березняк Е.А., Тришина А.В., Селянская Н.А., Симонова И.Р. Создание баз данных для систематизации результатов мониторинга антибиотикорезистентности // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 4 (325). С. 59–63. doi: 10.35627/2219-5238/2020-325-4-59-63
  21. Омарова С.М., Алиева С.Ф., Османов А.С. Мониторинг антибиотикорезистентных стафилококков, возбудителей внутрибольничного инфицирования пациентов отделения челюстно-лицевой хирургии // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 2-2 (56). С. 30–33. doi: 10.23670/IRJ.2017.56.022
  22. Гординская Н.А., Борискина Е.В., Кряжев Д.В. Антибиотикорезистентность как фактор вирулентности условно-патогенных микроорганизмов // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 4 (337). С. 50–56. doi: 10.35627/2219-5238/2021-337-4-50-56
  23. Allegranzi B, Bagheri Nejad S, Combescure C, *et al.* Burden of endemic health-care-associated infection in developing countries: systematic review and meta-analysis. *Lancet.* 2011;377(9761):228–241. doi: 10.1016/S0140-6736(10)61458-4
  24. Присакар В.И., Буга Д.В., Сава В.И. Внутрибольничные инфекции, вызванные метициллинрезистентными стафилококками (MRS) // Журнал МедиАль. 2018. № 2 (22). С. 8–11.
  25. Батчаев Х.Х., Пилипенко Т.Д., Середа Л.Г., Петрюк Т.А. Циркуляция ванкомицин-резистентных энтерококков в лечебно-профилактических организациях Карачаево-Черкесской Республики // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 2 (323). С. 51–55. doi: 10.35627/2219-5238/2020-323-2-51-55
  26. Munir MU, Ahmed A, Usman M, Salman S. Recent advances in nanotechnology-aided materials in combating microbial resistance and functioning as antibiotics substitutes. *Int J Nanomedicine.* 2020;15:7329–7358. doi: 10.2147/IJN.S265934
  27. Natan M, Banin E. From Nano to Micro: using nanotechnology to combat microorganisms and their multidrug resistance. *FEMS Microbiol Rev.* 2017;41(3):302–322. doi: 10.1093/femsre/fux003
  28. Андрюков Б.Г. Нанотехнологии в свете современных антибактериальных стратегий (обзор) // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 5 (338). С. 67–77. doi: 10.35627/2219-5238/2021-338-5-67-77
  29. MacFadden DR, Fisman D, Andre J, *et al.* A platform for monitoring regional antimicrobial resistance, using online data sources: ResistanceOpen. *J Infect Dis.* 2016;214(suppl\_4):S393–S398. doi: 10.1093/infdis/jiw343

## References

1. Tutelyan AV, Akimkin VG, Marin GG. From hospital-acquired infections to healthcare-associated infections: scientific development of the problem. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni. Aktual'nye Voprosy.* 2019;9(1):14–22. (In Russ.) doi: 10.18565/epidem.2019.9.1.14-22
2. Brusina EB, Zuyeva LP, Kovalishena OV, *et al.* Healthcare-associated infections: modern doctrine of prophylaxis. Part II. Basic concept. *Epidemiologiya i Vaksino profilaktika.* 2018;17(6(103)):4–10. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2018-17-6-4-10
3. Mehta R, Mavalankar DV, Ramani KV, Sharma S, Hussein J. Infection control in delivery care units, Gujarat state, India: a needs assessment. *BMC Pregnancy Childbirth.* 2011;11:37. doi: 10.1186/1471-2393-11-37
4. Yarovoy SK, Voskanian ShL, Tutelyan AV, Gladkova LS. Antibacterial prophylaxis of surgical site infections: an epidemiologist's view. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni. Aktual'nye Voprosy.* 2020;10(1):21–29. (In Russ.) doi: 10.18565/epidem.20.1.21-9
5. Skladan GE, Koroleva IA, Borunova ZhV, *et al.* [Carbapenem-resistant pathogens of infectious processes of various sites in departments of A.S. Loginov Moscow Clinical Research Center.] In: *Hospital-Acquired Infections in Medical Institutions of Various Profiles, Risks, Prevention, Treatment of Complications: Proceedings of the 17th Scientific and Practical Conference, Moscow, April 4, 2019.* Moscow: 2019;47–48. (In Russ.)
6. Sergevnin VI, Kudryavtseva LG, Pegyushina OG, Volkova EO, Reshetnikova NI. Group incidence by purulent-septic infections of clebsiellous etiology in cardiosurgical patients. *Epidemiologiya i Vaksino profilaktika.* 2020;19(1):90–98. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2020-19-1-90-98
7. Skachkova TS, Zamyatin MN, Orlova OA, *et al.* Monitoring methicillin-resistant staphylococcus strains in the Moscow medical and surgical center using

- molecular-biological methods. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2021;20(1):44-50. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2021-20-1-44-50
8. Sergevin VI, Kudryavtseva LG, Pegyshina OG. Rate of detection and antibiotic resistance pathogens of purulent-septic infections in cardiac surgery patients. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2022;21(1):74-80. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2022-21-1-74-80
  9. Zakhvatova AS, Daryina MG, Svetlichnaya YS, Zueva LP, Aslanov BI, Chervyakova MA. Antimicrobial resistance monitoring of potential pathogens causing bloodstream infections. *Infektsiya i Immunitet*. 2022;12(1):185-192. (In Russ.) doi: 10.15789/2220-7619-ARM-1552
  10. Dyatlov IA. [On the mechanism of bacterial cell protection, which can be used to combat antibiotic resistance.] *Bakteriologiya*. 2021;6(1):5-7. (In Russ.) doi: 10.20953/2500-1027-2021-1-5-7
  11. Brouqui P, Boudjema S, Soto Aladro A, et al. New approaches to prevent healthcare-associated infection. *Clin Infect Dis*. 2017;65(suppl\_1):S50-S54. doi: 10.1093/cid/cix433
  12. Nabhan AF, Allam NE, Hamed Abdel-Aziz Salama M. Routes of administration of antibiotic prophylaxis for preventing infection after caesarean section. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;2016(6):CD011876. doi: 10.1002/14651858.CD011876.pub2
  13. Theuretzbacher U, Gottwalt S, Beyer P, et al. Analysis of the clinical antibacterial and antituberculosis pipeline. *Lancet Infect Dis*. 2019;19(2):e40-e50. doi: 10.1016/S1473-3099(18)30513-9
  14. Durmaz R, Otlu B, Koksall F, et al. The optimization of a rapid pulsed-field gel electrophoresis protocol for the typing of *Acinetobacter baumannii*, *Escherichia coli* and *Klebsiella* spp. *Jpn J Infect Dis*. 2009;62(5):372-7.
  15. Smirnova SS, Vyatkina LG, Egorov IA, Zhuykov NN. [Analysis of Detection and Registration of Healthcare-Associated Infections in the Ural and Siberian Federal Districts in 2020: Information Bulletin.] Yekaterinburg: YUNIKA Publ.; 2021. (In Russ.)
  16. Denisyuk NB. Epidemiological features of healthcare-associated infections in the Orenburg Region. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni. Aktual'nye Voprosy*. 2021;11(1):37-42. (In Russ.) doi: 10.18565/epidem.2021.11.1.37-42
  17. Ivanova MV, Mindlina AY. Epidemiological features of healthcare associated infection of newborns in the Russian Federation during 2007–2017. *Zhurnal Infekologii*. 2019;11(3):90-101. (In Russ.) doi: 10.22625/2072-6732-2019-11-3-90-101
  18. Akimkin VG, Tutel'yan AV. Current directions of scientific researches in the field of infections, associated with the medical care, at the present stage. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2018;4(301):46-50. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2018-301-4-46-50
  19. Shaikhrazieva ND, Bulycheva IA, Lopushov DV, Sabaeva FN. Etiological structure and antibiotic resistance of the nosocomial strains of microorganisms in the department of anesthesiology and resuscitation. *Meditsinskiy Al'manakh*. 2019;1(58):32-34. (In Russ.) doi: 10.21145/2499-9954-2019-1-32-34
  20. Bereznyak EA, Trishina AV, Selyanskaya NA, Simonova IR. Creation of databases for systematization of antibiotic resistance monitoring results. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;4(325):59-63. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-325-4-59-63
  21. Omarova SM, Alieva SF, Osmanov AS. Monitoring of antimicrobial resistance of staphylococci, agents of intrahospital infection of patients of department of maxillofacial surgery. *Mezhdunarodnyy Nauchno-Issledovatel'skiy Zhurnal*. 2017;2-2(56):30-33. (In Russ.) doi: 10.23670/IRJ.2017.56.022
  22. Gordinskaya NA, Boriskina EV, Kryazhev DV. Antibiotic resistance as a virulence factor of opportunistic microorganisms. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;4(337):50-56. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-337-4-50-56
  23. Allegranzi B, Bagheri Nejad S, Combescure C, et al. Burden of endemic health-care-associated infection in developing countries: systematic review and meta-analysis. *Lancet*. 2011;377(9761):228-241. doi: 10.1016/S0140-6736(10)61458-4
  24. Prisakar VI, Buga DV, Sava VI. Nosocomial infections caused by methicillin-resistant staphylococci (MRS). *Zhurnal Medial'*. 2018;2(22):8-11. (In Russ.)
  25. Batchaev KhKh, Pilipenko TD, Sereda LG, Petryuk TA. Circulation of vancomycin-resistant enterococci in health facilities of the Karachay-Cherkess Republic. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;2(323):51-55. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-323-2-51-55
  26. Munir MU, Ahmed A, Usman M, Salman S. Recent advances in nanotechnology-aided materials in combating microbial resistance and functioning as antibiotics substitutes. *Int J Nanomedicine*. 2020;15:7329-7358. doi: 10.2147/IJN.S265934
  27. Natan M, Banin E. From Nano to Micro: using nanotechnology to combat microorganisms and their multidrug resistance. *FEMS Microbiol Rev*. 2017;41(3):302-322. doi: 10.1093/femsre/fux003
  28. Andryukov BG. Nanotechnologies in the light of modern antibacterial strategies: A review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;5(338):67-77. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-338-5-67-77
  29. MacFadden DR, Fisman D, Andre J, et al. A platform for monitoring regional antimicrobial resistance, using online data sources: ResistanceOpen. *J Infect Dis*. 2016;214(suppl\_4):S393-S398. doi: 10.1093/infdis/jiw343



© Коллектив авторов, 2022

УДК 579.843.1:576.3:612.017.4



## Разработка схемы типирования токсигенных холерных вибрионов на основе данных биоинформационного анализа

С.О. Водопьянов, А.С. Водопьянов, И.П. Олейников, Е.В. Монахова

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

### Резюме

**Введение.** Современный этап седьмой пандемии холеры характеризуется возникновением новых геновариантов *Vibrio cholerae*, постепенно вытесняющих своих предшественников и занимающих доминирующую позицию в этиологии заболевания. Определение их эпидемического потенциала с помощью идентификации целого ряда генетических маркеров непригодно для оперативного анализа. Поэтому актуальной представляется разработка способа дифференциации возбудителей, основанного на ПЦР-детекции ограниченного числа маркеров.

**Цель исследования:** создание на основе биоинформационного анализа базы данных полногеномных сиквенсов *V. cholerae*, содержащих разные аллели генов *cheA3* (VCA1095) и *rtxA*, и разработка простой и информативной схемы типирования токсигенных вибрионов.

**Материалы и методы.** Для анализа использовали полученные из базы NCBI результаты полногеномного секвенирования 3309 штаммов холерных вибрионов, выделенных в период 1962–2021 гг. Программное обеспечение разрабатывали на языке Java.

**Результаты.** Биоинформационный анализ базы полногеномных сиквенсов *V. cholerae*, включающей 3309 геномов штаммов третьей волны, позволил разделить их на три группы – «прегаитянскую», «гаитянскую» и «постгаитянскую». Все содержали аллели генов токсин-корегулируемых пилей *tcpA*<sup>CRS101</sup> и цитотоксина MARTX *rtxA4* с null-мутацией, обусловившей формирование преждевременного стоп-кодона. Однако у «прегаитянских» штаммов всегда выявлялся ген субъединицы В холерного токсина классического типа *ctxB1* и прототипный ген гистидинкиназы *cheA3* (VCA1095), который в ПЦР образовал ампликон длиной 95 п.н. и был обозначен как VCA1095-95. У «гаитянских» штаммов в этом гене произошла делеция 8 п.н., и ПЦР-ампликон укоротился до 87 п.н. (VCA1095-87). Выявлено его обязательное сочетание с аллелем *ctxB7*. «Постгаитянские» штаммы содержали еще более укороченный аллель *rtxA4* за счет делеции 60 п.н. в проксимальной части.

**Заключение.** Поскольку анализ большого числа геномов выявил строгие корреляции между присутствием определенных аллелей в каждой группе, мы сочли возможным для оперативного анализа использовать всего два маркера – аллели генов *cheA3* и *rtxA*. Схема типирования, основанная на их ПЦР-детекции, в дальнейшем может быть применена для ускоренного определения эпидемического потенциала свежее выделенных культур.

**Ключевые слова:** *Vibrio cholerae*, биоинформационный анализ, молекулярное типирование.

**Для цитирования:** Водопьянов С.О., Водопьянов А.С., Олейников И.П., Монахова Е.В. Разработка схемы типирования токсигенных холерных вибрионов на основе данных биоинформационного анализа // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 7. С. 66–71. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-66-71>

### Сведения об авторах:

**Водопьянов** Сергей Олегович – д.м.н., главный научный сотрудник лаборатории микробиологии холеры и других кишечных инфекций; e-mail: [serge100v@gmail.com](mailto:serge100v@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4336-0439>.

✉ **Водопьянов** Алексей Сергеевич – к.м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярной биологии природно-очаговых и зоонозных инфекций; e-mail: [alexvod@gmail.com](mailto:alexvod@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9056-3231>.

**Олейников** Игорь Павлович – научный сотрудник лаборатории микробиологии холеры и других кишечных инфекций; e-mail: [alexvod@gmail.com](mailto:alexvod@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2390-9773>.

**Монахова** Елена Владимировна – д.б.н., главный научный сотрудник лаборатории микробиологии холеры и других кишечных инфекций; e-mail: [unicorm54@mail.ru](mailto:unicorm54@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9216-7777>.

**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования: Водопьянов С.О.; сбор данных: Водопьянов А.С., Олейников И.П., Монахова Е.В.; анализ и интерпретация результатов: Водопьянов С.О., Водопьянов А.С.; подготовка рукописи: Водопьянов А.С. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

**Соблюдение этических стандартов:** Протокол исследования одобрен Комиссией по биомедицинской этике ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора, Протокол № 1 от 28.01.2021.

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

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

Статья получена: 25.06.21 / Принята к публикации: 08.07.22 / Опубликовано: 29.07.22

## Elaboration of a Toxigenic *Vibrio cholerae* Typing Scheme Based on Bioinformatics Analysis Data

Sergey O. Vodopyanov, Alexey S. Vodopyanov, Igor P. Oleynikov, Elena V. Monakhova

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

### Summary

**Introduction:** The current stage of the seventh cholera pandemic is characterized by the emergence of novel *Vibrio cholerae* gene variants, gradually replacing their predecessors and occupying a dominant position in the etiology of the disease. Determining their epidemic potential by identifying the number of genetic markers is unsuitable for operational analysis. Thus, the development of a method for differentiating pathogens based on PCR detection of a limited number of markers seems relevant.

**Objective:** To create a database of whole genome *V. cholerae* sequences containing different alleles of *cheA3* (VCA1095) and *rtxA* genes based on bioinformatics analysis data and to elaborate a simple and informative toxigenic vibrio typing scheme.

**Materials and methods:** The NCBI database-extracted results of whole genome sequencing of 3,309 strains of *Vibrio cholerae* isolated in 1962–2021 were used for the analysis. The software was developed in Java.

**Results:** The bioinformatics analysis of the database of whole genome *V. cholerae* sequences, including 3,309 genomes of third wave strains, enabled us to divide them into three groups: “pre-Haitian”, “Haitian”, and “post-Haitian”. All of them contained alleles of the genes of toxin-co-regulated *tcpA*<sup>CRS101</sup> pili and the MARTX *rtxA4* cytotoxin with a null mutation that caused a premature stop codon. However, in the “pre-Haitian” strains, the gene of the cholera toxin subunit B of the classical *ctxB1* type and the prototype gene of histidine kinase *cheA3* (VCA1095) were always detected, which in PCR formed a

95 bp long amplicon and was designated as VCA1095-95. In the “Haitian” strains, a deletion of 8 bp occurred in this gene, and the PCR amplicon was shortened to 87 bp (VCA1095-87). Its mandatory combination with the *ctxB7* allele was revealed. The “post-Haitian” strains contained an even shorter *rtxA4a* allele due to the deletion of 60 bp in the proximal part.

**Conclusion:** Since the analysis of a large number of genomes revealed strict correlations between certain alleles in each group, we consider it possible to use only two markers for operational analysis, i.e. alleles of the *cheA3* and *rtxA* genes. The typing scheme based on their PCR detection can be used to facilitate determination of the epidemic potential of newly isolated cultures.

**Keywords:** *Vibrio cholerae*, bioinformatic analysis, molecular typing.

**For citation:** Vodopyanov SO, Vodopyanov AS, Oleynikov IP, Monakhova EV. Elaboration of a toxigenic *Vibrio cholerae* typing scheme based on bioinformatics analysis data. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(7):66-71. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-66-71>

#### Author information:

Sergey O. **Vodopyanov**, Dr. Sci. (Med.), Chief Researcher, Laboratory of Microbiology of Cholera and Other Intestinal Infections; e-mail: [serge100v@gmail.com](mailto:serge100v@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4336-0439>.

✉ Alexey S. **Vodopyanov**, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Laboratory of Molecular Biology of Naturally Occurring and Zoonotic Infections; e-mail: [alexvod@gmail.com](mailto:alexvod@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9056-3231>.

Igor P. **Oleynikov**, Researcher, Laboratory of Microbiology of Cholera and Other Intestinal Infections; e-mail: [alexvod@gmail.com](mailto:alexvod@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2390-9773>.

Elena V. **Monakhova**, Dr. Sci. (Biol.), Chief Researcher, Laboratory of Microbiology of Cholera and Other Intestinal Infections; e-mail: [unicorm54@mail.ru](mailto:unicorm54@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9216-7777>.

**Author contributions:** study conception and design: *Vodopyanov S.O.*; data collection: *Vodopyanov A.S.* *Oleynikov I.P.*, *Monakhova E.V.*; analysis and interpretation of results: *Vodopyanov S.O.*, *Vodopyanov A.S.*; draft manuscript preparation: *Vodopyanov A.S.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

**Compliance with ethical standards:** The study protocol was approved by the Biomedical Ethics Commission of the Rostov-on-Don Plague Control Research Institute, Minutes No. 1 of January 28, 2021.

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

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

Received: June 25, 2021 / Accepted: July 8, 2022 / Published: July 29, 2022

**Введение.** Возбудитель холеры находится в процессе постоянной эволюции, и поэтому практически каждая крупная вспышка инфекции вызывается генетически отличающимися вариантами. На территории Российской Федерации неоднократно регистрировали завозы токсигенных холерных вибрионов, однако распространения среди людей удавалось избежать благодаря своевременному проведению комплекса мероприятий. Условием обеспечения адекватного ответа является быстрое определение эпидемического потенциала каждого свежeweделенного штамма, включающее выявление полного спектра уникальных генетических маркеров, позволяющих установить происхождение конкретного возбудителя.

В настоящее время описано много генетических детерминант, позволяющих судить о патогенном потенциале вибрионов: аллельный профиль генов субъединицы В холерного токсина (*ctxB*) и структурной единицы токсин-корегулируемых пилей адгезии (*tcpA*), структура острова пандемичности VSP-II, гены дополнительных токсинов, ICE-элементы, островок VcB, набор уникальных SNP и ряд других [1–5]. Однако быстрое и одномоментное выявление столь большого числа генетических маркеров представляет определенные трудности. Наиболее информативен метод полногеномного секвенирования с последующим биоинформационным анализом, но его использование в оперативных целях затруднено. Для оперативного анализа наиболее пригоден метод ПЦР, позволяющий получить информацию о наличии конкретных генетических детерминант в течение нескольких часов с момента выделения культуры.

Показателем интереса исследователей является число депонированных нуклеотидных последовательностей в международных базах данных. Так, если в 2019 году в базу NCBI было добавлено 442 генома холерных вибрионов, то в 2020 г. — уже 1872 генома, из которых 1697 — в декабре 2020 г. Этот массив данных открывает возможность для биоинформационного анализа.

По результатам анализа установлено, что геном *V. cholerae* обладает высокой пластичностью и поэтому штаммы, вызвавшие крупные вспышки в последнее время (Гаити, Йемен), отличаются рядом уникальных маркеров [3–5].

Первые геноварианты отличались от типичных штаммов Эль Тор только наличием гена *ctxB1* классического типа (вместо *ctxB3* типа Эль Тор). В дальнейшем им на смену стали приходить штаммы, содержащие сразу 2 отличных от типовых маркера: аллель *tcpA<sup>CIRS101</sup>* вместо *tcpA<sup>El Tor</sup>* и гена *rtxA*, кодирующего синтез высокомолекулярного цитотоксина-актиномодулятора MARTX, с null-мутацией, приведшей к формированию преждевременного стоп-кодона. Этот аллель с укороченной ORF был обозначен Dolores, Satchell [3, 6] как *rtxA4*. Такие штаммы мы условно называем «предгаитянскими», поскольку они, по всей видимости, являются предшественниками т.н. «гаитянских» штаммов, которые приобрели новый аллель *ctxB7*. Последний сформировался на фоне генотипа *tcpA<sup>CIRS101</sup>rtxA4*. С 2010 г. после крупномасштабной эпидемии в Гаити началось их стремительное распространение по всему миру. Наконец, в последнее время наметилась тенденция к замещению «гаитянской» линии «постгаитянской», представители которой содержат еще более укороченный *rtxA* за счет делеции 60 пар нуклеотидов (п.н.) в проксимальной части гена в дополнение к null-мутации на дистальном конце; этот аллель обозначен как *rtxA4a* [3]. Позднее для «гаитянских» штаммов была описана делеция 8 п.н. в гене VCA1095 [7]. Он локализован в составе кластера хемотаксиса III на малой хромосоме и кодирует гистидинкиназу CheA-3 [8–10]. Две указанные делеции рассматриваются как перспективные маркеры токсигенных штаммов холерного вибриона, распространившихся в течение последних нескольких лет [3, 7]. Однако это предположение высказано на основании исследования ограниченного числа штаммов.

**Цель исследования:** создание на основе биоинформационного анализа базы данных

полногеномных сиквенсов *V. cholerae*, содержащих разные аллели генов *cheA3* (VCA1095) и *rtxA*, и разработка простой и информативной схемы типирования токсигенных вибрионов.

**Материалы и методы.** Для анализа использовали полученные из базы NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) результаты полногеномного секвенирования 3309 штаммов холерных вибрионов, выделенных в период 1962–2021 гг. Наименования генов и позицию INDEL-маркера VCA1095 указывали по референсному геному штамма *V. cholerae* N16961 (GenBank Accession Number NC002505.1 и NC002506.1). Сборку геномов, представленных в виде ридов, проводили с использованием программы Spades [1, 7]. Программное обеспечение разрабатывали на языке программирования Java. Кластерный анализ проводили с использованием авторского программного обеспечения по методу UPGMA. Сведения о свойствах штаммов (дате, месте выделения) брали из аннотаций к сиквенсам.

**Результаты.** Первым этапом работы было создание локальной базы данных геномов на основе поиска в NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>). База включала 3309 геномов, 10 из которых были представлены в виде набора ридов. При этом до 2010 г. было выделено 1032 штамма, а начиная с 2010 г. изолировано 2277 штаммов.

Как установлено ранее, делеция 8 п.н. в гене *cheA3* (VCA1095) приводит к формированию в ПЦР фрагмента длиной 87 п.н., обозначенного авторами как «гаитянский» маркер VCA1095-87 в противовес прототипному фрагменту размером 95 п.н. – маркер VCA1095-95 [7]. В локальной базе выявлено 583 штамма, несущих «гаитянский» маркер VCA1095-87. Все штаммы обладали генами холерного токсина, имели идентичный INDEL-генотип [11], характерный для токсигенных штаммов, и содержали ICE-элемент «индийского» типа [2]. До 2010 г. распространение

штаммов с «гаитянским» маркером VCA1095-87 имело единичный характер: восемь штаммов выявлено в Индии и один в Китае. Резкий подъем заболеваемости холерой, вызванной штаммами вибрионов с маркером VCA1095-87, был отмечен начиная с 2010 г. (табл. 1). При этом данным маркером обладали все 266 представленных в NCBI штаммов, выделенных собственно в Гаити за период 2010–2017 гг. В последующем штаммы с маркером VCA1095-87 выделялись ежегодно при всех крупных вспышках.

Первый токсигенный штамм с аллелем *rtxA4a* был выделен в 2012 г. в Индии, в этом же году такой штамм был завезен из Индии в РФ [3]. Всего выявлено 135 штаммов, несущих аллель *rtxA4a* и маркер «гаитянского» типа VCA1095-87. Распределение штаммов, несущих одновременно «гаитянский» маркер VCA1095-87 и *rtxA4a*, приведенное в табл. 1, показывает их несколько меньшее распространение по сравнению со штаммами с VCA1095-87 и *rtxA4*. Интересно отметить, что ни одного штамма с маркером *rtxA4a* не было выделено в Гаити, несмотря на продолжение вспышки до 2017 г. и на достаточно широкое распространение подобных штаммов по всему миру. Это свидетельствует в пользу отсутствия повторных заносов холеры в Гаити в последующие годы.

Начиная с 2012 г. штаммы с маркерами VCA1095-87 и *rtxA4a* ежегодно выделялись на территории Индии, что свидетельствовало об их укоренении, причем это укоренение сопровождалось неоднократными заносами в другие регионы мира. Самой крупной вспышкой, вызванной этим типом, явились события в Йемене, когда все штаммы одновременно несли оба изучаемых признака. Учитывая клональную природу вспышки в Йемене [12], полученные данные на наш взгляд позволяют рассматривать вибрионы,

Таблица 1. Распределение ctx+ штаммов *V. cholerae*, несущих «гаитянский» маркер VCA1095-87 и аллель *rtxA4a*

Table 1. Distribution of ctx+ strains of *V. cholerae* carrying the “Haitian” VCA1095-87 marker and the *rtxA4a* allele

| Год выделения /<br>Year of isolation | Маркер VCA1095-87 + аллель <i>rtxA4</i> /<br>VCA1095-87 marker + <i>rtxA4</i> allele |                                                                                                                   | Маркер VCA1095-87 + аллель <i>rtxA4a</i> /<br>VCA1095-87 marker + <i>rtxA4a</i> allele |                                                                                                  |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      | Число штаммов /<br>Number of strains                                                 | Территория / Territory                                                                                            | Число штаммов /<br>Number of strains                                                   | Территория / Territory                                                                           |
| 2010                                 | 41                                                                                   | Гаити, Бангладеш, Камерун, РФ /<br>Haiti, Bangladesh, Cameroon, Russia                                            | –                                                                                      | –                                                                                                |
| 2011                                 | 22                                                                                   | Бангладеш, Камерун, Украина /<br>Bangladesh, Cameroon, Ukraine                                                    | –                                                                                      | –                                                                                                |
| 2012                                 | 35                                                                                   | Гаити, Бангладеш, Индия, РФ /<br>Haiti, Bangladesh, India, Russia                                                 | 2                                                                                      | Индия, РФ / India, Russia                                                                        |
| 2013                                 | 46                                                                                   | Гаити, Индия, Мексика /<br>Haiti, India, Mexico                                                                   | 5                                                                                      | Индия / India                                                                                    |
| 2014                                 | 24                                                                                   | Гаити, Индия, РФ, Уганда /<br>Haiti, India, Russia, Uganda                                                        | 8                                                                                      | Индия, РФ, Уганда /<br>India, Russia, Uganda                                                     |
| 2015                                 | 70                                                                                   | Гаити, Индия, Танзания /<br>Haiti, India, Tanzania                                                                | 30                                                                                     | Индия, Танзания / India, Tanzania                                                                |
| 2016                                 | 51                                                                                   | Гаити, Индия, Танзания, Йемен, Уганда /<br>Haiti, India, Tanzania, Yemen, Uganda                                  | 20                                                                                     | Индия, Бангладеш, Йемен, Уганда /<br>India, Bangladesh, Yemen, Uganda                            |
| 2017                                 | 77                                                                                   | Гаити, Индия, Танзания, Йемен, Бангладеш, Кения, Ирак /<br>Haiti, India, Tanzania, Yemen, Bangladesh, Kenya, Iraq | 23                                                                                     | Индия, Танзания, Йемен, Бангладеш, Кения, Ирак / India, Tanzania, Yemen, Bangladesh, Kenya, Iraq |
| 2018                                 | 27                                                                                   | Бангладеш, Китай, Зимбабве, Йемен, Индия /<br>Bangladesh, China, Zimbabwe, Yemen, India                           | 27                                                                                     | Бангладеш, Китай, Зимбабве, Йемен, Индия /<br>Bangladesh, China, Zimbabwe, Yemen, India          |
| 2019                                 | 33                                                                                   | Англия / England                                                                                                  | 6                                                                                      | не указано / not specified                                                                       |

несущие одновременно маркеры VCA1095-87 и *rtxA4a*, как «постгаитянский» тип. В этом случае группу, условно названную «предгаитянской», сформировали штаммы, несущие VCA1095-95 и *rtxA4*. Штаммов, имеющих сочетание VCA1095-95 и *rtxA4a*, не обнаружено.

Описанный подход был апробирован нами для анализа выборки объемом 471 штамм холерного вибриона серогруппы O1, выделенных, по сведениям GenBank, начиная с 2015 г. По данным биоинформационного анализа, 357 штаммов содержали профаг CTX, остров патогенности VPI, островок VcB, ICE-элементы и характеризовались INDEL-генотипом, типичным для токсинпродуцирующих культур [1–4, 11], что позволяет отнести их к штаммам третьей волны седьмой пандемии [4, 5].

По результатам анализа выборки токсигенных штаммов установлено, что «гаитянские» VCA1095-87 *rtxA4* штаммы выделялись на Гаити до 2017 г. и в Индии (2015 г.), а также во многих других странах вплоть до 2018 г. (табл. 1). В 2019 г. в Англии от людей было изолировано 27 штаммов данного типа (при этом информация о характере вспышки в литературе отсутствует). Очевидно, это обусловлено тем фактом, что вытеснение линий происходит очень постепенно. Тем не менее штаммы, циркулировавшие в мире до появления «предгаитянской» группы, содержащие VCA1095-95 и прототипный аллель *rtxA1* (без null-мутации), а также *ctxB1* и *tcpA<sup>El Tor</sup>*, на настоящий момент практически утратили актуальность и встречаются редко, вызывая лишь спорадические либо групповые случаи [3, 12], поэтому не были включены в наше исследование.

Согласно предложенной классификации «постгаитянские» штаммы, помимо Йемена, в период 2015–2020 гг. неоднократно выделялись в Бангладеш, Индии, Танзании, Кении, Китае и Зимбабве [13]. Штаммы, относящиеся к «предгаитянскому» типу, в настоящее время циркулируют в Бангладеш, о чем свидетельствует их практически ежегодное выделение в Конго (2015–2017 гг.), отмечены их заносы в Танзанию, Уганду (2015 г.), Катар, Судан (2017 г.), Анголу (2018 г.) [14–17]. Предлагаемая классификация, на взгляд авторов, имеет большое значение, поскольку результаты ежегодного мониторинга за холерой свидетельствуют о высоком эпидемическом потенциале холерного вибриона и сохранении постоянной угрозы заноса холеры на территорию Российской Федерации [18–21].

**Обсуждение.** На основании проведенной работы по наличию двух генетических детерминант мы предлагаем разделить все токсигенные штаммы, представляющие третью волну [4, 13], на три группы: «предгаитянскую», «гаитянскую» и «постгаитянскую». Данная классификация проста и понятна и может служить хорошим дополни-

ем к имеющейся классификации, основанной на детекции различных аллелей гена *ctxB*.

Ранее было показано, что «предгаитянские» штаммы приобрели сразу 2 маркера — *tcpA<sup>CIRS</sup>* и *rtxA4*, сохранив аллель *ctxB1*, и высказано предположение о том, что способность к синтезу холерного токсина классического типа сделало излишним энергозатратное функционирование высокомолекулярного MARTX, и продукт усеченного гена утратил биологическую активность. На этом фоне возник аллель *ctxB7* [6] — маркер «гаитянской» линии. Одновременно с ним нами установлено появление усеченного гена *cheA3* (VCA1095-87) за счет сдвига рамки считывания и формирования преждевременного стоп-кодона в результате делеции 8 п.н. [7]. Мы не исключаем, что продукт этого гена, подобно продукту *rtxA4*, также утратил свойственную ему активность в целях энергосбережения для успешного размножения, тем более что, согласно данным Gosink и соавт. [8], он не оказывает существенного влияния на хемотаксис (в отличие от его гомолога CheA2 — продукта гена VC2063 в составе большой хромосомы). Наконец, дополнительная делеция 60 п.н. в гене *rtxA4* привела к дальнейшему укорочению MARTX и образованию аллеля *rtxA4a* — маркера «постгаитянской» линии [3].

**Заключение.** Результаты проведенного нами анализа большой выборки геномов эпидемических штаммов холерных вибрионов позволили установить, что «предгаитянские» штаммы всегда содержат аллель *ctxB1* и прототипный *cheA3* (VCA1095-95), тогда как у «гаитянских» присутствует обязательное сочетание *ctxB7* и «гаитянского» *cheA3* (VCA1095-87), а «постгаитянские» отличаются от последних содержанием аллеля *rtxA4a*.

Поскольку определение аллелей *ctxB*, *tcpA* и *rtxA* связано с применением МАМА-ПЦР [14–16], постановка которой представляет определенные трудности, мы сочли возможным для оперативного анализа использовать два маркера, что сократит материальные, трудовые и временные затраты. Выявление двух маркеров VCA 1095-87 и *rtxA4a* не представляет особой сложности и может быть оперативно проведено в течение нескольких часов с момента выделения чистой культуры. Кроме того, ранее нами уже разработан способ детекции с помощью ПЦР в формате реального времени по конечной точке прототипного и «гаитянского» аллелей гена *cheA3* (VCA1095-95 и VCA1095-87), который может быть проведен в течение менее двух часов [17]. На наш взгляд, разработка подобного способа идентификации делеции 60 п.н. в гене *rtxA4a* в таком же формате не представляет особой сложности. Таким образом, предлагаемая схема типирования токсигенных вибрионов по выявлению двух маркеров VCA 1095-87 и *rtxA4a* в дальнейшем может быть с успехом применена для оперативного анализа свежесделанных культур.

Таблица 2. Распределение *ctx+* штаммов *V. cholerae*, выделенных с 2015 по 2020 г. по наличию двух генетических детерминант – VCA1095 и *rtxA4*

Table 2. Distribution of *ctx+* strains of *V. cholerae* isolated in 2015–2020 by the presence of VCA1095 and *rtxA4* genetic determinants

| Группа / Group | Тип штамма / Strain type          | Число штаммов O1 / Number of O1 strains | Маркер гена <i>cheA3</i> / <i>cheA3</i> (VCA1095) marker | Аллель гена <i>rtxA</i> / <i>rtxA</i> allele |
|----------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1              | «предгаитянский» / “pre-Haitian”  | 95                                      | VCA 1095-95                                              | <i>rtxA4</i>                                 |
| 2              | «гаитянский» / “Haitian”          | 153                                     | VCA 1095-87                                              | <i>rtxA4</i>                                 |
| 3              | «постгаитянский» / “post-Haitian” | 109                                     | VCA 1095-87                                              | <i>rtxA4a</i>                                |

## Список литературы

1. Водопьянов А.С., Водопьянов С.О., Мишанькин Б.Н., Олейников И.П., Дуванова О.В. Корреляция между наличием области вариабельного tandemного повтора VCB и островком патогенности VPI-1 у *Vibrio cholerae* // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. 2017. Т. 35. № 2. С. 49–52. doi: 10.18821/0208-0613-2017-35-2-49-52
2. Водопьянов С.О., Водопьянов А.С., Олейников И.П., Титова С.В. Распространенность ICE элементов различных типов у *V. cholerae* // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 1 (298). С. 33–35. doi: 10.35627/2219-5238/2018-298-1-33-35
3. Монахова Е.В., Ghosh A., Mutreja A., Weill F., Ramamurthy T. Эндемичная холера в Индии и завозная холера в России: что общего? // Проблемы особо опасных инфекций. 2020. № 3. С. 17–26. doi: 10.21055/0370-1069-2020-3-17-26
4. Mutreja A, Kim DW, Thomson NR, et al. Evidence for several waves of global transmission in the seventh cholera pandemic. *Nature*. 2011;477(7365):462–465. doi: 10.1038/nature10392
5. Ramamurthy T, Mutreja A, Weill FX, Das B, Ghosh A, Nair GB. Revisiting the global epidemiology of cholera in conjunction with the genomics of *Vibrio cholerae*. *Front Public Health*. 2019;7:203. doi: 10.3389/fpubh.2019.00203
6. Dolores J, Satchell KJ. 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
7. Водопьянов А.С., Водопьянов С.О., Олейников И.П., Писанов Р.В. Выявление штаммов *Vibrio cholerae* «гаитянской» группы с помощью полимеразной цепной реакции на основе INDEL-типирования // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2020. № 3. С. 265–270. doi: 10.36233/0372-9311-2020-97-3-9
8. Gosink KK, Kobayashi R, Kawagishi I, Häse CC. Analyses of the roles of the three cheA homologs in chemotaxis of *Vibrio cholerae*. *J Bacteriol*. 2002;184(6):1767–1771. doi: 10.1128/JB.184.6.1767-1771.2002
9. Ortega DR, Kjaer A, Briegel A. The chemosensory systems of *Vibrio cholerae*. *Mol Microbiol*. 2020;114(3):367–376. doi: 10.1111/mmi.14520
10. Ringgaard S, Hubbard T, Mandlik A, Davis BM, Waldor MK. RpoS and quorum sensing control expression and polar localization of *Vibrio cholerae* chemotaxis cluster III proteins in vitro and in vivo. *Mol Microbiol*. 2015;97(4):660–675. doi: 10.1111/mmi.13053
11. Водопьянов А.С., Водопьянов С.О., Олейников И.П., Мишанькин Б.Н. INDEL-типирование штаммов *Vibrio cholerae* // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2017. Т. 22. № 4. С. 195–200. doi: 10.18821/1560-9529-2017-22-4-195-200
12. Weill F-X, Domman D, Njamkepo E, et al. Genomic insights into the 2016–2017 cholera epidemic in Yemen. *Nature*. 2019;565(7738):230–233. doi: 10.1038/s41586-018-0818-3
13. Baddam R, Sarker N, Ahmed D, et al. Genome dynamics of *Vibrio cholerae* isolates linked to seasonal outbreaks of cholera in Dhaka, Bangladesh. *mBio*. 2020;11(1):e03339-19. doi: 10.1128/mBio.03339-19
14. Ghosh P, Naha A, Basak S, et al. Haitian variant tcpA in *Vibrio cholerae* O1 El Tor strains in Kolkata, India. *J Clin Microbiol*. 2014;52(3):1020–1021. doi: 10.1128/JCM.03042-13
15. Ghosh P, Naha A, Pazhani GP, Ramamurthy T, Mukhopadhyay AK. Genetic traits of *Vibrio cholerae* O1 Haitian isolates that are absent in contemporary strains from Kolkata, India. *PLoS One*. 2014;9(11):e112973. doi: 10.1371/journal.pone.0112973
16. Naha A, Pazhani GP, Ganguly M, et al. Development and evaluation of a PCR assay for tracking the emergence and dissemination of Haitian variant ctxB in *Vibrio cholerae* O1 strains isolated from Kolkata, India. *J Clin Microbiol*. 2012;50(5):1733–1736. doi: 10.1128/JCM.00387-12
17. Водопьянов С.О., Водопьянов А.С., Олейников И.П. Способ выявления токсигенных штаммов O1 *Vibrio cholerae* «гаитянской» группы методом ПЦР в режиме реального времени по конечной точке. Патент РФ на изобретение RU 2729218. C12Q 1/68 (2020.02). Опубликовано: 05.08.2020, Бюл. № 22. Доступно по: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2729218C1\\_20200805](https://yandex.ru/patents/doc/RU2729218C1_20200805). Ссылка активна на 25 января 2022.
18. Онищенко Г.Г., Москвитина Э.А., Кругликов В.Д. и др. Эпидемиологический надзор за холерой в России в период седьмой пандемии // Вестник Российской академии медицинских наук. 2015. Т. 70. № 2. С. 249–256. doi: 10.15690/vramn.v70i2.1320
19. Москвитина Э.А., Янович Е.Г., Куриленко М.Л. и др. Холера: мониторинг эпидемиологической обстановки в мире и России (2010–2019 гг.). Прогноз на 2020 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2020. № 2. С. 38–47. doi: 10.21055/0370-1069-2020-2-38-47
20. Носков А.К., Кругликов В.Д., Москвитина Э.А. и др. Характеристика эпидемиологической ситуации по холере в мире и в Российской Федерации в 2020 г. и прогноз на 2021 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2021. № 1. С. 43–51. doi: 10.21055/0370-1069-2021-1-43-51
21. Носков А.К., Кругликов В.Д., Москвитина Э.А. и др. Холера: тенденции развития эпидемического процесса в 2021 г., прогноз на 2022 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2022. № 1. С. 24–34. doi: 10.21055/0370-1069-2022-1-24-34

## References

1. Vodop'yanov AS, Vodop'yanov SO, Mishan'kin BN, Oleinikov IP, Duvanov OV. Correlation between the presence of the VCB variable tandem repeat region and the VPI-1 pathogenicity island in *Vibrio cholerae*. *Molekulyarnaya Genetika, Mikrobiologiya i Virusologiya*. 2017;35(2):49–52. (In Russ.) doi: 10.18821/0208-0613-2017-35-2-49-52
2. Vodop'yanov SO, Vodop'yanov AS, Oleynikov IP, Titova SV. Prevalence of ICE elements of different types in *V. cholerae*. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2018;(1298):33–35. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2018-298-1-33-35
3. Monakhova EV, Ghosh A, Mutreja A, Weill F-X, Ramamurthy T. Endemic cholera in India and imported cholera in Russia: What is common? *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy*. 2020;(3):17–26. doi: 10.21055/0370-1069-2020-3-17-26
4. Mutreja A, Kim DW, Thomson NR, et al. Evidence for several waves of global transmission in the seventh cholera pandemic. *Nature*. 2011;477(7365):462–465. doi: 10.1038/nature10392
5. Ramamurthy T, Mutreja A, Weill FX, Das B, Ghosh A, Nair GB. Revisiting the global epidemiology of cholera in conjunction with the genomics of *Vibrio cholerae*. *Front Public Health*. 2019;7:203. doi: 10.3389/fpubh.2019.00203
6. Dolores J, Satchell KJ. 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
7. Vodop'yanov AS, Vodop'yanov SO, Oleynikov IP, Pisanov RV. Identification of *Vibrio cholerae* strains of the “Haitian” group by PCR based on INDEL-typing. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii*. 2020;(3):265–270. (In Russ.) doi: 10.36233/0372-9311-2020-97-3-9
8. Gosink KK, Kobayashi R, Kawagishi I, Häse CC. Analyses of the roles of the three cheA homologs in chemotaxis of *Vibrio cholerae*. *J Bacteriol*. 2002;184(6):1767–1771. doi: 10.1128/JB.184.6.1767-1771.2002
9. Ortega DR, Kjaer A, Briegel A. The chemosensory systems of *Vibrio cholerae*. *Mol Microbiol*. 2020;114(3):367–376. doi: 10.1111/mmi.14520
10. Ringgaard S, Hubbard T, Mandlik A, Davis BM, Waldor MK. RpoS and quorum sensing control expression

- and polar localization of *Vibrio cholerae* chemotaxis cluster III proteins in vitro and in vivo. *Mol Microbiol.* 2015;97(4):660-675. doi: 10.1111/mmi.13053
11. Vodopyanov AS, Vodopyanov SO, Oleinikov IP, Mishankin BN. INDEL-genotyping of *Vibrio cholerae* strains. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni.* 2017;22(4):195-200. (In Russ.) doi: 10.18821/1560-9529-2017-22-4-195-200
  12. Weill F-X, Domman D, Njamkepo E, *et al.* Genomic insights into the 2016–2017 cholera epidemic in Yemen. *Nature.* 2019;565(7738):230-233. doi: 10.1038/s41586-018-0818-3
  13. Baddam R, Sarker N, Ahmed D, *et al.* Genome dynamics of *Vibrio cholerae* isolates linked to seasonal outbreaks of cholera in Dhaka, Bangladesh. *mBio.* 2020;11(1):e03339-19. doi: 10.1128/mBio.03339-19
  14. Ghosh P, Naha A, Basak S, *et al.* Haitian variant tcpA in *Vibrio cholerae* O1 El Tor strains in Kolkata, India. *J Clin Microbiol.* 2014;52(3):1020-1021. doi: 10.1128/JCM.03042-13
  15. Ghosh P, Naha A, Pazhani GP, Ramamurthy T, Mukhopadhyay AK. Genetic traits of *Vibrio cholerae* O1 Haitian isolates that are absent in contemporary strains from Kolkata, India. *PLoS One.* 2014;9(11):e112973. doi: 10.1371/journal.pone.0112973
  16. Naha A, Pazhani GP, Ganguly M, *et al.* Development and evaluation of a PCR assay for tracking the emergence and dissemination of Haitian variant ctxB in *Vibrio cholerae* O1 strains isolated from Kolkata, India. *J Clin Microbiol.* 2012;50(5):1733-1736. doi: 10.1128/JCM.00387-12
  17. Vodop'yanov SO, Vodop'yanov AS, Oleynikov IP. [An end-point real-time PRC method for detection of toxigenic strains of *Vibrio cholerae* O1 of Haitian variant.] RUS No. 2729218 C1 (Patent) 2020. (In Russ.) Accessed January 25, 2022. [https://yandex.ru/patents/doc/RU2729218C1\\_20200805](https://yandex.ru/patents/doc/RU2729218C1_20200805)
  18. Onishhenko GG, Moskvitina JeA, Kruglikov VD, *et al.* Epidemiological surveillance of cholera in Russia during the period of the seventh pandemic. *Vestnik Rossiyskoy Akademii Meditsinskikh Nauk.* 2015;70(2):249-256. doi: 10.15690/vramn.v70i2.1320
  19. Moskvitina EA, Yanovich EG, Kurilenko MI, *et al.* Cholera: Monitoring of epidemiological situation around the world and in Russia (2010–2019). Forecast for 2020. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2020;(2):38-47. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2020-2-38-47
  20. Noskov AK, Kruglikov VD, Moskvitina EA, *et al.* Characteristics of the epidemiological situation on cholera in the world and in the Russian Federation in 2020 and forecast for 2021. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2021;(1):43-51. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2021-1-43-51
  21. Noskov AK, Kruglikov VD, Moskvitina EA, *et al.* Cholera: Trends in the development of the epidemic process in 2021, forecast for 2022. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2022;(1):24-34. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2022-1-24-34



© Коллектив авторов, 2022

УДК 616.98:579.834



## Результаты мониторинга за иксодовыми клещевыми боррелиозами в Крыму (2015–2021 гг.)

И.С. Коваленко, А.Л. Ситникова, Л.С. Зинич, С.Н. Якунин, Д.Э. Абибулаев

ФГКУЗ «Противочумная станция Республики Крым» Роспотребнадзора,  
ул. Промышленная, д. 42, г. Симферополь, 295023, Российская Федерация

### Резюме

**Введение.** Изучение боррелиозов и официальная регистрация заболеваний в Крыму начались с 2000 г. Отмечается рост числа случаев иксодовых клещевых боррелиозов у людей – за период 2000–2014 гг. в Крыму зарегистрировано 204 случая, 2015–2021 гг. – 324 случая.

**Цель исследования** – уточнение резервуаров, переносчиков и границ природных очагов ИКБ в Крыму по результатам исследований 2015–2021 гг.

**Материалы и методы.** Сбор иксодовых клещей и отлов мелких млекопитающих (ММ) проводили во всех административных муниципалитетах в разных ландшафтных зонах Крыма. Полевой материал доставлялся в лабораторию, где проводилось их видовое определение, пулирование и исследование при помощи молекулярно-генетических методов. Картографирование результатов исследования проводили с применением геоинформационных технологий.

**Результаты и обсуждение.** Большинство находок маркеров иксодовых клещевых боррелиозов зарегистрировано при исследовании иксодовых клещей на территории горно-предгорной зоны Крыма. Положительные пробы от ММ выявлены только в степной части полуострова. Выявлены доминирующие виды резервуаров (*pp. Crocidura, Cricetulus, Rattus*) и переносчиков (*p. Ixodes*) ИКБ на территории Крыма (2015–2021 гг.).

**Выводы.** Иксодовые клещевые боррелиозы распространены практически по всей территории Крымского полуострова. Для уточнения особенностей активности природных очагов в разных природных зонах, определения видового разнообразия боррелий и дальнейшего проведения оценки риска возникновения заболеваний людей необходимо осуществлять систематический мониторинг за резервуарными хозяевами и переносчиками возбудителей иксодовых клещевых боррелиозов на территории полуострова.

**Ключевые слова:** иксодовые клещевые боррелиозы, *Borrelia burgdorferi sensu lato*, природные очаги, Крым.

**Для цитирования:** Коваленко И.С., Ситникова А.Л., Зинич Л.С., Якунин С.Н., Абибулаев Д.Э. Результаты мониторинга за иксодовыми клещевыми боррелиозами в Крыму (2015–2021 гг.) // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 7. С. 72–79. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-72-79>

### Сведения об авторах:

✉ **Коваленко** Ирина Сергеевна – заведующая отделением эпизоотологического мониторинга отдела эпидемиологии; e-mail: [krimpchs@mail.ru](mailto:krimpchs@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0057-9836>.

**Ситникова** Александра Леонидовна – заведующая отделением эпидемиологии отдела эпидемиологии; e-mail: [krimpchs@mail.ru](mailto:krimpchs@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5116-6172>.

**Зинич** Лилия Сергеевна – к.м.н., заведующая отделом эпидемиологии; e-mail: [krimpchs@mail.ru](mailto:krimpchs@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3447-2335>.

**Якунин** Сергей Николаевич – зоолог отделения эпизоотологического мониторинга отдела эпидемиологии; e-mail: [krimpchs@mail.ru](mailto:krimpchs@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2458-8067>.

**Абибулаев** Дявер Энверович – зоолог отделения эпизоотологического мониторинга отдела эпидемиологии; e-mail: [krimpchs@mail.ru](mailto:krimpchs@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5108-3342>.

**Владычак** Виктор Владимирович – зоолог отделения эпизоотологического мониторинга отдела эпидемиологии; e-mail: [krimpchs@mail.ru](mailto:krimpchs@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2327-1965>.

**Полуэктова** Ольга Александровна – биолог лаборатории бактериологии; e-mail: [krimpchs@mail.ru](mailto:krimpchs@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8814-4110>.

**Пидченко** Надежда Никифоровна – заведующая лабораторией бактериологии; e-mail: [krimpchs@mail.ru](mailto:krimpchs@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8658-477X>.

**Тихонов** Сергей Николаевич – к.м.н., директор; e-mail: [krimpchs@mail.ru](mailto:krimpchs@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3924-5817>.

**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования: Тихонов С.Н., Коваленко И.С.; сбор данных: Абибулаев Д.Э., Владычак В.В., Якунин С.Н.; лабораторные исследования: Полуэктова О.А., Пидченко Н.Н.; анализ и интерпретация результатов: Коваленко И.С., Ситникова А.Л., Зинич Л.С.; литературный обзор: Коваленко И.С., Ситникова А.Л.; подготовка рукописи: Коваленко И.С., Ситникова А.Л., Зинич Л.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: 15.04.22 / Принята к публикации: 08.07.22 / Опубликовано: 29.07.22

## Results of Ixodes Tick-Borne Borreliosis Monitoring in Crimea in 2015–2021

Irina S. Kovalenko, Alexandra L. Sitnikova, Lilia S. Zinich, Sergey N. Yakunin,

Dlyaver E. Abibulaev, Viktor V. Vladychak, Olga A. Poluektova,

Nadezhda N. Pidchenko, Sergey N. Tikhonov

Plague Control Station of the Republic of Crimea, 42 Promyshlennaya Street, Simferopol, 295023, Russian Federation

### Summary

**Introduction:** The studies of borreliosis and the official disease registration in Crimea began in the year 2000. An obvious increase in the number of human cases of Ixodes tick-borne borreliosis has been observed since then: 204 cases of Lyme disease were registered in Crimea in 2000–2014 and already 324 cases in the years 2015–2021.

**Objective:** To specify reservoirs, vectors and boundaries of natural foci of tick-borne borreliosis in Crimea based on the results of research conducted in 2015–2021.

**Materials and methods:** Collection of Ixodes ticks and trapping of small mammals were carried out in all administrative areas in different landscape zones of the Crimea. The field material was delivered to the laboratory, where it was identified, pooled, and investigated using molecular genetic methods. Geoinformation technologies were used to map the results.

**Results and discussion:** The majority of positive markers of tick-borne borreliosis were found in pools of Ixodes ticks in the Mountain and Foothill area while positive samples from small mammals were detected in the Steppe part of the peninsula.

The dominant species of reservoirs (gen. *Crocidura*, *Cricetulus*, *Rattus*) and vectors (gen. *Ixodes*) of tick-borne borreliosis in Crimea in the years 2015–2021 were identified.

**Conclusion:** Lyme borreliosis is distributed almost throughout the whole territory of the Crimean Peninsula. A systematic local monitoring of reservoirs and vectors of tick-borne borreliosis is important to clarify the features of activity of natural foci in different natural zones, to determine the diversity of *Borrelia* species, and to assess the disease risk for humans.

**Keywords:** *Ixodes* tick-borne borreliosis, *Borrelia burgdorferi sensu lato*, natural foci, Crimea.

**For citation:** Kovalenko IS, Sitnikova AL, Zinich LS, Yakunin SN, Abibulaev DE, Vladychak VV, Poluektova OA, Pidchenko NN, Tikhonov SN. Results of *Ixodes* tick-borne borreliosis monitoring in Crimea in 2015–2021. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022; 30(7):72–79. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-72-79>

#### Author information:

✉ Irina S. Kovalenko, Head of the Epizootological Monitoring Division, Epidemiology Department; e-mail: [krimpchs@mail.ru](mailto:krimpchs@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0057-9836>.

Alexandra L. Sitnikova, Head of the Epidemiology Division, Epidemiology Department; e-mail: [krimpchs@mail.ru](mailto:krimpchs@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5116-6172>.

Lilia S. Zinich, Cand. Sci. (Med.), Head of the Epidemiology Department; e-mail: [krimpchs@mail.ru](mailto:krimpchs@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3447-2335>.

Sergey N. Yakunin, zoologist, Epizootological Monitoring Division, Epidemiology Department; e-mail: [krimpchs@mail.ru](mailto:krimpchs@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2458-8067>.

Dlyaver E. Abibulaev, zoologist, Epizootological Monitoring Division, Epidemiology Department; e-mail: [krimpchs@mail.ru](mailto:krimpchs@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5108-3342>.

Viktor V. Vladychak, zoologist, Epizootological Monitoring Division, Epidemiology Department; e-mail: [krimpchs@mail.ru](mailto:krimpchs@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2327-1965>.

Olga A. Poluektova, biologist, Laboratory of Bacteriology; e-mail: [krimpchs@mail.ru](mailto:krimpchs@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8814-4110>.

Nadezhda N. Pidchenko, Head of the Laboratory of Bacteriology; e-mail: [krimpchs@mail.ru](mailto:krimpchs@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8658-477X>.

Sergey N. Tikhonov, Cand. Sci. (Med.), Director; e-mail: [krimpchs@mail.ru](mailto:krimpchs@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3924-5817>.

**Author contributions:** study conception and design: Tikhonov S.N., Kovalenko I.S.; data collection: Abibulaev D.E., Vladychak V.V., Yakunin S.N.; laboratory testing: Poluektova O.A., Pidchenko N.N.; analysis and interpretation of results: Kovalenko I.S., Sitnikova A.L., Zinich L.S.; literature review: Kovalenko I.S., Sitnikova A.L.; draft manuscript preparation: Kovalenko I.S., Sitnikova A.L., Zinich L.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 15, 2021 / Accepted: July 8, 2022 / Published: July 29, 2022

**Введение.** Природные очаги иксодового клещевого боррелиоза (ИКБ) — болезни Лайма (БЛ) широко распространены в лесной ландшафтной зоне умеренного климатического пояса северного полушария на Европейском, Азиатском и Американском континентах. Возбудители ИКБ — боррелии комплекса *Borrelia burgdorferi sensu lato* — включают более 20 генотипов. Одним из резервуаров *Borrelia burgdorferi sensu lato* являются мелкие млекопитающие [1, 2], являющиеся прокормителями иксодовых клещей, которые играют роль не только основных переносчиков, но и в некоторых случаях резервуаров ИКБ, так как у них возможна трансвариальная передача возбудителя [3, 4].

Эпидемическая ситуация по ИКБ в Российской Федерации на протяжении последнего десятилетия оценивается как напряженная и занимает одно из ведущих мест по уровню заболеваемости и социально-экономическому ущербу среди трансмиссивных природно-очаговых инфекций. Ежегодно регистрируется от 6 до 10 тыс. случаев заболевания БЛ [5–7]. В России основное эпидемическое значение имеют клещи *Ixodes ricinus*, *Ixodes persulcatus*, не исключается участие в поддержании циркуляции возбудителей ИКБ в природных очагах и других видов иксодовых клещей [8–11].

Изучение боррелиозов и официальная регистрация заболеваемости в Крыму начались с 2000 г., и ежегодно отмечается рост числа случаев БЛ у людей. Так, за период 2000–2014 гг. в Крыму зарегистрировано 204 случая БЛ [12], а за период 2015–2021 гг. — 324 случая. На полуострове Крым выделяют две зоны риска инфицирования возбудителем ИКБ у людей: зона высокого риска и зона низкого риска. К зоне высокого риска относятся центральные и южные территории полуострова, расположенные в гор-

нолесной (в том числе предгорной лесостепной) зоне Крыма [13]. Уровень заболеваемости БЛ в районах, расположенных в этой зоне, составляет 0,67–7,72 на 100 тыс. населения. К зоне низкого риска относятся западные, восточные и северные территории полуострова, расположенные в степной зоне Крыма. Уровень заболеваемости БЛ в районах, расположенных в этой зоне, составляет 0,00–2,94 на 100 тыс. населения [14].

Две основные зоны крымского полуострова (степная и горно-предгорная) имеют климатические особенности, а также различия в флоре и фауне.

**Степная зона** занимает 70 % территории полуострова. Климат засушливый и умеренно-континентальный. Зимы бесснежные и мягкие, с частыми оттепелями и небольшими морозами. Лето жаркое, в это время тут отмечается минимум атмосферных осадков [15, 16].

**Горно-предгорная зона** занимает около 30 % территории Крыма. Климат существенно отличается в зависимости от конкретных высот и особенностей той или иной гряды. Непосредственно у моря располагается главная цепь, которая является природным барьером для горячего воздуха с центральной части полуострова, создавая на побережье мягкий средиземноморский климат, зимой тут температура стабильно плюсовая, лишь при редких похолоданиях выпадает снег, который быстро тает. Летом же стоит всегда теплая безветренная ясная погода. Для этой климатической зоны характерны кратковременные обильные дожди. На горных перевалах климат влажный и умеренно холодный, зимой может быть достаточно холодно. Растительность в предгорьях степная — ковыль, типчак, пырей, на юг с восхождением над уровнем моря сменяется на лесостепную. Климат теплый и полувлажный. В горно-предгорной зоне определяется большее

биологическое многообразие флоры и фауны, чем в степной зоне<sup>1</sup> [17].

**Цель исследования** – выявление особенностей распространения ММ и иксодовых клещей, участвующих в циркуляции патогенных для человека боррелий, на территории Крыма.

**Материалы и методы.** Анализировали результаты исследований, проведенных с 2015 по 2021 г. Статистическая информация о заболеваемости ИКБ и укусах клещами получена в рамках Соглашения о сотрудничестве между Межрегиональным управлением Роспотребнадзора по Республике Крым и г. Севастополю, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Крым и г. Севастополе» и ФГКУЗ «Противочумная станция Республики Крым» Роспотребнадзора от 20.04.2015<sup>2</sup>.

Сбор иксодовых клещей проводился по стандартной методике на флаг, численность определяли пересчетом количества собранных экземпляров за 1 флаго-час (ф-ч), а также путем снятия их с животных<sup>3</sup>. Отработано 324 ф-ч, собрано 6510 экз. (20,1 экз. на 1 ф-ч) иксодовых клещей; с животных (КРС, МРС, лошади) снято 6385 экземпляров.

В горно-предгорной зоне было собрано и снято с животных 5081 экз. (1239 пулов) (44,3 % от общего количества добытых клещей). В степной зоне полуострова было собрано и снято с животных 6395 экз. (1385 пулов) иксодовых клещей (57,7 % от общего количества добытых клещей).

Учеты и отлов ММ проводился по стандартной методике с помощью давилок Геро методом ловушко-линий (ловушки выставлялись линиями по 50 шт. в разных стациях)<sup>4</sup>. Исследование ММ на ИКБ проводилось с 2017 г. За период 2017–2021 гг. было отработано 17 215 ловушко-суток (л-с) и отловлено 1548 экз. ММ (8,99 экз. на 100 л-с), из них на территории степной зоны полуострова – 1035 экз. ММ, в горно-предгорной – 513 экз.

Полевой материал доставлялся в лабораторию, где проводилось их видовое определение, пулирование (иксодовые клещи), приготовление суспензии клещей, вскрытие (ММ) и отбор проб (внутренние органы (печень и селезенка) и головной мозг) для последующего лабораторного исследования<sup>5</sup>. Все стадии исследования соответствовали законодательству Российской Федерации, международным этическим нормам и нормативным документам учреждения. Для каждого вида вычислялся индекс доминирования (ИД), отражающий отношение числа особей ( $n_i$ ) какого-либо вида к общему числу видов ( $N$ ) в биоценозе [16]:

$$Di = \frac{n_i}{N} \cdot 100.$$

Все приготовленные пробы иксодовых клещей и ММ исследовались на наличие возбудителей иксодовых клещевых боррелиозов (методы: поли-

меразная цепная реакция с детекцией продуктов амплификации в режиме «реального времени» (ПЦР)).

Постановка ПЦР проводилась в три этапа, включающих в себя экстракцию РНК/ДНК из исследуемых образцов (комплект реагентов для экстракции РНК/ДНК «Рибо-преп» (Россия, г. Москва)), реакцию обратной транскрипции (комплекта реагентов «Реверта-Л» (Россия, г. Москва)) и амплификацию специфических генов, с учетом продуктов амплификации в режиме реального времени. Для амплификации участков исследуемых генов использовались следующие наборы реагентов:

– набор реагентов для обратной транскрипции и амплификации *Borrelia burgdorferi* s.l., (Россия, г. Москва);

– набор реагентов для выявления РНК/ДНК возбудителей инфекций, передающихся иксодовыми клещами TBEV, *Borrelia burgdorferi* s.l., *Anaplasma phagocytophilum*, *Ehrlichia chaffeensis* / *Ehrlichia muris*, в биологическом материале методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) с гибридизационно-флуоресцентной детекцией «АмплиСенс® TBEV, *B. burgdorferi* s.l., *A. phagocytophilum*, *E. chaffeensis* / *E. muris*-FL», (Россия, г. Москва).

Исследование методом ПЦР проводилось на амплификаторе ROTOR-GENE Q 6000, (Германия).

Картографирование пространственного распределения положительных находок возбудителя БЛ проводилось с применением геоинформационных технологий.

### Результаты

**Результаты исследования иксодовых клещей.** За период 2015–2021 гг. сбор и исследование клещей проводились на всех административных территориях Крыма, расположенных в горно-предгорной и степной ландшафтных зонах.

Видовое разнообразие иксодовых клещей, собранных в этот период, представлено 12 видами (*Dermacentor marginatus* – 2,4 %, *Dermacentor reticulatus* – 2,8 %, *Haemaphysalis concinna* – 0,01 %, *Haemaphysalis inermis* – 0,1 %, *Haemaphysalis otophila* (*parva*) – 3,7 %, *Haemaphysalis punctata* – 19,5 %, *Hyalomma marginatum* – 19,99 %, *Hyalomma scupense* – 0,9 %, *Ixodes redikorzevi* – 0,1 %, *Ixodes ricinus* – 11,1 %, *Rhipicephalus bursa* – 22,5 %, *Rhipicephalus sanguineus* – 16,9 %). Эти виды клещей имеют мозаичное распространение по всей территории полуострова с преобладанием некоторых видов в определенной природной зоне.

Наибольшая численность клещей (показатель средней численности клещей на 1 ф-ч) в Крыму определялась в Ленинском районе (40,8 экз. на 1 ф-ч) и далее по убыванию: г/о Ялта (33,2), г/о Феодосия (26,4), Бахчисарайский район (20,5), Нижнегорский район (20,5), Красногвардейский район (18,7),

<sup>1</sup> Вель И.П. Климатический атлас Крыма. Приложение к научно-практическому дискуссионному аналитическому сборнику «Вопросы развития Крыма». Симферополь: Таврия-Плюс, 2000. 120 с.

<sup>2</sup> Об утверждении форм федерального статистического наблюдения с указаниями по их заполнению для организации Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека федерального статистического наблюдения за санитарным состоянием субъекта Российской Федерации: Приказ Росстата от 30.12.2020 № 867. Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях. Раздел I.

<sup>3</sup> МУ 3.1.3012–12 «Сбор, учет и подготовка к лабораторному исследованию кровососущих членистоногих в природных очагах опасных инфекционных болезней». М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 55 с.

<sup>4</sup> МР 3.1.0211–20 «Отлов, учет и прогноз численности мелких млекопитающих и птиц в природных очагах инфекционных болезней». М.: Роспотребнадзор, 2020. 44 с.

<sup>5</sup> МР 3.1.7.0250–21 «Тактика и объемы зоологических работ в природных очагах инфекционных болезней». М.: Роспотребнадзор, 2021. 40 с.

Кировский район (18,6), Симферопольский район (17,9), Советский район (17,8), Черноморский район (16,3), Краснопереконский район (15,9), г/о Алушта (15,4), г. Севастополь (15,3), Сакский район (13,9), Первомайский район (12,0), Раздольненский район (11,1), г/о Судак (10,4), Джанкойский район (10,1), Белогорский район (8,3).

Высокая численность клещей в Ленинском районе (относится к степной зоне), возможно, связана с тем, что природные местообитания этого района наименее подвергаются антропогенному преобразованию (невспаханная степь, нет акарицидной обработки) и в основном используются для выпаса крупного рогатого скота – прокормителя наиболее распространенных видов клещей в данном районе).

Количество пулов иксодовых клещей, содержащих возбудитель БЛ, за период исследования (2015–2021 гг.) составило 3,8 % (101 пул). При этом в горно-предгорной зоне зарегистрировано 91,1 %, в степной зоне 8,9 % (табл. 1).

Из 92 пулов иксодовых клещей, собранных в горно-предгорной зоне, содержащих маркеры возбудителя БЛ, 8 пулов (8,7 %) сняты с животных (5 – с лошади (*D. marginatus*, *D. reticulatus*,

*H. marginatum*), 3 – с ММ (*I. ricinus*)). Из 9 положительных находок в пулах иксодовых клещей, собранных в степной зоне, 6 пулов (66,7 %) сняты с животных (5 пулов с ММ (*I. ricinus*, *I. redikorzevi*), 1 – КРС (*I. redikorzevi*). При этом маркеры боррелий не были обнаружены в материале от ММ, на которых были сняты инфицированные клещи.

**Результаты исследования ММ.** Средняя численность ММ в степной зоне составила 9,8 экз. на 100 л-с, в горно-предгорной – 7,7 экз. на 100 л-с). Положительные пробы от ММ были выявлены только в степной зоне полуострова в 5,8 % от всех исследованных особей, отловленных на этой территории (табл. 2). Наибольшее количество положительных находок было выявлено у белозубок (род *Crocidura*), серых хомячков (*Cricetulus migratorius*), обыкновенной полевки (*Microtus arvalis (obscurus)*), серой крысы (*Rattus norvegicus*), единичные – у общественной полевки (*Microtus socialis*), домового (*Mus musculus*) и степной мыши (*Sylvaeus witherbyi*).

Таким образом, все положительные на *Borrelia burgdorferi* s.l. находки проб от ММ зарегистрированы в степной зоне полуострова, несмотря на то что ареалом обитания эпидзначимых ММ

**Таблица 1. Распределение положительных находок возбудителя ИКБ среди иксодовых клещей в Республике Крым и г. Севастополе по основным климатическим зонам в 2015–2021 гг.**

**Table 1. Distribution of positive findings of the Lyme borreliosis pathogen in Ixodes ticks in the Republic of Crimea and the city of Sevastopol by the main climatic zones in 2015–2021**

| Род / Genus          | Степная зона / Steppe zone                              |                                                           |      | Горно-предгорная зона / Mountain and Foothill zone      |                                                           |      |
|----------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------|
|                      | количество исследованных пулов / number of pools tested | количество положительных пулов / number of positive pools | %    | количество исследованных пулов / number of pools tested | количество положительных пулов / number of positive pools | %    |
| <i>Dermacentor</i>   | 55                                                      | 0                                                         | 0    | 192                                                     | 5                                                         | 2,6  |
| <i>Haemaphysalis</i> | 360                                                     | 0                                                         | 0    | 252                                                     | 4                                                         | 1,6  |
| <i>Hyalomma</i>      | 365                                                     | 0                                                         | 0    | 275                                                     | 3                                                         | 1,1  |
| <i>Ixodes</i>        | 23                                                      | 9                                                         | 39,1 | 223                                                     | 80                                                        | 35,9 |
| <i>Rhipicephalus</i> | 582                                                     | 0                                                         | 0    | 297                                                     | 0                                                         | 0    |
| Bcero / Total        | 1385                                                    | 9                                                         | 0,6  | 1239                                                    | 92                                                        | 7,4  |

**Таблица 2. Распределение положительных находок возбудителя ИКБ среди ММ в Республике Крым и г. Севастополе по основным климатическим зонам в 2015–2021 гг.**

**Table 2. Distribution of positive findings of the Lyme borreliosis pathogen in small mammals in the Republic of Crimea and the city of Sevastopol by the main climatic zones in 2015–2021**

| Вид / Species                      | Степная зона / Steppe zone                               |                                                            |      | Горно-предгорная зона / Mountain and Foothill zone       |                                                            |   |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---|
|                                    | количество исследованных проб / number of samples tested | количество положительных проб / number of positive samples | %    | количество исследованных проб / number of samples tested | количество положительных проб / number of positive samples | % |
| <i>Cricetulus migratorius</i>      | 16                                                       | 2                                                          | 12,5 | 3                                                        | 0                                                          | 0 |
| <i>Cricetus cricetus</i>           | 2                                                        | 0                                                          | 0    | –                                                        | –                                                          | – |
| <i>Crocidura leucodon</i>          | 5                                                        | 1                                                          | 20,0 | –                                                        | –                                                          | – |
| <i>Crocidura suaveolens</i>        | 139                                                      | 22                                                         | 15,8 | 16                                                       | 0                                                          | 0 |
| <i>Microtus arvalis (obscurus)</i> | 11                                                       | 1                                                          | 9,1  | 66                                                       | 0                                                          | 0 |
| <i>Microtus levis</i>              | 3                                                        | 0                                                          | 0    | –                                                        | –                                                          | – |
| <i>Microtus socialis</i>           | 285                                                      | 7                                                          | 2,5  | 114                                                      | 0                                                          | 0 |
| <i>Mus musculus</i>                | 216                                                      | 9                                                          | 4,2  | 45                                                       | 0                                                          | 0 |
| <i>Mus spicilegus</i>              | 21                                                       | 0                                                          | 0    | 12                                                       | 0                                                          | 0 |
| <i>Rattus norvegicus</i>           | 12                                                       | 1                                                          | 8,3  | 8                                                        | 0                                                          | 0 |
| <i>Sicista lorigera</i>            | 1                                                        | 0                                                          | 0    | –                                                        | –                                                          | – |
| <i>Sylvaeus tauricus</i>           | 1                                                        | 0                                                          | 0    | 23                                                       | 0                                                          | 0 |
| <i>Sylvaeus uralensis</i>          | –                                                        | –                                                          | –    | 21                                                       | 0                                                          | 0 |
| <i>Sylvaeus witherbyi</i>          | 323                                                      | 17                                                         | 5,3  | 205                                                      | 0                                                          | 0 |
| Bcero / Total                      | 1035                                                     | 60                                                         | 5,8  | 513                                                      | 0                                                          | 0 |

является весь Крымский полуостров. При этом число положительных проб клещей в горно-предгорной зоне в 12,3 раза больше, чем в степной.

В динамике положительных находок на ИКБ в иксодовых клещах и ММ по годам отмечается тенденция к увеличению, что может способствовать росту числа заболеваний людей БЛ. Так, если в 2018 г. удельный вес положительных находок составлял 2,7 (иксодовые клещи) и 1,6 % (ММ), то в 2019 г. эти показатели были 4,8 и 1,9 %, в 2020 г. проводились исследования на ИКБ только ММ1, в 2021 г. 7,0 и 5,8 % соответственно.

В целом наблюдается тенденция увеличения количества положительных находок ИКБ в ММ и иксодовых клещах (рис. 1).

**Обсуждение.** Целенаправленное исследование иксодовых клещей из природных станций на наличие возбудителей БЛ на территории Крымского

полуострова начало проводиться с 2015 г., а ММ – с 2017 г. Положительные находки возбудителя БЛ в пробах иксодовых клещей и/или ММ были зарегистрированы на территории всех административных районов Крыма (кроме Кировского района) (рис. 2).

Ранее эндемичными территориями по ИКБ считались только 8 административных муниципалитетов (рис. 2)<sup>6</sup>. Традиционно основными переносчиками БЛ в Крыму считались иксодовые клещи *I. ricinus* (*I. persulcatus* – на территории Крыма не встречается). Нозоареал БЛ в Крыму совпадает с местами обитания *I. ricinus*, приурочен к горно-предгорной зоне [8, 20–22]. Однако при эпизоотологическом обследовании степной зоны выявлены *Ixodes ricinus* и *Ixodes redikorzevi*, что подтверждает более широкий ареал распространения данных видов.

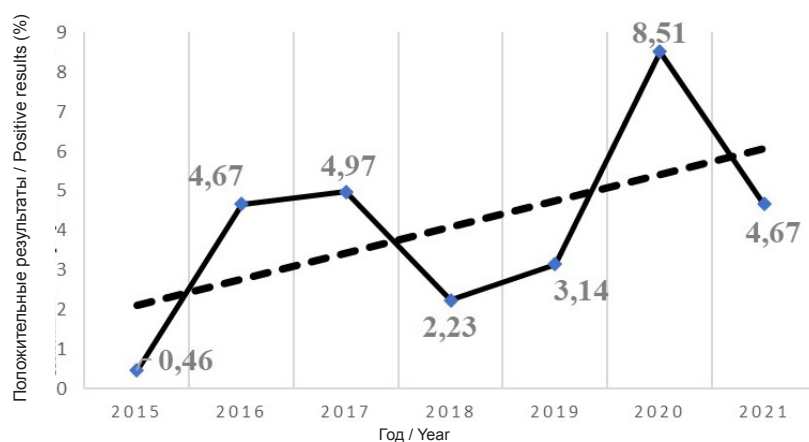


Рис. 1. Количество положительных находок *Borrelia burgdorferi* s.l. (иксодовые клещи и ММ)  
Fig. 1. The number of positive findings of *Borrelia burgdorferi* s.l. in Ixodes ticks and small mammals

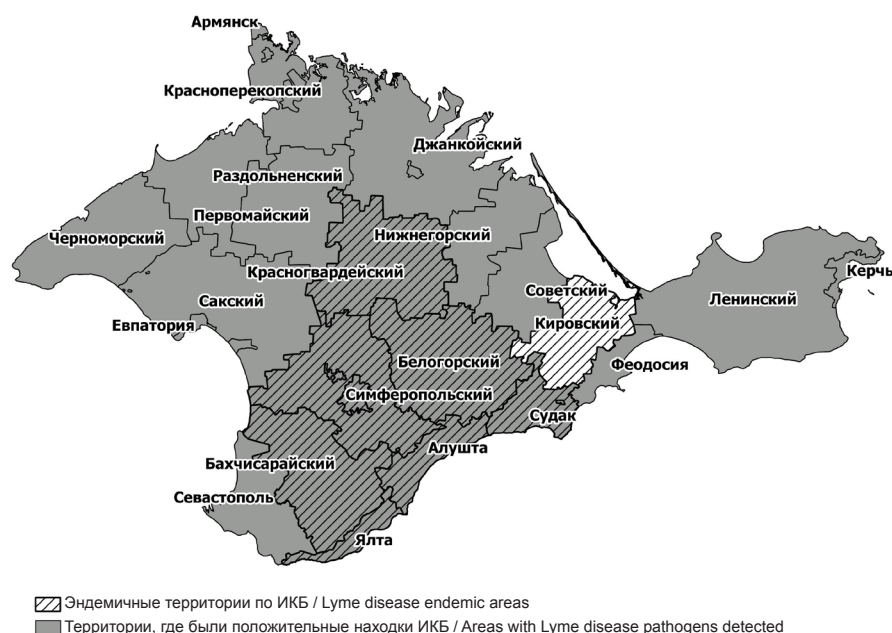


Рис. 2. Административные территории Крыма, где выявлены возбудители ИКБ в природных местообитаниях  
Fig. 2. Crimean administrative districts with Lyme borreliosis pathogens identified in natural habitats

<sup>6</sup> Про ензоотичність території України з туляремії, лептоспірозу, інших особливо небезпечних природно-вогнищевих інфекцій та заходи їх профілактики на 1999–2003 рр.: службовий лист / сост. Некрасова Л.С., Компанцев М.П., Нестеренко Л.П. [та ін.] Київ, 1999. 95 с.

По видовому разнообразию доминирующими видами клещей, содержащих возбудитель БЛ на полуострове, являются клещи рода *Ixodes* (*I. ricinus*, *I. redikorzevi*) (88,1 % из всех положительных находок на БЛ у клещей). При этом только в этих клещах в степной зоне были положительные находки на БЛ. В горно-предгорной зоне положительные находки возбудителя отмечены у 4 видов клещей (*D. reticulatus*, *D. marginatus*, *H. punctata*, *H. marginatum*). Ранее *B. burgdorferi* в Крыму была обнаружена только у 4 видов клещей (*I. ricinus*, *I. redikorzevi*, *H. punctata*, *D. marginatus*) [12].

За период 2017–2021 гг. у 7 видов ММ были выявлены маркеры возбудителя БЛ: белозубки (род *Crocidura*), серый хомячок (*C. migratorius*), обыкновенная полевка (*M. arvalis* (*obscurus*)), серая крыса (*R. norvegicus*), общественная полевка (*M. socialis*), домовая (*M. musculus*) и степная мышь (*S. witherbyi*). Ранее положительные находки на полуострове были у 3 видов грызунов (желтогорлая и степная мыши, серый хомячок) [12, 21]. Следовательно, нами выявлен более широкий круг ММ, которые могут участвовать в циркуляции *Borrelia burgdorferi* s.l., чем было выявлено в 2014 году [12].

На территории Крымского полуострова широко распространены иксодовые клещи и ММ, при исследовании которых обнаружены маркеры возбудителей ИКБ, что указывает на повсеместные риски возникновения заболеваний людей. Наряду с этим горно-предгорную зону, как и ранее, можно отнести к зоне высокого риска инфицирования людей [13]. На этой территории маркеры боррелий в пробах от иксодовых клещей были обнаружены в 91,1 % от всех положительных находок в Крыму.

В горно-предгорной зоне на фоне большого количества выявленных положительных проб от иксодовых клещей находки маркеров возбудителя ИКБ в пробах от ММ не обнаружены. При этом на степную зону приходится 100 % положительных находок маркеров возбудителя ИКБ в пробах от

ММ и 8,9 % проб с положительными находками от иксодовых клещей (рис. 3). Можно предположить, что в Крыму существует несколько природных экосистем, связанных с различными боррелиями, в циркуляции которых принимают участие ранее не исследованные нами млекопитающие (белки, ежи и др.), что заслуживает дальнейшего изучения. Клещи могут быть носителями как одного, так и нескольких бактерий (смешанные инфекции) [1, 22, 23]. Изучение разнообразия боррелий комплекса *B. burgdorferi* s.l. в Крыму не проводилось. Данная работа определена как перспективная.

### Выводы

1. Иксодовые клещевые боррелиозы распространены на всей территории Крымского полуострова.

2. Доминирующие иксодовые клещи, у которых обнаружены маркеры возбудителя ИКБ, относятся к роду *Ixodes*. В эпизоотический процесс могут быть вовлечены представители родов *Dermacentor*, *Haemaphysalis*, *Hyalomma*.

3. Основную долю от выявленных положительных находок среди ММ составляют пробы от белозубок, серого хомячка и серой крысы. Единичные положительные находки зарегистрированы при исследовании материала от степной и домовой мышей, общественной и обыкновенной полевок.

4. В последние годы практически на всей территории Крымского полуострова регистрируется увеличение количества положительных находок ИКБ при исследовании иксодовых клещей и ММ.

5. Большая часть положительных находок маркеров ИКБ среди иксодовых клещей зарегистрирована на территории горно-предгорной зоны Крыма, среди ММ — только в степной части полуострова.

6. Вопросы изучения видового разнообразия циркулирующих в Крыму боррелий, уточнения их резервуарных хозяев и переносчиков требуют дальнейшего изучения.

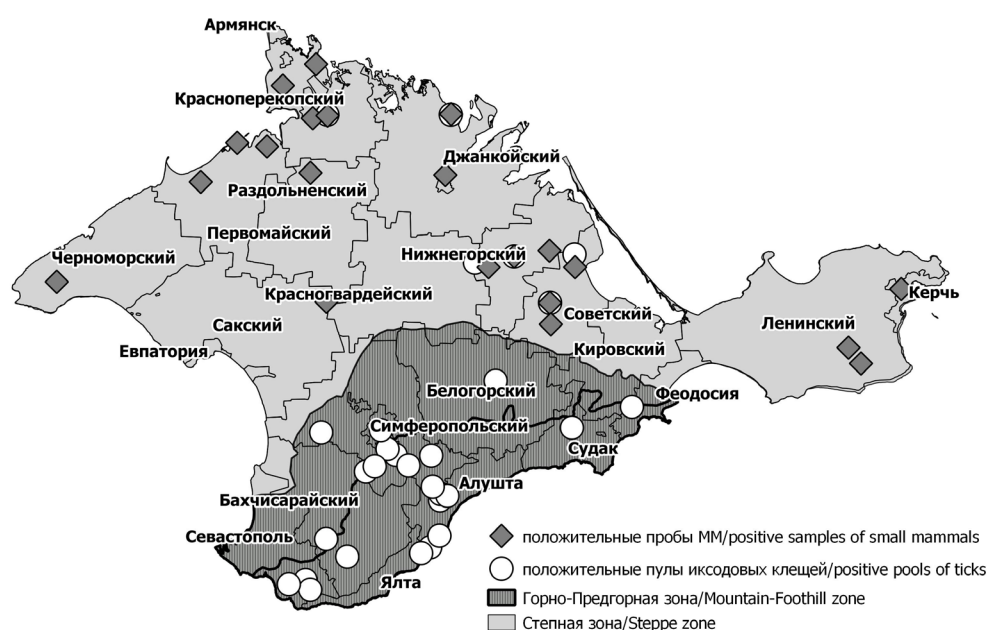


Рис. 3. Положительные на *Borrelia burgdorferi* s.l. иксодовые клещи и ММ

Fig. 3. Ixodes ticks and small mammals positive for *Borrelia burgdorferi* s.l.

## Список литературы

- Korenberg EI, Gorelova NB, Postic D, Kovalevskii IV, Baranton G, Vorob'eva NN. The reservoir hosts and vectors of *Borrelia* – the causative organisms of ixodid tick-borne borrelioses in Russia. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii*. 1997;(6):36–38.
- Gorelova NB, Korenberg EI, Kovalevskii YuV, Shcherbakov SV. Small mammals as reservoir hosts for *Borrelia* in Russia. *Zentralbl Bakteriell*. 1995;282(3):315–322. doi: 10.1016/s0934-8840(11)80132-5
- Global Vector Control Response 2017–2030*. Geneva: World Health Organization; 2017. Accessed March 4, 2022. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241512978>
- Korenberg EI, Sirotkin MB, Kovalevskii YuV. A general scheme of circulation of ixodid tick-borne borrelioses pathogens in the natural foci of Eurasia. *Entomol Rev*. 2016;96(4):484–499. doi: 10.1134/S0013873816040126
- Коренберг Э.И. Инфекции, передающиеся иксодовыми клещами в лесной зоне, и стратегия их профилактики: изменение приоритетов // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2013. № 5 (72). С. 7–17.
- Платонов А.Е., Авксентьев Н.А., Авксентьева М.В. и др. Социально-экономическое бремя пяти природно-очаговых инфекций в Российской Федерации // Фармакоэкономика. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология. 2015. № 8 (1). С. 47–56. doi: 10.17749/2070-4909.2015.8.1.047-056
- Попова А.Ю., Куличенко А.Н., Малецкая О.В. и др. Эпидемиологическая обстановка по природно-очаговым инфекциям в Крымском федеральном округе в 2014–2015 гг. // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2016. № 2. С. 62–69.
- Gern L, Humair PF. Ecology of *Borrelia burgdorferi* sensu lato in Europe. In: Gray J, Kahl O, Lane RS, Stanek G, eds. *Lyme Borreliosis: Biology, Epidemiology and Control*. Wellingford: CABI Publ.; 2002:149–174. doi: 10.1079/9780851996325.0000
- Korenberg EI. Seasonal population dynamics of ixodes ticks and tick-borne encephalitis virus. *Exp Appl Acarol*. 2000;24(9):665–681. doi: 10.1023/a:1010798518261
- Medlock JM, Hansford KM, Bormane A, et al. Driving forces for changes in geographical distribution of *Ixodes ricinus* ticks in Europe. *Parasit Vectors*. 2013;6:1. doi: 10.1186/1756-3305-6-1
- Ромашов Б.В., Волгина Н.С., Штанников А.В., Ромашова Н.Б., Транквилевский Д.В., Бахметьева Ю.О. Иксодовый клещевой боррелиоз на территории Воронежской области: экологические и эпизоотические особенности // Российский паразитологический журнал. 2012. № 1. С. 45–51.
- Горovenko M.B., Karimov I.Z. Актуальные трансмиссивные природноочаговые инфекции Крыма // Инфекция и иммунитет. 2016. Т. 6. № 1. С. 25–32. doi: 10.15789/2220-7619-2016-1-25-32
- Бациора Г.В., Федорченко С.В., Пеньковська Н.О. Районування територій Криму за ступенем епідеміологічного ризику щодо Лайм-бореліозу // Профілактична медицина. 2011. Т. 1. № 13. С. 18–22.
- Каримов И.З., Пеньковская Н.А., Горovenko M.B., Мидикари А.С. Эпидемиологические особенности болезни Лайм в Республике Крым в 2013 г. // Практическая медицина. 2014. № 7 (83). С. 109–112.
- Багрова Л.А., Боков В.А., Багров Н.В. География Крыма. Киев: Лыбидь, 2001. 302 с.
- Биологическое и ландшафтное разнообразие Крыма: проблемы и перспективы / Комитет по науке и региональному развитию при Совете министров Автономной Республики Крым совместно с Крымским научным центром Национальной Академии наук Украины и Министерства Украины по делам науки и технологий, Крымской академии наук. Симферополь: Сонат, 1999. 180 с.
- Лычак А.И., Бобра Т.В. Геоэкологическая ситуация и проблемы формирования экологической сети в Крыму // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2009. Т. 5. № 1. С. 63–69.
- Евстафьев И.Л. Иксодиды в Крыму: медико-экологические проблемы // СЕС Профілактична медицина. 2008. № 4. С. 84–87.
- Евстафьев И.Л. Болезнь Лайма: эпизоотологический аспект. Вестник Харьковского национального университета имени В.Н. Каразина. Серия «Медицина». 2002. № 4 (546). С. 42–46.
- Лукашова Л.В., Карпова М.Р., Лепехин А.В. и др. Иксодовые клещевые боррелиозы // Бюллетень сибирской медицины. 2006. Т. 5. № 1. С. 59–66.
- Евстафьев И.Л. Итоги тридцатилетнего изучения мелких млекопитающих Крыма. Часть 1. Введение, состав фауны, ареалы // Праці Теріологічної школи. 2015. Т. 13. С. 20–34.
- Коренберг Э.И., Горелова Н.Б., Ковалевский Ю.В. Основные черты природной очаговости иксодовых клещевых боррелиозов в России // Паразитология. 2002. № 36 (3). С. 177–191.
- Tälleklint L, Jaenson TG. Transmission of *Borrelia burgdorferi* s.l. from mammal reservoirs to the primary vector of Lyme borreliosis, *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae), in Sweden. *J Med Entomol*. 1994;31(6):880–886. doi: 10.1093/jmedent/31.6.880

## References

- Korenberg EI, Gorelova NB, Postic D, Kovalevskii IV, Baranton G, Vorob'eva NN. The reservoir hosts and vectors of *Borrelia* – the causative organisms of ixodid tick-borne borrelioses in Russia. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii*. 1997;(6):36–38. (In Russ.)
- Gorelova NB, Korenberg EI, Kovalevskii YuV, Shcherbakov SV. Small mammals as reservoir hosts for *Borrelia* in Russia. *Zentralbl Bakteriell*. 1995;282(3):315–322. doi: 10.1016/s0934-8840(11)80132-5
- Global Vector Control Response 2017–2030*. Geneva: World Health Organization; 2017. (In Russ.) Accessed March 4, 2022. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241512978>
- Korenberg EI, Sirotkin MB, Kovalevskii YuV. A general scheme of circulation of ixodid tick-borne borrelioses pathogens in the natural foci of Eurasia. *Entomol Rev*. 2016;96(4):484–499. (In Russ.) doi: 10.1134/S0013873816040126
- Korenberg EI. Infections transmitted by ticks in the forest area and the strategy of prevention: changing of priorities. *Epidemiologiya i Vaksino profilaktika*. 2013;(5(72)):7–17. (In Russ.)
- Platonov AE, Avksentyev NA, Avksentyeva MV, et al. Social and economic burden of five natural focal infections in the Russian Federation. *Farmakoeconomika. Sovremennaya Farmakoeconomika i Farmakoepidemiologiya*. 2015;8(1):47–56. (In Russ.) doi: 10.17749/2070-4909.2015.8.1.047-056
- Popova AY, Kulichenko AN, Maletskaya OV, et al. Epidemiologic situation by natural-foci infections in the Crimea Federal District in 2014–2015. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii*. 2016;(2):62–69. (In Russ.)
- Gern L, Humair PF. Ecology of *Borrelia burgdorferi* sensu lato in Europe. In: Gray J, Kahl O, Lane RS, Stanek G, eds. *Lyme Borreliosis: Biology, Epidemiology and Control*. Wellingford: CABI Publ.; 2002:149–174. doi: 10.1079/9780851996325.0000
- Korenberg EI. Seasonal population dynamics of ixodes ticks and tick-borne encephalitis virus. *Exp Appl Acarol*. 2000;24(9):665–681. doi: 10.1023/a:1010798518261
- Medlock JM, Hansford KM, Bormane A, et al. Driving forces for changes in geographical distribution of *Ixodes ricinus* ticks in Europe. *Parasit Vectors*. 2013;6:1. doi: 10.1186/1756-3305-6-1
- Romashov BV, Volgina NS, Shtannikov AV, Romashova NB, Trankvilevsky DV, Bahmeteva YO. Lyme disease in Voronezh region: ecological and epizootic specials. *Rossiyskiy Parazitologicheskii Zhurnal*. 2012;(1):45–51. (In Russ.)

12. Gorovenko MV, Karimov IZ. Actual tick-borne infections in Crimea. *Infektsiya i Immunitet*. 2016;6(1):25-32. (In Russ.) doi: 10.15789/2220-7619-2016-1-25-32
13. Batsyura GV, Fedorchenko SV, Pen'kovskaya NA. Crimea districting based on epidemiological risk of being infected with Lyme-borreliosis. *Profilaktichna Medicina*. 2011;1(13):18-22. (In Ukrainian.)
14. Karimov IZ, Penkovskaya NA, Gorovenko MV, Midikari AS. Epidemiological features of Lyme disease in the Republic of Crimea in 2013. *Prakticheskaya Meditsina*. 2014;7(83):109-112. (In Russ.)
15. Bagrova LA, Bokov VA, Bagrov NV. [*Geography of the Crimea*.] Kiyv: Lybid' Publ; 2001. (In Russ.)
16. [*Biological and Landscape Diversity of the Crimea: Problems and Prospects*.] Committee on Science and Regional Development at the Council of Ministers of the Autonomous Republic of Crimea jointly with the Crimean Scientific Center of the National Academy of Sciences of Ukraine and the Ministry of Science and Technology of Ukraine, Crimean Academy of Sciences. Simferopol: Sonat Publ.; 1999. (In Russ.)
17. Lychak AI, Bobra TV. [Geo-environmental situation and problems of ecological network formation in Crimea.] *Geopolitika i Ekogeodinamika Regionov*. 2009;5(1):63-69. (In Russ.)
18. Evstafiev IL. Ixodids in Crimea: medical and environmental problems. *SES Profilaktichna Meditsina*. 2008;(4):84-87. (In Russ.)
19. Evstarev IL. Laimas disease: epizootical aspect. *Vestnik Khar'kovskogo Natsional'nogo Universiteta imeni V.N. Karazina. Seriya "Meditsina"*. 2002;(4(546)):42-46. (In Russ.)
20. Lukashova LV, Karpova MR, Lepekhin AV, et al. [Ixodes ricinus-borne borreliosis.] *Byulleten' Sibirskoy Meditsiny*. 2006;5(1):59-66. (In Russ.)
21. Evstaf'ev IL. Results of a 30-years-long investigation of small mammals in Crimea. Part 1. Introduction, fauna composition, ranges. *Praci Teriologichnoi Shkoli*. 2015;13:20-34. (In Russ.) doi: 10.15407/ptt2015.13.020
22. Korenberg EI, Gorelova NB, Kovalevskii YuV. Main features of natural focalicity of ixodid tick-borne borreliosis in Russia. *Parazitologiya*. 2002;36(3):177-191. (In Russ.)
23. Tälleklint L, Jaenson TG. Transmission of *Borrelia burgdorferi* s.l. from mammal reservoirs to the primary vector of Lyme borreliosis, *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae), in Sweden. *J Med Entomol*. 1994;31(6):880-886. doi: 10.1093/jmedent/31.6.880



## Из истории создания и развития санитарно-эпидемиологической службы Новосибирской области

Город Новониколаевск, переименованный в 1925 году постановлением I Общесибирского съезда Советов в Новосибирск, – с исторической точки зрения город молодой. Своим рождением обязан строительству Транссибирской железнодорожной магистрали и строительству железнодорожного моста через реку Обь. Удачное местоположение города оказалось привлекательным местом для переселенцев и способствовало увеличению его численности. Территория Новосибирской области до 1921 г. входила в состав Томской губернии, с 1921 по 1925 г. – в состав Новониколаевской губернии, с 1925 по 1930 г. – в состав Сибирского края и с 1930 по 1937 г. – Западно-Сибирского края. Официально годом образования Новосибирской области принято считать 1937 год, когда Сибирский край был разделен на Новосибирскую область и Алтайский край.

Первая мировая война, а затем и Гражданская война предопределили гуманитарную катастрофу в Российском государстве. Продолжительность жизни была на 14–19 лет ниже, чем в европейских странах. В этот период стремительно ухудшаются условия и качество жизни населения страны.

Сибирь в начале прошлого столетия также отличалась высоким уровнем инфекционной заболеваемости и смертности населения. При этом массовый приток жителей из Европы в Сибирь и размещение там лагерей для военнопленных немцев, австрийцев, чехов, голод в результате засухи и разруха – все это на фоне отсутствия санитарного обустройства территории создавало условия для роста заболеваемости и смертности населения региона, в т. ч. от сыпного и брюшного тифа, туберкулеза, сифилиса, малярии, дизентерии, холеры.

Таким образом, остро встал вопрос создания структуры, которая могла бы решать важнейшие стратегические задачи сохранения и приумножения народонаселения, оперативно и фундаментально реагировать на рост инфекционной заболеваемости и смертности проживающего в Сибири населения, защищать граждан от эпидемических угроз.

Профессор Владимир Антонович Пулькис, характеризуя санитарное дело Сибири до революции писал: «Сибирский край никогда не имел санитарной организации, а между тем численность населения неудержимо возрастала, возникали новые города, промышленные и торговые предприятия, происходил огромный рост объектов, требующих контроля за их санитарией, при полном отсутствии санитарных организаций. Санитарная организация в дореволюционное время была представлена только в городах, и то в крайне слабой степени, в сельской местности ее не существовало» [2, 3]. Таким образом, санитарной организации в современном понимании город Новониколаевск не имел. Некоторые функции санитарного надзора выполнял единственный врач санитарного бюро городской управы. В первом революционном Совете народных депутатов Новониколаевска в 1917 г. была создана секция здравоохранения, которую возглавил врач Александр Алексеевич Станкеев. В то время в городе было 4 врача и 15 фельдшеров

(1 врач на 26,5 тысячи населения, 1 средний медработник на 7 тысяч человек). После 1917 года одним из первых мероприятий Сибздздрава, как и других органов управления здравоохранением по всей стране, явилась ликвидация межведомственной разобщенности и установление единой системы охраны здоровья на всей территории Сибири. Наряду с решением вопросов, связанных с формированием органов управления здравоохранением, Новониколаевский ревком принял решительные меры по мобилизации сил и средств на борьбу с эпидемиями.

В сентябре 1919 года в Новониколаевске был создан Сибревком и при нем отдел здравоохранения с двумя подотрядами – лечебным и санитарным. Санитарным подотрядом заведовал Александр Павлович Гумилевский.

Работа отдела в течение нескольких лет была направлена на борьбу с эпидемиями. Отступающие белые армии оставляли госпитали, переполненные больными и ранеными. Многие частные дома были превращены в лазареты для сыпнотифозных больных. Положение усложнилось неурожаем и голодом в Поволжье. Сотни тысяч истощенных людей устремились в Сибирь по единственной железной дороге – Транссибирской магистрали. Наплыв беженцев способствовал распространению сыпного тифа, заболеваемость которым была крайне высока и достигала 2745 случаев на 100 тысяч населения. В это время вся тяжесть работы легла на санитарные службы городов, расположенных вдоль железной дороги [2]. 30 декабря 1919 года в Сибири для борьбы с эпидемией была создана чрезвычайная комиссия по тифу – ЧЕКАТИФ, возглавил ее Владимир Михайлович Косарев. В губерниях, уездах и волостях создавались свои ЧЕКАТИФы, облеченные особыми полномочиями и последовательно проводившие неотложные противоэпидемические мероприятия, спасая жизни сотен тысяч людей.

В течение 1918–1922 гг. Совнаркомом было утверждено свыше ста декретов по организации здравоохранения и санитарии. С трибуны VIII съезда партии В.И. Ленин призывал: «Все внимание этому



Станкеев А.А.  
(Государственный архив Новосибирской области)

вопросу! Или вши победят социализм, или социализм победит вшей». Профессор Виктор Андреевич Бешенин, бывший военный гарнизонный врач, организатор борьбы с эпидемиями, в статье «Эпидемические наблюдения в эпоху гражданской войны» писал, что «...к 15 января 1920 года в военном городке Новониколаевска только пленных было сосредоточено 43 756 человек. Санитарной организации не существовало. На весь городок было лишь два врача, и те болели тифом. Сначала работал только один госпиталь на 1260 мест, позже в военном городке было развернуто более 5000 больничных мест». В январе 1920 года отдел здравоохранения Новониколаевска открыл уже 4 постоянные больницы на 275 коек, 4 временных заразных барака на 440 коек, 2 родильных дома на 30 коек, 4 амбулатории, дом матери и ребенка, 2 дома малюток. На 1 апреля 1920 года в городе было развернуто 11 госпиталей с 12 000 коек.

В состав чрезвычайных комиссий по борьбе с тифом и холерой входили представители отдела здравоохранения, санитарной части 5-й армии, губпродкома и других организаций. В начале января 1920 года приступили к работе центральная дезинфекционная станция, дезинфекционная камера на сухарном заводе и дезинфекционные камеры для тифозных бараков и госпиталей. Был организован ассенизационный обоз. Вдоль линии железной дороги в Сибири открыли санитарно-питательные и банно-прачечные пункты, а военная санитарная служба оборудовала первые изоляционные пункты.

Организаторами борьбы с эпидемиями в Новониколаевске были Виктор Андреевич Башенин и Михаил Семенович Фролов. Ко времени возникновения новых эпидемических вспышек 1921–1922 гг. город имел в своем распоряжении сформированную санэпидстанцию в составе двух санитарных врачей, дезинфекционного бюро, санитарного транспорта, коечного фонда. Все это дополнялось довольно мощным по тем временам изоляционно-пропускным пунктом на 200 мест, а также изолятором на 400 мест с отделением для больных холерой, тремя банями с пропускной способностью до 4 тысяч человек в день, карантинными бараками на 500 человек, серной дезкамерой с пропускной способностью 300 штук белья в день и бельевым фондом на 8000 комплектов. Персонал состоял из 650 человек, в их числе

было 4 врача и 32 средних медицинских работника. Для дезинфекции вагонов и вокзальных помещений был сформирован специальный отряд. Кроме того, на станциях Татарская и Барабинск были открыты изоляционно-пропускные пункты. Эти мероприятия позволили успешно бороться с новыми волнами эпидемий холеры и тифа [2]. Однако летальность среди заболевших была огромна (около 20 %). Можно считать, что сыпным и возвратным тифом переболела практически половина городского населения. Источенные войной и голодом люди легко становились добычей тифа. К весне в городах Сибири под снегом скопились десятки тысяч трупов погибших людей, и потепление грозило резко усугубить и без того тяжелое санитарное состояние населенных пунктов. Для успешной работы и борьбы с эпидемиями широко привлекались члены профсоюзов. В первичных профсоюзных организациях создавались так называемые «санитарные тройки». Для «троек» ЧЕКАТИФом разработал инструкцию, в которой были предусмотрены санитарно-гигиенические нормы и правила поведения в общежитиях, местах общественного пользования. Заканчивалась инструкция обращением к членам профсоюзов: «Все меры, употребляемые для преодоления эпидемий, дадут благие результаты лишь в том случае, когда члены союза будут понимать всю пользу этих мер и сами пойдут навстречу их выполнению». В решениях ЧЕКАТИФа среди важнейших задач отмечалась и необходимость проведения санитарно-просветительской работы [2].

В 1922 году после проведения широкомасштабных профилактических мероприятий эпидемия тифа в г. Новониколаевске была побеждена.

В июне 1921 года ВЦИК РСФСР принял постановление об образовании Новониколаевской губернии. Город Омск передал новой столице штаты управленцев, милиции и главное – смету работников санитарной службы. Борьба с эпидемиями и разрухой пошла быстрыми темпами. Первые участия в селах (на базе которых в дальнейшем образовались участковые больницы) Новониколаевской губернии появились в эти годы в Каргате, Колывани, Камне-на-Оби, Каинске, Черепанове. Организаторами сельских санитарных участков были врачи Л.Л. Айзин, Е.А. Данин, Н.Н. Фельдман, Л.М. Сырнев, Д.Г. Григорович и другие. Существенный вклад

Таблица 1. Распространение эпидемии в сибирских городах в 1920 г. (чел.) [4]

| Период   | Сыпной тиф | Возвратный тиф | Брюшной тиф | Натуральная оспа |
|----------|------------|----------------|-------------|------------------|
| Январь   | 48 971     | 22 471         | 4 361       | 38               |
| Февраль  | 82 688     | 59 539         | 9 070       | 85               |
| Март     | 47 414     | 40 096         | 7 496       | 295              |
| Апрель   | 47 856     | 30 009         | 8 511       | 1 515            |
| Май      | 20 201     | 17 027         | 4 676       | 1 815            |
| Июнь     | 14 813     | 13 939         | 2 605       | 1 053            |
| Июль     | 8 222      | 8 793          | 2 026       | 640              |
| Август   | 3 507      | 6 233          | 2 510       | 245              |
| Сентябрь | 3 402      | 6 569          | 3 617       | 164              |
| Октябрь  | 3 034      | 5 872          | 3 928       | –                |
| Ноябрь   | 4 405      | 8 674          | 3 752       | –                |
| Декабрь  | 4 830      | 8 356          | 3 374       | –                |
| Итого    | 289 343    | 227 578        | 55 926      | 5 850            |

в организацию и развитие санитарного дела в Новониколаевске внес работавший в городе с 1920 года Александр Аркадьевич Ицкович, ставший впоследствии заслуженным врачом РСФСР. Под его руководством был разработан и издан Кодекс местных санитарных правил и постановлений, общих для всей Сибири, расширена санитарная лаборатория, созданы специализированные учреждения [2].

Кроме эпидемии тифа с июня 1921 года на Сибирской железной дороге разразилась эпидемия холеры, а затем – чумы.

1 апреля 1922 года Сибздравотдел принимает решение об усилении санитарно-просветительской работы по борьбе с эпидемией чумы. В 1923 году впервые в Новониколаевске образуется пастеровская станция, первым руководителем которой был врач В.К. Парнов, с санитарно-бактериологической и клинико-диагностической лабораториями. Дезинфекционное городское бюро, сформированное в период эпидемии тифов и выполнявшее ограниченные функции, реорганизуется в 1924 году в городскую дезинфекционную станцию. Руководителем и организатором этого учреждения был санитарный врач Л.М. Сырнев.

14 марта 1924 г. в Новониколаевске проходил съезд работников здравоохранения Сибири с участием наркома здравоохранения Н.А. Семашко. Съезд наметил широкие мероприятия по увеличению коечной сети, широкому развертыванию санитарной помощи населению, план мероприятий по борьбе с социальными болезнями.

В марте 1923 года отдел здравоохранения Сибревкома был упразднен, а его функции перешли к управлению уполномоченного Наркомздрава РСФСР по Сибири. Через два года прежняя структура восстанавливается, а в 1925 году создается Сибирский краевой отдел здравоохранения. Один из первых организаторов Сибкрайздравотдела проф. В.А. Пулькис писал: «Санитарно-профилактическая работа до сих пор не вошла в круг неотложных и важнейших вопросов; пока близкими сердцу и понятными остаются лечебные учреждения и мероприятия... Выдвижение на первый план вопросов профилактического порядка является неотложной задачей» [2].

Серьезную проблему в 20-е годы представляла малярия. По воспоминаниям Л.Л. Айзина, за 8 месяцев 1925 года на Сибирской железной дороге был зарегистрирован 13 641 случай свежей малярии, в том числе в Татарске 557 случаев, а в Купине заболело 82 % населения; 36 % водников Обского пароходства страдали малярией. Несмотря на проводимые противоэпидемические мероприятия, ситуация по малярии длительное время оставалась неустойчивой. Мероприятия по осуществлению анофелогенных водоемов не давали ожидаемого эффекта. Проблема была решена после введения практики применения мероприятий по борьбе с личинками комаров.

Многие жители области были поражены трахомой. «Эпидемическое состояние в Сибири, – писал В.А. Пулькис, – остается крайне неблагоприятным и, хотя в 1925 году отмечается некоторое снижение таких острозаразных заболеваний, как тиф, сибирская язва, оспа, холера, однако возвратный тиф, малярия, трахома, туберкулез, сифилис остаются на не-

виданных цифрах, причем Новониколаевский округ является настоящим рассадником туберкулеза, малярии, венерических заболеваний» [2]. Трахома протекает десятилетиями и вызывает катастрофическое понижение остроты зрения. Постановлением ВЦИК и СНК РСФСР от 28 ноября 1927 г. в стране впервые на государственном уровне были даны директивы по борьбе с трахомой как с социальным бедствием. По данным обследований населения, до 1939 г. в Новосибирской области пораженность трахомой составляла 5–7 %.

В 1925 г. в Новониколаевске был создан краевой санэпидсовет, который сыграл большую роль в развитии санитарной организации области, на сессиях которого рассматривались наиболее актуальные вопросы проведения противоэпидемических мероприятий, санитарного оздоровления городов, профессиональной заболеваемости жителей региона [5–10].

Уже в годы первой пятилетки Новосибирск становится крупным промышленным центром, развивается промышленность – черная и цветная металлургия, добыча каменного угля. В 1926 году окружной исполком принимает решение о строительстве водопровода и канализации в Новосибирске, об очистке улиц, ликвидации заболоченных прудов и водяных мельниц на реках Каменке и Ельцовке (нижние притоки Оби). В 1927 году в Новосибирске вводится в эксплуатацию первый хозяйственно-питьевой водопровод. Развитие различных отраслей промышленного производства и вовлечение в них тысяч молодых рабочих вызывало необходимость организации в городе новой, специализированной отрасли санитарного дела – промышленно-санитарного надзора. Создание в пригородной полосе крупнейших хозяйств, призванных снабжать большой город овощами, молоком, мясом, расширяло круг обязанностей органов городского санитарного надзора, которым необходимо было своевременно проводить санэпидмероприятия в отношении этих объектов. 17 декабря 1929 года был открыт Западно-Сибирский краевой институт по изучению профзаболеваний. Исследования проводились на кемеровских заводах – коксохимическом, гидрогенизационном, азотно-туковом, а также на Новосибирском заводе синтетической камфары. На этих объектах изучались условия труда, состояние здоровья рабочих, роль отдельных химических материалов в профпатологии, общая и профессиональная заболеваемость, токсические свойства химических продуктов.

Активными деятелями и сподвижниками санитарной службы региона были Николай Васильевич Платонов (руководитель противомаларийной станции с 1924 по 1948 год); Александр Аркадьевич Ицкович (первый главный санитарный врач Новосибирска с 1922 по 1941 гг.); Саул Вульфович Певзнер (возглавлял государственную санитарную инспекцию более 20 лет); Марк Абрамович Грилихес (организатор и руководитель городской бактериологической лаборатории с 1926 года, с 1946 г. – главный врач городской санитарно-эпидемиологической станции) [2].

За советский довоенный период благодаря реализуемым противоэпидемическим мероприятиям в Новосибирской области смертность от туберкулеза была снижена вдвое, временная нетрудоспособность

по туберкулезу – втрое. Венерические заболевания, трахома, чесотка утратили массовый характер. Заболеваемость сифилисом снизилась в 10 раз, гонорей – в пять раз [11–14].

В годы войны санэпидслужба Новосибирска была перепрофилирована на решение стратегических задач военного времени – профилактику инфекционных и паразитарных заболеваний. В это время также интенсивно развиваются гигиенические направления: гигиена детей и подростков, гигиена труда и питания, коммунальная гигиена. Подавляющее большинство лечебных учреждений были отданы под тыловые госпитали. Проведение эффективных санитарно-гигиенических и противоэпидемических мероприятий способствовало эпидемическому благополучию Новосибирской области в военный период.

Таким образом, был заложен фундамент развития государственной санитарно-эпидемиологической службы Сибири как стройной, четко организованной федеральной структуры, наделенной полномочиями законотворчества, введения нормативно-правовых актов, обеспечивающих единство подходов к решению актуальных задач в области гигиены труда и профпатологии, гигиены детей и подростков, гигиены питания, коммунальной и радиационной гигиены, токсикологии, эпидемиологии. Это делает органы госсанэпидслужбы Сибири мощной, оперативной организацией, способной к решению современных задач государственного масштаба. С пандемией COVID-19 вновь потребовалось ее умение слаженно действовать в режиме чрезвычайной ситуации для эффективной противоэпидемической защиты населения, оперативно и четко реагировать на возникающие угрозы так же, как это было и 100 лет назад.

#### Список литературы

1. Кисельников А.А., Конотопцева О.В. Восемьдесят лет Новосибирской области: достигнутое состояние // Вестник НГУЭУ. 2017. № 4. С. 174–192.
2. Центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора в Новосибирской области. 80 лет. Документально-публицистическое издание / под общей редакцией В.Н. Михеева. Новосибирск, 2002.
3. Исупов В.А. Социальные и природные факторы демографической катастрофы в Западной Сибири (начало 1930-х гг.) // Исторический курьер. 2018. № 1. URL: <http://istkurier.ru/data/2018/ISTKURIER-2018-1-11.pdf>. DOI: 10.31518/2618-9100-2018-1-11
4. ЧЕКАТИФ: Томская (Новониколаевская) губернская чрезвычайная комиссия по борьбе с тифом (декабрь 1919 г. – апрель 1920 г.): Сборник документов и материалов. Новосибирск, 2021. 200 с.
5. Пулькис В. Эпидемическое состояние Сибири и борьба с эпидемиями // Сиб. мед. журн. 1925. № 1. С. 9–10.
6. Орлова И.В. Создание медико-санитарной сети в Восточно-Сибирском регионе в годы НЭПа // Иркутский историко-экономический ежегодник. Иркутск: изд-во БГУЭП, 2011. С. 306.
7. Шаламов В.А. Санитарное просвещение Сибири в 1920–1930-е годы // Сиб. мед. журн. (Иркутск). 2013. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sanitarное-prosveschenie-sibiri-v-1920-1930-e-gody>
8. Колганов А.В. Из истории санитарно-эпидемиологической службы Хабаровского края // Дальневосточный Журнал Инфекционной Патологии. 2007. № 11.
9. Рудаков Н.В., Ястребов В.К. История санитарно-эпидемиологической службы Омской области // Национальные приоритеты России. 2017. № 4 (26).
10. История создания Санитарно-эпидемиологической службы в городе Красноярске. URL: <https://fbuz24.ru/News/Get/9342>
11. Кисельников А. Предначертано судьбой. на линии фронта в глубоком тылу. Вестник НГУЭУ. 2020. № 3. С. 190–197.
12. Санитарно-эпидемиологическая служба и ее руководители. Из истории здравоохранения России в XX веке. М.: Медицина, 2003. 256 с.
13. Архивные данные (Государственный архив Новосибирской области).

И.И. Новикова, В.Н. Михеев, И.Ф. Мингазов,  
ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора

А.Ф. Щербатов,  
Управление Роспотребнадзора по Новосибирской области

А.С. Крива,  
Управление Роспотребнадзора по Омской области

## Из истории создания и развития санитарно-эпидемиологической службы Омской области

Рассматривая историю создания и развития санитарно-эпидемиологической службы Омской области, можно с уверенностью констатировать, что XX век принес больше достижений в области санитарной охраны, чем все предыдущие столетия.

В начале советской эпохи страна представляла собой картину повсеместного голода и разрухи, возникшей в результате Первой мировой и Гражданской войн. К этому времени уровень смертности среди населения утроился, а уровень рождаемости сократился вдвое. Только организованная санитарно-эпидемиологическая служба и налаженная система здравоохранения могли спасти страну от вымирания, помочь в борьбе с болезнями и эпидемиями. Уже в 1918 году новое правительство начинает активно создавать теоретические основы санитарно-эпидемиологической службы и формировать органы управления. Безусловно, основные принципы закладывались исходя из имеющегося опыта, накопленного российскими санитарными врачами и эпидемиологами.

Должность санитарного врача в Омске утверждена Омской городской думой в 1902 году, но только в 1911 г. был приглашен на службу первый санитарный врач Н.М. Кононов. В 1911 г. городская дума утвердила положение о санитарной комиссии, на которую возлагались обязанности по разработке мероприятий по санитарному благоустройству города и проведению санитарного надзора. И все же отправной точкой для полноценного и системного развития санитарно-эпидемиологической службы в Омской области стал изданный 15 сентября 1922 года декрет Совета народных комиссаров РСФСР «О санитарных органах республики». Так, если санитарная организация в г. Омске до 1916 года состояла из двух санитарных врачей (Н.Л. Кононов и М.Н. Козьмин), то в 1923 году она имела в своем составе уже десять врачей. В марте 1923 года состоялся Первый омский губернский съезд работников медико-санитарного дела. В 1926 году специализированная санитарная служба возникла на Западно-Сибирском отделении железной дороги.

В 1934 году был создан областной отдел здравоохранения, в состав которого вошла областная государственная санинспекция. Первым государственным санинспектором был назначен А.Ф. Кузнецов, затем Г.А. Фяскин, а с 1946 года – С.А. Пулькис.

Помимо борьбы с эпидемиями санитарные врачи занимались проверкой учреждений торговли и общественного питания. К примеру, в 1937 году государственные санитарные инспектора наложили 1400 штрафов, возбудили против нарушителей 47 судебных дел, закрыли 222 предприятия как в городе, так и на селе, не соответствующих санитарным правилам.

С 1937 по 1939 г. были созданы Павлоградская, Тарская, Тюкалинская, Исилькульская санэпидстанции. По решению облисполкома от 14.04.1940 в Омске была организована областная санитар-

но-гигиеническая лаборатория, первой заведующей которой была Александра Михайловна Шумилова.

Население Омска в это время насчитывало свыше 260 тыс. человек. Город оставался неблагоустроенным. По данным архивов, тогда в области работало 23 санитарных врача и 64 средних медработника. В районах области действовало 8 санитарно-бактериологических лабораторий, где выполнялось до 6 тысяч исследований.

В 1941 году в области трудились 23 санитарных врача, в 1942 году – 52. Число врачей возросло за счет привлечения специалистов, эвакуированных из других городов, а также благодаря тому, что в 1942 году первых санитарных врачей выпустил Омский мединститут.

В 1942 году появились санэпидстанции в Тюкалинском, Павлоградском районах и Сталинском районе г. Омска, в 1943 году – в Русско-Полянском, Черлакском, Одесском, Горьковском, Колосовском, Седельниковском, Большеуковском, Называевском, Тевризском, Абатском, Васисском, Сорокинском, Казанском районах. В 1944 году санэпидстанции появились в Большереченском, Саргатском, Крутинском, Любинском, Муромцевском, Шербакульском районах.

Параллельно с организацией сельских санэпидстанций продолжается создание СЭС в городе. В 1945 г. организуется СЭС Центрального района, в 1946-м – СЭС Ленинского района.

К 1948 году область располагала 37 районными санитарно-эпидемиологическими станциями, обеспеченными помещениями и транспортом. В 1949 году была организована городская санэпидстанция, первым главным врачом которой был Соколов Николай Петрович.

В 1949–1950 гг. организуется специализированная санитарная служба на водном транспорте – Иртышская бассейновая, а также линейные санэпидстанции.

На 1 января 1956 года в области работал 61 санитарный врач, 33 из них – в городах и рабочих поселках, 28 – на селе.

Большое значение имело постановление Правительства «О государственном санитарном надзоре в СССР» (1973 г.). Это постановление определило новые направления работы учреждений госсанэпидслужбы: государственный санитарный надзор за производством, хранением, транспортировкой и реализацией продуктов питания, применением и захоронением радиоактивных веществ и источников ионизирующих излучений, ядовитых и химических средств защиты растений и другие важные аспекты, в том числе были приняты серьезные меры по укреплению материально-технической базы и определен единый тип учреждений системы санэпидслужбы – санитарно-эпидемиологические станции.

В 80-х годах в городах Омской области работало 40 санэпидстанций, дезстанция, 48 бактериологических лабораторий, Дом санитарного просвещения.

Общая численность сотрудников превышала 1000 человек: 290 врачей и специалистов с высшим и 822 со средним медицинским образованием.

Следующим этапом в совершенствовании санэпидслужбы стали Закон РСФСР «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (1991 г.) и Положение о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании. Санэпидстанции стали именоваться центрами государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Госсанэпидслужба в Омской области в 2002 году была представлена Центром госсанэпиднадзора в Омской области, Центром госсанэпиднадзора в г. Омске, 32 центрами в районах области, 5 центрами госсанэпиднадзора в административных округах г. Омска. В этой системе работало 508 врачей и 796 специалистов со средним медицинским образованием.

Очередной этап модернизации системы государственного санитарно-эпидемиологического надзора произошел в соответствии с Указом Президента РФ «О системе и структуре федеральных органов исполнительной власти». В масштабах страны новая структура получила название «Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека» (Роспотребнадзор). Затем

был издан приказ Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека «О реорганизации территориальных органов Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека» № 37 от 21.12.2004.

Для осуществления этой деятельности на территории области было создано Управление Роспотребнадзора по Омской области. Кроме городских и областных территориальных отделов госсанэпидслужбы, центров госсанэпиднадзора г. Омска и Омской области в состав управления вошла госторгинспекция по Омской области в виде отдела по защите прав потребителей. Для обеспечения деятельности управления было создано ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Омской области».

Сегодня Управление Роспотребнадзора по Омской области осуществляет государственный надзор непосредственно по г. Омску и в Омском районе. В остальных сельских районах области действуют 7 отделов управления, они обслуживают несколько закрепленных за ними районов области; их деятельность обеспечивают 7 филиалов ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Омской области».

*А.С. Крига, С.В. Никитин, Е.В. Лавринова, М.Н. Черкашина*

*Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Омской области,*

*Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения  
«Центр гигиены и эпидемиологии в Омской области»*

**К 65-летию трудовой деятельности  
Архангельской Генриэтты Владимировны  
в Санкт-Петербургском научно-исследовательском институте  
радиационной гигиены**

Г.В. Архангельская в 1948 году окончила среднюю школу с золотой медалью и поступила в I-й Московский медицинский институт им. И.М. Сеченова на санитарно-гигиенический факультет, который окончила с отличием. В 1954 году зачислена в аспирантуру на кафедру гигиены труда и промышленной токсикологии. В декабре 1957 года она успешно защитила кандидатскую диссертацию по теме «Материалы к гигиенической оценке производственной пыли пыли пресс-порошков пластмасс» и по распоряжению руководства МЗ РСФСР направлена на работу в Ленинградский НИИ радиационной гигиены.



В первые годы трудовой деятельности темой ее научной работы было изучение физических методов дезактивации тканей защитной одежды в районах с условиями радиоактивного загрязнения местности и на объектах Министерства среднего машиностроения. Генриэтта Владимировна принимала участие в работах по ликвидации последствий радиационной аварии на ПО «Маяк» в Челябинской области (1958 г.).

С 1962 по 1964 год Г.В. Архангельская – ученый секретарь института и старший научный сотрудник лаборатории радиационной защиты. С марта 1965 года – старший научный сотрудник лаборатории радиационной безопасности. Работы, относящиеся к периоду 1958–1964 гг., можно разделить на два направления, первое из которых – изучение влияния естественного повышенного радиационного фона на состояние здоровья и физическое развитие населения. Второе направление – изучение метаболизма радиоактивных веществ в организме с целью гигиенического нормирования, разработка мер по профилактике поступления и ускорению выделения радиоактивных веществ из организма.

С 1966 года Генриэттой Владимировной проводились научные исследования по вопросу защиты организма от осколочных изотопов йода. Она принимала активное участие в разработке инструкции по проведению йодной профилактики в случае аварии ядерного реактора (1967 г.), методических указаний по вопросу защиты от радиоактивного йода для населения, проживающего вокруг АЭС (1971 г.). Результаты исследований 1965–1970 гг. были обобщены в докторской диссертационной работе по специальности «Гигиена» (1971 г.). В 1972 году опубликована монография «Радиоактивный йод в проблеме радиационной безопасности».

С августа 1975 года Г.В. Архангельская руководила группой научной медицинской информации и патентования в научно-организационном отделе, который

и возглавила в октябре 1976 года. Впервые под ее руководством были разработаны тезаурус и словарь терминов по радиационной гигиене. Генриэтта Владимировна была одним из инициаторов создания в Ленинграде секции научно-медицинской информации и много лет являлась ее руководителем, а также членом правлений Ленинградского и Всесоюзного научных обществ историков медицины.

С мая 1986 года Г.В. Архангельская принимала участие в работе по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС. В 1987 году приказом МЗ РСФСР была назначена ответственным исполнителем союзной и республиканской программ в части популяризации радиационно-гигиенических знаний среди населения. С ее участием были разработаны программа радиационно-гигиенического обучения различных групп населения, методические документы, многочисленные учебные материалы. С июня 1994 года Г.В. Архангельская – главный научный сотрудник в группе по социально-психологической реабилитации населения загрязненных территорий.

В период с 2004 по 2008 г. Г.В. Архангельская исполняла обязанности заведующей лабораторией экологии и по настоящее время является главным научным сотрудником этой лаборатории.

В течение 2009–2011 гг. Генриэтта Владимировна принимала активное участие в международной программе Союзного государства под эгидой МЧС по смягчению социально-психологических последствий аварии на ЧАЭС для населения загрязненных территорий России и Белоруссии, участвовала в проведении обучающих семинаров для различных групп специалистов по вопросам радиационной безопасности и правилам проживания на загрязненных территориях.

Итоги научной деятельности Г.В. Архангельской нашли воплощение в более чем 300 публикациях, которые известны как в нашей стране, так и за рубежом и широко используются в решении многих вопросов обеспечения радиационной безопасности и социально-психологической реабилитации населения.

За многолетний труд Г.В. Архангельская награждена медалями «За трудовую доблесть», «Ветеран труда», «Имени профессора П.В. Рамзаева» и «95 лет Госсанэпидслужбе России», значком «Отличник здравоохранения», ведомственным нагрудным знаком МЧС России «За заслуги», памятным знаком «Участник ликвидации последствий аварии в 1957 году на ПО «Маяк», отмечена почетными грамотами МЗ РФ, Роспотребнадзора, ФБУН «НИИРГ им. П.В. Рамзаева».

*Коллектив ФБУН «НИИРГ им. проф. П.В. Рамзаева» сердечно поздравляет  
Генриэтту Владимировну с почётным юбилеем – 65-летием работы в институте,  
желает крепкого здоровья, творческих успехов, продолжения успешного пути в науке.*