



RUSSIAN MONTHLY PEER-REVIEWED
SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL

**PUBLIC HEALTH AND
LIFE ENVIRONMENT**

MOSCOW, RUSSIAN FEDERATION

ЗНисО

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

16+

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ И СРЕДА ОБИТАНИЯ

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya – ZNiSO

Основан в 1993 г.

Established in 1993

№5

Том 31 · 2023

Vol. 31 · 2023

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

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

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

Москва • 2023

Здоровье населения и среда обитания –

ЗНЦО

Рецензируемый
научно-практический журнал
Том 31 № 5 2023

Выходит 12 раз в год
Основан в 1993 г.

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуни-
каций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации
средства массовой информации
ПИ № ФС 77-71110
от 22 сентября 2017 г. (печатное
издание)

Учредитель: Федеральное бюд-
жетное учреждение здравооо-
хранения «Федеральный центр
гигиены и эпидемиологии»
Федеральной службы по надзору
в сфере защиты прав потребите-
лей и благополучия человека

Цель: распространение основных
результатов научных исследова-
ний и практических достижений
в области гигиены, эпидемиоло-
гии, общественного здоровья
и здравоохранения, медицины
труда, социологии медицины,
медико-социальной экспертизы
и медико-социальной реабили-
тации на российском и междуна-
родном 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 исклю-
чения неэтичных действий
или плагиата со стороны авторов,
нарушения общепринятых прин-
ципов 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
индивидуальный код DOI (Crossref
DOI prefix: 10.35627).

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

© ФБУЗ ЦЦГиЭ Роспотребнадзора,
2023

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.; старший преподаватель 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 ЦЦГиЭ 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 ФГАУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет) (г. Москва, Российская Федерация)

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

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

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

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

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

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Е.А. Кузьмина к.м.н.; заместитель главного врача ФБУЗ ЦЦГиЭ 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-Несевра д.социол.н., доц.; заведующий лабораторией методов анализа социальных рисков ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора (г. Пермь, Российская Федерация)

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

А.Н. Покида к.социол.н.; директор Научно-исследовательского центра социально-политического мониторинга Института общественных наук ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации» (Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации) (г. Москва, Российская Федерация)

- Н.В. Полунина д.м.н., проф., акад. РАН; заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения имени академика Ю.П. Лисицына педиатрического факультета ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)
- Л.В. Прокопенко д.м.н., проф.; заведующая лабораторией физических факторов отдела по изучению гигиенических проблем в медицине труда ФГБН «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. Рамазова» 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 ФГБН «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 ФГБН «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 ФГБН «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. Курхин 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 глобальной охраны здоровья, 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. Цацанис 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 31 № 5 2023

Выходит 12 раз в год
Основа 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 ЦЦГиЭ 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 31.05.2023
Формат издания 60x84/8
Печ. л. 11,75
Тираж 1000 экз.
Цена свободная

Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 5 С. 7–94

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

© ФБУЗ ЦЦГиЭ Роспотребнадзора, 2023

Zdorov'e Naseleniya
i Sreda Obitaniya –
ZNiSOPublic Health and Life
Environment – PH&LERussian monthly peer-reviewed
scientific and practical journal

Volume 31, Issue 5, 2023

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.e.ru>

© FBHI Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2023

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

EDITORIAL COUNCIL

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

Alexander V. Meltser	Dr. Sci. (Med.), Professor; Vice-Rector for Development of Regional Health Care and Preventive Medicine, Head of the Department of Preventive Medicine and Health Protection, I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, Saint Petersburg, Russian Federation
Andrei N. Pokida	Cand. Sci. (Sociol.), Director of the Research Center for Socio-Political Monitoring, Institute of Social Sciences, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russian Federation
Natalia V. Polunina	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Head of Yu.P. Lisitsyn Department of Public Health and Health Care, Pediatric Faculty, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation
Lyudmila V. Prokopenko	Dr. Sci. (Med.), Professor; Chief Researcher, Department for the Study of Hygienic Problems in Occupational Health, N.F. Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, Russian Federation
Ivan K. Romanovich	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Director of St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene named after Professor P.V. Ramzaev, Saint Petersburg, Russian Federation
Vladimir Yu. Semenov	Dr. Sci. (Med.), Professor; Deputy Director for Organizational and Methodological Work, V.I. Burakovskiy Institute of Cardiac Surgery, A.N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, Russian Federation
Sergey A. Sudyin	Dr. Sci. (Sociol.); Head of the Department of General Sociology and Social Work, Faculty of Social Sciences, National Research Lobachevsky State University, Nizhny Novgorod, Russian Federation
Alexey V. Surov	Dr. Sci. (Biol.), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences; Deputy Director for Science, Chief Researcher, Head of the Laboratory for Comparative Ethology of Biocommunication, A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Moscow, Russian Federation
Victor A. Tutelyan	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Scientific Director of the Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russian Federation
Liudmila A. Khlyap	Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Institute of Ecology and Evolution named after A.N. Severtsov of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
Valery P. Chashchin	Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation; Chief Researcher, Northwest Public Health Research Center, Saint Petersburg, Russian Federation
Alexey B. Shevelev	Dr. Sci. (Biol.), Chief Researcher, Biotechnology and Genomic Editing Group, N.I. Vavilov Institute of General Genetics, Moscow, Russian Federation
Dmitry A. Shpilev	Dr. Sci. (Sociol.), Assoc. Prof.; Professor of the Department of General Sociology and Social Work, Faculty of Social Sciences, N.I. Lobachevsky National Research State University, Nizhny Novgorod, Russian Federation
Mikhail Yu. Shchelkanov	Dr. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.; Director of G.P. Somov Institute of Epidemiology and Microbiology, Head of the Basic Department of Epidemiology, Microbiology and Parasitology with the International Research and Educational Center for Biological Safety, School of Life Sciences and Biomedicine, Far Eastern Federal University; Head of the Virology Laboratory, Federal Research Center for East Asia Terrestrial Biota Biodiversity, Vladivostok, Russian Federation
Vladimir O. Shchepin	Dr. Sci. (Med.), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Chief Researcher, Head of Research Direction, N.A. Semashko National Research Institute of Public Health, Moscow, Russian Federation

FOREIGN EDITORIAL COUNCIL

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
Vasilij 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
Helmuth 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 31, Issue 5, 2023

Established in 1993

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

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

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

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

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

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

Published: April 31, 2023
Publication format: 60x84/8
Printed sheets: 11.75
Circulation: 1,000 copies
Free price

Zdorov'e Naseleniya i Sreda
Obitaniya. 2023;31(5):7–94.

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, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ И СОЦИАЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ

Носков С.Н., Ступишина О.М., Еремин Г.Б., Головина Е.Г., Исаев Д.С. Исследование взаимосвязи между вариациями природно-климатических факторов и заболеваемостью населения на выбранных территориях Российской Федерации	7
Май И.В., Клейн С.В., Максимова Е.В., Балашов С.Ю. Актуализация программ наблюдений за уровнем загрязнения атмосферного воздуха в задачах реализации национальных проектов на региональном уровне	15
Ковшов А.А., Бузинов Р.В., Тихонова Н.А., Федоров В.Н., Новикова Ю.А., Мясников И.О., Сергеев А.А. Подходы к определению территорий неблагоприятия по показателям, характеризующим состояние питьевого водоснабжения	25

КОММУНАЛЬНАЯ ГИГИЕНА

Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Борисова Д.С., Исаев Д.С., Грибова К.А., Крутикова Н.Н. Регулирование качества и безопасности питьевой воды в розлив (вендинговой питьевой воды)	34
Кизеев А.Н., Сюрин С.А. Пластик в биосфере – риски биоте и здоровью населения России	41
Гусева М.А., Иванова Е.С., Комов В.Т. К вопросу взаимосвязи содержания ртути в волосах и заболеваниями сердечно-сосудистой системы (на примере Вологодской области)	52

ГИГИЕНА ТРУДА

Бузинов Р.В., Сюрин С.А., Кизеев А.Н. Профессиональные риски здоровью при переработке медно-никелевой руды	60
Никитина В.Н., Калинина Н.И., Дубровская Е.Н., Плеханов В.П. Гигиенические исследования электромагнитной обстановки на рабочих местах при эксплуатации наземных средств радионавигации и посадки воздушных судов	70
Сорокин Г.А., Чистяков Н.Д., Чернышева М.П., Кирьянова М.Н. Возрастная динамика риска COVID-19 разной степени выраженности у работников здравоохранения и промышленных предприятий	78

МЕДИЦИНА ТРУДА

Сюрин С.А., Кизеев А.Н. Особенности профессиональной патологии при добыче углеводородного сырья в Арктике	85
---	----

CONTENTS

ISSUES OF MANAGEMENT AND PUBLIC HEALTH

Noskov S.N., Stupishina O.M., Yeremin G.B., Golovina E.G., Isaev D.S. Investigation of the relationship between fluctuations in natural and climatic factors and incidence rates in selected territories of the Russian Federation	7
May I.V., Kleyn S.V., Maksimova E.V., Balashov S.Yu. Update of ambient air pollution monitoring programs within regional-level implementation of national projects	15
Kovshov A.A., Buzinov R.V., Tikhonova N.A., Fedorov V.N., Novikova Yu.A., Myasnikov I.O., Sergeev A.A. Approaches to defining health risk areas using quality indicators of drinking water supply	25

COMMUNAL HYGIENE

Yeremin G.B., Mozzhukhina N.A., Borisova D.S., Isaev D.S., Gribowa X.A., Krutikova N.N. Regulation of quality and safety of vended drinking water	34
Kizeev A.N., Syurin S.A. Plastic in the biosphere – Risks to biota and human health in Russia	41
Guseva M.A., Ivanova E.S., Komov V.T. On the relationship between hair mercury concentrations and cardiovascular diseases (based on the example of the Vologda Region)	52

OCCUPATIONAL HEALTH

Buzinov R.V., Syurin S.A., Kizeev A.N. Occupational health risks for workers engaged in copper-nickel ore processing	60
Nikitina V.N., Kalinina N.I., Dubrovskaya E.N., Plekhanov V.P. Hygienic studies of electromagnetic fields in the work environment during operation of ground-based radio navigation and aircraft landing	70
Sorokin G.A., Chistyakov N.D., Chernysheva M.P., Kir'yanova M.N. Age-specific dynamics of risks of COVID-19 of different severity among healthcare and industrial workers	78

OCCUPATIONAL MEDICINE

Syurin S.A., Kizeev A.N. Occupational diseases in workers engaged in hydrocarbon extraction in the Arctic	85
---	----



Исследование взаимосвязи между вариациями природно-климатических факторов и заболеваемостью населения на выбранных территориях Российской Федерации

С.Н. Носков^{1,2}, О.М. Ступишина³, Г.Б. Еремин¹, Е.Г. Головина⁴, Д.С. Исаев¹

¹ ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 2-я Советская ул., д. 4, г. Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, ул. Кирочная, д. 41, г. Санкт-Петербург, 191015, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Университетская наб., д. 7–9, г. Санкт-Петербург, 199034, Российская Федерация

⁴ ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет», ул. Воронежская, д. 79, г. Санкт-Петербург, 192007, Российская Федерация

Резюме

Введение. Реализация мероприятий отраслевого плана по адаптации населения к изменениям климата является одной из приоритетных задач обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Проводимые научные исследования являются основой для разработки управленческих решений, направленных на снижение заболеваемости и смертности, обусловленных наблюдаемыми и грядущими изменениями климата.

Цель исследования: оценка взаимосвязи между вариациями природно-климатических факторов и заболеваемостью населения на выбранных территориях Российской Федерации.

Материалы и методы. Для оценки выбраны территории городов Москвы и Санкт-Петербурга, Мурманской, Архангельской, Ленинградской, Московской, Воронежской, Ростовской областей и Краснодарского края. Выбор территорий для исследования проведен с учетом изменения широты местности с севера на юг (от 68 до 37° с. ш.). Для анализа использовалась подготовленная база данных показателей общей заболеваемости и погоды на отмеченных территориях за период с 2008 по 2019 г. Методологической основой обработки данных является математическое моделирование.

Результаты. Анализ возможной взаимосвязи динамики заболеваемости населения и изменений природно-климатических факторов выполнен для 9 регионов России. Проверена зависимость общего количества заболеваний от географических координат. Установлена широтная зависимость роста заболеваемости в интервале 60° с. ш. – 47° с. ш. по 4 регионам (Московская, Ленинградская, Воронежская, Ростовская области), в которых в 2009 г. наблюдался подъем и в 2012 г. спад общей заболеваемости, обусловленный такими метеопараметрами, как скорость ветра в городе Воронеже, относительная влажность в городах Мурманске, Архангельске, Санкт-Петербурге, Ростове-на-Дону, облачность в Мурманске и Архангельске. В Москве и Краснодарском крае зависимости выявлены не были.

Заключение. Выявлены зависимости между показателями скорости ветра, влажности и облачности и общей заболеваемостью на исследуемых территориях. Выделены приоритетные территории и периоды для проведения дальнейшего исследования.

Ключевые слова: природно-климатические факторы, заболеваемость, широта местности.

Для цитирования: Носков С.Н., Ступишина О.М., Еремин Г.Б., Головина Е.Г., Исаев Д.С. Исследование взаимосвязи между вариациями природно-климатических факторов и заболеваемостью населения на выбранных территориях Российской Федерации // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 5. С. 7–14. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-7-14>

Investigation of the Relationship between Fluctuations in Natural and Climatic Factors and Incidence Rates in Selected Territories of the Russian Federation

Sergey N. Noskov,^{1,2} Olga M. Stupishina,³ Gennadiy B. Yeremin,¹ Elena G. Golovina,⁴ Daniel S. Isaev¹

¹ Northwest Public Health Research Center, 4, 2nd Sovetskaya Street, 191036, Saint Petersburg, Russian Federation

² North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 41 Kirochnaya Street, 191015, Saint Petersburg, Russian Federation

³ St. Petersburg State University, 7–9 Universitetskaya Embankment, Saint Petersburg, 199034, Russian Federation

⁴ Russian State Hydrometeorological University, 79 Voronezhskaya Street, Saint Petersburg, 192007, Russian Federation

Summary

Introduction: The implementation of measures of the sectoral plan for adaptation of the population to climate change is one of the priority tasks of ensuring sanitary and epidemiological well-being of the population. The ongoing scientific research is the basis for the development of management solutions aimed at reducing morbidity and mortality related to the observed and upcoming climate changes.

Objective: To assess the relationship between fluctuations in natural and climatic factors and incidence rates in the population of selected territories of the Russian Federation.

Materials and methods: The territories of the cities of Moscow and St. Petersburg as well as Murmansk, Arkhangelsk, Leningrad, Moscow, Voronezh, Rostov, and Krasnodar regions were selected for the assessment taking into account changes in the latitude of the terrain from north to south (from the 68th to 37th parallels north). The prepared database of incidence rates and weather conditions on the above territories for the years 2008–2019 was used for the analysis. Mathematical modeling was the methodological basis for data processing.

Results: We analyzed the potential relationship between changes in natural and climatic factors and incidence rates in the population of nine regions of the Russian Federation. We also tested the link between geographical coordinates

and incidence rates and established the latitudinal dependence of the increase in the incidence in the range of the 60th to 47th parallels north in four regions. There, we observed an increase and a decrease in the incidence in total population related to such meteorological parameters as wind velocity in the city of Voronezh, relative humidity in the cities of Murmansk, Arkhangelsk, St. Petersburg, and Rostov-on-Don, cloud cover in Murmansk and Arkhangelsk in 2009 and 2012, respectively. No relationships were found in the city of Moscow and the Krasnodar Region.

Conclusion: We revealed the relationships between fluctuations in wind velocity, humidity, and cloud cover and the incidence rates in the areas under study and identified priority territories and periods for further research.

Keywords: natural and climatic factors, incidence, latitude.

For citation: Noskov SN, Stupishina OM, Yeremin GB, Golovina EG, Isaev DS. Investigation of the relationship between fluctuations in natural and climatic factors and incidence rates in selected territories of the Russian Federation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(5):7–14. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-7-14>

Введение. В последние годы особую актуальность приобретают вопросы влияния изменения климатических факторов на состояние здоровья населения¹. Ожидаемые изменения климата неизбежно отразятся на жизни людей во всех регионах планеты [1–3], а в некоторых из них станут ощутимой угрозой для санитарно-эпидемиологического благополучия населения, в связи с чем возникает необходимость пересмотреть существующую систему охраны здоровья граждан [4–8]. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека в этой связи разработан и утвержден отраслевой план мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на 2022 год [9, 10]. Реализация мероприятий плана станет одной из приоритетных задач обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия. Проводимые научные исследования в этой сфере станут основой для разработки мер по профилактике заболеваний, обусловленных климатическими изменениями, а также управленческих решений, направленных на снижение заболеваемости и смертности среди населения [13–21].

Цель исследования: оценка взаимосвязи между вариациями природно-климатических факторов и заболеваемостью населения на выбранных территориях Российской Федерации.

Материалы и методы. В целях выявления приоритетных природных факторов, оказывающих влияние на состояние здоровья, проведена работа по моделированию взаимосвязи динамики общей заболеваемости населения с вариациями параметров земной и космической погоды. Для оценки выбраны территории городов Москвы и Санкт-Петербурга, Мурманской, Архангельской, Ленинградской, Московской, Воронежской, Ростовской областей и Краснодарского края. Выбор территорий для исследования проведен с учетом изменения широты местности с севера на юг (от 68 до 37° с. ш.), а также напряженности магнитного поля Земли,

оказывающих влияние на формировании природно-климатических условий регионов [22].

Для анализа использовалась подготовленная база данных показателей заболеваемости на выбранных территориях за 24-й одиннадцатилетний цикл солнечной активности Швабе – Вольфа за период с 2008 по 2019 г.^{2,3} Источником информации для базы данных являлась форма № 12, предоставленная по запросу в ФБГУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» (ФГБУ «ЦНИИОИЗ»). Общее количество проанализированных лет – 11. Статистическое значение каждого параметра в данном исследовании считалось независимой величиной и рассматривалось как возможный фактор, воздействующий на человека.

Проведен анализ динамики общей заболеваемости всего населения России в целом и отдельно для 9 регионов России. Проверена зависимость количества заболеваний от географических координат (широтные и долготные зависимости). Координаты определялись по областному центру, заболеваемость оценивалась средней ее величиной по выборке всех лет, включенных в исследование (среднее за 2008–2019 гг.).

Методологической основой обработки данных было математическое моделирование взаимосвязи медицинских событий (заболеваемость) и природных факторов (метеогелиофизических параметров). Рабочая схема представления природной среды (гелиогеофизических и метеорологических факторов), окружающей исследуемые биометеорологические объекты (людей), ориентируется на структуру солнечно-земных связей с точки зрения исследования их проявлений у поверхности Земли^{4,5}.

Для отбора значимых различий конкретных характеристик земной погоды между парами лет 2008–2009, 2009–2010 гг. и 2011–2012, 2012–2013 гг. проверены нулевые гипотезы сходства распределений значений каждой из характеристик земной погоды (температура воздуха; относительная влажность;

¹ Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. – Москва, 2021. – 104 с.

² Носков С.Н., Копытенкова О.И., Ерёмин Г.Б. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621736 Российская Федерация. Заболеваемость, смертность и доходы населения на территории Российской Федерации с учетом широты местности за одиннадцатилетний цикл солнечной активности Швабе-Вольфа (2008–2019 гг.): № 2021621578. 14.08.2021.

³ Носков С.Н., Копытенкова О.И., Ерёмин Г.Б., Головина Е.Г., Ступишина О.М., Метелица Н.Д. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020622028 Российская Федерация. База данных «Взаимосвязь обращения населения за медицинской помощью с факторами земной и космической погоды». 26.10.2020.

⁴ Носков С.Н., Еремин Г.Б., Копытенкова О.И., Ступишина О.М., Головина Е.Г., Никанов А.Н. Схема алгоритма влияния природно-климатических факторов на здоровье населения и среду обитания. Патент РФ на промышленный образец № 131127: № 2021505881. 06.05.2022.

⁵ Носков С.Н., Еремин Г.Б., Ступишина О.М., Головина Е.Г., Карелин А.О., Мироненко О.В. Патент на промышленный образец № 131128 Российская Федерация. Схема алгоритма выявления связи между космической и земной погодой, биосферой и здоровьем населения: № 2021505882. 06.05.2022.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-7-14>
Original Research Article

атмосферное давление; скорость ветра; облачность; температура точки росы по критерию Манна – Уитни) для этих пар лет. В результате отобраны только такие характеристики, уровень значимости сходства распределений которых не превышал $p = 0,05$ по этому критерию для обеих пар лет.

Результаты. Установлена широтная зависимость в интервале широт 60° с. ш. – 47° с. ш., по 4 регионам (Ленинградская, Московская, Воронежская, Ростовская области).

Затем выполнялась оценка индивидуальных региональных особенностей кривых временного изменения распределения общей заболеваемости. Коэффициенты линейной корреляции кривых временного хода выбранных регионов и всей РФ представлены в табл. 1.

Коэффициент линейной корреляции кривых временного хода разных регионов и всей РФ не достигает $r = 0,90$. Между выбранными регионами корреляция с коэффициентом $r > 0,9$ для

выборки всего населения выявлена только для пар кривых Воронежская область – Ростовская область, Воронежская область – Санкт-Петербург и Воронежская область – Ленинградская область, Ростовская область – Ленинградская область.

В 2009 г. наблюдался выраженный пик роста заболеваемости в четырех регионах: Ленинградская область, Санкт-Петербург, Воронежская область, Ростовская область, этот же пик был обнаружен и на кривой заболеваемости, построенной по данным для Российской Федерации в целом, особенно явно – на кривой, отражающей заболеваемость всего населения, с диагнозом, установленным впервые в жизни, в 2012 году наблюдался спад заболеваемости во всех регионах и в Российской Федерации в целом, выражен минимум на кривой заболевания сельского населения как в исследованных регионах, так и во всей Российской Федерации (рис. 1–4).

Далее производился анализ метеопараметров космической и земной погоды. В табл. 2 представлено

Таблица 1. Коэффициент линейной корреляции кривых временного хода выбранных регионов и всей РФ
Table 1. The coefficient of linear correlation of the time course curves of the selected regions and the entire Russian Federation

Переменная / Variable	Коэффициент корреляции, $p < 0,05$ / Correlation coefficient, $p < 0,05$									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Россия (1) / Russia (1)	1,000	0,813	0,857	0,697	0,796	0,734	-0,549	0,734	0,803	0,834
Мурманская область (2) / Murmansk Region (2)	0,813	1,000	0,891	0,470	0,725	0,509	-0,712	0,509	0,581	0,775
Архангельская область (3) / Arkhangelsk Region (3)	0,857	0,891	1,000	0,553	0,859	0,670	-0,841	0,670	0,722	0,879
Ленинградская область (4) / Leningrad Region (4)	0,697	0,470	0,553	1,000	0,797	0,253	-0,453	0,951	0,909	0,656
Санкт-Петербург (5) / Saint Petersburg (5)	0,796	0,725	0,859	0,797	1,000	0,904	-0,836	0,904	0,895	0,868
Московская область (6) / Moscow Region (6)	0,768	0,834	0,897	0,253	0,631	0,365	-0,669	0,365	0,502	0,792
Москва (7) / Moscow (7)	-0,549	-0,712	-0,841	-0,453	-0,836	-0,640	1,000	-0,640	-0,640	-0,677
Воронежская область (8) / Voronezh Region (8)	0,734	0,509	0,670	0,951	0,904	1,000	-0,640	1,000	0,935	0,704
Ростовская область (9) / Rostov Region (9)	0,803	0,581	0,722	0,909	0,895	0,935	-0,640	0,935	1,000	0,798
Краснодарский край (10) / Krasnodar Region (10)	0,834	0,775	0,879	0,656	0,868	0,704	-0,677	0,704	0,798	1,000

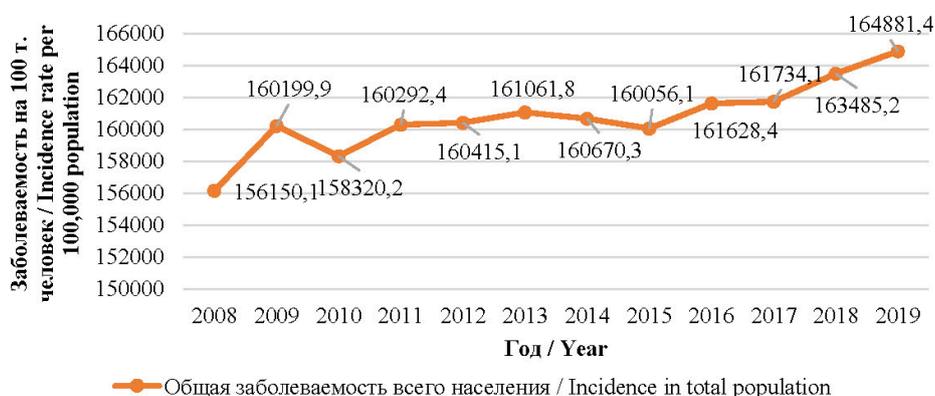


Рис. 1. Временной ход заболеваемости по данным для Российской Федерации (общая заболеваемость всего населения)

Fig. 1. The time course of the incidence in total population of the Russian Federation

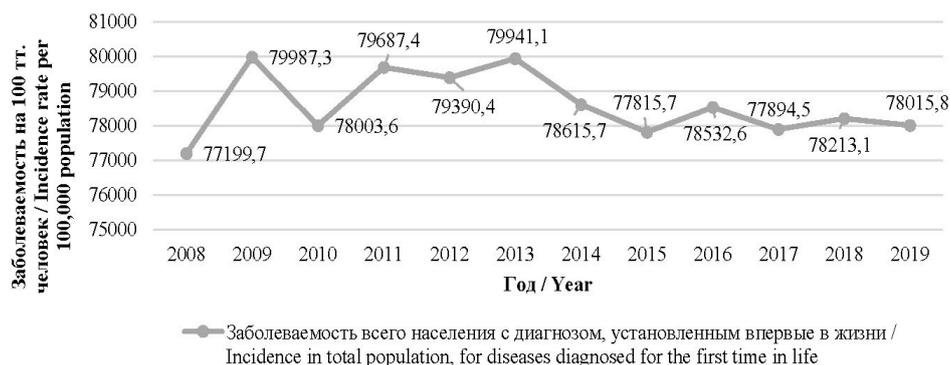


Рис. 2. Временной ход заболеваемости по данным для Российской Федерации (заболеваемость всего населения с диагнозом установленным впервые в жизни)
Fig. 2. The time course of the incidence in total population of the Russian Federation for diseases diagnosed for the first time in life

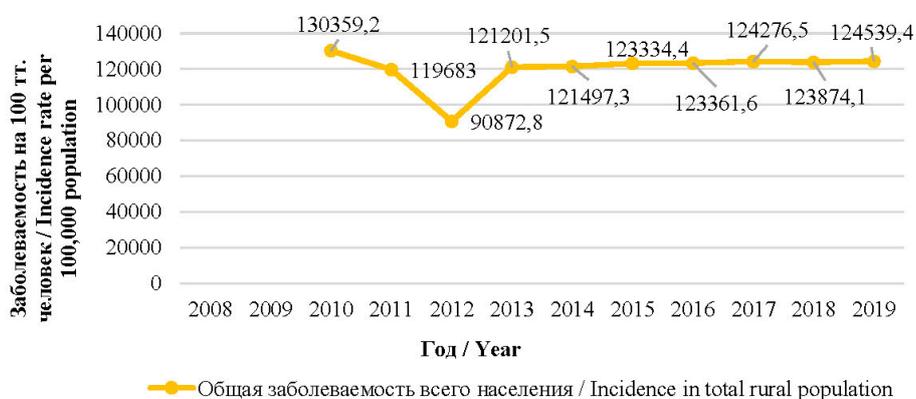


Рис. 3. Временной ход заболеваемости по данным для Российской Федерации (общая заболеваемость сельского населения)
Fig. 3. The time course of the incidence in total rural population of the Russian Federation

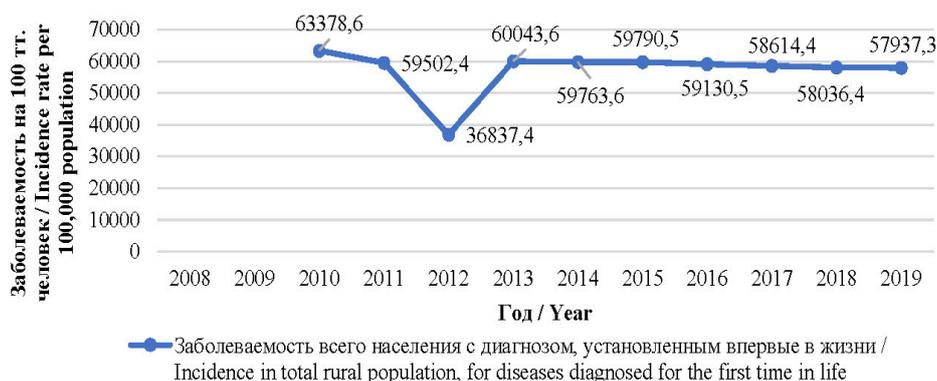


Рис. 4. Временной ход заболеваемости по данным для Российской Федерации (заболеваемость сельского населения с диагнозом, установленным впервые в жизни)
Fig. 4. The time course of the incidence in total rural population of the Russian Federation for diseases diagnosed for the first time in life

сравнение отличий космической погоды 2009 от 2012 года.

Большая часть метеопараметров во всех регионах не отличалась для пар лет 2008–2009, 2009–2010 и 2011–2012, 2012–2013 гг. В табл. 3 приведены метеопараметры, сравнение которых для указанных пар лет показало различие с достоверностью, удовлетворяющей критерию Манна – Уитни $p < 0,05$.

В Воронеже различия обнаружались только в первой триаде 2008–2009–2010 гг. и только в характеристиках скорости ветра. В северных приморских регионах городов Мурманска, Архангельска, Санкт-Петербурга существенно различались характеристики относительной влажности:

– в городах Мурманске и Санкт-Петербурге в обеих сравниваемых триадах 2008–2009–2010, 2011–2012–2013 гг. достоверно различалась максимальная

Таблица 2. Сравнение отличий по характеристикам метеопараметров в 2009 и 2012 гг.**Table 2. Comparison of differences in characteristics of meteorological parameters in the years 2009 and 2012**

Характеристика метеопараметра / Characteristics of the meteorological parameter	Годы / Years	
	2009	2012
Солнечная активность / Solar activity	низкая, но начинала расти / low, but started to grow	высокая и продолжала расти / high and kept growing
Мощность потоков высокоэнергичных частиц / Power of high energy particle flow	высокая / high	падала / decreasing
Мощность потоков низкоэнергичных частиц / Power of low energy particle flow	низкая / low	высокая / high
Напряженность магнитного поля в околоземном про- странстве (перпендикулярно плоскости орбиты Земли) / Magnetic field strength in near-Earth space (perpendicular to the plane of the Earth's orbit)	высокая, устойчивая / high, stable	низкая, неустойчивая / low, unstable
Напряженность магнитного поля на поверхности Земли / Magnetic field strength on the surface of the Earth	низкая, неустойчивая на высоких широтах / low, unstable at high latitudes	высокая, неустойчивая на высоких широтах, устой- чивая на средних широтах / high, unstable at high latitudes, stable at mid-latitudes
Ионосферные возмущения / Ionospheric disturbances	отсутствовали / none	количество росло / grew in number

Таблица 3. Метеопараметры, имеющие установленную связь с исследуемыми показателями в регионах**Table 3. Meteorological parameters having an established relationship with the studied indicators in the regions**

Пары лет / Couple of years	Мурманск / Murmansk	Архангельск / Arkhangelsk	Санкт-Петербург / Saint Petersburg	Воронеж / Voronezh	Ростов-на-Дону / Rostov-on-Don
(2008–2009), (2009–2010)	Облачность – суточный минимум / Cloud cover – daily minimum	Облачность – суточные: минимум, среднее, медиана, коэффициенты осцилляции и вариации / Cloud cover – daily: minimum, mean, median, oscillation coefficients and variations			
	Относительная влажность – суточный максимум / Relative humidity – daily maximum		Относительная влажность – суточные: максимум, среднее, медиана / Relative humidity – daily: maximum, mean, median		Относительная влажность – суточный максимум / Relative humidity – Daily maximum
		Температура точки росы – суточные: дисперсия, коэффициенты осцилляции и вариации / Dew point temperature – daily: variance, oscillation coefficients and variations			
		Температура воздуха – суточные: дисперсия, коэффициенты осцилляции и вариации / Air temperature – daily: variance, oscillation coefficients and variations			
				Скорость ветра – суточные: минимум, среднее, медиана, коэффициент осцилляции / wind speed-daily, minimum, average, median, oscillation coefficients and variations	
(2011–2012), (2012–2013)	Относительная влажность – суточный максимум / Relative humidity – daily maximum	Относительная влажность – суточный максимум / Relative humidity – daily maximum	Относительная влажность – суточные максимум, среднее, медиана / Relative humidity – daily maximum, mean, median		
			Температура воздуха – суточные: дисперсия, коэффициенты осцилляции и вариации / Air temperature – daily: variance, oscillation coefficients and variations		Температура точки росы – суточные: дисперсия, коэффициенты осцилла- ции и вариации / Dew point temperature – daily: variance, oscillation coefficients and variations

за сутки относительная влажность, в Петербурге достоверно различались среднесуточные характеристики влажности: среднее значение и медиана; – в городе Архангельске достоверно в первой триаде 2008–2009–2010 гг. различны были суточные статистики температуры точки росы, во второй триаде 2011–2012–2013 гг. достоверно различалась максимальная за сутки относительная влажность.

В северных регионах высоких широт городов Мурманска и Архангельска достоверно различались характеристики облачности (что соответствует существующей гипотезе о реакции облачности на приход космических лучей в высоких земных широтах⁶ [23, 24]).

В Ростове-на-Дону, так же как и в северных приморских районах, различались характеристики влажности в обеих триадах лет.

В городе Москве и Краснодарском крае метеопараметры не различались в исследуемых парах лет.

Обсуждение полученных результатов.

Проведенная оценка взаимосвязи метеопараметров и заболеваемости населения с учетом широты местности свидетельствует об актуальности проводимой работы и показывает необходимость расширения исследования с учетом географической долготы территорий, заболеваний, обусловленных климатическими изменениями, и населения в группах риска.

Изучение временной динамики заболеваемости за исследуемый период позволило выявить определенные зависимости и наиболее значимые периоды, важные для дальнейшего изучения в исследуемых регионах. Таким образом, видится необходимым рассмотреть в первую очередь характеристики метеопараметров сравнительно для 2009 и 2012 г., характеризующихся подъемом и спадом заболеваемости. Отмечено различие параметров космической и земной погоды в указанные годы, что указывает на вероятное влияние этих характеристик на динамику показателей заболеваемости.

Заключение. Путем математического моделирования установлена взаимосвязь между метеопараметрами, оказывающими влияние на динамику показателей общей заболеваемости, на выбранных территориях РФ за исследуемый период с 2008 по 2019 год с учетом географической широты местности. Выявлены зависимости между показателями скорости ветра, влажности и облачности и общей заболеваемостью на исследуемых территориях, определены приоритетные территории и периоды для проведения дальнейшего исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Khraishah H, Alahmad B, Ostergard Jr RL, et al. Climate change and cardiovascular disease: implications for global health. *Nat Rev Cardiol.* 2022;19(12):798-812. doi: 10.1038/s41569-022-00720-x
2. Agache I, Sampath V, Aguilera J, et al. Climate change and global health: A call to more research and more action. *Allergy.* 2022;77(5):1389-1407. doi: 10.1111/all.15229
3. Romanello M, van Daalen K, Anto JM, et al. Tracking progress on health and climate change in Europe. *Lancet Public Health.* 2021;6(11):e858-e865. doi: 10.1016/S2468-2667(21)00207-3
4. Ревич Б.А., Малеев В.В., Смирнова М.Д., Пшеничная Н.Ю. Российский и международный опыт разработки планов действий по защите здоровья населения от климатических рисков // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 2. С. 176–181. doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-2-176-181
5. Шушкова Т.С., Устюшин Б.В., Кутакова Н.С. Физиолого-гигиенические принципы диагностики и профилактики нарушений здоровья работающего населения. Москва: Издательство «Канцлер», 2014. 132 с.
6. Хаснулин В.И., Хаснулина А.В. Психозомоциональный стресс и метеореакция как системные проявления дизадаптации человека в условиях изменения климата на Севере России // Экология человека. 2012. № 8. С. 3–7.
7. Ревич Б.А. Климатические изменения как новый фактор риска для здоровья населения российского Севера // Экология человека. 2009. № 6. С. 11–16.
8. Ревич Б.А. О необходимости защиты здоровья населения от климатических изменений // Гигиена и санитария. 2009. № 5. С. 60–65.
9. Метелица Н.Д., Носков С.Н. Мероприятия по адаптации к изменению климата в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Современные проблемы эпидемиологии, микробиологии и гигиены: Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора, Ростов-на-Дону, 21–22 октября 2020 года / Под редакцией А.Ю. Поповой, А.К. Носкова. Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью «Мини Тайп», 2020. С. 216–218.
10. Акимов В.А., Дерендяева О.А., Иванова Е.О. Оценка климатических рисков и ранжирование адаптационных мероприятий по степени их приоритетности в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера // Управление риском. 2021. № 4 (100). С. 64–72.
11. Носков С.Н., Карелин А.О., Головина Е.Г., Ступишина О.М., Еремин Г.Б. Оценка взаимосвязи обращаемости населения за медицинской помощью с факторами земной и космической погоды // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 8. С. 775–781. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-775-781
12. Noskov SN, Mironenko OV, Yeremin GB, Fedorova EA. Overview. Analysis of ensuring climate information collection for carrying out social and hygienic monitoring. *Vestnik of Saint Petersburg University. Medicine.* 2021;16(3):211-223. doi: 10.21638/spbu11.2021.308
13. Нестеренко З.В. Климатические метаморфозы 21 века и аллергические заболевания респираторной системы (научный обзор) // Профилактическая и клиническая медицина. 2021. № 1 (78). С. 58–65. doi: 10.47843/2074-9120_2021_1_58
14. Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Нарутдинов Д.А. Оценка биоклиматических индексов на территориях субарктического и континентального климатических поясов Красноярского края // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 3. С. 288–293. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-3-288-293
15. Stupishina OM, Golovina EG, Noskov SN. The relation of the human cardiac-events to the environmental complex variations In: *IOP Conference Series: Earth and Environ-*

⁶ Белишева Н.К. Значение вариаций геокосмических агентов для состояния биосистем: Дис. ... докт. биол. наук. Санкт-Петербург, 2005. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01002901339> (дата обращения: 06.04.2023).

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-7-14>
Original Research Article

- mental Science: Proceedings of the 14th International Conference on Space and Biosphere 2021, Simferopol, May 25–28, 2021.* IOP Publishing Ltd.; 2021;853:012-029. doi: 10.1088/1755-1315/853/1/012029
16. Stupishina OM, Golovina EG, Noskov SN, Eremin GB, Gorbanev SA. The space and terrestrial weather variations as possible factors for ischemia events in Saint Petersburg. *Atmosphere*. 2022;13(1):8. doi: 10.3390/atmos13010008
 17. Stupishina OM, Golovina EG. On space weather factors which can impact terrestrial atmosphere processes. In: Borchevskina OP, Golubkov MG, Karpov IV, eds. *Atmosphere, Ionosphere, Safety: Proceedings of the Seventh International Conference, Kaliningrad, June 7–13, 2020*. Kaliningrad: Algomat Publ.; 2020:55-57.
 18. Feigin VL, Parmar PG, Barker-Collo S, et al. Geomagnetic storms can trigger stroke: evidence from 6 large population-based studies in Europe and Australasia. *Stroke*. 2014;45(6):1639-1645. doi: 10.1161/STROKEAHA.113.004577
 19. Diffey BL. Solar ultraviolet radiation effects on biological systems. *Phys Med Biol*. 1991;36(3):299-328. doi: 10.1088/0031-9155/36/3/001
 20. Wisten A, Messner T. Symptoms preceding sudden cardiac death in the young are common but often misinterpreted. *Scand Cardiovasc J*. 2005;39(3):143-149. doi: 10.1080/14017430510009168
 21. Lucock M, Yates Z, Martin C, et al. Vitamin D, folate, and potential early lifecycle environmental origin of significant adult phenotypes. *Evol Med Public Health*. 2014;2014(1):69-91. doi: 10.1093/emph/eou013
 22. Носков С.Н., Головина Е.Г., Ступишина О.М. Оценка природноклиматических факторов (магнитного поля Земли) на выбранных территориях. Сообщение 1 // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 9. С. 16–22. doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-9-16-22
 23. Jones P, Lucock M, Martin C, et al. Independent and interactive influences of environmental UVR, vitamin D levels, and folate variant MTHFD1-rs2236225 on homocysteine levels. *Nutrients*. 2020;12(5):1455. doi: 10.3390/nu12051455
 24. Соловьевская Н.Л. Особенности психофизиологического состояния различных категорий жителей Арктической зоны Российской Федерации: Дисс. ... канд. психол. наук Санкт-Петербург, 2021. 28 с.
- REFERENCES**
1. Khraishah H, Alahmad B, Ostergard Jr RL, et al. Climate change and cardiovascular disease: implications for global health. *Nat Rev Cardiol*. 2022;19(12):798-812. doi: 10.1038/s41569-022-00720-x
 2. Agache I, Sampath V, Aguilera J, et al. Climate change and global health: A call to more research and more action. *Allergy*. 2022;77(5):1389-1407. doi: 10.1111/all.15229
 3. Romanello M, van Daalen K, Anto JM, et al. Tracking progress on health and climate change in Europe. *Lancet Public Health*. 2021;6(11):e858-e865. doi: 10.1016/S2468-2667(21)00207-3
 4. Revich BA, Maleev VV, Smirnova MD, Pshenichnaya NYu. Russian and international experience in the development of action plans for the protection of human health from climate risks. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(2):176-181. (In Russ.) doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-2-176-181
 5. Shushkova TS, Ustyushin BV, Kutakova NS. [Physiological and Hygienic Principles of Diagnostics and Prevention of Health Disorders in the Working Population.] Moscow: Kantsler Publ.; 2014. (In Russ.)
 6. Hasnuln VI, Hasnulina AV. Psycho-emotional stress and meteorological as systemic manifestations of human disadaptation under changing climatic conditions in the north of Russia. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2012;(8):3-7. (In Russ.)
 7. Revich BA. Climatic changes as new risk factor for population health in Russian North. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2009;(6):11-16. (In Russ.)
 8. Revich BA. The need for human health protection from climate changes. *Gigiena i Sanitariya*. 2009;(5):60-65. (In Russ.)
 9. Metelitsa ND, Noskov SN. [Measures to adapt to climate change in the field of sanitary and epidemiological well-being of the population.] In: Popova AYu, Noskov AK, eds. *Modern Problems of Epidemiology, Microbiology and Hygiene: Proceedings of the XII All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists of Rospotrebnadzor, Rostov-on-Don, October 21–22, 2020*. Rostov-on-Don: Mini Type Publ.; 2020:216–218. (In Russ.)
 10. Akimov VA, Derendyaeva OA, Ivanova EO. Ranking of adaptation measures according to their priority in the field of civil defense, protection of the population and territories from natural and man-made emergencies. *Upravlenie Riskom*. 2021;(4(100)):64-72. (In Russ.)
 11. Noskov SN, Karelin AO, Golovina EG, Stupishina OM, Yeremin GB. Assessment of the relationship of the population's medical care with the factors of Earth and space weather. *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(8):775-781. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-775-781
 12. Noskov SN, Mironenko OV, Yeremin GB, Fedorova EA. Overview. Analysis of ensuring climate information collection for carrying out social and hygienic monitoring. *Vestnik of Saint Petersburg University. Medicine*. 2021;16(3):211–223. doi: 10.21638/spbu11.2021.308
 13. Nesterenko ZV. Climatic metamorphosis of the 21st century and allergic respiratory diseases (review). *Profilakticheskaya i Klinicheskaya Meditsina*. 2021;(1(78)):58-65. (In Russ.) doi: 10.47843/2074-9120_2021_1_58
 14. Rakhmanov RS, Bogomolova ES, Narutdinov DA, Razgulin SA, Potekhina NN, Nepryakhin DV. Assessment of bioclimatic indices in the territories of the subarctic and continental climatic zones of the Krasnoyarsk Territory. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(3):288-293. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-3-288-293
 15. Stupishina OM, Golovina EG, Noskov SN. The relation of the human cardiac-events to the environmental complex variations In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Proceedings of the 14th International Conference on Space and Biosphere 2021, Simferopol, May 25–28, 2021*. IOP Publishing Ltd.; 2021;853:012-029. doi: 10.1088/1755-1315/853/1/012029
 16. Stupishina OM, Golovina EG, Noskov SN, Eremin GB, Gorbanev SA. The space and terrestrial weather variations as possible factors for ischemia events in Saint Petersburg. *Atmosphere*. 2022;13(1):8. doi: 10.3390/atmos13010008
 17. Stupishina OM, Golovina EG. On space weather factors which can impact terrestrial atmosphere processes. In: Borchevskina OP, Golubkov MG, Karpov IV, eds. *Atmosphere, Ionosphere, Safety: Proceedings of the Seventh International Conference, Kaliningrad, June 7–13, 2020*. Kaliningrad: Algomat Publ.; 2020:55-57.
 18. Feigin VL, Parmar PG, Barker-Collo S, et al. Geomagnetic storms can trigger stroke: evidence from 6 large population-based studies in Europe and Australasia. *Stroke*. 2014;45(6):1639-1645. doi: 10.1161/STROKEAHA.113.004577
 19. Diffey BL. Solar ultraviolet radiation effects on biological systems. *Phys Med Biol*. 1991;36(3):299-328. doi: 10.1088/0031-9155/36/3/001

20. Wisten A, Messner T. Symptoms preceding sudden cardiac death in the young are common but often misinterpreted. *Scand Cardiovasc J*. 2005;39(3):143-149. doi: 10.1080/14017430510009168
21. Lucock M, Yates Z, Martin C, et al. Vitamin D, folate, and potential early lifecycle environmental origin of significant adult phenotypes. *Evol Med Public Health*. 2014;2014(1):69-91. doi: 10.1093/emph/eou013
22. Noskov SN, Golovina EG, Stupishina OM, Yeremin GB, Krutikova NN. Assessment of natural and climatic factors (the Earth's magnetic field) in selected territories: Report 1. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;29(9):16-22. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-9-16-22
23. Jones P, Lucock M, Martin C, et al. Independent and interactive influences of environmental UVR, vitamin D levels, and folate variant MTHFD1-rs2236225 on homocysteine levels. *Nutrients*. 2020;12(5):1455. doi: 10.3390/nu12051455
24. Solov'evskaya NL. [Features of the psychophysiological state of various categories of residents of the Arctic zone of the Russian Federation.] Candidate of the Psychological Sciences thesis. Saint Petersburg; 2021. (In Russ.)

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; e-mail: sergeinoskov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7971-4062>.

Ступишина Ольга Михайловна – ведущий электронщик кафедры радиофизики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; e-mail: olgastupishina@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3926-4962>.

Еремин Геннадий Борисович – к.м.н., руководитель отдела 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>.

Головина Елена Георгиевна – к.физ.-мат.н., доцент кафедры метеорологии, климатологии и охраны атмосферы ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»; e-mail: goloveg@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8080-5711>.

Исаев Даниил Сергеевич – и.о. заведующего отделением гигиены питьевого водоснабжения, младший научный сотрудник ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: d.isaev@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9165-1399>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Носков С.Н.*; сбор данных: *Носков С.Н., Головина Е.Г., Ступишина О.М.*; анализ и интерпретация результатов, подготовка проекта рукописи: *Носков С.Н., Ступишина О.М., Еремин Г.Б., Головина Е.Г., Исаев Д.С.* Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике, так как не содержит результаты клинических исследований (испытаний) с участием людей или животных в качестве испытуемых.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 10.04.23 / Принята к публикации: 16.05.23 / Опубликовано: 31.05.23

Author information:

✉ **Sergey N. Noskov**, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Department of Health Risk Analysis, Northwest Public Health Research Center; e-mail: sergeinoskov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7971-4062>.

Olga M. Stupishina, Leading Electronics Engineer, Department of Radiophysics, St. Petersburg State University; e-mail: olgastupishina@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3926-4962>.

Gennadiy B. Yeremin, Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of Health Risk Analysis, Northwest Public Health Research Center; e-mail: yeremin45@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1629-5435>.

Elena G. Golovina, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor, Department of Meteorology, Climatology and Atmospheric Protection, Russian State Hydrometeorological University; e-mail: goloveg@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8080-5711>.

Daniel S. Isaev, Junior Researcher, Acting Head of the Division of Drinking Water Hygiene, Northwest Public Health Research Center; e-mail: d.isaev@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9165-1399>.

Author contributions: study conception and design: *Noskov S.N.*; data collection: *Noskov S.N., Golovina E.G., Stupishina O.M.*; analysis and interpretation of results, draft manuscript preparation: *Noskov S.N., Stupishina O.M., Yeremin G.B., Golovina E.G., Isaev D.S.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

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

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

Received: April 10, 2023 / Accepted: May 16, 2023 / Published: May 31, 2023



Актуализация программ наблюдений за уровнем загрязнения атмосферного воздуха в задачах реализации национальных проектов на региональном уровне

И.В. Май, С.В. Клейн, Е.В. Максимова, С.Ю. Балашов

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

Резюме

Введение. Федеральный проект «Чистый воздух» разработан и реализуется в целях улучшения состояния атмосферного воздуха и повышения качества жизни населения на 12 пилотных территориях, в т. ч. г. Братске. Адекватная программа наблюдения за качеством атмосферного воздуха, мониторинг приоритетных загрязняющих веществ и управление риском здоровью позволит улучшить качество жизни населения и достичь целевых показателей проектной деятельности государства.

Целью исследования являлась актуализация и оптимизация программы наблюдения за качеством атмосферного воздуха г. Братска в задачах реализации национальных и федеральных проектов на региональном уровне.

Материалы и методы. Актуализированная программа исследований атмосферного воздуха г. Братска формировалась по данным расчетов рассеивания, верифицированных результатами инструментальных измерений 34 загрязняющих веществ на 5 постах Росгидромета и 3 постах Роспотребнадзора. Сводная база данных включала 2202 источника выбросов 112 веществ (суммарный учтенный выброс – 127 207 тонн/год). Гигиенический анализ и расчет риска здоровью осуществлялся с использованием стандартных подходов.

Результаты. Оценка качества атмосферного воздуха показала превышение гигиенических нормативов содержания 24 загрязняющих веществ (до 10,0 ПДК_{мр}, 13,8 ПДК_{сс}, 60 ПДК_{ср}). В Братске формируются неприемлемые уровни риска здоровью населения в отношении 19 загрязняющих веществ (CR до $1,82 \times 10^{-3}$, HQ_{ас} до 77,6, HQ_{ср} до 142,8). Кластерный анализ результатов оценки риска здоровью населения позволил выделить на территории г. Братска 3 кластера. Показана целесообразность сокращения количества постов мониторинга в кластере № 1 до одного и оптимизация его расположения, перенос поста в кластере № 2 и размещение поста в кластере № 3 (в точках с наибольшим уровнем риска и плотностью населения). Оптимизация программы мониторинга предполагает сокращение количества исследуемых на постах Роспотребнадзора веществ до 8–15 соединений, не дублируя измеряемые показатели Росгидромета.

Обсуждение. Оптимизация программ наблюдений за качеством атмосферного воздуха в условиях изменяющейся санитарно-эпидемиологической обстановки позволит получать адекватную и своевременную информацию о качестве воздуха и разрабатывать соответствующие мероприятия по управлению риском здоровью населения.

Ключевые слова: программа мониторинга, загрязнение атмосферного воздуха, федеральный проект «Чистый воздух», оценка риска здоровью населения, кластерный анализ, геоинформационные системы.

Для цитирования: Май И.В., Клейн С.В., Максимова Е.В., Балашов С.Ю. Актуализация программ наблюдений за уровнем загрязнения атмосферного воздуха в задачах реализации национальных проектов на региональном уровне // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 5. С. 15–24. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-15-24>

Update of Ambient Air Pollution Monitoring Programs within Regional-Level Implementation of National Projects

Irina V. May, Svetlana V. Kleyn, Ekaterina V. Maksimova, Stanislav Yu. Balashov

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

Summary

Introduction: The Federal Clean Air Project has been developed and is now implemented with the purpose of improving both ambient air quality and the quality of life of the population in 12 pilot cities, including Bratsk. An adequate air pollution control program, priority pollutant monitoring, and health risk management can facilitate improvement of the quality of human life and achievement of the targets of government projects.

Objective: To update and streamline the ambient air quality monitoring program in Bratsk within implementation of national and federal projects at the regional level.

Materials and methods: The updated air quality control program in Bratsk was based on the results of dispersion modeling verified by instrumental measurements of 34 pollutants at five monitoring stations of the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Roshydromet) and three stations of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor). The consolidated database included 2,202 sources emitting 112 chemicals, with total emissions approaching 127,207 tons per year. Hygienic analysis and health risk assessment were performed according to conventional procedures.

Results: We established that airborne levels of 29 pollutants exceeded their maximum allowable concentrations (MAC), i.e. were up to 7.0 times higher than short-term MAC, 13.8 and 60 times higher than the average daily and annual MAC, respectively. We also found that 19 air contaminants posed unacceptable health risks for the local population (CR up to 1.82×10^{-3} , HQ_{ас} up to 113.2, HQ_{ср} up to 211.1). Cluster analysis of the results of health risk assessment allowed us to distinguish three clusters within the urban area. We substantiated cutting down the number of monitoring stations to one and its optimal location in Cluster 1, the expediency of moving the station in Cluster 2 and adding a station in Cluster 3 at the point of concern. Optimization of the air quality control program involves reducing the number of monitored pollutants to 8–15 chemicals that are not covered by Roshydromet air monitoring plan.

Conclusions: Given the changing sanitary and epidemiological situation, streamlining of air quality monitoring programs will provide relevant and timely information, thus contributing to elaboration of effective health risk management activities.

Keywords: monitoring program, ambient air pollution, Federal Clean Air Project, health risk assessment, cluster analysis, geographic information systems.

For citation: May IV, Kleyn SV, Maksimova EV, Balashov SYu. Update of ambient air pollution monitoring programs within regional-level implementation of national projects. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(5):15–24. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-15-24>

Введение. В целях улучшения состояния среды обитания и укрепления здоровья населения разработан и реализуется федеральный проект «Чистый воздух» (далее ФП «Чистый воздух»). Предполагается, что принимаемые меры обеспечат кардинальное снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха на 12 пилотных территориях городов – участников ФП «Чистый воздух» за счет снижения выбросов на 20 %^{1,2,3,4}.

Город Братск с численностью населения более 220 тыс. человек и площадью 262,9 км² входит в список 12 территорий с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, на которых реализуется ФП «Чистый воздух». Основными загрязняющими веществами, формирующими высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха, являются бенз(а)пирен, взвешенные вещества, сероуглерод, формальдегид, гидрофторид.

Комплексный план мероприятий в г. Братске направлен на снижение выбросов химических примесей в атмосферный воздух с показателя «очень высокий» (по данным 2017 года) до «повышенный» к 2024 году. Запланировано, что к 2024 году совокупный объем выбросов в атмосферный воздух города будет снижен на 30,48 тыс. тонн (23,7 % от уровня 2017 года), опасных загрязняющих веществ – на 5,58 тыс. тонн (11,41 % от уровня 2017 года)⁵.

В целях реализации мероприятий ФП «Чистый воздух», обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия и укрепления здоровья населения в г. Братске в 2019 г. ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» в соответствии с МР 2.1.6.0157–19⁶ были разработаны «Рекомендации по расширению числа постов и программ экологического мониторинга Росгидромета в г. Братске на период реализации ФП «Чистый воздух» для адекватной оценки влияния выбросов на здоровье населения и оценки эффективности реализуемых воздухоохраняющих мероприятий» (далее – Рекомендации). Рекомендации были подготовлены с использованием методических подходов в условиях отсутствия результатов сводных расчетов рассеивания загрязняющих веществ (раздел 5 МР 2.1.6.0157–19). Рекомендации содержали перечень из 30 приоритетных загрязняющих веществ, подлежащих мониторингу. Получение и использование сводной базы данных по источникам выбросов загрязняющих веществ на исследуемой территории позволило актуализировать и уточнить программу

мониторинга качества атмосферного воздуха на постах и перечень приоритетных веществ.

Целью исследования являлась актуализация и оптимизация программы наблюдения за качеством атмосферного воздуха г. Братска в задачах реализации национальных и федеральных проектов на региональном уровне.

Материалы и методы. Актуализация и сравнительная оценка программ наблюдений за качеством атмосферного воздуха в исследуемой территории (г. Братск) осуществлялась в соответствии с методическими подходами, изложенными в МР 2.1.6.0157–19 (разделы 4 и 5).

Информацией для формирования программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха являлись результаты сводных расчетов рассеивания загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу всеми стационарными и передвижными источниками г. Братска, и результаты инструментальных исследований содержания химических примесей в атмосферном воздухе на постах мониторинга.

Расчеты рассеивания выполнены с использованием унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы «Эколог-Город» (версия 4.60.1) от 2202 источников выбросов, среди которых 1627 стационарных источников выбросов промышленных предприятий и хозяйствующих субъектов, 459 неорганизованных автономных источников теплоснабжения (АИТ), каждый из которых представляет собой совокупность труб котлов и печей определенной территории частной жилой застройки, и 116 источников выбросов автотранспорта – участков улично-дорожной сети г. Братска по 112 химическим примесям, выбрасываемым всеми источниками загрязнения атмосферного воздуха (суммарно 127,2 тыс. тонн в год). Расчет концентраций загрязняющих веществ проводился в 11,620 тыс. расчетных точках жилой застройки, соответствующих геометрическим центрам зданий и сооружений.

Пространственно-динамический анализ результатов инструментальных наблюдений за качеством атмосферного воздуха г. Братска выполняли по данным Братского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (5 постов) и Федерального бюджетного учреждения здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Иркутской области» (3 поста) за 2018–2021 гг. по 38 примесям, в том числе:

– 5 общераспространенных примесей, присутствующих в выбросах автотранспорта, автономных

¹ Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 № 52-ФЗ. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481/ (дата обращения: 22.03.2023).

² Паспорт национального проекта «Экология», утв. 24 декабря 2018 года по итогам заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам. Официальный сайт правительства Российской Федерации. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://government.ru/info/35569/> (дата обращения: 22.03.2023).

³ Федеральный проект «Чистый воздух». Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Иркутской области. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://irkobl.ru/sites/ecology/folder13/folder/> (дата обращения: 22.03.2023).

⁴ Чистый воздух. «Национальные проекты» — информационный ресурс о планах развития страны на ближайшее будущее и мерах по улучшению качества жизни людей. Материалы подготовлены объединенной редакцией АНО «Национальные приоритеты» и информационного агентства ТАСС. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://xn--80aapampemcchfmo7a3c9ehj.xn--p1ai/projects/ekologiya/chistyy_vozdukh (дата обращения: 22.03.2023).

⁵ Комплексный план мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в г. Братске / утв. Заместителем Председателя Правительства Российской Федерации В. Абрамченко 11.04.2022 № 3612п-П11. Москва; 2022. 23 с.

⁶ МР 2.1.6.0157–19 «Формирование программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха и количественная оценка экспозиции населения для задач социально-гигиенического мониторинга» Официальный сайт «Техэксперт»: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/565246542> (дата обращения: 22.03.2023).

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-15-24>
Original Research Article

источников теплоснабжения и предприятий: азота диоксид, азот оксид, взвешенные вещества, сера диоксид, углерода оксид;

– 33 специфические примеси, обусловленные выбросами определенных отраслей производства: алюминий и его соединения, железо, марганец, медь, свинец, хром (VI), никель, 1-бутантиол, метантиол, пропан-1-тиол, этантиол, бенз(а)пирен, бензол, метилбензол, этилбензол, взвешенные частицы PM_{2.5}, взвешенные частицы PM₁₀, пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния (70–20 %), пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния (более 70 %), гидрохлорид, дигидросульфид, диметилбездол, диметилдисульфид, диметилсульфид, серная кислота, сероуглерод, скипидар, углерод, фенол, формальдегид, фториды неорганические плохо растворимые, фтористые газообразные соединения, хлор.

Точки размещения постов Братского ЦГМС и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Иркутской области» в г. Братске и Братском районе представлены на рисунке.

Расчетные и измеренные концентрации химических примесей оценивали на соответствие гигиеническим нормативам, установленным СанПиН 1.2.3685–21⁷.

Результаты сводных расчетов рассеивания верифицировали данными инструментальных исследований качества атмосферного воздуха на постах мониторинга в соответствии с алгоритмом, изложенным в МР 2.1.6.0157–19.

Верифицированные и расчетные концентрации загрязняющих веществ использовали для определения параметров риска здоровью населения города Братск в каждой точке жилой застройки селитебной территории города (жилом здании) в соответствии с требованиями руководства Р 2.1.10.1920–04⁸.

Количество кластеров задавалось исходя из численности населения города⁹. В каждом кластере была предложена оптимальная точка размещения поста мониторинга с учетом уровня формируемого риска здоровью и плотности населения. Для каждого поста мониторинга сформирована программа наблюдений и определен перечень веществ, подлежащих контролю в соответствии с МР 2.1.6.0157–19.

Полученную в соответствии с вышеописанным алгоритмом программу наблюдений за качеством атмосферного воздуха сравнивали с программой экологического мониторинга, рекомендованной Росгидромету в г. Братске на период реализации федерального проекта «Чистый воздух» для адекватной оценки влияния выбросов на здоровье

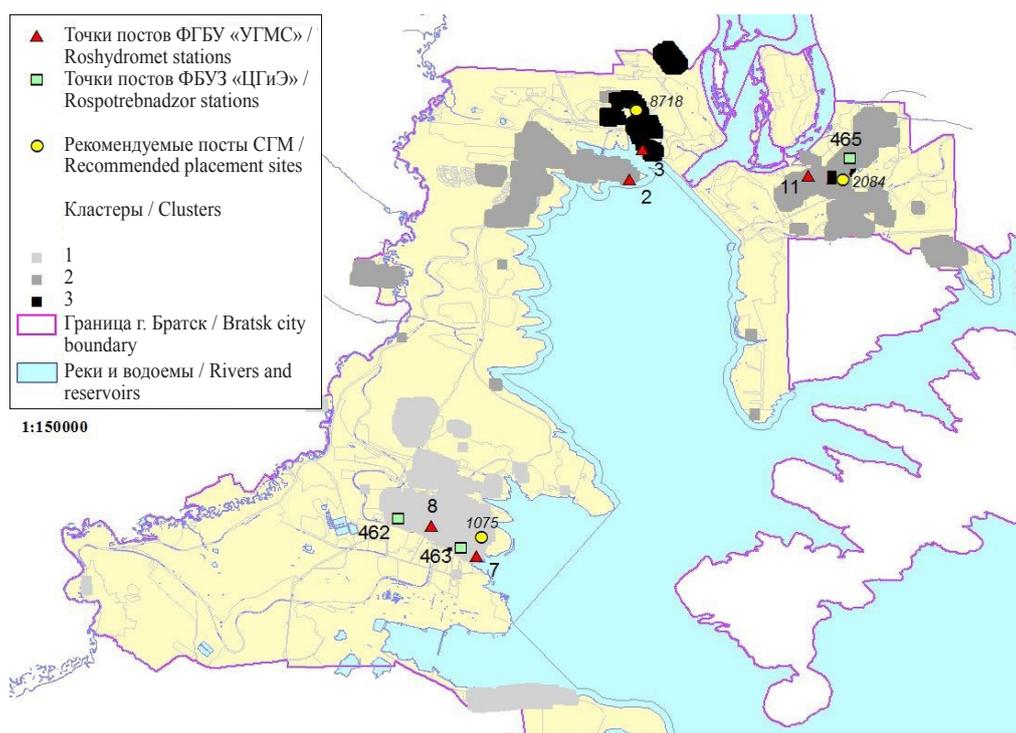


Рисунок. Расположение действующих в 2018–2021 гг. постов наблюдения, 3 кластеров и точек оптимального размещения постов мониторинга качества атмосферного воздуха в г. Братске

Figure. Location of three clusters, operating air quality monitoring stations and their optimum placement sites in the city of Bratsk, 2018–2021

⁷ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Официальный сайт «Техэксперт» электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 22.03.2023).

⁸ Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». Официальный сайт «Техэксперт»: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200037399> (дата обращения: 22.03.2023).

⁹ РД 52-04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Официальный сайт «Техэксперт»: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200036406> (дата обращения: 22.03.2023).

населения и оценки эффективности реализуемых воздухоохраных мероприятий в 2019 г. Также полученную программу сопоставляли с текущей программой мониторинга, осуществляемой ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Иркутской области» в г. Братске и Братском районе.

Результаты. По результатам анализа многолетних (2018–2021 гг.) данных инструментальных исследований в г. Братске выявлены превышения гигиенических нормативов содержания в атмосферном воздухе по 24 из 38 мониторируемых веществ: 1-бутантиола (до 7,0 ПДК_{мр}), азота диоксида (до 3,5 ПДК_{мр}, до 2,15 ПДК_{сс}), бен(а)пирена (до 13,8 ПДК_{сс}, до 12,7 ПДК_{сг}), бензола (до 3,3 ПДК_{мр}, до 5,9 ПДК_{сс}, до 3,0 ПДК_{сг}), взвешенных веществ (до 2,8 ПДК_{мр}, до 3,9 ПДК_{сс}, до 3,3 ПДК_{сг}), взвешенных частиц РМ_{2.5} (до 2,3 ПДК_{мр}, до 2,6 ПДК_{сс}), дигидросульфиды (до 2,0 ПДК_{мр}), диметилбензола (ксилола) (до 1,8 ПДК_{мр}), меди (до 3,0 ПДК_{сг}), метилбензола (до 1,1 ПДК_{мр}), никеля (до 2,0 ПДК_{мр}), пропан-1-тиола (до 9,3 ПДК_{мр}), серы диоксида (до 1,6 ПДК_{мр}, до 7,7 ПДК_{сс}), серной кислоты (до 4,7 ПДК_{сг}), сероуглерода (до 4,7 ПДК_{мр}, до 2,0 ПДК_{сг}), углерода (сажи) (до 1,4 ПДК_{мр}, до 2,2 ПДК_{сс}), углерода оксида (до 4,1 ПДК_{мр}), фенола (до 10,0 ПДК_{мр}, до 8,9 ПДК_{сс}, до 2,0 ПДК_{сг}), формальдегида (до 2,0 ПДК_{мр}, до 6,7 ПДК_{сс}, до 6,7 ПДК_{сг}), фторидов неорганических плохо растворимых (до 4,3 ПДК_{сс}), фтористых газообразных соединений (до 4,5 ПДК_{мр}, до 2,6 ПДК_{сс}), хлора (до 1,7 ПДК_{мр}, до 3,5 ПДК_{сс}, до 60,0 ПДК_{сг}), хрома (VI) (до 3,8 ПДК_{сг}), этилбензола (до 2,9 ПДК_{мр}).

По результатам расчетов рассеивания химических веществ в атмосферном воздухе г. Братска выявлены превышения гигиенических нормативов содержания в атмосферном воздухе: марганца и его соединений (в пересчете на марганец (IV) оксид) (до 2,12 ПДК_{мр}), азота диоксида (до 4,16 ПДК_{мр}, до 1,03 ПДК_{сг}), углерода оксида (до 2,49 ПДК_{мр}), фтористых газообразных соединений (до 1,74 ПДК_{мр}, до 1,70 ПДК_{сг}), диметилбензола (до 3,88 ПДК_{мр}), пыли неорганической, содержащей двуокись кремния, в % – более 70 (до 1,12 ПДК_{мр}), пыли неорганической, содержащей двуокись кремния, в % – до 20 (до 2,78 ПДК_{мр}), бенз(а)пирена (до 5,57 ПДК_{сс}, до 5,57 ПДК_{сг}).

В результате верификации расчетных концентраций данными инструментальных измерений содержания в атмосферном воздухе г. Братска 34 загрязняющих веществ (из 112, включенных в сводные расчеты рассеивания) были получены коэффициенты соответствия для максимальных разовых и среднегодовых концентраций. Максимальные расхождения между фактически измеренными и расчетными данными в точках расположения постов мониторинга выявлены в отношении среднегодовых и максимальных разовых концентраций цинка (коэффициенты соответствия ксг до 323372,2 раза, км до 2360,1 раза), никеля (ксг до 113212,8 раза, км до 3249,3 раза), меди (ксг до 7989,0 раза, км до 125,1 раза), свинца (ксг до 37023,0 раза, км до 347,58 раза), серной кислоты (ксг до 2081,2 раза, км до 927,34 раза), хлора (ксг до 688,2 раза, км до 96,42 раза).

Таким образом, для дальнейшей оценки риска по 34 веществам использовались расчетные концентрации, верифицированные натурными данными, для остальных 78 веществ – расчетные концентрации.

С использованием верифицированных и расчетных концентраций загрязняющих веществ были определены параметры канцерогенного и неканцерогенного риска здоровью населения Братска в каждой точке жилой застройки города.

Установлено, что повышенное содержание в атмосферном воздухе г. Братска ряда химических веществ формирует неприемлемые уровни индивидуального пожизненного канцерогенного риска по формальдегиду (CR от $3,70 \cdot 10^{-6}$ до $1,64 \cdot 10^{-4}$), хром(VI) (CR от $7,44 \cdot 10^{-6}$ до $1,82 \cdot 10^{-3}$), бензолу (CR от $4,44 \cdot 10^{-7}$ до $9,78 \cdot 10^{-4}$).

Для исследуемой территории выявлены неприемлемые уровни риска, выраженные коэффициентами опасности развития неканцерогенных эффектов (HQ_{ас}), при остром ингаляционном воздействии следующих веществ: пыль неорганическая > 70 % SiO₂ (до 1,23 HQ_{ас}), метилбензол (до 1,70 HQ_{ас}), углерода оксид (до 1,87 HQ_{ас}), никеля оксид (до 2,47 HQ_{ас}), пыль неорганическая: от до 20 % SiO₂ (до 4,63 HQ_{ас}), пыль древесная (до 6,01 HQ_{ас}), азота диоксид (до 6,44 HQ_{ас}), серная кислота (до 8,32 HQ_{ас}), формальдегид (до 12,1 HQ_{ас}), бензол (до 55,9 HQ_{ас}), взвешенные вещества (до 77,6 HQ_{ас}). Данные уровни риска классифицируются как неблагоприятный (HQ = 1,1–3,0) и высокий (HQ > 3,0).

По результатам оценки неканцерогенного риска для здоровья населения исследуемой территории при хроническом ингаляционном воздействии установлены неприемлемые уровни риска, выраженные коэффициентами опасности развития неканцерогенных эффектов (HQ_{сг}), в отношении 14 химических веществ: углерод (до 1,08 HQ_{сг}), гидроксibenзол (до 1,86 HQ_{сг}), марганец и его соединения (до 2,89 HQ_{сг}), формальдегид (до 3,16 HQ_{сг}), хром (VI) (до 3,47 HQ_{сг}), свинец и его соединения (до 4,68 HQ_{сг}), азота диоксид (до 4,80 HQ_{сг}), бенз(а)пирен (до 5,30 HQ_{сг}), никель оксид (до 6,04 HQ_{сг}), взвешенные вещества (до 16,1 HQ_{сг}), медь оксид (до 64,0 HQ_{сг}), серная кислота (до 98,8 HQ_{сг}), хлор (до 142,2 HQ_{сг}), бензол (до 96,7 HQ_{сг}).

Таким образом, на территории г. Братска формируются превышения неприемлемого уровня ингаляционного риска здоровью населения, формируемого 19 загрязняющими веществами: азота диоксид, бенз(а)пирен, бензол, взвешенные вещества, гидроксibenзол, марганец и его соединения, медь оксид, метилбензол, никель оксид, пыль древесная, пыль неорганическая > 70 % SiO₂, пыль неорганическая: до 20 % SiO₂, свинец и его соединения, серная кислота, углерод, углерода оксид, формальдегид, хлор, хром (VI).

Согласно алгоритму, изложенному в МР 2.1.6.0157–19, на территории г. Братска (численность населения – более 220 тыс. человек) в результате кластерного анализа выделены 3 кластера, обладающие однородными значениями совокупности параметров риска здоровью населения (рисунок). Внутри каждого кластера выделена оптимальная

точка размещения поста мониторинга качества атмосферного воздуха, характеризующаяся максимальным значением совокупности параметров риска и наибольшей плотностью населения: кластер № 1 – ул. Советская, 22, кластер № 2 – ул. Сосновая, 8, кластер № 3 – ул. Гиндина, 12 (рисунок).

В таблице представлен перечень загрязняющих веществ, приоритетных для мониторинга в каждом кластере по критериям риска здоровью, и максимальные параметры формируемого риска здоровью.

Анализ расположения постов наблюдения за уровнем загрязнения атмосферного воздуха показал, что на территории кластера № 1 расположено два поста Росгидромета (№ 7, 8), а также два поста Роспотребнадзора (№ 462, 463), на территории кластера № 2 – два поста Росгидромета (№ 2, 11) и один пост Роспотребнадзора (№ 465), на территории кластера № 3 – один пост Росгидромета (№ 3).

По результатам гигиенической оценки и оценки риска здоровью, выполненной на базе сопряженного анализа результатов сводных расчетов рассеивания и данных инструментального мониторинга, был определен оптимальный для мониторинга качества атмосферного воздуха на исследуемой территории перечень из 29 приоритетных веществ: 1-бутантиол, азота диоксид, бенз(а)пирен, бензол, взвешенные вещества, взвешенные частицы PM_{2.5}, гидроксибензол, дигидросульфид, диметилбензол, марганец и его соединения, медь оксид, метилбензол, никель оксид, пыль древесная, пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в % – более 70, пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в % – менее 20, пропан-1-тиол, сера диоксид, свинец и его соединения, серная кислота, сероуглерод, углерод (сажа), углерода оксид, формальдегид, фториды неорганические плохо растворимые, фтористые газообразные соединения, хлор, хром (VI), этилбензол.

Для кластера № 1 было выделено 26 приоритетных веществ (13 веществ по результатам оценки соответствия гигиеническим нормативам, 2 вещества по результатам оценки риска, 11 веществ по результатам оценки соответствия гигиеническим нормативам и оценки риска), для кластера № 2 – 17 веществ (4, 7 и 6 веществ соответственно), для кластера № 3 – 14 веществ (1, 2 и 11 веществ соответственно).

По результатам сопоставления программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха при отсутствии и наличии сводных баз данных параметров источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух из перечня приоритетных мониторируемых в 2020–2021 гг. веществ целесообразным является исключение веществ, у которых по результатам гигиенической оценки и оценки риска не выявлены превышения гигиенических нормативов и критериев риска здоровью: алюминий и его соединения, азота оксид, взвешенные частицы PM₁₀, гидрохлорид, диметилдисульфид, диметилсульфид, метилмеркаптан, пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, 20–70 %, скипидар. При этом в рамках настоящего исследования с использованием алгоритма формирования

программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха при наличии сводных баз данных параметров источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух выделены вещества, формирующие неприемлемые уровни риска здоровью населения (марганец и его соединения, медь оксид, никель оксид, пыль древесная, пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в % – менее 20, хром (VI)), а также вещества, по которым с 2020 года регистрируются превышения гигиенических нормативов (1-бутантиол, пропан-1-тиол).

По результатам настоящего исследования и сопоставительного анализа программ мониторинга качества атмосферного воздуха, проводимых Роспотребнадзором и Росгидрометом в 2018–2021 гг., в г. Братске с целью исключения дублирования исследований, установлено следующее.

– В кластере № 1 целесообразно перемещение поста Роспотребнадзора в точку с адресом ул. Советская, 22 (рисунок) и проведение мониторинга следующих 15 приоритетных веществ: 1-бутантиол, бензол, взвешенные частицы PM_{2.5}, гидроксибензол (фенол), диметилбензол, метилбензол, пропан-1-тиол, пыль древесная, свинец и его неорганические соединения, сера диоксид, серная кислота, углерод (сажа), фториды неорганические плохо растворимые, хлор, этилбензол. Остальные приоритетные для данного кластера вещества (азота диоксид, бенз(а)пирен, взвешенные вещества, дигидросульфид, медь оксид, никель оксид, сероуглерод, углерод (оксид), формальдегид, фтористые газообразные соединения, хром (VI)) мониторируются на постах Росгидромета № 7, 8, расположенных в данном кластере.

– В кластере № 2 целесообразно перемещение поста Роспотребнадзора в точку с адресом ул. Сосновая, 8 (рисунок) и проведение мониторинга следующих 8 приоритетных веществ, не дублирующих измеряемые Росгидрометом вещества: бензол, марганец и его соединения, пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в % – более 70, пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в % – менее 20, серная кислота, углерод (сажа), формальдегид, хлор. Остальные приоритетные для данного кластера вещества (азота диоксид, бенз(а)пирен, взвешенные вещества, дигидросульфид, медь оксид, никель оксид, углерод (оксид), фтористые газообразные соединения, хром (VI)) мониторируются на постах Росгидромета № 2, 11, расположенных в данном кластере.

– В кластере № 3 целесообразно размещение поста Роспотребнадзора в точке по адресу ул. Гиндина, 12 (рисунок), характеризующейся максимальным значением совокупности параметров риска, а также наибольшей плотностью населения, и проведение мониторинга приоритетных по критериям риска здоровью и/или результатам гигиенической оценки 11 веществ: бенз(а)пирен, бензол, взвешенные вещества, гидроксибензол, марганец и его соединения, медь оксид, метилбензол, никель оксид, серная кислота, хлор, хром (VI). Остальные приоритетные для данного кластера вещества (азота диоксид, сероуглерод, формальдегид) мониторируются на

Таблица. Перечень загрязняющих веществ, приоритетных для мониторинга в каждом кластере по критериям риска здоровью и параметры формируемого риска здоровью в оптимальной точке расположения поста**Table. The list of cluster-specific priority pollutants according to health risk criteria and the parameters of health risk formed at the optimal location of the air monitoring station**

№ кластера / Cluster number	Загрязняющее вещество / Pollutant	Параметры риска здоровью, максимальное значение в кластере / Health risk parameters, maximum value in the cluster		
		CRi*	HQaci*	HQcri*
1	Азота диоксид / Nitrogen dioxide	–	2,24	1,86
	Бенз(а)пирен / Benzo(a)pyrene	5,17E×10 ⁻⁶	–	5,30
	Бензол / Benzene	9,10E×10 ⁻⁴	22,10	89,89
	Взвешенные вещества / Total suspended particles	–	27,42	3,25
	Гидроксибензол / Hydroxybenzene	–	0,01	1,85
	Медь оксид / Copper oxide	–	0,62	16,42
	Никель оксид / Nickel oxide	9,70E×10 ⁻⁷	1,83	5,13
	Пыль древесная / Wood dust	–	6,01	–
	Свинец и его соединения / Lead and its compounds	1,22E×10 ⁻⁵	–	4,68
	Серная кислота / Sulfuric acid	–	8,32	98,8
	Углерода оксид / Carbon oxide	–	1,87	1,08
	Формальдегид / Formaldehyde	1,64E×10 ⁻⁴	3,91	3,16
	Хлор / Chlorine	–	0,50	142,8
	Хром (VI) / Chromium (VI)	2,46E×10 ⁻⁴	–	0,47
2	Азота диоксид / Nitrogen dioxide	–	6,44	2,57
	Бенз(а)пирен / Benzo(a)pyrene	2,20E×10 ⁻⁶	–	2,26
	Бензол / Benzene	1,74E×10 ⁻⁴	12,64	17,18
	Взвешенные вещества / Total suspended particles	–	77,6	16,06
	Марганец и его соединения / Manganese and its compounds	–	–	2,89
	Медь оксид / Copper oxide	–	0,08	63,97
	Никель оксид / Nickel oxide	7,33E×10 ⁻⁷	0,71	3,75
	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: - более 70 / Inorganic dust containing > 70 % of silicon dioxide	–	1,23	0,04
	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: - менее 20 / Inorganic dust containing < 20 % of silicon dioxide	–	4,63	0,15
	Серная кислота / Sulfuric acid	–	1,03	2,39
	Углерода оксид / Carbon oxide	–	1,51	0,001
	Формальдегид / Formaldehyde	8,70E×10 ⁻⁵	4,35	1,68
	Хлор / Chlorine	–	0,09	33,56
3	Азота диоксид / Nitrogen dioxide	–	5,81	4,80
	Бенз(а)пирен / Benzo(a)pyrene	5,00E×10 ⁻⁶	–	5,12
	Бензол / Benzene	9,78E×10 ⁻⁴	55,87	96,7
	Взвешенные вещества / Total suspended particles	–	13,26	2,94
	Гидроксибензол / Hydroxybenzene	–	0,01	1,22
	Марганец и его соединения / Manganese and its compounds	–	–	2,81
	Медь оксид / Copper oxide	–	0,004	5,65
	Метилбензол / Methylbenzene	–	1,70	0,01
	Никель оксид / Nickel oxide	8,21E×10 ⁻⁷	2,47	6,04
	Серная кислота / Sulfuric acid	–	0,23	6,73
	Формальдегид / Formaldehyde	–	12,12	2,00
	Хлор / Chlorine	–	0,01	106,87
	Хром (VI) / Chromium (VI)	1,82E×10 ⁻³	–	3,47

Примечание: CRi – коэффициент канцерогенной опасности; HQaci – коэффициент опасности при острых воздействиях; HQcri – коэффициент опасности при хронических воздействиях.

Notes: CRi – cancer risk index; HQaci – Hazard quotient for acute exposure; HQcri – Hazard quotient for chronic exposure.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-15-24>
Original Research Article

посту Росгидромета № 3, расположенном в данном кластере.

Обсуждение. Результаты выполненного исследования подтверждают данные ранее выполненных научных исследований [1–4] и свидетельствуют, что формирование программы мониторинга качества атмосферного воздуха требует сопряженной оценки результатов инструментальных исследований и расчетных данных распространения примесей в атмосферном воздухе, а также параметров формируемого экспозицией риска здоровью населения. Оценка риска здоровью является адекватным инструментом для решения поставленных в исследовании задач [5–20]. По установленным в рамках данного исследования приоритетным веществам регистрируются превышения гигиенических нормативов и/или допустимых параметров риска здоровью. Актуализация внимания к данным приоритетным веществам, снижение их выбросов и систематический мониторинг позволят минимизировать формируемые риски и причиненный вред здоровью населения исследуемой территории [21–30].

Выводы

1. Оптимизация программы мониторинга качества атмосферного воздуха требует научно обоснованного подхода к формированию перечня приоритетных примесей. Оптимальным является использование сводной базы данных параметров источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и сопряженный пространственный анализ расчетных и инструментальных данных по качеству атмосферного воздуха при оценке уровней экспозиции и риска здоровью.

2. По данным инструментальных и расчетных исследований уровня загрязнения атмосферного воздуха на территории г. Братска за период 2018–2021 гг. наблюдались превышения гигиенических нормативов содержания 24 загрязняющих веществ (до 10,0 ПДК_{мр}, до 13,8 ПДК_{сс}, до 60 ПДК_{сг}).

3. По верифицированным и расчетным данным на территории г. Братска 19 загрязняющих веществ формируют неприемлемые уровни ингаляционного риска здоровью (CR до $1,82 \cdot 10^{-3}$, до 77,6 HQ_{ас}, до 142,8 HQ_{сг}).

4. Кластерный анализ результатов оценки риска здоровью населения позволил выделить на территории г. Братска 3 кластера и определить оптимальные точки расположения постов мониторинга качества атмосферного воздуха с учетом совокупности формируемых параметров риска здоровью и плотности населения: ул. Советская, 22 (кластер № 1), ул. Сосновая, 8 (кластер № 2), ул. Гиндина, 12 (кластер № 3).

5. С учетом соответствия гигиеническим нормативам и критериям риска здоровью населения сформирован оптимальный для мониторинга качества атмосферного воздуха перечень из 29 приоритетных веществ в целом по городу, в т. ч. для кластера № 1 выделено 26 приоритетных веществ, для кластера № 2 – 17 веществ, для кластера № 3 – 14 веществ.

6. Сопоставительный анализ программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха при наличии и отсутствии сводных баз данных параме-

тров источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух выявил целесообразность исключения из приоритетного списка 9 веществ и добавление в программу мониторинга качества атмосферного воздуха 8 приоритетных веществ.

7. Оптимизация программ наблюдений за качеством атмосферного воздуха в условиях изменяющейся санитарно-эпидемиологической ситуации на территории г. Братска выявила целесообразность ведения мониторинга качества атмосферного воздуха дополнительно к постам Росгидромета на 3 актуализированных постах Роспотребнадзора и, с целью исключения дублирования исследований, сокращения числа мониторируемых на постах веществ до 8–15. Оптимизация программы лабораторных исследований и систематический мониторинг позволят улучшить качество атмосферного воздуха, минимизировать риски для здоровья населения и достичь целей, поставленных национальными проектами на региональном уровне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В., Горяев Д.В. Методические подходы к выбору точек и программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха в рамках социально-гигиенического мониторинга для задач федерального проекта «Чистый воздух» // Анализ риска здоровью. 2019. № 3. С. 4–17. doi: 10.21668/health.risk/2019.3.01
2. Клейн С.В., Зайцева Н.В., Май И.В. и др. Формирование программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха для задач социально-гигиенического мониторинга: практический опыт реализации мероприятий федерального проекта «Чистый воздух» // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 11. С. 1196–1202. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-11-1196-1202
3. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В. Здоровье населения как целевая функция и критерий эффективности мероприятий федерального проекта «Чистый воздух» // Анализ риска здоровью. 2019. № 4. С. 4–13. doi: 10.21668/health.risk/2019.4.01
4. Авалиани С.Л., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А., Митягина А.В., Погонина Т.А. Опыт и перспектива применения анализа риска здоровью при реализации федерального проекта «Чистый воздух» для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: сборник по материалам X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. Пермь, 2020. С. 231–239.
5. Ракитский В.Н., Стёпкин Ю.И., Клепиков О.В., Куролап С.А. Оценка канцерогенного риска здоровью городского населения, обусловленного воздействием факторов среды обитания // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 3. С. 188–195. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-3-188-195
6. Андришунас А.М., Клейн С.В., Горяев Д.В., Балашов С.Ю., Загороднов С.Ю. Гигиеническая оценка эффективности воздухоохраных мероприятий на объектах теплоэнергетики // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 11. С. 1290–1298. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-11-1290-1298
7. Мякишева Ю.В., Федосейкина И.В., Михайлюк Н.А., Сказкина О.Я., Алешина Ю.А., Павлов А.Ф. Влияние

- загрязнения атмосферного воздуха на формирование риска здоровью населения экологически неблагоприятного района крупного промышленного центра // *Здоровье населения и среда обитания*. 2022. Т. 30. № 3. С. 44–52. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-3-44-52
8. Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Волкодаева М.В., Еремин Г.Б. Совершенствование подходов к оценке воздействия антропогенного загрязнения атмосферного воздуха на население в целях управления рисками для здоровья // *Гигиена и санитария*. 2019. Т. 98. № 1. С. 82–86. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-1-82-86
 9. Зайцева Н.В., Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В., Жданова-Заплесвичко И.Г., Пережогин А.Н., Клейн С.В. Оценка аэрогенного воздействия приоритетных химических факторов на здоровье детского населения в зоне влияния предприятий по производству алюминия // *Гигиена и санитария*. 2019. Т. 98. № 1. С. 68–75. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-1-68-75
 10. Загороднов С.Ю. Пылевое загрязнение атмосферного воздуха города как недооцененный фактор риска здоровью человека // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика*. 2018. № 2 (30). С. 124–133. doi: 10.15593/2409-5125/2018.02.10
 11. Ракитский В.Н., Авалиани С.Л., Новиков С.М., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А. Анализ риска здоровью при воздействии атмосферных загрязнений как составная часть стратегии уменьшения глобальной эпидемии неинфекционных заболеваний // *Анализ риска здоровью*. 2019. № 4. С. 30–36. doi: 10.21668/health.risk/2019.4.03
 12. Овчинникова Е.Л., Никитин С.В., Колчин А.С. и др. Методические подходы к обработке результатов лабораторного мониторинга качества атмосферного воздуха для целей проведения оценки риска здоровью // *Здоровье населения и среда обитания*. 2022. Т. 30. № 3. С. 36–43. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-3-36-43
 13. Zagorodnov SY. Component composition of atmospheric dusts as a characteristic of environmental pollution. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci*. 2020;548:072069. doi: 10.1088/1755-1315/548/7/072069
 14. Shayakhmetov S, Kurakbaev KK, Toguzbaeva KK, Ismailova AA. Risk assessment and management of rural health in Kazakhstan. *Вестник Казахского национального медицинского университета*. 2020. № 4. С. 408–412.
 15. Landrigan PJ. Air pollution and health. *Lancet Public Health*. 2017;2(1):e4–e5. doi: 10.1016/S2468-2667(16)30023-8
 16. Pachoulis M, Maggos T, Panagopoulos P, et al. Population health risks assessment from air pollution exposure in an industrialized residential area in Greece. *Atmosphere*. 2022;13(4):615. doi: 10.3390/atmos13040615
 17. Fauser P, Ketzler M, Becker T, et al. Human exposure to carcinogens in ambient air in Denmark, Finland and Sweden. *Atmos Environ*. 2017;167:283–297. doi: 10.1016/j.atmosenv.2017.08.033
 18. Brunekreef B. Environmental epidemiology and risk assessment. *Toxicol Lett*. 2008;180(2):118–122. doi: 10.1016/j.toxlet.2008.05.012
 19. Lepeule J, Laden F, Dockery D, Schwartz J. Chronic exposure to fine particles and mortality: an extended follow-up of the Harvard Six Cities study from 1974 to 2009. *Environ Health Perspect*. 2012;120(7):965–970. doi: 10.1289/ehp.1104660
 20. Lim SS, Vos T, Flaxman AD, et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*. 2012;380(9859):2224–2260. doi: 10.1016/S0140-6736(12)61766-8
 21. Гурвич В.Б., Козловских Д.Н., Власов И.А. и др. Методические подходы к оптимизации программ мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух» (на примере города Нижнего Тагила) // *Здоровье населения и среда обитания*. 2020. № 9 (330). С. 38–47. doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-38-47
 22. Зайцева Н.В., Май И.В. Новые механизмы нормирования выбросов в атмосферу: концептуальный взгляд на перспективы и проблемы с позиций обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения // *Анализ риска здоровью*. 2020. № 2. С. 4–15. doi: 10.21668/health.risk/2020.2.01
 23. Клепиков О.В., Куролап С.А., Седых В.А. Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха и оценка канцерогенных рисков для здоровья населения города Липецка // *Региональные геосистемы*. 2021. Т. 45. № 2. С. 236–245. doi: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-236-245
 24. Крига А.С., Никитин С.В., Овчинникова Е.Л. и др. О ходе реализации федерального проекта «Чистый воздух» на территории города Омска // *Анализ риска здоровью*. 2020. № 4. С. 31–45. doi: 10.21668/health.risk/2020.4.04
 25. Ярушин С.В., Кузьмин Д.В., Шевчик А.А. и др. Ключевые аспекты оценки результативности и эффективности реализации Федерального проекта «Чистый воздух» на примере комплексного плана мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в городе Нижний Тагил // *Здоровье населения и среда обитания*. 2020. Т. 9. № 330. С. 48–60. doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-48-60
 26. Ревич Б.А., Харьковская Т.Л., Кваша Е.А. Некоторые показатели здоровья жителей городов федерального проекта «Чистый воздух» // *Анализ риска здоровью*. 2020. № 2. С. 16–27. doi: 10.21668/health.risk/2020.2.02
 27. Долгушина Н.А., Кувшинова И.А. Оценка загрязнения атмосферного воздуха промышленных городов Челябинской области и неканцерогенных рисков здоровью населения // *Экология человека*. 2019. № 6. С. 17–22. doi: 10.33396/1728-0869-2019-6-17-22
 28. Марцынковский О.А., Двинянина О.В., Васькина А.А. Романов А.В. Федеральный проект «Чистый воздух»: новый уровень жизни // *Стандарты и качество*. 2022. № 3. С. 93–95.
 29. Зайцева Н.В., Май И.В. Основные итоги, перспективы применения и совершенствования оценки риска здоровью населения сибирских городов – участников проекта «Чистый воздух» (Братск, Норильск, Красноярск, Чита) // *Гигиена и санитария*. 2021. Т. 100. № 5. С. 519–527. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-5-519-527
 30. Морина В.А., Юрьева А.А. Мониторинг реализации федерального проекта «Чистый воздух» // *Актуальные вопросы современной экономики*. 2021. № 10. С. 171–183. doi: 10.34755/IROK.2021.96.33.099.
 31. Ревич Б.А. Эффективен ли проект «Чистый воздух» для улучшения здоровья населения 12 городов? // *Экологический вестник России*. 2020. № 3. С. 58–68.

REFERENCES

1. Zaitseva NV, May IV, Kleyn SV, Goryaev DV. Methodical approaches to selecting observation points and programs for observation over ambient air quality within social and hygienic monitoring and “Pure Air” federal project. *Health Risk Analysis*. 2019;(3):4–17. doi: 10.21668/health.risk/2019.3.01.eng
2. Kleyn SV, Zaitseva NV, May IV, et al. Working out ambient air quality measuring programs for socio-hygienic monitoring: practical experience of federal project “Clean Air”

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-15-24>
Original Research Article

- activity. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(11):1196–1202. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-11-1196-1202
3. Popova AYu, Zaitseva NV, May IV. Population health as a target function and criterion for assessing efficiency of activities performed within “Pure air” federal project. *Health Risk Analysis*. 2019;(4):4–13. doi: 10.21668/health.risk/2019.4.01.eng
 4. Avaliani SL, Shashina TA, Dodina NS, Kislitsin VA, Mityagina AV, Pogonina TA. [Experience and prospects of applying health risk analysis within implementation of the Federal Clean Air Project for securing sanitary and epidemiological welfare of the population.] In: Popova AYu, Zaitseva NV, eds. *Health Risk Analysis – 2020 in conjunction with the International Meeting on Environment and Health RISE–2020 and a Round Table on Food Safety: Proceedings of the Tenth All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Perm, May 13–15, 2020*. Perm: Perm National Research Polytechnic Univ. Publ.; 2020;2:231–239. (In Russ.)
 5. Rakitskii VN, Stepkin Yul, Klepikov OV, Kurolop SA. Assessment of carcinogenic risk caused by the impact of the environmental factors on urban population health. *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(3):188–195. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-3-188-195
 6. Andrishunas AM, Kleyn SV, Goryaev DV, Balashov SYu, Zagorodnov SYu. Hygienic assessment of air protection activities at heat-and-power engineering enterprises. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(11):1290–1298. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-11-1290-1298
 7. Myakisheva YuV, Fedoseikina IV, Mikhayluk NA, Skazkina OYa, Aleshina YuA, Pavlov AF. Ambient air pollution and population health risks in a contaminated area of a large industrial center. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(3):44–52. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-3-44-52
 8. Karelin AO, Lomtev AYu, Volkodaeva MV, Yeregin GB. The improvement of approaches to the assessment of effects of the anthropogenic air pollution on the population in order to management the risk for health. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(1):82–86. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-1-82-86
 9. Zaitseva NV, Zemlianova MA, Koldibekova YuV, Zhdanova-Zaplesvichko IG, Perezhogin AN, Kleyn SV. Evaluation of the aerogenic impact of priority chemical factors on the health of the child population in the zone of the exposure of aluminum enterprises. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(1):68–75. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-1-68-75
 10. Zagorodnov SYu. Dust contamination of the atmospheric air of the city as an undervalued risk factor to human health. *Vestnik Permskogo Natsional'nogo Issledovatel'skogo Politekhnikeskogo Universiteta. Prikladnaya Ekologiya. Urbanistika*. 2018;(2(30)):124–133. (In Russ.) doi: 10.15593/2409-5125/2018.02.10
 11. Rakitskii VN, Avaliani SL, Novikov SM, Shashina TA, Dodina NS, Kislitsin VA. Health risk analysis related to exposure to ambient air contamination as a component in the strategy aimed at reducing global non-infectious epidemics. *Health Risk Analysis*. 2019;(4):30–35. doi: 10.21668/health.risk/2019.4.03.eng
 12. Ovchinnikova EL, Nikitin SV, Kolchin AS, et al. Methodological approaches to processing laboratory results of ambient air quality monitoring for the purposes of human health risk assessment. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(3):36–43. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-3-36-43
 13. Zagorodnov SY. Component composition of atmospheric dusts as a characteristic of environmental pollution. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci*. 2020;548:072069. doi: 10.1088/1755-1315/548/7/072069
 14. Shayakhmetov S, Kurakbaev KK, Toguzbaeva KK, Ismailova AA. Risk assessment and management of rural health in Kazakhstan. *Vestnik Kazakhskogo Natsional'nogo Meditsinskogo Universiteta*. 2020;(4):408–412.
 15. Landrigan PJ. Air pollution and health. *Lancet Public Health*. 2017;2(1):e4–e5. doi: 10.1016/S2468-2667(16)30023-8
 16. Pachoulis M, Maggos T, Panagopoulos P, et al. Population health risks assessment from air pollution exposure in an industrialized residential area in Greece. *Atmosphere*. 2022;13(4):615. doi: 10.3390/atmos13040615
 17. Fauser P, Ketzler M, Becker T, et al. Human exposure to carcinogens in ambient air in Denmark, Finland and Sweden. *Atmos Environ*. 2017;167:283–297. doi: 10.1016/j.atmosenv.2017.08.033
 18. Brunekreef B. Environmental epidemiology and risk assessment. *Toxicol Lett*. 2008;180(2):118–122. doi: 10.1016/j.toxlet.2008.05.012
 19. Lepeule J, Laden F, Dockery D, Schwartz J. Chronic exposure to fine particles and mortality: an extended follow-up of the Harvard Six Cities study from 1974 to 2009. *Environ Health Perspect*. 2012;120(7):965–970. doi: 10.1289/ehp.1104660
 20. Lim SS, Vos T, Flaxman AD, et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*. 2012;380(9859):2224–2260. doi: 10.1016/S0140-6736(12)61766-8
 21. Gurvich VB, Kozlovskikh DN, Vlasov IA, et al. Methodological approaches to optimizing ambient air quality monitoring programs within the framework of the Federal Clean Air Project (on the example of Nizhny Tagil). *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(9(330)):38–47. (In Russ.) doi: 10.35627/22195238/202033093847
 22. Zaitseva NV, May IV. New mechanisms for regulation of industrial emissions into the atmosphere: a conceptual look at prospects and problems from sanitary-epidemiological point of view. *Health Risk Analysis*. 2020;(2):4–15. doi: 10.21668/health.risk/2020.2.01.eng
 23. Klepikov OV, Kurolop SA, Sedykh VA. Monitoring of atmospheric air pollution and assessment of carcinogenic risks for the health of the population of the city of Lipetsk. *Regional'nye Geosistemy*. 2021;45(2):236–245. (In Russ.) doi: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-236-245
 24. Kriga AS, Nikitin SV, Ovchinnikova EL, et al. On implementation of “Clean air” Federal project in Omsk. *Health Risk Analysis*. 2020;(4):32–46. doi: 10.21668/health.risk/2020.4.04.eng
 25. Yarushin SV, Kuzmin DV, Shevchik AA, et al. Key aspects of assessing effectiveness and efficiency of implementation of the Federal Clean Air Project on the example of the Comprehensive Emission Reduction Action Plan in Nizhny Tagil. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(9(330)):48–60. (In Russ.) doi: 10.35627/22195238/202033094860
 26. Revich BA, Kharkova TL, Kvasha EA. Selected health parameters of people living in cities included into “Clean air” Federal project. *Health Risk Analysis*. 2020;(2):16–27. doi: 10.21668/health.risk/2020.2.02.eng
 27. Dolgushina NA, Kuvshinova IA. Air pollution and non-cancerogenic risk assessment in industrial cities of Chelyabinsk region. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2019;(6):17–22. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2019-6-17-22
 28. Martsinkovskiy OA, Dvinyanina OV, Vas'kina AA, Romanov AV. Federal project “Clean Air”: a new standard of living. *Standarty i Kachestvo*. 2022;(3):93–95. (In Russ.)
 29. Zaitseva NV, May IV. Main results, prospects of application and improvement of the health risk assessment of the population of Siberian cities – participants of

the “Clean air” project (Bratsk, Norilsk, Krasnoyarsk, Chita). *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(5):519–527. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-5-519-527

30. Morina VA, Yuryeva AA. Monitoring the implementation of the federal project “Clean Air”. *Aktual'nye Voprosy*

Sovremennoy Ekonomiki. 2021;(10):171–183. (In Russ.) doi: 10.34755/IROK.2021.96.33.099

31. Revich B.A. How effective is “Clean air for health in 12 cities” project? *Ekologicheskii Vestnik Rossii*. 2020;(3):58–68. (In Russ.)

Сведения об авторах:

Май Ирина Владиславовна – д.б.н., профессор, заместитель директора по научной работе; e-mail: may@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016>.

Клейн Светлана Владиславовна – д.м.н., профессор РАН, заведующая отделом системных методов социально-гигиенического мониторинга и экспертиз; e-mail: kleyn@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713>.

✉ **Максимова Екатерина** Вадимовна – младший научный сотрудник лаборатории методов оценки соответствия и потребительских экспертиз; e-mail: maksimova@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5714-9955>.

Балашов Станислав Юрьевич – заведующий лабораторией методов комплексного санитарно-гигиенического анализа и экспертиз; e-mail: stas@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6923-0539>.

Информация о вкладе авторов: концепция исследования: *Май И.В., Клейн С.В.*; сбор и анализ материала: *Максимова Е.В., Балашов С.Ю.*; написание рукописи: *Клейн С.В., Максимова Е.В., Балашов С.Ю.*; редактирование: *Май И.В., Клейн С.В.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

Финансирование: исследование выполнено при финансировании научных работ в рамках федерального проекта «Чистый воздух» национального проекта «Экология».

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

Статья получена: 03.05.23 / Принята к публикации: 16.05.23 / Опубликовано: 31.05.23

Author information:

Irina V. May, Dr. Sci. (Biol.), Prof., Deputy Director for Research; e-mail: may@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016>.

Svetlana V. Kleyn, Dr. Sci. (Med.), Professor of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Systemic Methods of Public Health Monitoring and Expert Examinations; e-mail: kleyn@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713>.

✉ **Ekaterina V. Maksimova**, Junior Researcher of the Laboratory for Conformity Assessment and Consumer Protection; e-mail: maksimova@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5714-9955>.

Stanislav Yu. Balashov, Head of the Laboratory for Methods of Comprehensive Sanitary and Hygienic Analysis and Expert Examinations; e-mail: stas@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6923-0539>.

Author contributions: study conception and design: *May I.V., Kleyn S.V.*; data collection, analysis and interpretation of results: *Maksimova E.V., Balashov S.Yu.*; draft manuscript preparation: *Kleyn S.V., Maksimova E.V., Balashov S.Yu.*; editing: *May I.V., Kleyn S.V.* All authors reviewed the result and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: The study was conducted within the Federal Clean Air Project implemented as part of the National Ecology Project.

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

Received: May 3, 2023 / Accepted: May 16, 2023 / Published: May 31, 2023



Подходы к определению территорий неблагополучия по показателям, характеризующим состояние питьевого водоснабжения

А.А. Ковшов^{1,2}, Р.В. Бузинов¹, Н.А. Тихонова¹, В.Н. Федоров¹, Ю.А. Новикова¹,
И.О. Мясников¹, А.А. Сергеев³

¹ ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,
2-я Советская ул., д. 4, г. Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»
Минздрава России, ул. Кирочная, д. 41, г. Санкт-Петербург, 191015, Российская Федерация

³ Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по
Мурманской области, ул. Коммуны, д. 7, г. Мурманск, 183038, Российская Федерация

Резюме

Введение. Общепринятые критерии ранжирования территорий по комплексу показателей, характеризующих состояние питьевого водоснабжения, в настоящее время отсутствуют, что требует разработки и верификации критериев классификации регионов.

Цель исследования заключалась в разработке подходов к ранжированию субъектов Российской Федерации по показателям, характеризующим состояние питьевого водоснабжения, и определению территорий неблагополучия.

Материалы и методы. Анализировались показатели качества питьевой воды и характеристики систем водоснабжения в 15 субъектах Российской Федерации, входящих в Арктическую зону и Северо-Западный федеральный округ, использовались материалы формы федерального статистического наблюдения № 18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта» за 2021 год. Выполнен дискриминантный и корреляционный анализ для проверки правильности классификации территорий.

Результаты. Проведена классификация субъектов федерации по состоянию питьевого водоснабжения с использованием 31 показателя. По результатам дискриминантного анализа установлено, что 6 регионов (Новгородская область, Республика Карелия, Архангельская область, Ненецкий автономный округ, Республика Саха (Якутия), Чукотский автономный округ) отнесены к территориям неблагополучия, 93,3% исходных сгруппированных наблюдений были классифицированы правильно. Существенный вклад в отнесение регионов к территориям неблагополучия внесли показатели качества питьевой воды (преимущественно санитарно-химические) в сельской местности.

Обсуждение. Выбранные показатели состояния питьевого водоснабжения в достаточной степени характеризуют качество питьевой воды и особенности систем водоснабжения на региональном уровне ввиду их универсальности для всех территорий. Это также подтверждается статистически значимой сильной обратной корреляцией между долей населения, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения, и рассчитанным суммарным баллом, характеризующим состояние питьевого водоснабжения.

Выводы. Исследование показало корректность выбора показателей, характеризующих состояние питьевого водоснабжения, для классификации регионов. Ранжирование территорий позволит разработать управленческие решения по повышению качества питьевой воды и определить регионы, нуждающиеся в первоочередных мерах, направленных на сохранение здоровья населения.

Ключевые слова: качество питьевой воды, системы водоснабжения, территории неблагополучия, дискриминантный анализ, Северо-Западный федеральный округ, Арктическая зона Российской Федерации.

Для цитирования: Ковшов А.А., Бузинов Р.В., Тихонова Н.А., Федоров В.Н., Новикова Ю.А., Мясников И.О., Сергеев А.А. Подходы к определению территорий неблагополучия по показателям, характеризующим состояние питьевого водоснабжения // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 5. С. 25–33. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-25-33>

Approaches to Defining Health Risk Areas Using Quality Indicators of Drinking Water Supply

Aleksandr A. Kovshov,^{1,2} Roman V. Buzinov,¹ Nadezhda A. Tikhonova,¹ Vladimir N. Fedorov,¹
Yuliya A. Novikova,¹ Igor O. Myasnikov,¹ Aleksandr A. Sergeev³

¹ Northwest Public Health Research Center, 4, 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

² North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov,
41 Kirochnaya Street, Saint Petersburg, 195067, Russian Federation

³ Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing
in the Murmansk Region, 7 Kommuny Street, Murmansk, 183038, Russian Federation

Summary

Introduction: There are currently no generally accepted criteria for ranking territories according to a set of indicators characterizing the quality of drinking water supply, which requires the development and verification of criteria for classifying regions.

Objective: To develop approaches to ranking territories of the Russian Federation based on indicators characterizing the state of drinking water supply and identifying health risk areas.

Materials and methods: We have analyzed tap water quality indicators and characteristics of water supply systems in 15 regions of the Russian Federation included in the Arctic zone and the Northwestern Federal District based on data retrieved from the Federal Statistical Observation Form 18 “Information on the sanitary condition in the region” for 2021. A discriminant and correlation analysis were performed to verify the correctness of area classification.

Results: We ranked the study regions based on 31 tap water quality indicators. The results of the discriminant analysis showed that six regions (Novgorod Region, Republic of Karelia, Arkhangelsk Region, Nenets Autonomous Area, Republic of Sakha (Yakutia), Chukotka Autonomous Area) were risk areas, 93.3 % of the original grouped observations were classified correctly. Poor chemical indicators of tap water quality in rural areas made a significant contribution to the classification of the regions as risk territories.

Discussion: The selected quality indicators of drinking water supply are appropriate and sufficient for the regional level thanks to their universality for all territories. This fact is also confirmed by a strong statistical inverse correlation between the proportion of the population provided with quality tap water from centralized water supply systems and the calculated total score characterizing the state of drinking water supply.

Conclusions: The study proved correctness of the choice of indicators characterizing the quality of drinking water supply for the classification of regions. Ranking of territories will allow developing management solutions to improve the quality of drinking water and identify regions that need priority measures aimed at preserving health of the population.

Keywords: drinking water quality, water supply systems, risk areas, discriminant analysis, Northwestern Federal District, Russian Arctic.

For citation: Kovshov AA, Buzinov RV, Tikhonova NA, Fedorov VN, Novikova YuA, Myasnikov IO, Sergeev AA. Approaches to defining health risk areas using quality indicators of drinking water supply. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(5):25–33. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-25-33>

Введение. Основными целями Международного десятилетия действий «Вода для устойчивого развития»¹ являются комплексное управление водными ресурсами для решения социальных, экономических и экологических задач, достижения согласованных на международном уровне целей и задач, включая цели и задачи устойчивого развития на период до 2030 года².

Среди причин низкого качества питьевой воды в большинстве населенных пунктов России следует выделить неудовлетворительное санитарное состояние поверхностных и подземных источников водоснабжения, антропогенное загрязнение воды токсическими неорганическими и органическими веществами, инфекционными и паразитарными агентами, факторы природного характера [1–4]. В процессе водоподготовки в питьевой воде могут образоваться химические соединения, включая канцерогены, отсутствовавшие в воде водоисточника [1, 5–9]. В частности, при хлорировании воды образуются галогеносодержащие соединения (например, хлороформ), обладающие неблагоприятными биологическими эффектами и вызывающие гепато-, ренотоксические реакции, нарушение функции системы кровообращения, нервной системы и, вероятно, злокачественные новообразования [1, 10–12].

При разработке мероприятий по повышению качества питьевой воды важно определить территории неблагоприятия, характеризующиеся высокой долей несоответствующих гигиеническим нормативам проб питьевой воды («неудовлетворительных проб»), что является предпосылкой к увеличению риска здоровья населения [13, 14]. Разработаны методические подходы, позволяющие охарактеризовать качество питьевой воды и ранжировать территории по показателям микробного³, канцерогенного и неканцерогенного рисков⁴, радиационной безопасности⁵. Кроме того, возможно проведение интегральной оценки питьевой воды централи-

зованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности⁶, которая позволяет не только получить характеристику отдельных компонентов риска здоровью, но и определить их вклад в суммарный риск здоровью населения [1, 15, 16]. Также возможно деление территорий в зависимости от типов водопользования [17], регионы могут классифицироваться по степени санитарно-эпидемиологической надежности систем централизованного питьевого водоснабжения [18], разработаны способы ранжирования территорий в зависимости от степени риска в эпидемиологии инфекционных и неинфекционных болезней [19–21]. Всемирная организация здравоохранения [22] и ряд других международных организаций⁷ в качестве способа ранжирования стран и регионов предлагают использование DALY score, то есть показателя, характеризующего количество лет жизни, скорректированных на инвалидность (состояние, отличное от удовлетворительного состояния здоровья). Несмотря на то, что данный подход ориентирован на реальные результаты, а не на потенциальные риски, что могло бы способствовать рациональной расстановке приоритетов в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, «применение метода DALY к химическим веществам на практике ограничивается проблемами в информации»⁸.

Таким образом, универсальных подходов к ранжированию территорий по всему комплексу показателей, характеризующих состояние питьевого водоснабжения, в настоящее время не существует, что вынуждает исследователей разрабатывать собственные критерии оценки. Как следствие, возникает необходимость проверки правильности классификации территорий и их отнесения к категории «территория неблагоприятия». Одним из таких способов проверки является дискриминантный анализ, который позволяет выявить различия

¹ Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН от 21.12.2016 № A/RES/71/222 «Международное десятилетие действий «Вода для устойчивого развития», 2018–2028 годы». URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/water-action-decade/>

² Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН A/RES/71/313 от 06.07.2017. URL: <https://undocs.org/ru/A/RES/71/313>

³ Методические рекомендации МР 2.1.10.0031–11 «Комплексная оценка риска возникновения бактериальных кишечных инфекций, передаваемых водным путем».

⁴ Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду».

⁵ МУ 2.6.1.1981–05 «Радиационный контроль и гигиеническая оценка источников питьевого водоснабжения и питьевой воды по показателям радиационной безопасности. Оптимизация защитных мероприятий источников питьевого водоснабжения с повышенным содержанием радионуклидов».

⁶ Методические рекомендации МР 2.1.4.0032–11 «Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности».

⁷ Water Quality by Country 2023: World Population Review. URL: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/water-quality-by-country>

⁸ Руководство по обеспечению качества питьевой воды: 4-е изд. / ВОЗ. Женева: ВОЗ, 2017. 628 с.

между двумя и более группами объектов сразу по нескольким переменным, что дает возможность выполнить классификацию объектов по принципу «максимального сходства»⁹. Дискриминантный анализ широко применяется в эпидемиологических и гигиенических исследованиях [22, 23], позволяя разрабатывать эффективные мероприятия по управлению риском здоровью среди групп населения, проживающих на территориях неблагополучия.

Цель настоящего исследования заключалась в разработке подходов к ранжированию субъектов Российской Федерации по показателям, характеризующим состояние питьевого водоснабжения, и определению территорий неблагополучия.

Материалы и методы. В исследование было включено 11 субъектов Северо-Западного Федерального округа (СЗФО), а также 4 субъекта федерации, полностью или частично входящих в Арктическую зону Российской Федерации (АЗРФ), анализировались показатели качества питьевой воды и характеристики систем водоснабжения из формы федерального статистического наблюдения № 18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта» за 2021 год.

Выполнен дискриминантный анализ (с принудительным включением независимых переменных), в котором использованы методы максимального правдоподобия:

1) расчет априорных вероятностей принадлежности к классу, когда нет никакой дополнительной информации об объектах;

2) расчет условных вероятностей принадлежности к классу, каждая из которых равна вероятности получить соответствующее значение дискриминантной функции при условии, что объект принадлежит классу [24, 25].

Создана прогностическая модель для выявления принадлежности к определенной группе. Данная модель строит дискриминантную функцию в виде линейной комбинации предикторных (предсказывающих) переменных, которая обеспечивает наилучшее разделение групп. Дискриминантная функция строится по набору наблюдений, для которых их принадлежность к группам известна, при этом в дальнейшем данная функция может применяться к новым наблюдениям с известными значениями предикторных переменных, но неизвестной групповой принадлежностью⁹. Дополнительно проведен корреляционный анализ (корреляция Спирмена) между суммарным баллом, характеризующим состояние питьевого водоснабжения, и долей населения, обеспеченного качественной питьевой водой из централизованных систем водоснабжения. Статистическая обработка результатов, корреляционный и дискриминантный анализ проводились с использованием программного продукта IBM SPSS Statistics v.22. Пространственное отображение результатов дискриминантного анализа выполнено с помощью программного продукта ESRI ArcGIS Desktop 10.5.

⁹ Дискриминантный анализ / IBM. SPSS Statistics. URL: <https://www.ibm.com/docs/ru/spss-statistics/beta?topic=features-discriminant-analysis>

¹⁰ 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.

Результаты. Была проведена классификация субъектов федерации по состоянию питьевого водоснабжения с использованием 31 показателя из формы федерального статистического наблюдения № 18: удельный вес проб воды, несоответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям по микробиологическим, химическим, паразитологическим показателям; удельный вес населения, обеспеченного централизованным водоснабжением, качественной питьевой водой. Показатели, выбранные для дискриминантного анализа, были объединены в 4 группы: источники централизованного питьевого водоснабжения, водопроводы, распределительная сеть, обеспечение населения питьевой водой (рис. 1). Учитывались группа источника водоснабжения (поверхностный, подземный) и тип населенного пункта (городской и сельский).

Первичная (априорная) классификация проводилась путем присвоения каждому анализируемому показателю в каждом из субъектов определенного балла. Одному баллу соответствовала величина показателя, меньшая или равная среднему значению показателя в Российской Федерации в целом, двум баллам – величина, превышающая средний российский показатель. Дополнительно анализировались доля населения, обеспеченного централизованным водоснабжением, и доля населения, обеспеченного качественной питьевой водой; 1 балл присваивался регионам, где не менее 87,35 % населения обеспечено качественной питьевой водой и не менее 94,6 % населения обеспечено централизованным водоснабжением (средние российские показатели на 2021 год¹⁰). В дальнейшем баллы суммировались, субъекты федерации с суммарным баллом 31–40 были отнесены к группе «удовлетворительное состояние питьевого водоснабжения» (территории благополучия), 41 балл и выше – «неудовлетворительное состояние питьевого водоснабжения» (территории неблагополучия). Выполненное априорное ранжирование субъектов федерации показало, что 7 регионов России можно отнести к территориям неблагополучия (таблица).

Установлено, что между долей населения, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения, и суммарным баллом, характеризующим состояние питьевого водоснабжения, существует статистически значимая сильная обратная корреляция (ро Спирмена $-0,704$, $p = 0,003$).

Проведенный дискриминантный анализ показал, что 93,3 % исходных сгруппированных наблюдений классифицировано правильно, к неправильно классифицированным территориям была отнесена лишь Ленинградская область. Пространственное распределение субъектов федерации исходя из результатов дискриминантного анализа приведено на рис. 2.

Существенный вклад в отнесение субъектов федерации к территориям неблагополучия внесли показатели качества питьевой воды в сельской

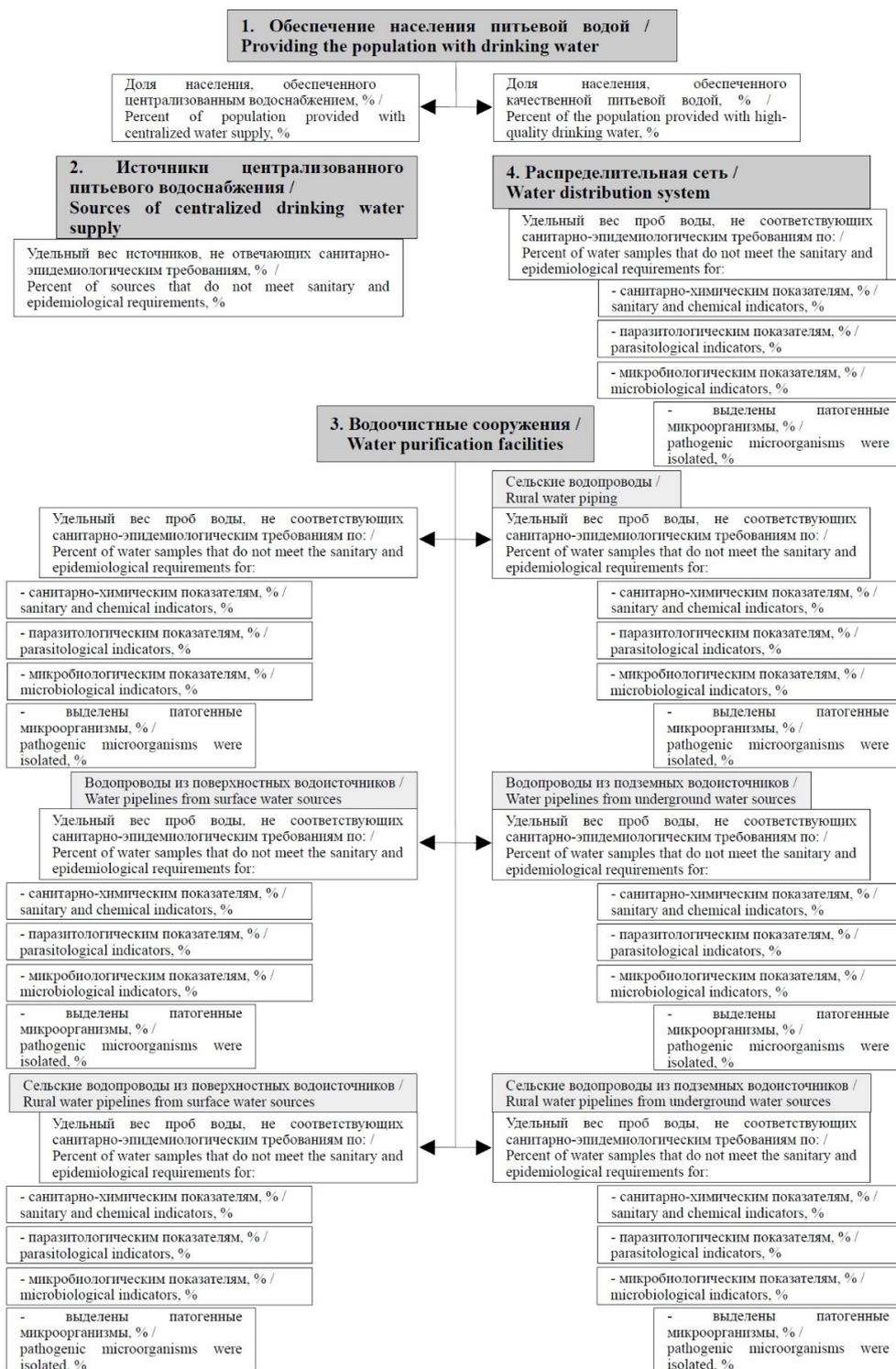


Рис. 1. Перечень показателей, использованных при проведении дискриминантного анализа

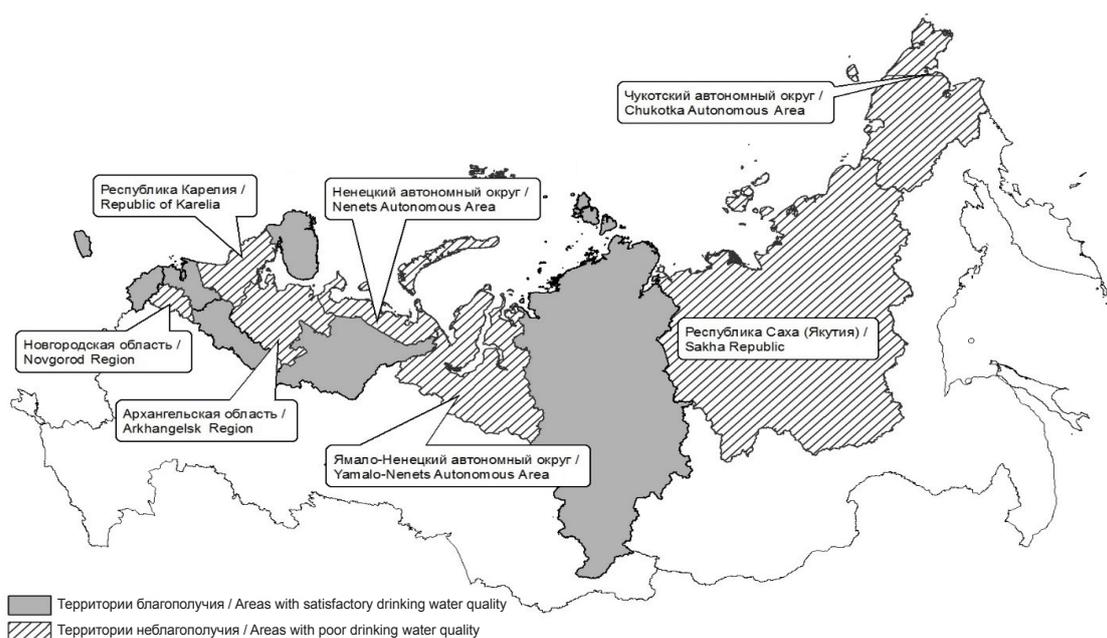
Fig. 1. List of indicators used in the discriminant analysis

местности. Главным образом, регистрировался высокий удельный вес неудовлетворительных проб по санитарно-химическим показателям. Самые высокие значения этих показателей среди проанализированных субъектов федерации отмечались в Республике Саха (Якутия): 67,9 % в водопроводах, 89,13 % в поверхностных водисточниках. Вклад микробиологических показателей при отнесении регионов к территориям неблагополучия был мень-

ше, за исключением Республики Саха (Якутия), где наблюдался также и самый высокий удельный вес неудовлетворительных проб по микробиологическим показателям в сельских водопроводах (37,0 %). Кроме того, было установлено, что в рамках данного исследования Республика Саха (Якутия) является единственным субъектом федерации, отнесенным к группе «неудовлетворительное состояние», в котором в 2021 году не проводились мероприятия

Таблица. Ранжирование территорий Российской Федерации в зависимости от состояния питьевого водоснабжения**Table. Ranking of the Russian territories by drinking water quality**

Территория / Territory	Доля населения, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения (%) / Proportion of the population provided with high-quality drinking water from centralized water supply systems (%)	Суммарный балл, характеризующий состояние питьевого водоснабжения / Total score characterizing the quality of drinking water supply	Состояние питьевого водоснабжения: 1 – удовлетворительное, 2 – неудовлетворительное / Quality of drinking water supply: 1 – satisfactory, 2 – unsatisfactory	
			Априорная оценка / A priori ranking	Оценка по результатам дискриминантного анализа / Evaluation based on the results of the discriminant analysis
Архангельская область / Arkhangelsk Region	63,42	45	2	2
Вологодская область / Vologda Region	55,38	37	1	1
г. Санкт-Петербург / St. Petersburg	100	31	1	1
Калининградская область / Kaliningrad Region	89,0	34	1	1
Красноярский край / Krasnoyarsk Krai	93,90	34	1	1
Ленинградская область / Leningrad Region	83,43	44	2	1
Мурманская область / Murmansk Region	86,38	37	1	1
Ненецкий автономный округ / Nenets Autonomous Area	56,30	43	2	2
Новгородская область / Novgorod Region	74,70	46	2	2
Псковская область / Pskov Region	82,00	38	1	1
Республика Карелия / Republic of Karelia	66,70	47	2	2
Республика Коми / Republic of Komi	90,57	34	1	1
Республика Саха (Якутия) / Republic of Sakha (Yakutia)	56,39	47	2	2
Чукотский автономный округ / Chukotka Autonomous Area	86,41	41	2	2
Ямало-Ненецкий автономный округ / Yamalo-Nenets Autonomous Area	86,63	39	1	1

**Рис. 2. Распределение субъектов федерации по состоянию питьевого водоснабжения****Fig. 2. Distribution of the Russian territories by drinking water quality**

по повышению качества питьевой воды. Вместе с тем, помимо Республики Саха (Якутия) по показателю «доля населения, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения» можно выделить еще два региона – Вологодская область и Ненецкий автономный округ, характеризующихся наиболее низкой среди анализируемых субъектов долей населения, обеспеченного качественной питьевой водой из централизованных систем водоснабжения (59,39 %, 55,38 % и 56,3 % соответственно при среднем российском уровне 87,35 % в 2021 году)¹¹.

Обсуждение. По результатам дискриминантного анализа установлено, что по показателям качества питьевой воды и характеристикам систем водоснабжения 6 субъектов Российской Федерации отнесены к группе «неудовлетворительное состояние питьевого водоснабжения» (Новгородская область, Республика Карелия, Архангельская область, Ненецкий автономный округ, Республика Саха (Якутия), Чукотский автономный округ), 9 субъектов федерации – к группе «удовлетворительное состояние питьевого водоснабжения» (Санкт-Петербург, Ленинградская, Псковская, Мурманская, Вологодская и Калининградская области, Республика Коми, Ямало-Ненецкий автономный округ, Красноярский край). Следует отметить, что ошибочность отнесения по результатам априорной оценки Ленинградской области к территории неблагополучия косвенно подтверждается высокой долей обеспеченного качественной питьевой водой населения региона (83,43 % населения), что незначительно отличается от аналогичного показателя в Российской Федерации (87,35 %).

Использованные в рамках данного исследования показатели качества питьевой воды и характеристики систем водоснабжения, содержащиеся в форме федерального статистического наблюдения № 18, в достаточной степени характеризуют состояние питьевого водоснабжения на региональном уровне ввиду их универсальности для всех территорий. Справедливость такого подхода также подтверждается статистически значимой сильной обратной корреляцией между долей населения, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения, и рассчитанным суммарным баллом, характеризующим состояние питьевого водоснабжения.

В то же время использованный авторами выбор показателей для дискриминантного анализа не является исчерпывающим, и в дальнейшем он может быть изменен и/или дополнен, в том числе с учетом региональных особенностей. Например, величина удельного веса неудовлетворительных проб не дает ответа на вопрос, какие именно показатели его формируют, в рамках анализа могут быть выделены отдельные химические вещества. Также следует учитывать, что при ранжировании территорий по степени неблагополучия потребуются уточнение степени негативного влияния на здоровье населения каждого из показателей (например,

по величине канцерогенного и неканцерогенного рисков). Кроме того, включение в дискриминантный анализ дополнительных показателей может негативно сказаться на логической значимости его результатов: в ряде регионов определенные показатели качества питьевой воды в силу ряда причин могут не оцениваться (и формально они равны нулю), но их отсутствие не исключено. Одним из решений данной проблемы может стать замена пропущенного значения средней величиной, вычисленной исходя из фактических значений по другим территориям; такой алгоритм предусмотрен в ряде специализированных программных продуктов по статистической обработке данных.

Выводы

1. По результатам дискриминантного анализа установлено, что по показателям качества питьевой воды и характеристикам систем водоснабжения 6 субъектов Российской Федерации отнесены к группе «неудовлетворительное состояние питьевого водоснабжения» (Новгородская область, Республика Карелия, Архангельская область, Ненецкий автономный округ, Республика Саха (Якутия), Чукотский автономный округ), 9 субъектов федерации – к группе «удовлетворительное состояние питьевого водоснабжения» (Санкт-Петербург, Ленинградская, Псковская, Мурманская, Вологодская и Калининградская области, Республика Коми, Ямало-Ненецкий автономный округ, Красноярский край). Существенный вклад в отнесение субъекта федерации к территории неблагополучия внесли санитарно-химические показатели качества питьевой воды в сельской местности.

2. Проведенное исследование показало корректность выбора показателей, характеризующих состояние питьевого водоснабжения, для отнесения региона к территории благополучия (группа «удовлетворительное состояние») или неблагополучия (группа «неудовлетворительное состояние»), что было подтверждено результатами дискриминантного анализа: 93,3 % исходных сгруппированных наблюдений классифицировано правильно, к неправильно классифицированным территориям была отнесена лишь Ленинградская область.

3. Ранжирование территорий по показателям, характеризующим состояние питьевого водоснабжения, позволит разработать управленческие решения по повышению качества питьевой воды и определить приоритетные регионы, нуждающиеся в первоочередных мерах по совершенствованию технологий водоподготовки, реконструкции распределительных сетей и охране водоисточников, что будет способствовать повышению эффективности санитарно-противоэпидемических мероприятий в субъектах Российской Федерации, направленных на сохранение здоровья населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новикова Ю.А., Федоров В.Н., Тихонова Н.А. и др. Качество питьевой воды: временные отступления от гигиенических нормативов // Здоровье населения

¹¹ Доля населения Российской Федерации, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения / ЕМИСС: государственная статистика. URL: <https://fedstat.ru/indicator/59116>.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-25-33>
Original Research Article

- и среда обитания. 2021. Т. 29. № 9. С. 33–39. doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-9-33-39
2. Зайцева Н.В., Сбоев А.С., Клейн С.В., Вековшина С.А. Качество питьевой воды: факторы риска для здоровья населения и эффективность контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора // Анализ риска здоровью. 2019. № 2. С. 44–55. doi: 10.21668/health.risk/2019.2.0
 3. Васильева М.В., Натарова А.А., Мелихова Е.П. Гигиеническое значение питьевой воды в жизнедеятельности человека // Символ науки. 2016. № 3-2. С. 180–181.
 4. Росоловский А.П. Состояние источников центрального водоснабжения и влияние качества питьевой воды на здоровье населения Новгородской области // Здоровье населения и среда обитания. 2016. № 1 (274). С. 8–10.
 5. Леванчук А.В., Тихонова Н.А., Новикова Ю.А. Опыт формирования паспортов точек контроля качества питьевой воды систем централизованного водоснабжения // Безопасность жизнедеятельности. 2020. № 10 (238). С. 47–52.
 6. Лапшин А.П., Ванькова А.Н. Интегральная оценка качества питьевой воды // Анализ риска здоровью–2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 2-х т. / под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. Т. 1. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2020. С. 129–136.
 7. Арутюнова И.Ю., Ягунков С.Ю. Исследование различных технологических режимов очистки воды, направленных на снижение содержания хлорорганических соединений в питьевой воде // Проекты развития инфраструктуры города: сб. науч. тр. ГУП «Мосводоканал НИИ проект». Вып. 8. М.: Прима-пресс Экспо, 2008. С. 57–68.
 8. Малышева А.Г., Растянников Е.Г., Козлова Н.Ю. и др. Продукты трансформации веществ в воде при обеззараживании сильными окислителями // Тез. докл. Междунар. конгресса «Вода. Экология. Технология». М.: ЭКВАТЭК, 2008. С. 117–123.
 9. Саканская-Грицай Е.И. Проблемы и перспективы совершенствования водоподготовки // Технико-технологические проблемы сервиса. 2014. № 3. С. 88–95.
 10. Донченко А.И., Тулакин А.В., Амплеева Г.П., Даниловская Л.А. К вопросу о галогенсодержащих соединениях, образующихся при хлорировании питьевой воды // Санитарный врач. 2018. № 4. С. 38–43.
 11. Environmental Health Criteria 216: Disinfectants and Disinfectant By-Products. Geneva: World Health Organization; 2000. Accessed May 31, 2023. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42274/WHO_EHC_216.pdf;jsessionid=AD56A82EB8759E4E14C3D3B11D273C35?sequence=1
 12. Егорова Н.А., Букшук А.А., Красовский Г.Н. Гигиеническая оценка продуктов хлорирования питьевой воды с учетом множественности путей поступления в организм // Гигиена и санитария. 2013. № 2. С. 18–24.
 13. Новикова Ю.А., Фридман К.Б., Федоров В.Н. и др. К вопросу оценки качества питьевой воды систем централизованного водоснабжения в современных условиях // Гигиена и санитария. 2020. № 99 (6). С. 563–568. doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-6-563-568
 14. Ковшов А.А., Новикова Ю.А., Федоров В.Н., Тихонова Н.А. Оценка рисков нарушений здоровья, связанных с качеством питьевой воды, в городских округах арктической зоны Российской Федерации // Вестник уральской медицинской академической науки. 2019. Т. 16. № 2. С. 215–222. doi: 10.22138/2500-0918-2019-16-2-215-222
 15. Новикова Ю.А., Тихонова Н.А., Мясников И.О. и др. Интегральная оценка качества питьевой воды Омской области // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 8. С. 861–865. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-8-861-865
 16. Рахманин Ю.А., Мельцер А.В., Киселев А.В., Ерастова Н.В. Гигиеническое обоснование управленческих решений с использованием интегральной оценки питьевой воды по показателям химической безвредности и эпидемиологической безопасности // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 4. С. 302–305. doi: 10.47470/0016-9900-2017-96-4-302-305
 17. Байдакова Е.В., Унгуряну Т.Н. Сравнительная оценка качества питьевой воды территорий Архангельской области и ее влияние на здоровье населения // Профилактическая и клиническая медицина. 2018. № 1 (66). С. 11–16.
 18. Механтьев И.И., Клепиков О.В. Комплексная оценка санитарно-эпидемиологической надежности систем централизованного питьевого водоснабжения сельских территорий // Вестник новых медицинских технологий. Электронное периодическое издание. 2020. № 5. С. 119–124. doi: 10.24411/2075-4094-2020-16754
 19. Раичка С.Р., Сабурова С.А., Шабейкин А.А., Симонова Е.Г. Оценка ситуации по сибирской язве на основе ранжирования территорий по степени риска // Проблемы особо опасных инфекций. 2020. № 4. С. 125–132. doi: 10.21055/0370-1069-2020-4-125-132
 20. Власов А.В., Кравец Б.Б., Литовкин Д.М., Середа А.А. Злокачественные новообразования: критерии идентификации территорий риска и очагов скрытой заболеваемости // Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья. 2019. Т. 75. С. 179–185.
 21. Самодурова Н.Ю., Мамчик Н.П., Истомин А.В. и др. Определение территорий риска по уровню алиментарнозависимых заболеваний с учетом региональных особенностей структуры питания населения // Вестник РГМУ. 2018. № 5. С. 42–47.
 22. Широкоступ С.В., Лукьяненко Н.В. Эпидемиологическое прогнозирование заболеваемости клещевыми природно-очаговыми инфекциями в Западной Сибири // Бюллетень медицинской науки. 2019. № 3 (15). С. 8–12. doi: 10.31684/2541-8475.2019.3(15).8-12
 23. Суржииков Д.В., Кислицына В.В., Штайгер В.А., Голиков Р.А. Опыт применения статистико-математических технологий для оценки влияния атмосферных загрязнений на здоровье населения в крупном промышленном центре // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 7. С. 663–667. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-7-663-667
 24. Битюков В.К., Моторин М.Л., Саввина Е.А. Формирование классов объектов методом дискриминантного анализа // Вестник ВГУИТ. 2014. № 1. С. 73–78.
 25. Хох А.Н., Занько Ю.С. Использование методов многомерного статистического анализа при проведении судебно-патофизиологических экспертиз // Вопросы криминологии, криминалистики и судебной экспертизы. 2021. № 1 (49). С. 133–139.

REFERENCES

1. Novikova YuA, Fedorov VN, Tikhonova NA, Alenteva OS, Myasnikov IO. Drinking water quality: Temporary deviations from hygienic standards. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;29(9):33-39. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-9-33-39
2. Zaitseva NV, Onishchenko GG, Popova AYU, Kleyn SV, Kiryanov DA, Glukhikh MV. Social and economic deter-

- minants and potential for growth in life expectancy of the population in the Russian Federation taking into account regional differentiation. *Health Risk Analysis*. 2019;(4):14–29. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2019.4.02.eng
3. Vasilyeva MV, Natarova AA, Melikhova EP. [Hygienic value of drinking water in human life.] *Simvol Nauki*. 2016;(3-2(15)):180–181. (In Russ.)
 4. Rosolovsky AP. The state of sources of centralized water supply and the impact of drinking water quality on population health of the Novgorod region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2016;(1(274)):8–10. (In Russ.)
 5. Levanchuk AV, Tikhonova NA, Novikova YuA. Modern approach to the choice of water treatment technologies taking into account the methodology for assessing the risk to public health. *Bezopasnost' Zhiznedeyatel'nosti*. 2020;(10(238)):47–52. (In Russ.)
 6. Lapshin AP, Vankova AN. [Integral assessment of drinking water quality.] In: Popova AYU, Zaitseva NV, eds. *Health Risk Analysis – 2020 in conjunction with the International Meeting on Environment and Health RISE–2020 and a Round Table on Food Safety: Proceedings of the Tenth All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Perm, May 13–15, 2020*. Perm: Perm National Research Polytechnic Univ. Publ.; 2020;1:129–136. (In Russ.)
 7. Arutyunova IYu, Yagunkov SYu. [Study of various technological regimes of water treatment aimed at reducing the content of organochlorine compounds in drinking water.] In: *City Infrastructure Development Projects: Collection of Scientific Papers of the State Unitary Enterprise "Mosvodokanal Research Institute Project"*. Moscow: Prima-Press Expo Publ.; 2008;8:57–68. (In Russ.)
 8. Malysheva AG, Rastyannikov EG, Kozlova NYu, et al. [Transformation products of substances in water during disinfection with strong oxidizing agents.] In: *Proceedings of the International Congress "Water. Ecology. Technology", Moscow, September 25–27, 2018*. Moscow: EcwaTech Publ.; 2008:117–123. (In Russ.)
 9. Sakanskaja-Gritsay EI. Problemy and prospects for improvement of water treatment. *Tekhniko-Tekhnologicheskie Problemy Servisa*. 2014;(3(29)):88–95. (In Russ.)
 10. Donchenko AI, Tulkin AV, Ampleeva GP, Danilovskaya LA. On the question of halogen-containing compounds formed during chlorination of drinking water. *Sanitarnyy Vrach*. 2018;(4):38–43. (In Russ.)
 11. Environmental Health Criteria 216: Disinfectants and Disinfectant By-Products. Geneva: World Health Organization; 2000. Accessed May 31, 2023. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42274/WHO_EHC_216.pdf;jsessionid=AD56A82EB8759E4E14C3D3B11D273C35?sequence=1
 12. Egorova NA, Bukshuk AA, Krasovskiy GN. Hygienic assessment of drinking water chlorination by-products in view of multiroute exposure. *Gigiena i Sanitariya*. 2013;92(2):18–24. (In Russ.)
 13. Novikova YuA, Friedman KB, Fedorov VN, Kovshov AA, Tikhonova NA, Myasnikov IO. About the question of the assessment of the drinking water quality in centralized water systems in the current conditions. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(6):563–568. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-6-563-568
 14. Kovshov AA, Novikova YuA, Fedorov VN, Tikhonova NA. Diseases risk assessment associated with the quality of drinking water in the urban districts of Russian Arctic. *Vestnik Ural'skoy Meditsinskoy Akademicheskoy Nauki*. 2019;16(2):215–222. (In Russ.) doi: 10.22138/2500-0918-2019-16-2-215-222
 15. Novikova YuA, Tikhonova NA, Myasnikov IO, et al. Integral assessment of the drinking water quality in the Omsk region. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(8):861–865. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-8-861-865
 16. Rakhmanin YuA, Meltser AV, Kiselev AV, Erastova NV. Hygienic substantiation of management decisions with the use of the integral assessment of drinking water on indices of chemical harmlessness and epidemiological safety. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(4):302–305. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-4-302-305
 17. Baydakova EV, Unguryanu TN. Comparative assessment of drinking-water quality in the Arkhangelsk region and its impact on population health. *Profilakticheskaya i Klinicheskaya Meditsina*. 2018;1(66):11–16. (In Russ.)
 18. Mekhantiev II, Klepikov OV. Comprehensive assessment of sanitary and epidemiological reliability of centralized drinking water supply systems in rural territories. *Vestnik Novykh Meditsinskikh Tekhnologiy*. 2020;(5):119–124. (In Russ.) doi: 10.24411/2075-4094-2020-16754
 19. Raichich SR, Saburova SA, Shabeikin AA, Simonova EG. Assessment of the situation on anthrax based on ranking territories by the degree of risk. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy*. 2020;(4):125–132. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2020-4-125-132
 20. Vlasov AV, Kravets BB, Litovkhin DM, Sereda AA. Criteria for the identification of sites of risk and hidden foci of malignant neoplasms. *Nauchno-Meditsinskiy Vestnik Tsentral'nogo Chernozem'ya*. 2019;(75):179–185. (In Russ.)
 21. Samodurova NYu, Mamchik NP, Istomin AV, Klepikov OV, Sokolenko GG. Identification of districts at risk of nutrient-related diseases based on the local diet. *Vestnik Rossiyskogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta*. 2018;(5):35–39. doi: 10.24075/vrgmu.2018.056
 22. Shirokostup SV, Lukyanenko NV. Epidemiological forecasting of the incidence of tick-borne natural focal infections in western Siberia. *Byulleten' Meditsinskoy Nauki*. 2019;(3(15)):8–12. (In Russ.) doi: 10.31684/2541-8475.2019.3(15).8-12
 23. Surzhikov DV, Kislitsyna VV, Shtaiger VA, Golikov RA. Experience in using statistical and mathematical technologies to assess the impact of atmospheric pollution on public health in a large industrial center. *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(7):663–667. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-7-663-667
 24. Bitiukov VK, Motorin ML, Savvina EA. The formation classes of objects by the method of discriminant analysis. *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta Inzhenernykh Tekhnologiy*. 2014;(1(59)):73–78. (In Russ.)
 25. Khokh AN, Zanko YuS. The use of multi-dimensional statistical analysis methods while conducting forensic palinological examinations. *Voprosy Kriminologii, Kriminalistiki i Sudebnoy Ekspertizy*. 2021;(1(49)):133–139. (In Russ.)

Сведения об авторах:

✉ **Ковшов Александр Александрович** – к.м.н., старший научный сотрудник отдела исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; доцент кафедры гигиены условий воспитания, обучения, труда и радиационной гигиены ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России; e-mail: a.kovshov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9453-8431>.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-25-33>
Original Research Article

Бузинов Роман Вячеславович – д.м.н., доцент, директор ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: r.buzinov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4895-4009>.

Тихонова Надежда Андреевна – младший научный сотрудник отдела исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: n.tihonova@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4895-4009>.

Федоров Владимир Николаевич – старший научный сотрудник, врио заведующего отделением анализа, оценки и прогнозирования отдела исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: v.fedorov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1378-1232>.

Новикова Юлия Александровна – старший научный сотрудник, и.о. руководителя отдела исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: j.novikova@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4752-2036>.

Мясников Игорь Олегович – к.м.н., старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения, ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Россия, г. Санкт-Петербург, тел. (812) 717-93-89, e-mail: i.myasnikov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4459-2066>.

Сергеев Александр Александрович – руководитель Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Мурманской области, главный государственный санитарный врач по Мурманской области; e-mail: adm@murmanpotrebнадzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5736-9680>

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Ковшов А.А., Бузинов Р.В., Новикова Ю.А.*; сбор данных: *Тихонова Н.А., Мясников И.О., Сергеев А.А.*; анализ и интерпретация результатов: *Ковшов А.А., Бузинов Р.В., Федоров В.Н.*; обзор литературы: *Ковшов А.А., Федоров В.Н., Новикова Ю.А.*, подготовка рукописи: *Ковшов А.А., Тихонова Н.А., Новикова Ю.А.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

Финансирование: Исследование выполнялось в рамках научно-исследовательской работы рег. № 121031300059-9, не имело спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 13.04.23 / Принята к публикации: 16.05.23 / Опубликовано: 31.05.23

Author information:

✉ Aleksandr A. **Kovshov**, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Arctic Environmental Health Department, Northwest Public Health Research Center; Associate Professor, Department for Hygiene of Educational, Training, and Labor Conditions, and Radiation Hygiene, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; e-mail: a.kovshov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9453-8431>.

Roman V. **Buzinov**, Dr. Sci. (Med.), docent, Honored Doctor of the Russian Federation, Director, Northwest Public Health Research Center; e-mail: r.buzinov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8624-6452>.

Nadezhda A. **Tikhonova**, Junior Researcher, Arctic Environmental Health Department, Northwest Public Health Research Center; e-mail: n.tihonova@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4895-4009>.

Vladimir N. **Fedorov**, Senior Researcher, Acting Head of the Division of Analysis, Assessment and Forecasting, Arctic Environmental Health Department, Northwest Public Health Research Center; e-mail: v.fedorov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1378-1232>.

Yuliya A. **Novikova**, Senior Researcher, Acting Head of the Arctic Environmental Health Department, Northwest Public Health Research Center; e-mail: j.novikova@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4752-2036>.

Igor O. **Myasnikov**, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Department of Public Health Risk Analysis, Northwest Public Health Research Center; e-mail: i.myasnikov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4459-2066>.

Aleksandr A. **Sergeev**, Head of the Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in the Murmansk Region, Chief State Sanitary Doctor in the Murmansk Region; e-mail: adm@murmanpotrebнадzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5736-9680>.

Author contributions: study conception and design: *Kovshov A.A., Buzinov R.V., Novikova Yu.A.*; data collection: *Tikhonova N.A., Myasnikov I.O., Sergeev A.A.*; analysis and interpretation of results: *Kovshov A.A., Buzinov R.V., Fedorov V.N.*; literature review: *Kovshov A.A., Fedorov V.N., Novikova Yu.A.*; draft manuscript preparation: *Kovshov A.A., Tikhonova N.A., Novikova Yu.A.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: The study was carried out as part of the research work No. 121031300059-9 and had no external sponsorship.

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

Received: April 13, 2023 / Accepted: May 16, 2023 / Published: May 31, 2023



Регулирование качества и безопасности питьевой воды в розлив (вендинговой питьевой воды)

Г.Б. Еремин¹, Н.А. Мозжухина², Д.С. Борисова¹, Д.С. Исаев¹, К.А. Грибова², Н.Н. Крутикова²

¹ ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,
ул. 2-я Советская, д. 4, г. Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация

² 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. Обеспечение населения питьевой водой гарантированного уровня качества и безопасности является приоритетной задачей Роспотребнадзора. К настоящему времени обеспечение питьевой водой в розлив (вендинговой питьевой водой) достигло существенного развития в Российской Федерации. Формирование самостоятельной нормативно-методической базы по оценке питьевой воды, реализуемой в розлив, отсутствие которой остро ощущалось в предшествующие годы, делает проблему оценки регулирования еще более актуальной.

Целью исследования являлся анализ регулирования качества и безопасности питьевой воды в розлив.

Материалы и методы. Анализ действующей нормативно-правовой базы включал изучение федеральных законов, технических регламентов, санитарных норм, государственных стандартов.

Результаты. Понятие питьевой воды в розлив отсутствует в основных законодательных актах. Имеющиеся правовые акты носят добровольный и рекомендательный характер, частично противоречат друг другу, не в полной мере используют возможности законодательной базы. Резкое сужение количества показателей производственного контроля не позволяет дать оценку качества и безопасности воды, реализуемой в розлив, на соответствие требованиям нормативных документов.

Заключение. Растущий рынок питьевой воды в розлив, отличающейся улучшенными органолептическими свойствами, требует формирования эффективной и непротиворечивой нормативно-правовой базы обеспечения качества и безопасности питьевой воды в розлив. Это предполагает закрепление понятия «питьевая вода в розлив» либо в ТР ЕАЭС о безопасности упакованной воды, либо в федеральном законе о водоснабжении и водоотведении, а также в санитарных нормах и правилах.

Ключевые слова: питьевая вода в розлив, водоматы, качество воды, производственный контроль, нормативно-правовая база, водоподготовка.

Для цитирования: Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Борисова Д.С., Исаев Д.С., Грибова К.А., Крутикова Н.Н. Регулирование качества и безопасности питьевой воды в розлив (вендинговой питьевой воды) // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 5. С. 34–40. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-34-40>

Regulation of Quality and Safety of Vended Drinking Water

Gennadiy B. Yeremin,¹ Natalia A. Mozzhukhina,² Daria S. Borisova,¹ Daniel S. Isaev,¹
Xenia A. Gribowa,² Natalya N. Krutikova²

¹ Northwest Public Health Research Center, 4th Sovetskaya Street, 191036, Saint Petersburg, Russian Federation

² North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov,
41 Kirochnaya Street, 191015, Saint Petersburg, Russian Federation

Summary

Introduction: Providing the population with drinking water of guaranteed proper quality and safety is a priority. Vended drinking water has become popular among the general population and the network of water vending machines has grown significantly by now. Development of an independent regulatory and methodological framework for assessment of vended drinking water, the absence of which was acutely felt in previous years, makes the problem of analysis of vended water quality and safety even more urgent.

Objective: To analyze regulation of quality and safety of vended drinking water.

Materials and methods: The analysis of the current regulatory framework included a review of federal laws, technical regulations, sanitary norms, and state standards.

Results: The concept of vended drinking water is absent in the main legislative acts. The existing legal acts are voluntary and advisory in nature, partially contradict each other, and fail to use all opportunities of the legislative framework. A sharp cut in the number of production control indicators does not allow assessment of the quality and safety of vended drinking water for compliance with the requirements of regulatory documents.

Conclusions: The growing market of vended drinking water characterized by improved organoleptic properties requires the development of an effective and consistent regulatory framework for ensuring its quality and safety. This implies consolidation of the concept of vended drinking water either in the Technical Regulation of the Eurasian Economic Union on the safety of packaged/bottled water or in the federal law on water supply and sanitation, as well as in sanitary norms and rules.

Keywords: vended drinking water, water vending machines, water quality and safety, production control, regulatory framework, water treatment.

For citation: Yeremin GB, Mozzhukhina NA, Borisova DS, Isaev DS, Gribowa XA, Krutikova NN. Regulation of quality and safety of vended drinking water. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(5):34–40. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-34-40>

Введение. Контроль за качеством и безопасностью питьевой воды, потребляемой населением, является одной из приоритетных задач Роспотребнадзора. Реализация этой задачи осуществляется в рамках федерального проекта «Чистая вода» [1–4]. Обеспечение населения питьевой водой осуществляется как за счет централизованного и нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, так и за счет упакованной питьевой воды и питьевой воды в розлив. Последнее направление к настоящему времени достигло существенного развития (в Российской Федерации насчитывается более 30 тысяч автоматов по продаже воды в розлив) и имеет хорошую перспективу, учитывая прежде всего значительные экономические преимущества по сравнению с упакованной водой. В зарубежной практике продажа питьевой воды в розлив через автоматы (вендинговая питьевая вода) получила широкое распространение не только в развивающихся [5–9], но и в развитых странах [10, 11] в связи с улучшением органолептических свойств воды при прохождении через систему пурифайеров, а также в связи с благоприятным влиянием на состояние здоровья и снижением неблагоприятного влияния на окружающую среду вследствие уменьшения использования пластиковой упаковки. Учитывая более чем 30-летний опыт реализации за рубежом вендинговой питьевой воды, имеющей существенное экономическое преимущество по сравнению с упакованной водой, необходимо отметить связанные с реализацией воды в розлив проблемы: проблему микробиологической безопасности [12] (вплоть до развития вспышек инфекционных заболеваний [13, 14]), а также проблему снижения микрэлементного состава воды, обусловленного применением пурифайеров, входящих в состав вендинговых аппаратов [15, 16]. Формирование самостоятельной нормативно-методической базы по оценке питьевой воды, реализуемой в розлив^{1,2}, отсутствие которой остро ощущалось в предшествующие годы [17], делает анализ регулирования качества и безопасности питьевой воды в розлив особенно актуальным.

Цель исследования – анализ регулирования качества и безопасности питьевой воды в розлив.

Материалы и методы. Проведен анализ нормативно-правовой базы, включавший изучение федеральных законов, технических регламентов, санитарных норм, государственных стандартов с применением системного и контент-анализа.

Результаты. Термин «питьевая вода в розлив в тару потребителя» закреплен национальным стандартом³ наряду с термином «автоматизированная торговля в розлив», подразумевающим розничную

торговлю пищевыми жидкостями в розлив, в том числе в тару потребителей с использованием автоматизированных объектов по торговле в розлив. При этом для производства питьевой воды в розлив может быть использована исходная питьевая вода: защищенных подземных водных источников, в том числе артезианская, доставляемая к местам реализации в автоцистернах; поверхностных водных источников, соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям; централизованных систем питьевого водоснабжения, в том числе с использованием систем доочистки. В соответствии с требованиями ГОСТа вода в розлив должна соответствовать требованиям безопасности технических регламентов^{4,5} и законодательству в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения как при ее производстве (изготовлении), транспортировании, хранении, розливе, так и в течение всего срока реализации. В соответствии с ГОСТ при осуществлении процессов производства (изготовления) питьевой воды, связанных с требованиями безопасности, изготовитель должен разработать, внедрить и поддерживать процедуры, основанные на принципах ХАССП (Hazard Analysis and Critical Control Points (Анализ рисков и критические контрольные точки)). В соответствии с Рекомендациями по обеспечению безопасности питьевой воды в розлив со ссылкой на закон о санитарно-эпидемиологическом благополучии и на технический регламент на упакованную воду заявлено, что с целью контроля безопасности питьевой воды в розлив хозяйствующий субъект организует производственный контроль, включающий принципы ХАССП, в соответствии с техническим регламентом на упакованную воду Евразийского экономического союза (Таможенного союза)⁶.

Основываясь на требованиях действующих документов, регулирующих требования к организации производственного лабораторного контроля питьевой воды^{4,7,8}, необходимо отметить, что рекомендации по безопасности питьевой воды, реализуемой в розлив, ввели принципиально новые требования. При этом ни федеральный закон № 29-ФЗ⁵, ни технические регламенты согласно их области применения на питьевую воду в розлив не распространяются.

В соответствии с ГОСТ³ питьевая вода в розлив классифицируется по источнику водозабора, по способу водоподготовки: вода природная без дополнительной обработки; обработанная (непосредственно из источника); из централизованных систем водоснабжения, прошедшая систему водоподготовки, улучшающую качество и свойства

¹ ГОСТ Р 58645-2019 «Реализация питьевой воды в розлив. Общие требования».

² Приложение к письму Роспотребнадзора от 27.10.2022 № 02/21285-2022-32 «Рекомендации по обеспечению безопасности питьевой воды в розлив».

³ ГОСТ Р 58645-2019 «Реализация питьевой воды в розлив. Общие требования».

⁴ Постановление Правительства РФ от 06 января 2015 г. № 10 «О порядке осуществления производственного контроля качества и безопасности питьевой воды, горячей воды».

⁵ Федеральный закон от 02.01.2000 № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов».

⁶ Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду» (ТР ЕАЭС 044/2017).

⁷ Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011).

⁸ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

питьевой воды, а также по способу транспортирования: транспортирование в автоцистернах; присоединение к трубопроводам централизованных систем водоснабжения.

В соответствии с Рекомендациями⁹ источниками водоснабжения для безопасного обеспечения потребителей питьевой водой в розлив служат водные объекты, имеющие санитарно-эпидемиологическое заключение.

Реализация питьевой воды в розлив осуществляется через:

- 1) емкости автоматизированного объекта (акватория) или с участием продавца;
- 2) проточные кулеры (пурифайер) с системой водоподготовки;
- 3) емкости, установленные самостоятельно или на стенах жилых и общественных зданий;
- 4) системы водоподготовки, подключенные к централизованным источникам водоснабжения или централизованным системам водоснабжения, с последующим обеспечением точкой розлива (объекты реализации).

Учитывая такую высокую неоднородность питьевой воды в розлив, неудивительна одновременная ссылка и на закон о водоснабжении и водоотведении¹⁰, и на регламент на упакованную воду¹¹. Однако необходимо отметить, что Рекомендации не содержат существенного положения закона о согласовании программ производственного контроля с органами Роспотребнадзора.

Наряду с мерами по обеспечению безвредности химического состава, безопасности по микробиологическим, радиологическим показателям, благоприятности органолептических свойств Рекомендациями заявлена и физиологическая полноценность минерального состава воды, которая до настоящего времени применялась только для упакованной воды. В вышеуказанных Рекомендациях отмечено, что в случае обработки питьевой воды в розлив с использованием обратноосмотических установок рекомендуется проводить кондиционирование воды с целью обогащения макро-микроэлементного состава и для придания физиологической полноценности по следующим показателям:

- общая минерализация от 150 до 500 мг/л;
- концентрация кальция от 15 до 130 мг/л;
- концентрация магния от 3 до 50 мг/л.

Таким образом, в рекомендуемых показателях, которые должны быть доведены до потребителя, присутствуют показатели физиологической полноценности воды, т. е. использован подход технического регламента¹², регулирующего требования к упакованной воде, и других технических регламентов^{13,14}. По нашему мнению, этот подход вполне оправдан, поскольку снижение минерализации [18–21], а также содержания кальция и магния [22–26] в процессе водоподготовки могут оказать негативное влияние на здоровье потребителей воды [27]. Вместе с тем эти показатели в объем рекомендуемых для проведения производственного контроля не вошли [28–30], рекомендуемые показатели соответствуют требованиям санитарных норм.

В соответствии с требованиями ГОСТ каждый изготовитель и продавец питьевой воды в розлив должен разработать программы производственного контроля, основанные на принципах ХАССП, при этом питьевая вода по показателям химической, микробиологической и радиационной безопасности должна соответствовать техническому регламенту⁹.

Применительно к питьевой воде, реализуемой в розлив, остро встанут не только вопросы санитарно-эпидемиологической безопасности, но и защиты прав потребителей от возможной фальсификации. Меры, направленные на защиту от фальсификации, отражены в ГОСТе, а также закреплены в Рекомендациях и касаются требований к маркировке, причем в ГОСТе идет прямая ссылка на Технический регламент по упакованной воде¹¹.

ГОСТ¹⁴ и Рекомендации¹⁵ прежде всего привязаны к закону о санитарно-эпидемиологическом благополучии¹⁶ и его подзаконным актам. При этом требования ГОСТ исходят из требований Технического регламента, а в Рекомендациях присутствует попытка одновременно установить требования, обусловленные как законом о водоснабжении и водоотведении, так и техническим регламентом.

Обсуждение. По нашему мнению, важно сделать следующий шаг, закрепив понятие питьевой воды в розлив либо Федеральном законе № 29-ФЗ¹⁷, а также в ТР ТС¹⁸, либо в Федеральном законе № 416-ФЗ, СанПиН^{19,20}, что снимет те противоречия, которые формируются в нормативно-правовой базе, и создаст прочную правовую базу контроля (надзора) за качеством и безопасностью питьевой

⁹ Приложение к письму Роспотребнадзора от 27.10.2022 № 02/21285-2022-32 «Рекомендации по обеспечению безопасности питьевой воды в розлив».

¹⁰ Федеральный закон от 07.12.2011 № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении».

¹¹ Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду» (ТР ЕАЭС 044/2017).

¹² Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011).

¹³ Технический регламент Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки» (ТР ТС 022/2011).

¹⁴ ГОСТ Р 58645-2019 «Реализация питьевой воды в розлив. Общие требования».

¹⁵ Приложение к письму Роспотребнадзора от 27.10.2022 № 02/21285-2022-32 «Рекомендации по обеспечению безопасности питьевой воды в розлив».

¹⁶ Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».

¹⁷ Федеральный закон № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов».

¹⁸ Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду» (ТР ЕАЭС 044/2017).

¹⁹ СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-эпидемиологических мероприятий».

²⁰ СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

воды в розлив, основанную на обязательных требованиях, позволит эффективно осуществлять защиту прав потребителей. Анализ зарубежной правовой базы свидетельствует о различных последовательных решениях, которые могут быть приняты. Международные стандарты Codex Alimentarius (ФАО и ВОЗ) не распространяются на вендинговую воду²¹. Как ранее действовавшая²², так и вступившая в действие в 2023 году Директива ЕС по качеству воды, предназначенной для потребления человеком²³, включила вендинговую воду в сферу регулирования, так же это рассматривается и в национальных стандартах, в которых вендинговая вода упоминается, но требования на упакованную воду на нее не распространяются. В США в связи с тем, что наибольшее количество вендинговой воды получается в результате дополнительной водоподготовки воды централизованного водоснабжения, вендинговая вода рассматривается как разновидность воды некоммунального общественного водоснабжения (non-community, public water supply) в соответствии с принятыми в США критериями численности населения, использующего питьевую воду, и критерием продажи воды, к ней применяются требования Агентства по охране окружающей среды (EPA)^{24,25}. Отметим, что международный опыт свидетельствует о том, что многие страны пошли по пути создания единых стандартов для упакованной и вендинговой питьевой воды, этот вариант регулирования успешно применяется прежде всего в развивающихся странах, в которых вендинговая вода составляет значительный сегмент питьевой воды^{26,27}.

Заключение. Питьевая вода в розлив является собирательным понятием, объединенным только продажей в тару потребителя. Понятие питьевой воды в розлив отсутствует в основных законодательных актах. Имеющиеся правовые акты носят добровольный (ГОСТ²⁸) и рекомендательный характер (Рекомендации²⁹), частично противоречат друг другу, не в полной мере используют возможности законодательной базы. Проведенный анализ качества воды в розлив показал снижение объема требований согласованной программы производственного контроля, а отсутствие положения о согласовании программы в Рекомендациях может увеличить вероятность такой редукции. Вместе с тем растущий рынок питьевой воды в розлив, отличающейся улучшенными органолептическими свойствами, требует формирования эффективной и непротиворечивой нормативно-правовой базы, со-

державшей обязательные требования по обеспечению качества и безопасности питьевой воды в розлив. Это предполагает закрепление понятия «питьевая вода в розлив» и, следовательно, распространение действия этого правового акта на питьевую воду в розлив в ТР ЕАЭС о безопасности упакованной воды либо в федеральном законе о водоснабжении и водоотведении, а также в санитарных нормах и правилах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Новикова Ю.А., Выучейская Д.С. Федеральный проект «Чистая вода». Первые итоги // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2019. Т. 14. № 1. С. 252–259.
2. Васильев В.В., Рябина Т.В., Перекусихин М.В., Васильев Е.В. Обеспечение населения региона качественной питьевой водой в рамках реализации проекта «Чистая вода» в Пензенской области // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 2. С. 35–42. doi: 10.35627/2219-5238/2021-335-2-35-42
3. Рахманин Ю.А., Онищенко Г.Г. Гигиеническая оценка питьевого водоснабжения Российской Федерации: проблемы и пути рационального их решения // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 10. С. 1158–1166. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1158-1166
4. Синицина О.О., Турбинский В.В. О научном гигиеническом обеспечении водной стратегии Российской Федерации (обзор литературы) // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 9. С. 923–928. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-9-923-928
5. Engineering Services Division, Ministry of Health Malaysia. *National Standard for Drinking Water Quality*. 2nd ed; 2004. Accessed May 26, 2023. <http://www.gunungganang.com.my/pdf/Malaysian-Policies-Standards-Guidelines/Standards/National%20Drinking%20Water%20Quality%20Standard.pdf>
6. Rapirap E, Micame L, Tura M, et al. Drinking water quality from water vending machines in selected public schools in Cebu City, Philippines. *Int J Environ Sci Sustain Dev*. 2018;3(1). doi: 10.21625/essd.v3iss1.253
7. Hashim NH, Yusop HM. Drinking water quality of water vending machines in Parit Raja, Batu Pahat, Johor. *IOP Conf Ser: Mater Sci Eng*. 2016;136:012053. doi: 10.1088/1757-899X/136/1/012053
8. Opryszko MC, Guo Y, MacDonald L, MacDonald L, Kiihl S, Schwab KJ. Impact of water-vending kiosks and hygiene education on household drinking water quality in rural Ghana. *Am J Trop Med Hyg*. 2013;88(4):651–660. doi: 10.4269/ajtmh.12-0065
9. Schreiber GR. *A Concise History of Vending in the U.S.A.* Chicago: Vend Publ.; 1961.
10. McSwane DZ, William AO, Eils LM. Drinking water quality concerns and water vending machines. *J Environ Health*. 1994; 56(10):7–12.

²¹ Code of hygienic practice for bottled/package drinking waters (other than natural mineral waters) CAC/RCP 48-2001; General standard for bottled/package drinking waters (Other than Natural Mineral Waters) CXS 227-2001 Adopted in 2001. Amended in 2019.

²² Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption.

²³ Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption (recast). Official Journal of European Union 23.12.2020.

²⁴ US EPA Water Distribution System Analysis: Field Studies, Modelling and Management. A Reference Guide for Utilities. EPA/600/R-06/028 Dec.2005.

²⁵ Sampling Requirements for Drinking Water Vending Machines that are Consecutive Public Water Systems. Massachusetts Department of Environmental Protection. Produced by Bureau of Resource Protection of Drinking Water. Rev 04-2016.

²⁶ Regulation 360C. Standard for Packaged Drinking Water and Vended water. 2012.

²⁷ The Malaysian Drinking Water Quality, Ministry of Health to ensure the safety and quality of water Food Safety and Quality Ministry of Health. 2020.

²⁸ ГОСТ Р 58645-2019 «Реализация питьевой воды в розлив. Общие требования».

²⁹ Приложение к письму Роспотребнадзора от 27.10.2022 № 02/21285-2022-32 «Рекомендации по обеспечению безопасности питьевой воды в розлив».

11. Schillinger J, Du Vall Knorr S. Drinking-water quality and issues associated with water vending machines in the city of Los Angeles. *J Environ Health*. 2004;66(6):25-31, 43; quiz 45-6.
12. Chaidez C, Rusin P, Naranjo J, Gerba CP. Microbiological quality of water vending machines. *Int J Environ Health Res*. 1999;9(3):197-206. doi: 10.1080/09603129973164
13. Tan EY, Arifullah M, Soon JM. Identification of *Escherichia coli* strains from water vending machines of Kelantan, Malaysia using 16S rRNA gene sequence analysis. *Expos Health*. 2016;8(2):211-216. doi: 10.1007/s12403-016-0194-x
14. Hutin Y, Luby S, Paquet C. A large cholera outbreak in Kano City, Nigeria: the importance of hand washing with soap and the danger of street-vended water. *J Water Health*. 2003;1(1):45-52.
15. Саканская-Грицай Е.И. Проблемы и перспективы совершенствования водоподготовки // Технико-технологические проблемы сервиса. 2014. № 3 (29). С. 88–95.
16. Рудецкая А.В. Концепция формирования вендинговой сети // Гуманизация образования. 2015. С. 118–124.
17. Захаров К.Е., Синицина О.О., Гильденскольд О.А., Стрекачева Л.В. Научное обоснование программы лабораторных исследований для оценки безопасности работы акваматов при производстве, транспортировке и реализации питьевой воды в розлив // 1-й Национальный Конгресс «Сысинские чтения –2020»: сборник тезисов, 2020. С. 133–138.
18. Трофимович Е.М., Айзман Р.К. Система метаболизма питьевой воды как методическая основа оценки ее минерального состава // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 5. С. 555–562.
19. Механтьев И.И. Риск здоровью населения Воронежской области, обусловленный качеством питьевой воды // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 4 (325). С. 37–42. doi: 10.35627/2219-5238/2020-325-4-37-42
20. Зайцева Н.В., Клейн С.В., Май И.В. и др. Риск для здоровья населения и эффективность мероприятий по повышению качества питьевой воды централизованной системы водоснабжения // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 11. С. 1403–1411.
21. Некрасова Л.П., Михайлова В.И., Рыжова И.Н. Влияние электрохимической обработки воды на физико-химические свойства воды // Гигиена и санитария. 2020. № 9. С. 904–910.
22. Трофимович Е.М., Недовесова С.А., Айзман Р.И. Экспериментальная гигиеническая оценка содержания кальция, магния в питьевой воде и уровня ее жесткости // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 8. С. 811–819.
23. Синицина О.О., Хамидулина Х.Х., Турбинский В.В. и др. Гигиенические нормирование различных видов вод на современном этапе // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 10. С. 1151–1157.
24. Рахманин Ю.А. Загрязнение водных экосистем и проблемы качества питьевой воды // Вестник РАЕН. 2022. Т. 22. № 4. С. 38–44. doi: 10.52531/1682-1696-2022-22-4-38-44. EDN QPXEHP.
25. Новикова Ю.А., Тихонова Н.А., Мясников И.О. и др. Интегральная оценка качества питьевой воды Омской области // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 8. С. 861–865.
26. Яхияев М.А., Салихов Ш.К., Абдулкадырова С.О. и др. Содержание магния в окружающей среде и заболеваемости населения артериальной гипертензией // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 5. С. 494–497.
27. Лапшин А.П., Игнатьева Л.П. Гигиеническое обоснование и ранжирование питьевой воды с целью оптимизации водопользования // Санитарно-эпидемиологическое благополучие населения и защита прав потребителей: региональные аспекты : материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 100-летию со дня образования государственной санитарно-эпидемиологической службы России, Иркутск, 23 сентября 2022 года. Иркутск: ООО «Типография «ИРКУТ», 2022. С. 104–108. EDN RPBVJUJ.
28. Мясников О.В., Новикова Ю.А., Алентьева О.С., Еремин Г.Б., Ганичев П.А. Производственный контроль как составная часть мониторинга качества питьевой воды // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 10 (331). С. 9–14.
29. Мясников И.О., Новикова Ю.А., Копытенкова О.И., Евсеева М.Н., Еремин Г.Б. Методические основы организации сбора данных для контроля качества питьевой воды // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 8. С. 769–774. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-769-774
30. Хасанова А.А., Четверкина К.В., Маркович Н.И. Определение приоритетных химических веществ для контроля безопасности воды централизованных систем водоснабжения // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 5. С. 428–435. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-5-428-435

REFERENCES

1. Gorbanev SA, Eremin GB, Novikova YuA, Vyucheykaya DS. Federal project “Clean Water”. First results. *Zdorov'e – Osnova Chelovecheskogo Potentsiala: Problemy i Puti Ikh Resheniya*. 2019;14(1):252-259. (In Russ.)
2. Vasilyev VV, Ryabinina TV, Perekusihin MV, Vasilev EV. Provision of safe drinking water to the local population within the Clean Water Project implemented in the Penza Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;(2(335)):35-42. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-335-2-35-42
3. Rakhmanin YuA, Onishchenko GG. Hygienic assessment of drinking water supply of the population of the Russian Federation: problems and the way their rational decision. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(10):1158-1166. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1158-1166
4. Sinitsyna OO, Turbinsky VV. On the hygienic scientific provision of the water strategy of the Russian Federation. *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(9):923-928. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-9-923-928
5. Engineering Services Division, Ministry of Health Malaysia. *National Standard for Drinking Water Quality*. 2nd ed; 2004. Accessed May 26, 2023. <http://www.gunungganang.com.my/pdf/Malaysian-Policies-Standards-Guidelines/Standards/National%20Drinking%20Water%20Quality%20Standard.pdf>
6. Rapirap E, Micame L, Tura M, et al. Drinking water quality from water vending machines in selected public schools in Cebu City, Philippines. *Int J Environ Sci Sustain Dev*. 2018;3(1). doi: 10.21625/essd.v3iss1.253
7. Hashim NH, Yusop HM. Drinking water quality of water vending machines in Parit Raja, Batu Pahat, Johor. *IOP Conf Ser: Mater Sci Eng*. 2016;136:012053. doi: 10.1088/1757-899X/136/1/012053
8. Opryszko MC, Guo Y, MacDonald L, MacDonald L, Kiihl S, Schwab KJ. Impact of water-vending kiosks and hygiene education on household drinking water quality in rural Ghana. *Am J Trop Med Hyg*. 2013;88(4):651-660. doi: 10.4269/ajtmh.12-0065
9. Schreiber GR. *A Concise History of Vending in the U.S.A.* Chicago: Vend Publ.; 1961.
10. McSwane DZ, William AO, Eils LM. Drinking water quality concerns and water vending machines. *J Environ Health*. 1994; 56(10):7-12.
11. Schillinger J, Du Vall Knorr S. Drinking-water quality and issues associated with water vending machines in the city of Los Angeles. *J Environ Health*. 2004;66(6):25-31, 43; quiz 45-6.

12. Chaidez C, Rusin P, Naranjo J, Gerba CP. Microbiological quality of water vending machines. *Int J Environ Health Res.* 1999;9(3):197-206. doi: 10.1080/09603129973164
13. Tan EY, Arifullah M, Soon JM. Identification of *Escherichia coli* strains from water vending machines of Kelantan, Malaysia using 16S rRNA gene sequence analysis. *Expos Health.* 2016;8(2):211-216. doi: 10.1007/s12403-016-0194-x
14. Hutin Y, Luby S, Paquet C. A large cholera outbreak in Kano City, Nigeria: the importance of hand washing with soap and the danger of street-vended water. *J Water Health.* 2003;1(1):45-52.
15. Sakanskaja-Gritsay EI. Problemy and prospects for improvement of water treatment. *Tekhniko-Tekhnologicheskie Problemy Servisa.* 2014;(3(29)):88-95. (In Russ.)
16. Rudetskaya AV. Concept of formation of vending network. *Gumanizatsiya Obrazovaniya.* 2015;(2):118-124. (In Russ.)
17. Zakharov KE, Sinitsyna OO, Gildenskiold OA, Strekacheva LV. Scientific justification of the program of laboratory research for estimating safety of aquamats operation during production, transportation and sales of drinking water in filling. In: *Proceedings of the First National Congress with international participation on Human Ecology, Environmental Hygiene and Medicine "Sysin Readings – 2020", Moscow, November 19–20, 2020.* Moscow: Center for Strategic Planning and Biomedical Health Risk Management Publ.; 2020:133-138. (In Russ.)
18. Trofimovich EM, Aizman RI. System of metabolism of drinking water as a methodological basis for the estimation of its mineral composition. *Gigiena i Sanitariya.* 2019;98(5):555-562. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-5-555-562
19. Mehintiev II. Health risks for the population of the Voronezh Region related to drinking water quality. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2020;(4(325)):37-42. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-325-4-37-42
20. Zaitseva NV, Kleyn SV, May IV, et al. Methodological grounds and experience gained in implementing complex assessment of activities aimed at risk to public health and effectiveness of measures to improve the quality of drinking water in centralized water supply systems. *Gigiena i Sanitariya.* 2022;101(11):1403-1411. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-11-1403-1411
21. Nekrasova LP, Mikhailova VI, Ryzhova IN. Physical and chemical properties of water activated in various devices using electrochemical activation technology. *Gigiena i Sanitariya.* 2020;99(9):904-910. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-9-904-910
22. Trofimovich EM, Nedovesova SA, Aizman RI. Experimental hygienic estimation of calcium and magnesium concentrations in drinking water, and its hardness. *Gigiena i Sanitariya.* 2019;98(8):811-819. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-8-811-819
23. Sinitsyna OO, Khamidulina KhKh, Turbinskiy VV, et al. Hygienic regulation of various water types at the present stage]. *Gigiena i Sanitariya.* 2022;101(10):1151-1157. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1151-1157
24. Rakhmanin YuA. Pollution of the water ecosystems and the problems of the drinking water quality. *Vestnik RAEN.* 2022;22(4):38-44. (In Russ.) doi: 10.52531/1682-1696-2022-22-4-38-44
25. Novikova YuA, Tikhonova NA, Myasnikov IO, et al. Integral assessment of the drinking water quality in the Omsk region. *Gigiena i Sanitariya.* 2022;101(8):861-865. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-8-861-865
26. Yahyaev MA, Salikhov ShK, Abdulkadyrova SO, et al. Contents of magnesium in the environment and population morbidity rate of arterial hypertension. *Gigiena i Sanitariya.* 2019;98(5):494-497. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-5-494-497
27. Lapshin AP, Ignatieva LP. [Hygienic justification and ranking of drinking water in order to optimize water use.] In: *Sanitary and Epidemiological Welfare of the Population and Consumer Protection: Regional Aspects: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference dedicated to the Centenary of the State Sanitary and Epidemiological Service of Russia, Irkutsk, September 23, 2022.* Irkutsk: "IRKUT" Publ.; 2022:104-108. (In Russ.)
28. Myasnikov IO, Novikova YuA, Alenteva OS, Yeremin GB, Ganichev PA. Production control as a component of drinking water quality monitoring. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2020;(10(331)):9-14. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-331-10-9-14
29. Myasnikov IO, Novikova YuA, Kopytenkova OI, Evseeva MN, Yeremin GB. Methodological bases of the management of data collection for drinking water quality monitoring. *Gigiena i Sanitariya.* 2021;100(8):769-774. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-769-774
30. Khasanova AA, Chetverkina KV, Markovich NI. Determination of priority chemicals of water from centralized supply systems for monitoring water safety. *Gigiena i Sanitariya.* 2021;100(5):428-435. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-5-428-435

Сведения об авторах:

Еремин Геннадий Борисович – к.м.н., заслуженный врач РФ, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела 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>.

Мозжухина Наталья Александровна – к.м.н., доцент кафедры профилактической медицины и охраны здоровья, кафедры общей и военной гигиены ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России; e-mail: Natalya.MozzhuKhina@szgmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8051-097x>.

Борисова Дарья Сергеевна – младший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: vyucheykaya.ds@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0694-5334>.

✉ **Исаев** Даниил Сергеевич – и. о. заведующего отделением гигиены питьевого водоснабжения, младший научный сотрудник ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: d.isaev@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9165-1399>.

Грибова Ксения Алексеевна – студентка 5-го курса МПФ ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России; e-mail: gribowa.xenia@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6842-6628>.

Крутикова Наталия Николаевна – к.м.н., доцент кафедры общей и военной гигиены ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России; e-mail: Natalya.Krutikova@szgmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1145-4780>.

Информация о вкладе авторов: разработка дизайна исследования: *Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А.*; сбор и анализ материала: *Мозжухина Н.А., Грибова К.А., Исаев Д.С.*; написание текста статьи: *Мозжухина Н.А., Борисова Д.С., Крутикова Н.Н.*; редактирование текста: *Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А.* Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует заключения комитета по биомедицинской этике или иных разрешающих 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: 06.04.23 / Принята к публикации: 16.05.23 / Опубликовано: 31.05.23

Author information:

Gennadiy B. **Yeremin**, Cand. Sci. (Med.), Honored Physician of the Russian Federation, Leading Researcher, Head of the Department of Health Risk Analysis, Northwest Public Health Research Center; e-mail: yeremin45@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1629-5435>.

Natalia A. **Mozzhukhina**, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Preventive Medicine and Health Protection, Department of General and Military Hygiene, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; e-mail: Natalya.Mozzhukhina@szgmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8051-097x>.

Daria S. **Borisova**, Junior Researcher, Department of Health Risk Analysis, Northwest Public Health Research Center; e-mail: vyucheyskaya.ds@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0694-5334>.

✉ Daniel S. **Isaev**, Junior Researcher, Acting Head of the Division of Drinking Water Hygiene, Northwest Public Health Research Center; e-mail: d.isaev@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9165-1399>.

Xenia A. **Gribowa**, fifth-year student, Faculty of Preventive Medicine, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; e-mail: gribowa.xenia@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6842-6628>.

Natalya N. **Krutikova**, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of General and Military Hygiene, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; e-mail: Natalya.Krutikova@szgmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1145-4780>.

Author contributions: study conception and design: *Yeremin G.B., Mozhukhina N.A.*; data collection, analysis and interpretation of results: *Mozzhukhina N.A., Gribowa X.A., Isaev D.S.*; draft manuscript preparation: *Mozzhukhina N.A., Borisova D.S., Krutikova N.N.*; manuscript editing: *Yeremin G.B., Mozhukhina N.A.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

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

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

Received: April 6, 2023 / Accepted: May 16, 2023 / Published: May 31, 2023



Пластик в биосфере – риски биоте и здоровью населения России

А.Н. Кизеев, С.А. Сюрин

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,
2-я Советская ул., д. 4, г. Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация

Резюме

Введение. Рост производства пластика при его недостаточной утилизации привел к глобальному загрязнению окружающей среды и рискам биоте и здоровью человека.

Цель исследования – анализ данных научной литературы о создаваемых пластиком рисках для биоты и здоровья населения России.

Материалы и методы. Исследованы научные публикации, индексируемые в международных (Web of Science, Scopus, PubMed) и в отечественной (РИНЦ) базах данных за 2012–2022 годы. Отбор литературных источников осуществлялся по ключевым словам и словосочетаниям: микропластик, микропластик + биота, микропластик + здоровье человека. Глубина поиска составляла 11 лет. В работе использовались 60 источников информации, при отборе которых преимущество отдавалось результатам исследований в России, представленным в журналах, входящих в ядро РИНЦ, а при отборе зарубежных публикаций – журналам, индексируемым в Web of Science и Scopus (Q1–Q2).

Результаты. С пластиком связаны многие потенциальные угрозы для биоты и человека. Наибольший риск для млекопитающих и других крупных представителей фауны связан с макрофрагментами (> 5 мм) пластикового мусора, а для мелких животных – с его микрочастицами (< 0,5 мм), вызывающими нарушения их питания, движения, репродукции. Для здоровья человека наибольшую опасность создают токсичные вещества, мигрирующие из пластиковой тары в пищевые продукты и жидкости (прежде всего бисфенолы и фталаты). Но в реальной жизни концентрации токсичных веществ в продуктах питания не превышают гигиенических нормативов, а экспериментальные нарушения состояния животных были получены при использовании концентраций, превышающих их уровень в окружающей среде. Установлены негативные эффекты микро- и наночастиц (< 0,001 мм) пластика на клетки крови человека, иммунные и воспалительные процессы, апоптоз и др. Однако заболеваний, которые могли бы быть убедительно связаны с воздействием пластика на человека, пока не обнаружено.

Заключение. Многие вопросы о влиянии токсичных продуктов деградации пластика, а также его микро- и наночастиц на биоту и человека остаются нерешенными. Поэтому сохраняются актуальность применения менее токсичных и поддающихся биодegradации видов пластика, увеличения объемов его утилизации, воспитания экологически грамотного потребителя пластиковых изделий, широкого внедрения раздельного сбора мусора.

Ключевые слова: пластик, микропластик, продукты деградации пластика, среда обитания, риски, биота, здоровье человека, Россия.

Для цитирования: Кизеев А.Н., Сюрин С.А. Пластик в биосфере – риски биоте и здоровью населения России // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 5. С. 41–51. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-41-51>

Plastic in the Biosphere – Risks to Biota and Human Health in Russia

Aleksei N. Kizeev, Sergei A. Syurin

Northwest Public Health Research Center, 4, 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

Summary

Introduction: The constant growth of plastic production accompanied by its insufficient disposal has led to global environmental pollution and potential risks to biota and human health.

Objective: To analyze scientific literature data on the risks posed by plastics for biota and public health in Russia.

Materials and methods: We have studied scientific publications indexed in international (Web of Science, Scopus, and PubMed) and domestic (Russian Science Citation Index (RSCI)) databases in 2012–2022 and searched for using the following keyword combinations: microplastics & biota, microplastics & human health. We reviewed 60 Russian and English-language literary sources giving preference to national studies published in journals included in the RSCI core collection and to foreign studies published in the journals indexed in the Web of Science and Scopus (Q1–Q2).

Results: Many potential threats to biota and humans are associated with plastics. Macro-sized (> 5 mm) plastic debris pose the highest risk to mammals and other large fauna while microparticles are dangerous for small mammals as they cause eating, movement, and reproductive disorders. Toxic substances, primarily bisphenols and phthalates that migrate from plastic containers into food and liquids, pose the greatest risk to human health. Yet, in real life, concentrations of these toxicants in food products do not exceed hygienic standards, and health disorders in experimental animals have been observed following the exposure to higher than naturally found levels of plastic contaminants. Adverse effects of plastic micro- and nanoparticles (< 0.001 mm) on blood cells, immune and inflammatory processes, apoptosis, etc., have been established. Yet, no human diseases can be convincingly associated with plastic exposure nowadays.

Conclusions: Many questions about the impact of toxic degradation products of plastic, its micro- and nanoparticles on biota and humans remain unresolved. It is therefore important to use potentially less toxic and biodegradable types of plastic, boost their recycling rates, raise public awareness on plastic pollution, and promote ubiquitous separate waste collection.

Keywords: plastic, microplastics, plastic degradation products, environment, risks, biota, human health, Russia.

For citation: Kizeev AN, Syurin SA. Plastic in the biosphere – Risks to biota and human health in Russia. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(5):41–51. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-41-51>

Введение. Вторая половина XX и XXI век – это время широкого внедрения в жизнь человека синтетических полимеров, из которых изготавливают ткани для одежды, одноразовую посуду, различные виды упаковки, бытовую технику, строительные материалы и др. В 1950–2020 годах на планете было произведено почти 9 млрд тонн пластика, из которых было переработано или сожжено только 21 %^{1,2}.

Российский рынок изделий из пластика составляет 2,2 %, а производство – 3 % от мирового объема и характеризуется устойчивыми темпами развития. В 2014–2019 годах объемы производства различных видов пластика в России увеличилась на 64,2 %, достигнув 8,76 млн тонн (60,6 кг/чел.). Более того, стратегия развития химического и нефтехимического комплекса страны на период до 2030 года предполагает рост потребления изделий из пластмасс до 89,8 кг/чел. В структуре пластиков, производившихся в России в 2019 году, первые пять мест занимали полиэтилен (2357 тыс. тонн), полипропилен (1750 тыс. тонн), поливинилхлорид (963 тыс. тонн), полистирол (550 тыс. тонн) и полиэтиленетерефталат (540 тыс. тонн)³.

Произведенные пластиковые изделия после окончания срока их эксплуатации превращаются в пластиковый мусор. Его меньшая часть (21 %) подвергается переработке, а большая (79 %), находясь в окружающей среде, фрагментируется за счет воздействия микроорганизмов, термоокисления, гидролиза, деформации и механического разрушения под воздействием ультрафиолета, ветра и волн до макро- (более 5 мм), микро- (5 мм – 1 мкм) и наночастиц (менее 1 мкм). В отличие от биологического разложения естественных объектов это очень длительный процесс, занимающий сотни лет [1–3]. В России каждый год образуется 3,6–5 млн тонн пластикового мусора. Среди 10 стран с самым высоким объемом пластиковых отходов на душу населения Россия занимает восьмое место после США (105 кг/чел/год), Великобритании (99 кг/чел/год), Южной Кореи (88 кг/чел/год), Германии (81 кг/чел/год), Таиланда (70 кг/чел/год), Малайзии (67 кг/чел/год) и Аргентины (61 кг/чел/год). К сожалению, Россию от других развитых стран мира отличает низкий процент переработки пластиковых отходов, составляющий только 7–12,5 %, что существенно меньше, чем в странах западной Европы (50 %) и США (29 %). Поэтому разрыв между произведенным и утилизированным пластиковым мусором показывает принадлежность России к числу наиболее неблагоприятных стран по данному показателю⁴.

Помимо частиц различных размеров, воздействие пластика на живую природу и человека может быть обусловлено рядом токсичных веществ, образующихся при разрушении его структуры. Прежде всего,

это вещества, относящиеся к группам бисфенолов и фталатов, биологическое действие которых изучено экспериментально и подтверждено клиническими наблюдениями. Важно, что миграция бисфенолов и фталатов из пластика в окружающую среду (в том числе в продукты и напитки) может происходить в короткие сроки эксплуатации пластиковых изделий, в отличие от длительных процессов их фрагментации на частицы [4–6].

Таким образом, известные воздействия пластика на живую природу определяются числом, размером, формой и химическим составом частиц, а также токсичными веществами, образующимися при деградации пластика. При этом актуальность проблемы риска здоровью человека постоянно возрастает. С одной стороны, это связано с увеличением контактов с изделиями из пластика, а с другой – с глобальным накоплением пластикового мусора.

Цель исследования – анализ данных научной литературы о создаваемых пластиком рисках для биоты и здоровья населения России.

Материалы и методы. Материалом для исследования послужили источники научной литературы, индексированные в международных базах данных Web of Science, Scopus, PubMed и в отечественной базе данных РИНЦ. Отбор источников осуществлялся с использованием ключевых слов и словосочетаний: микропластик, микропластик + биота, микропластик + здоровье человека. Глубина поиска составила 11 лет (2012–2022 годы). В настоящем обзоре были использованы 60 источников информации. При их отборе преимущество отдавалось результатам исследований в России, представленным в журналах, входящих в ядро РИНЦ. При отборе зарубежных публикаций предпочтение отдавалось журналам, индексированным в Web of Science и Scopus (Q1–Q2).

Для характеристики объемов производства и утилизации пластика в России и в мире использовалась справочная литература. В соответствии с современными требованиями оценка возможного риска пластика живой природе и здоровью человека включала идентификацию опасности, оценку зависимости «доза – ответ» и управление риском⁵.

Результаты исследования. Библиографический поиск по ключевому слову «микропластик» выявил 9831 зарубежную и 149 отечественных публикаций. Дальнейший поиск иностранных источников по ключевому словосочетанию «микропластик + биота» показал 802, а по ключевому словосочетанию «микропластик + здоровье человека» – 1233 публикации. В первом случае их количество за 2012–2022 годы выросло с 2 до 320, а во втором – с 1 до 600 источников. Из статей, отобранных по ключевому слову «микропластик», вопросам экологии и здоровья человека было посвящено 29 % исследований.

¹ PlasticsEurope, Brussels. PlasticsEurope, Plastics – the Facts 2014/2015. An analysis of European plastics production, demand and waste data. 2015. PlasticsEurope, Brussels. [http://www.plasticseurope.org/documents/document/20150227150049 final plastics the facts 2014 2015 260215.pdf](http://www.plasticseurope.org/documents/document/20150227150049%20final%20plastics%20the%20facts%202014%202015%20260215.pdf)

² Plastics Europe. Plastics – the Facts 2020. An analysis of European plastics production, demand and waste data (Plastics Europe, 2020). 2020. https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/09/Plastics_the_facts-WEB-2020_versionJun21_final.pdf

³ Анализ производства пластмасс в России в 2019 г. <https://him-nn.ru/analiz-proizvodstva-plastmass-v-rossii-v-2019-g/>

⁴ Сперанская О., Понизова О., Цитцер О., Гурский Я. Пластик и пластиковые отходы в России: ситуация, проблемы и рекомендации. Международная сеть по ликвидации загрязнителей (International Pollutants Elimination Network). 2021. 92 с.

⁵ Р 2.1.10.1920–04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду.

В базе данных РИНЦ в 2012–2022 годах число публикаций по ключевому словосочетанию «микропластик + биота» составило 45, а по ключевому словосочетанию «микропластик + здоровье человека» – 72 работы. За 12 лет в первом случае их число увеличилось с 2 до 12, а во втором – с 2 до 22 публикаций. Из статей, идентифицированных ключевым словом «микропластик», вопросы экологии и здоровья человека изучались в 32 % исследова-

ний. Таким образом, проведенный поиск показал стабильно растущий как в мире, так и в России интерес к проблеме рисков для живой природы и здоровья человека, создаваемых находящимся в окружающей среде пластиком (см. рисунок).

Идентификация и характеристика рисков, создаваемых пластиком и его компонентами, проведена с учетом жизненного цикла и цикла эксплуатации пластика (см. таблицу). Вначале находится

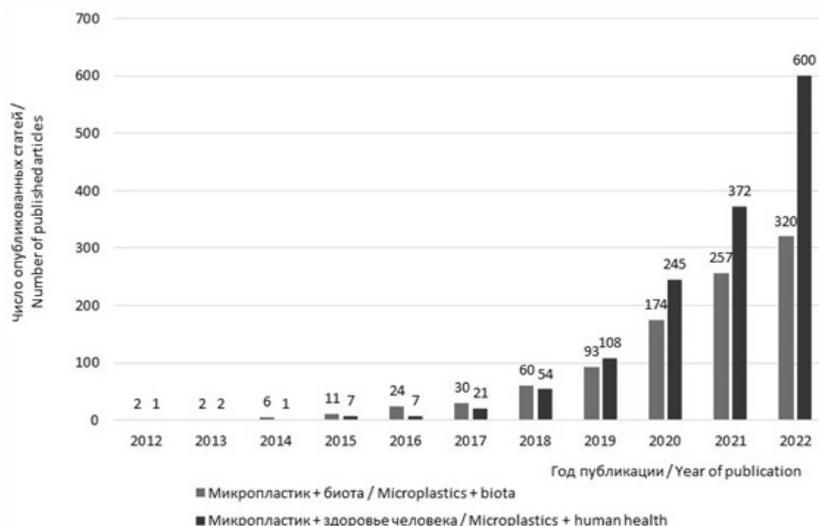


Рисунок. Ежегодное число публикаций с ключевыми словосочетаниями «микропластик + биота» и «микропластик + здоровье человека» в мировой научной литературе

Figure. The annual number of international publications with the following keyword combinations: microplastics & biota, microplastics & human health, 2012–2022

Таблица. Потенциальные риски, создаваемые пластиком и его компонентами для окружающей среды и человека на разных этапах жизненного цикла

Table. Potential risks posed by plastic and its components for the environment and human health at different stages of its life cycle

Этапы жизненного цикла пластика / Stages of the plastic life cycle	Потенциальные риски для окружающей среды и человека / Potential risks for the environment and humans
1. Производство пластика / Plastic production	<ul style="list-style-type: none"> – при производстве полиэтилена: альдегиды (ацетальдегиды и формальдегиды) ацетон, спирты (бутанол, пропанол), оксиды углерода / <i>in the production of polyethylene</i>: aldehydes (acetaldehyde and formaldehyde) acetone, alcohols (butanol, propanol), carbon oxides; – при производстве полипропилена: альдегиды, органические кислоты, непредельные углеводороды, оксиды углерода и пр. / <i>in the production of polypropylene</i>: aldehydes, organic acids, unsaturated hydrocarbons, carbon oxides, etc.; – при производстве полиакриловых полимеров: метилметакрилат, бутанол, этанол, этилацетат, метилпропионат и бутен / <i>in the production of polyacrylic polymers</i>: methyl methacrylate, butanol, ethanol, ethyl acetate, methyl propionate and butene; – при производстве полистирола: стирол, непредельные углеводороды, альдегиды, оксид углерода / <i>in the production of polystyrene</i>: styrene, unsaturated hydrocarbons, aldehydes, carbon monoxide; – при производстве поливинилхлорида: винилхлорид и соляная кислота / <i>in the production of polyvinyl chloride</i>: vinyl chloride and hydrochloric acid
2. Изготовление пластиковых изделий / Manufacture of plastic products	Формальдегид, оксид этилена, предельные углеводороды, диоксид углерода, сложные эфиры, альдегиды и др. химические соединения / Formaldehyde, ethylene oxide, saturated hydrocarbons, carbon dioxide, esters, aldehydes, etc.
3. Эксплуатация пластиковых изделий / Use of plastic products	Частицы макро-, микро- и нанопластика, специальные добавки (бисфенол А, фталаты, антипирены и др.), продукты деградации пластика / Macro-, micro- and nano-sized plastics, special additives (bisphenol A, phthalates, flame retardants, etc.), plastic degradation products
4. Пластиковый мусор / Plastic debris	
5. Переработка и утилизация пластикового мусора / Plastic waste recycling and disposal	Хлорид водорода, оксиды углерода, азота, аммиака, твердые частицы, диоксины, фураны полихлорированные; бифенилы и др. химические соединения / Hydrogen chloride, oxides of carbon, nitrogen, ammonia, particulate matter, dioxins, polychlorinated furans; biphenyls, etc.

производство пластика, заключающееся в соединении первичных форм пластмассы с различными добавками. В России в качестве таких форм преимущественно используются индифферентные для живых организмов полимеры этилена, стирола, пропилена и винилхлорида. Наиболее распространенными пластиковыми добавками являются бисфенолы, фталаты, полибромированные антипирены, обладающие доказанными токсическими свойствами [3, 7–9].

Производство пластика сопровождается выбросами в воздух рабочих зон широкого спектра токсических химических веществ, образующихся при синтезе полимеров из пластикового сырья с добавлением пластификаторов (см. таблицу). К ним, в частности, относятся 1,3-бутадиен, бензол, стирол и толуол, которые представляют угрозу для здоровья человека, способствуя развитию различных заболеваний, включая онкологические [10, 11].

Условия труда **при производстве пластмассовых изделий** (второй этап жизненного цикла пластика) характеризуются другими вредными факторами: высоким уровнем загрязнения воздуха парами формальдегида, фенола, окиси углерода, окиси этилена в сочетании с неудовлетворительными параметрами микроклимата, шумом и высокой тяжестью трудовых процессов. В условиях современного производства рабочие подвергаются преимущественно длительному воздействию комплекса химических веществ в концентрациях, близких к предельно допустимым. Особенностью действия ксенобиотиков в допустимых концентрациях является отсутствие специфических симптомов интоксикации, наличие «скрытых» неспецифических нарушений гомеостаза, которые ведут к истощению адаптационно-приспособительных реакций и снижению общей резистентности организма [12, 13].

На этапе **эксплуатации изделий из пластика** возможны несколько вариантов возникновения рисков здоровья человека. Макрочастицы пластика в виде деталей игрушек представляют опасность для детей. Возможно их попадание в желудочно-кишечный тракт, дыхательные пути (вплоть до развития удушья), полости уха и носа. Для взрослого человека частицы макропластика реальной опасности не представляют. Также появились данные о проникновении микропластика пероральным путем в организм детей при контакте с пластиковыми изделиями (бутылочками для детского питания, прорезывателями для зубов, игрушками и др.) с последующим его выведением естественным путем. Предполагается, что дети потребляют большое количество микропластика, когда грызут игрушки, сосут соски-пустышки, ползают по поверхностям, содержащим микропластик, например по коврам [14].

Существенно большее значение имеет выход продуктов дезинтеграции пластика из стенок контейнеров и упаковочного материала в жидкости и продукты питания. В частности, доказана миграция в бутилированную воду и молоко бисфенола и фталатов, оказывающих негативное влияние на организм человека. Бисфенолы, являясь агонистами эстрогеновых рецепторов, вызывают нарушения

обмена веществ, развитие ожирения, иммунные расстройства, раннее половое созревание, развитие рака предстательной и молочной желез, нарушение внутриутробного развития [4–7].

В Европейском союзе разработаны допустимые пределы миграции бисфенола А в пищевые продукты, а также установлены ограничения на его использование при изготовлении упаковочного материала. В России такие законодательно утвержденные гигиенические нормативы отсутствуют. Проведенное в России исследование продуктов питания (минеральная вода, соки, пиво, овощи, мясо) выявило наличие бисфенола А в количестве 0,1–42,9 мкг/кг в 15 из 19 проб с наивысшим уровнем в консервированных овощах и мясе, упакованных в металлические банки. Содержание бисфенола А в материале из поликарбоната, применяемом в России для изготовления бутылей для питьевой воды, показало его превышение в 203,4–711,4 раза по сравнению с результатами исследований в Германии. Однако миграции бисфенола А из тары в модельные среды выявлено не было, что соответствовало данным большинства международных наблюдений [4, 5].

Фталаты имитируют структуру полового гормона эстрогена. Попадая в организм человека, они способны вызвать серьезные нарушения в эндокринной и половой системах. Фталаты в организме мужчин угнетают выработку тестостерона, задерживают рост и развитие репродуктивной системы. В целом биологические эффекты этих химических веществ аналогичны действию антиандрогенов: они ведут к аномальной пролиферации клеток простаты с последующим повышенным риском развития рака. У женщин они провоцируют развитие рака груди, заболевания яичников, нарушения течения беременности. Учитывая установленные риски здоровью, для бисфенола А и фталатов разработаны ПДК в атмосферном воздухе и воде хозяйственно-питьевого назначения. Необходимо отметить, что нет доказательств того, что источником бисфенола и фталатов в напитках и продуктах является исключительно полимерная тара. Весьма вероятно их наличие в исследованных пробах до процесса упаковки. Также важно, что по данным всех российских и зарубежных исследований содержание бисфенолов и фталатов в напитках и пищевых продуктах не превышало гигиенических нормативов. Вопрос о возможности их кумулятивного действия при длительном поступлении в организм из разных источников при соблюдении ПДК остается открытым [6, 8].

При использовании пластиковой тары, помимо химических соединений – продуктов дезинтеграции пластика внутренних поверхностей тары и упаковки, вероятно попадание в организм человека его мелких частиц различного размера. В этом аспекте наиболее изученным объектом является бутилированная питьевая вода [15, 16]. Микропластик также обнаружен в растительных маслах, чае, пиве и других пищевых продуктах, предварительно находившихся в пластиковой упаковке [17–19].

Пластиковый мусор в окружающей среде в виде частиц различных размеров способен оказать

существенное влияние на биоту планеты. Первые сообщения об обнаружении микропластика в пробах планктона относятся к началу 1970-х годов [20]. Российскими учеными преимущественно изучалось содержание микропластика в морях Северного Ледовитого и Тихого океанов, а также в Балтийском и Черном морях. Их содержание варьировало в широком диапазоне от 2 до 357 шт./м³ [21–24]. Меньше изучены пресные воды страны: озера (Ладожское, Онежское, Байкал), реки (Северная Двина, Обь, Томь, Волга и др.), в которых концентрация микропластика составляет от 0,03 до 210 шт./м³ [25–28]. Не были обнаружены опубликованные в виде научных статей данные российских исследований о количественном содержании частиц пластика в воздухе и в почве.

Многие животные воспринимают частицы пластика как источник пищи [29]. Макрочастицы пластика попадают в желудочно-кишечный тракт морских млекопитающих и птиц, крупных рыб. Они способны нарушать процессы питания, снижая поглощение питательных веществ и активность кормления из-за чувства ложного насыщения. Также возможно негативное влияние на организм за счет травматизации слизистой оболочки и/или перфорации стенок кишечника. Большое количество пластика способно вызвать механическую непроходимость желудочно-кишечного тракта и смерть, что нередко наблюдается среди морских животных и водоплавающих птиц [2, 29–31].

Нахождение микро- и наночастиц пластика неоднократно отмечалось в моллюсках, крабах, рыбах, морских звездах, фитопланктоне. Поскольку пластик не разлагается их ферментативной системой, то его поступление и депонирование в различных тканях и органах представляет потенциальную угрозу для существования живых организмов. Количественное содержание частиц пластика варьируется в зависимости от вида организма, места и метода отбора проб, методики проведения анализа. С воздействием микропластика связывается ряд отклонений у животных. В частности, нарушение репродуктивного и пищевого поведения, снижение выживаемости представителей веслоногих ракообразных – *Calanus helgolandicus* [32], нарушения пищевого поведения рыб [33], снижение роста и воспроизводства рыб видов *Hyaletta azteca* [34], снижение скорости плавания и трофической активности *Daphnia magna* при воздействии микропластика полистирола [35]. Отмечена способность бентосных организмов, в частности пресноводных олигохет *Tubificidae*, к перераспределению микропластика в илстых донных отложениях [36]. Однако дизайн проведенных исследований не представляет возможности дифференцировать механизмы этого воздействия. Интересный факт был обнаружен С.А. Бирицкой и соавт. [37] при изучении амфипод Байкала, которые обладают свойством поглощать и естественным образом выводить частицы микропластика без каких-либо функциональных или морфологических признаков повреждения организма. В экспериментальных условиях особи комара кровососущего (*Aedes aegypti*) поглощали

в среднем за 3 дня 7 микропластинок полистирола, которые не оказывали отрицательного влияния на выживаемость комаров, но повышали массу их тела по сравнению с контрольной группой насекомых. В процессе метаморфозы микропластины переходят от личинок к куколкам в водных экосистемах, а затем к взрослым насекомым [38].

Существенно меньше исследований посвящено влиянию на водную биоту токсичных веществ, образующихся при деградации пластика. В их числе отечественная работа В.А. Кальпа и соавт., показавших снижение осмотической стойкости гемоцитов моллюсков *Mytilus galloprovincialis*, которое проявлялось потерей упругих свойств клеточных мембран и гибелью гемоцитов [39].

В организм крупных морских животных также могут попадать микропластины пластика. Это происходит как непосредственно из окружающей водной среды, так и путем поедания нижерасположенных в пищевой цепи растений и животных. Имеются сведения о способности микропластинок пластика перемещаться через слизистую оболочку кишечника в лимфатическую и кровеносную систему с последующим распространением в другие органы [40, 41].

В последние годы доказано, что наночастицы пластика способны проникать не только в организм животных, но и в растения [42]. Они обнаружены в корнях и в листьях арабидопсиса, пшеницы, в овощах и фруктах (яблоках, моркови, грушах, брокколи, салате) [43, 44]. О биологическом действии наночастиц на растения известно крайне мало, однако было отмечено их негативное влияние на рост растений *Arabidopsis thaliana* [45].

Менее известна способность частиц пластика абсорбировать из внешней среды токсичные вещества и патогенные бактерии. Большинство пластиков могут образовывать с находящимися в природных водах стойкими органическими загрязнителями (полихлорированные бифенилы, пиретроиды и т. п.) так называемые ассоциаты, а с тяжелыми металлами – аддукты. Благодаря этим свойствам концентрация собранных на микропластике стойких органических соединений и металлов оказывается на несколько порядков выше, чем их естественный фон [31]. Частицы пластика играют роль искусственного субстрата, на поверхность которого оседают различные организмы-образователи. Постепенно в пластиковом мусоре создается собственный биоценоз – «пластисфера», обитатели которого способны переноситься с помощью водных течений на большие расстояния, представляя угрозу местной биоте и человеку [1, 2].

Исследований отечественных авторов, касающихся проникновения, распределения и влияния частиц пластика на организм человека, найдено не было. Воздействие пластика на человека возможно при попадании его микро- и наночастиц в организм с жидкостью, продуктами питания, вдыхаемым воздухом, через кожу и некоторыми другими более редкими путями. Основным путем, вероятно, является пероральное поступление загрязненных пластиком продуктов по пищевым цепям, последним звеном

которых является человек⁶. Значительным источником микропластиков может быть водопроводная вода. Из продуктов питания наибольшее число микропластиков содержат морепродукты, при регулярном потреблении которых в человеческий организм поступает до 11 000 микропластиков пластика в год. Насколько широко распространен микропластик в природе и насколько велико его потребление человеком в повседневной жизни, свидетельствуют следующие данные. Так, ежегодное потребление микропластика жителями США колеблется от 39 000 до 52 000 частиц в зависимости от возраста и пола. Эти оценки увеличиваются до 74 000 и 121 000, если учитывать поступление частиц с вдыхаемым воздухом. Кроме того, люди, употребляющие воду только из бутилированных источников, способны поглотить до 90 000 частиц в год по сравнению с 4000 частиц при использовании водопроводной воды [46]. Доказано, что процесс миграции микропластиков пластика и токсичных продуктов его распада из упаковки увеличивается при нарушении сроков и температурного режима хранения продуктов, а также при использовании пластиковой тары с механическими повреждениями стенок [18, 19].

Депонированные микрофрагменты пластика выявляются во многих органах человека. Исследование крови 22 здоровых добровольцев показало наличие микропластика у 17 человек. В крови обследованных людей содержались частицы полиэтилентерефталата (50 % проб), полистирола (36 %), полиэтилена (23 %) и оргстекла (5 %) [47]. Исследование 47 образцов тканей человека (легких, печени, селезенки и почек) показало наличие пластика во всех представленных биоматериалах. Были выявлены поликарбонат, полиэтилентерефталат, полиэтилен. Также отмечено присутствие в исследуемых тканях человека бисфенола А. Из 13 исследованных образцов легочной ткани в 11 образцах находились частицы пластика размером до 3 мкм. Было идентифицировано 12 типов полимеров, наиболее распространенными из которых являлись полипропилен (23 %), полиэтилентерефталат (18 %) и смола (15 %) [48]. У больных с заболеваниями кишечника была обнаружена более высокая концентрация микропластика в кале (41,8 ед./г дм), чем у здоровых лиц (28,0 ед./г дм). Всего в фекалиях обнаружено 15 типов микропластиков, среди которых преобладали полиэтилентерефталат (22,3–34,0 %) и полиамид (8,9–12,4 %). Представлены доказательства положительной корреляции между концентрацией фекальных частиц и тяжестью заболевания. Высказано предположение о том, что указанная корреляция может быть связана как с патологическими процессами, так и с задержкой микропластиков в воспаленном кишечнике [49].

Микропластик обнаружен в плаценте человека, причем в тканях как со стороны матери, так и со стороны плода. В четырех из шести исследованных плацент содержались фрагменты пластика. Всего было найдено 12 частиц размером 5–10 мкм сферической или неправильной формы. Пять было найдено в тканях на стороне плода, четыре – на

материнской стороне и три – в хориоамниотических оболочках. Три частицы оказались полипропиленом – материалом, из которого обычно делают упаковочную пленку, а среди остальных удалось определить только пигменты – красители, которые содержатся в искусственных покрытиях, красках, клеях, штукатурках, косметике и средствах личной гигиены [50]. Помимо выявления депонированных частичек пластика в различных органах, установлено их влияние на ряд физиологических процессов [51]. Так, наночастицы полистирола, модифицированного амином, взаимодействуют с муцином и индуцируют апоптоз муцин- и немучинсекретирующих эпителиальных клеток кишечника [52]. Показано, что немодифицированный полистирол вызывает апоптоз в нескольких типах клеток человека, включая первичные альвеолярные макрофаги и первичные эпителиальные клетки альвеолярного типа 2 (AT2) [53].

Исследование *in vitro* с использованием частиц полистирола различного размера показало, что более крупные частицы (202 и 535 нм) вызывали более высокую экспрессию интерлейкина IL-8 в клетках легких в сравнении с воздействием частицами размером 64 нм [54]. Кроме того, наночастицы карбоксилированного полистирола вызывали существенную активацию интерлейкина IL-6 и IL-8 при аденокарциноме желудка, лейкемии и гистиоцитарной лимфоме человека. Это свидетельствует о том, что усиление воспалительных реакций частицами полистирола, вероятно, обусловлено строением частиц, а не их зарядом [55].

Полиэтиленовые компоненты, входящие в состав материалов суставных протезов, в результате износа могут фрагментироваться до мелких частиц, которые запускают продукцию таких провоспалительных факторов, как TNF и интерлейкин IL-1, а также проостеокластические факторы, включая рецептор активатор лиганда NF- κ B (RANKL). Это приводит к перипротезной резорбции кости и в итоге может быть причиной нарушения функции протеза [56]. Высокий уровень частиц сверхвысокомолекулярного полиэтилена размером от 0,2 до 10 мкм и макрофагов наблюдался в перипротезной ткани, что указывало на активацию воспалительной реакции [57].

Микропластик и нанопластик способен нарушать клеточный метаболизм как в лабораторных условиях, так и в модели *in vivo*. Наночастицы на основе полистирола влияют на сигнальные системы эпителиальных клеток дыхательных путей путем взаимодействия с цитоплазматической мембраной. После воздействия отрицательно заряженных наночастиц карбоксилированного полистирола размером 20 нм обнаружена активация ионных калиевых каналов в клетках легких человека. Нанопластик вызывал постоянное и зависящее от концентрации увеличение токов короткого замыкания за счет активации ионных каналов и стимуляции ионного оттока хлора и бикарбоната [58]. Кроме того, наночастицы полистирола размером 30 нм индуцировали большие

⁶ Plastic & Health: The Hidden Costs of a Plastic Planet. 2019. <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/02/Plastic-and-Health-The-Hidden-Costs-of-a-Plastic-Planet-February-2019.pdf>

везикулоподобные структуры в эндоцитарных путях макрофагов и раковых клеток человека линий A549, HepG-2 и HCT116. Острое пероральное воздействие положительно заряженных наночастиц полистирола может нарушать в кишечнике человека транспорт железа и его клеточное поглощение [59].

Несмотря на представленные выше потенциально опасные для здоровья человека нарушения, пока не установлено клинических признаков каких-либо заболеваний, развитие которых можно было бы связать с воздействием частиц пластика.

На последнем этапе жизненного цикла пластика производится его переработка, что может сопровождаться образованием токсичных веществ, создающих риски здоровью работников мусороперерабатывающих предприятий и окружающей среде. Результатов исследований условий труда данной категории работников в научной литературе не найдено. Опыт эксплуатации многих современных предприятий по переработке твердых бытовых отходов, основной частью которых является пластиковый мусор, показывает их экологическую безопасность. При температурах 1200–1400 °С, характерных для современных установок, большинство токсических веществ необратимо распадаются, а неразложившаяся часть поглощается в адсорбирующих фильтрах. На современных мусоросжигающих станциях выбросы диоксинов снижены до 0,6 мкг на тонну топлива, в то время как на старых мусороперерабатывающих предприятиях выбросы достигали 300 мкг/т. Концентрации регламентируемых веществ в газообразных продуктах сгорания отходов не превышают допустимых значений. При этом отмечено, что в России практически отсутствуют современные мусоросжигающие установки, поэтому необходимо уделять большое внимание экологическому аспекту этого вопроса [60].

Заключение. Большие объемы производства и низкий процент утилизации пластикового мусора обуславливают проблему влияния продуктов его распада на биоту и создают пока еще недостаточно изученные риски здоровью населения России. Проведенное исследование литературных источников показало, что пластик способен оказывать воздействие на окружающую среду на всех этапах его жизни и эксплуатации. На этапах производства пластика, изготовления из него изделий и переработки пластикового мусора потенциально негативное влияние преимущественно связано с токсическими газообразными соединениями, поступающими в рабочие зоны предприятий и в атмосферу. На этапах эксплуатации пластика и пластикового мусора воздействие обусловлено частицами синтетических полимеров различного размера и токсичными веществами, образующимися при их деструкции.

В настоящее время не имеется убедительных данных о клинически значимых нарушениях здоровья человека, вызванных частицами пластика. Концентрации в продуктах питания и напитках компонентов пластика с доказанными токсичными свойствами не превышают установленных гигиенических нормативов. Нарушения функционального

состояния различных видов животных были получены в экспериментах с применением данных веществ в концентрациях, превышающих их реальный уровень в природе. Не вызывает сомнения негативное влияние макропластика на фауну, особенно морскую. Необходимы дополнительные исследования влияния микро- и наночастиц пластика, а также токсичных продуктов его разрушения в допустимых нормативами концентрациях на биоту и здоровье человека. Вышеизложенное ни в коей мере не уменьшает важности разработки и применения потенциально менее токсичных и поддающихся биодegradации видов пластика, разумного количества производимых пластиков, увеличения доли их утилизации, а также воспитания экологически грамотного потребителя пластиковых изделий. Процент утилизации пластиковых отходов может быть существенно повышен за счет внедрения отдельного сбора мусора, который на сегодняшний день в России находится на начальной стадии своего развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саванина Я.В., Барский Е.Л., Фомина И.А., Лобакова Е.С. Загрязнение водной среды микропластиком: воздействие на биологические объекты, очистка // Информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2019. № 2. С. 54–58.
2. Масленников С.И., Щукина Г.Ф., Назарев Ю.П. Микропластик в океане – новые проблемы морского природопользования // Рыбное хозяйство. 2017. № 3. С. 33–37.
3. Соколов Ю.И. Риски тотального пластикового загрязнения планеты // Проблемы анализа риска. 2020. Т. 17. № 3. С. 30–43. doi: 10.32686/1812-5220-2020-17-3-30-43
4. Маркова О.Л., Еремин Г.Б., Зарицкая Е.В., Ганичев П.А., Петрова М.Д. Миграция бисфенола А из полимерных упаковочных материалов в бутилированную воду и продукты питания. результаты международных исследований. Аналитический обзор // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2020. Т. 15. № 1. С. 402–416.
5. Зарицкая Е.В., Маркова О.Л., Ганичев П.А., Еремин Г.Б., Михеева А.Ю. Бисфенол А: к вопросу о гигиенической безопасности пищевой упаковки // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2021. Т. 16. № 1. С. 133–138.
6. Ганичев П.А., Маркова О.Л., Еремин Г.Б., Мясников И.О. Влияние фталатов на здоровье населения. краткий литературный обзор // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2020. Т. 15. № 1. С. 233–239.
7. Ермачкова П.А., Кравченко А.Н., Залата О.А., Шибанов С.Э. Негативное влияние микропластика: системы-мишени организма человека // Мотивационные аспекты физической активности: Материалы V Всероссийской междисциплинарной конференции, Великий Новгород, 26 февраля 2021 года / Отв. редактор Р.Я. Власенко. – Великий Новгород: Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, 2021. С. 23–28. doi: 10.34680/978-5-89896-739-0/2021.MAPHA.04
8. Шкаева Е.И., Солнцева С.А., Никулина О.С., Николаев А.И., Дулов С.А., Земляной А.В. Токсичность и опасность фталатов (анализ литературных сведений) // Токсикологический вестник. 2019. № 6. С. 3–9. doi: 10.36946/0869-7922-2019-6-3-9

9. Бражк Д.Г. Обеспечение экологической безопасности в аспекте воздействия утилизации пластиковых отходов на здоровье населения и окружающую среду // Экономическая безопасность. 2022. Т. 5. № 2. С. 673–694. doi: 10.18334/ecsec. 5.2.114416
10. Бацукова Н.Л. Гигиена труда на предприятиях по производству и переработке синтетических полимерных материалов // Охрана труда. 2013. № 5 (2). С. 421–427.
11. Ибрагимов И.М., Самыкина Л.Н., Косова Л.Н. Некоторые аспекты адаптационных механизмов защиты у рабочих на производстве полимеров // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 1-7. С. 1825–1828.
12. Самыкина Е.В., Самыкина Л.Н., Косова Л.Н., Богданова Р.А. Состояние здоровья рабочих на производстве изделий из полиэтилена низкого давления // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 1-7. С. 1884–1886.
13. Самыкина Е.В., Самыкина Л.Н., Богданова Р.А. Изучение воздуха рабочей зоны в производстве пластмассовых изделий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 1-7. С. 1797–1800.
14. Zhang J, Wang L, Trasande L, Kannan K. Occurrence of polyethylene terephthalate and polycarbonate microplastics in infant and adult feces. *Environ Sci Technol Lett*. 2021;8(11):989-994. doi: 10.1021/acs.estlett.1c00559
15. Рудаков О.Б., Рудакова А.В. Наночастицы из пластика – актуальный загрязнитель пищевой продукции // Мясные технологии. 2019. № 2. С. 26–29. doi: 10.33465/2308-2941-2019-10-48-51
16. Ганичев П.А. О влиянии частиц микропластика в питьевой воде на здоровье населения. Обзор. Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 9. С. 40–43. doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-9-40-43
17. Корнилов, К.Н., Роева, Н.Н. Обнаружение частиц микропластика в растительных маслах // Health, Food & Biotechnology. 2020. № 2 (1). С. 62–70. doi: 10.36107/hfb.2020.11.s315
18. Sharma S, Sharma B, Dey Sadhu S. Microplastic profusion in food and drinking water: are microplastics becoming a macroproblem? *Environ Sci Process Impacts*. 2022;24(7):992-1009. doi: 10.1039/d1em00553g
19. Li Y, Peng L, Fu J, Dai X, Wang G. A microscopic survey on microplastics in beverages: the case of beer, mineral water and tea. *Analyst*. 2022;147(6):1099-1105. doi: 10.1039/d2an00083k
20. Carpenter EJ, Smith Jr KL. Plastics on the Sargasso Sea surface. *Science*. 1972;175(4027):1240-1241. doi: 10.1126/science.175.4027.1240
21. Bagaev A, Esiukova E, Litvinyuk D, et al. Investigations of plastic contamination of seawater, marine and coastal sediments in the Russian seas: a review. *Environ Sci Pollut Res*. 2021;28(25):32264-32281. doi: 10.1007/s11356-021-14183-z
22. Ершова А.А., Еремина Т.Р., Макеева И.Н. и др. Микропластиковое загрязнение морской среды Баренцева и Карского морей в 2019 г. // Гидрометеорология и экология. 2022. № 69. С. 691–711. doi: 10.33933/2713-3001-2022-69-691-711
23. Чубаренко И.П., Есюкова Е.Е., Хатмуллина Л.И. и др. Микропластик в морской среде. Москва: Научный мир, 2021. 520 с.
24. Авдонина Н.С., Соболев Н.А. Воздействие прибрежного мусора на биологические ресурсы арктических морей // Арктика и Север. 2022. № 47. С. 260–267. doi: 10.37482/issn2221-2698.2022.47.260
25. Frank YA, Vorobiev ED, Vorobiev DS, et al. Preliminary screening for microplastic concentrations in the surface water of the Ob and Tom Rivers in Siberia, Russia. *Sustainability*. 2021;13(1):80. doi: 10.3390/su13010080
26. Frank YA, Vorobiev DS, Kayler OA, et al. Evidence for microplastics contamination of the remote tributary of the Yenisei River, Siberia – The pilot study results. *Water*. 2021;13(22):3248. doi: 10.3390/w13223248
27. Lisina AA, Platonov MM, Lomakov OI, et al. Microplastic abundance in Volga River: Results of a pilot study in summer 2020. *Geography, Environment, Sustainability*. 2021;14(3):82-93. doi: 10.24057/2071-9388-2021-041
28. Ильина О.В., Колобов М.Ю., Ильинский В.В. Пластиковое загрязнение прибрежных поверхностных вод среднего и южного Байкала // Водные ресурсы. 2021. Т. 48. № 1. С. 42–51.
29. Derraik JGB. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Mar Pollut Bull*. 2002;44(9):842-852. doi: 10.1016/s0025-326x(02)00220-5
30. Frank YA, Vorobiev ED, Babkina IB, Antsiferov DV, Vorobiev DS. Microplastics in fish gut, first records from the Tom River in West Siberia, Russia. *Tomsk State University Journal of Biology*. 2020;(52):130-139. doi: 10.17223/19988591/52/7
31. Сапрыкин А.И., Самойлов П.П. Микро- и нанопластики в окружающей среде (аналитика, источники, распределение и проблемы экологии): аналитический обзор. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения РАН. Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2021. 115 с.
32. Cole M, Lindeque P, Fileman E, Halsband C, Galloway TS. The impact of polystyrene microplastics on feeding, function and fecundity in the marine copepod *Calanus helgolandicus*. *Environ Sci Technol*. 2015;49(2):1130-1137. doi: 10.1021/es504525u
33. De Sá LC, Luís LG, Guilhermino L. Effects of microplastics on juveniles of the common goby (*Pomatoschistus microps*): Confusion with prey, reduction of the predatory performance and efficiency, and possible influence of developmental conditions. *Environ Pollut*. 2015;196:359-362. doi: 10.1016/j.envpol.2014.10.026
34. Au SY, Bruce TF, Bridges WC, Klaine SJ. Responses of *Hyalella azteca* to acute and chronic microplastic exposures. *Environ Toxicol Chem*. 2015;34(11):2564-2572. doi: 10.1002/etc.3093
35. Никитин О.В., Насырова Э.И., Кузьмин Р.С., Миннегулова Л.М., Латыпова В.З., Ашихмина Т.Я. Влияние частиц микропластика полистирола на морфологические и функциональные показатели *Daphnia magna* // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 196–203. doi: 10.25750/1995-4301-2022-4-196-203
36. Frank YA, Vorobiev DS, Vorobiev ED, Samarina AA, Antsiferov DV, Strezov V. Ability of benthic oligochaetes to bury microplastics in aquatic bottom sediments. *Sci Total Environ*. 2023;857(Pt 3):159687. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.159687
37. Бирицкая С.А., Бухаева Л.Б., Долинская Е.М. и др. Изучение влияния частиц микропластика на эндемичных амфипод озера Байкал // Байкальский зоологический журнал. 2022. № 1. С. 134–135.
38. Simakova A, Varenitsina A, Babkina I, et al. Ontogenetic transfer of microplastics in bloodsucking mosquitoes *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) is a potential pathway for particle distribution in the environment. *Water*. 2022;14(12):1852. doi: 10.3390/w14121852
39. Кальпа В.А., Воронин Д.П., Лантушенко А.О. Влияние продуктов разложения пластика на механические свойства мембран гемоцитов *Mytilus Galloprovinci* // Актуальные вопросы биологической физики и химии. 2021. Т. 6. № 4. С. 695–698.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-41-51>

Review Article

40. Fang C, Zheng R, Hong F, *et al.* Microplastics in three typical benthic species from the Arctic: Occurrence, characteristics, sources, and environmental implications. *Environ Res.* 2021;192:110326. doi: 10.1016/j.envres.2020.110326
41. Peng L, Fu D, Qi H, Lan CQ, Yu H, Ge C. Micro- and nano-plastics in marine environment: Source, distribution and threats – A review. *Sci Total Environ.* 2020;698:134254. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134254
42. Campanale C, Galafassi S, Savino I, *et al.* Microplastics pollution in the terrestrial environments: Poorly known diffuse sources and implications for plants. *Sci Total Environ.* 2022;805:150431. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.150431
43. Fogašová K, Manko P, Oboňa J. The first evidence of microplastics in plant-formed fresh-water micro-ecosystems: *Dipsacus teasel* phytotelmata in Slovakia contaminated with MPs. *BioRisk.* 2022;18:133-143. doi: 10.3897/biorisk.18.87433
44. Oliveri Conti G, Ferrante M, Banni M, *et al.* Micro- and nano-plastics in edible fruit and vegetables. The first diet risks assessment for the general population. *Environ Res.* 2020;187:109677. doi: 10.1016/j.envres.2020.109677
45. Sun XD, Yuan XZ, Jia Y, *et al.* Differentially charged nanoplastics demonstrate distinct accumulation in *Arabidopsis thaliana*. *Nat Nanotechnol.* 2020;15(9):755-760. doi: 10.1038/s41565-020-0707-4
46. Cox KD, Covernton GA, Davies HL, Dower JF, Juanes F, Dudas SE. Human consumption of microplastics. *Environ Sci Technol.* 2019;53(12):7068-7074. doi: 10.1021/acs.est.9b01517
47. Leslie HA, van Velzen MJM, Brandsma SH, Vethaak AD, Garcia-Vallejo JJ, Lamoree MH. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environ Int.* 2022;163:107199. doi: 10.1016/j.envint.2022.107199
48. Jenner LC, Rotchell JM, Bennett RT, Cowen M, Tentzeris V, Sadofsky LR. Detection of microplastics in human lung tissue using μ FTIR spectroscopy. *Sci Total Environ.* 2022;831:154907. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.154907
49. Yan Z, Liu Y, Zhang T, Zhang F, Ren H, Zhang Y. Analysis of microplastics in human feces reveals a correlation between fecal microplastics and inflammatory bowel disease status. *Environ Sci Technol.* 2022;56(1):414-421. doi: 10.1021/acs.est.1c03924
50. Ragusa A, Svelato A, Santacroce C, *et al.* Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environ Int.* 2021;146:106274. doi: 10.1016/j.envint.2020.106274
51. Yee MSL, Hii LW, Looi CK, *et al.* Impact of microplastics and nanoplastics on human health. *Nanomaterials (Basel).* 2021;11(2):496. doi: 10.3390/nano11020496
52. Inkielewicz-Stepniak I, Tajber L, Behan G, *et al.* The role of mucin in the toxicological impact of polystyrene nanoparticles. *Materials (Basel).* 2018;11(5):724. doi: 10.3390/ma11050724
53. Liu X, Tian X, Xu X, Lu J. Design of a phosphinate-based bioluminescent probe for superoxide radical anion imaging in living cells. *Luminescence.* 2018;33(6):1101-1106. doi: 10.1002/bio.3515
54. Brown DM, Wilson MR, MacNee W, Stone V, Donaldson K. Size-dependent proinflammatory effects of ultrafine polystyrene particles: A role for surface area and oxidative stress in the enhanced activity of ultrafines. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2001;175(3):191-199. doi: 10.1006/taap.2001.9240
55. Fuchs AK, Syrovets T, Haas KA, *et al.* Carboxyl- and amino-functionalized polystyrene nanoparticles differentially affect the polarization profile of M1 and M2 macrophage subsets. *Biomaterials.* 2016;85:78-87. doi: 10.1016/j.biomaterials.2016.01.064
56. Veruva SY, Lanman TH, Isaza JE, Freeman TA, Kurtz SM, Steinbeck MJ. Periprosthetic UHMWPE wear debris induces inflammation, vascularization, and innervation after total disc replacement in the lumbar spine. *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475(5):1369-1381. doi: 10.1007/s11999-016-4996-8
57. Nich C, Goodman SB. Role of macrophages in the biological reaction to wear debris from joint replacements. *J Long Term Eff Med Implants.* 2014;24(4):259-265. doi: 10.1615/jlongtermeffmedimplants.2014010562
58. McCarthy J, Gong X, Nahirney D, Duszyk M, Radomski M. Polystyrene nanoparticles activate ion transport in human airway epithelial cells. *Int J Nanomedicine.* 2011;6:1343-1356. doi: 10.2147/IJN.S21145
59. Mahler GJ, Esch MB, Tako E, *et al.* Oral exposure to polystyrene nanoparticles affects iron absorption. *Nat Nanotechnol.* 2012;7(4):264-271. doi: 10.1038/nnano.2012.3
60. Бабунова М.В., Прочухан Ю.А. Способы утилизации отходов полимеров // Вестник Башкирского университета. 2008. Т. 13. № 4. С. 875–885.

REFERENCES

- Savanina YaV, Barsky EL, Fomina IA, Lobakova ES. Pollution of aquatic medium by microparticle of polymers. *Informatsionnye Tekhnologii v Nauke, Obrazovanii i Upravlenii.* 2019;(2(12)):54-58. (In Russ.)
- Maslennikov SI, Shukina GF, Nazarets YP. Microplastics in the ocean – the new challenges of marine nature management. *Rybnoe Khozyaystvo.* 2017;(3):33-37. (In Russ.)
- Sokolov YI. Risks of total plastic pollution of the planet. *Problemy Analiza Riska.* 2020;17(3):30-43. (In Russ.) doi: 10.32686/1812-5220-2020-17-3-30-43
- Markova OL, Yeremin GB, Zaritskaya EV, Ganichev PA, Petrova MD. Bisphenol-A migration from polymer packaging material to bottled water and foodstuffs. International study findings. Analytical review. *Zdorov'e – Osnova Chelovecheskogo Potentsiala: Problemy i Puti Ikh Resheniya.* 2020;15(1):402-416. (In Russ.)
- Zaritskaya EV, Markova OL, Ganichev PA, Yeremin GB, Mikheeva AYu. Bisphenol A – To the question of food packaging hygienic safety. *Zdorov'e – Osnova Chelovecheskogo Potentsiala: Problemy i Puti Ikh Resheniya.* 2021;16(1):133-138. (In Russ.)
- Ganichev PA, Markova OL, Yeremin GB, Myasnikov IO. Effect of phthalates on population health. Brief literary review. *Zdorov'e – Osnova Chelovecheskogo Potentsiala: Problemy i Puti Ikh Resheniya.* 2020;15(1):233-239. (In Russ.)
- Yermachkova PA, Kravchenko AN, Zalata OA, Shibanov SE. Negative effects of microplastics: The target systems of the human body. In: Vlasenko RYa, ed. *Motivational Aspects of Physical Activity: Proceedings of the Fifth All-Russian Interdisciplinary Conference, Velikiy Novgorod, February 26, 2021.* Velikiy Novgorod: Yaroslav-the-Wise Novgorod State University Publ.; 2021:23-28. (In Russ.) doi: 10.34680/978-5-89896-739-0/2021.MAPHA.04
- Shkaeva IE, Solntseva SA, Nikulina OS, Nikolaev AI, Dulov SA, Zemlyanoy AV. Toxicity and hazard of phthalates (literature review). *Toksikologicheskii Vestnik.* 2019;(6(159)):3-9. (In Russ.) doi: 10.36946/0869-7922-2019-6-3-9
- Brakk DG. Ensuring environmental safety concerning the impact of plastic waste disposal on public health and the environment. *Ekonomicheskaya Bezopasnost'.* 2022;5(2):673-694. (In Russ.) doi: 10.18334/ecsec.5.2.114416

10. Batsukova NL. [Occupational hygiene at enterprises for the production and processing of synthetic polymer materials.] *Okhrana Truda*. 2013;(5(2)):421-427. (In Russ.)
11. Ibragimov IM, Samykina LN, Kosova LN. Some aspects of adaptic protection mechanisms at workers on manufacture of polymers. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Tsentra Rossiyskoy Akademii Nauk*. 2010;12(1-7):1825-1828. (In Russ.)
12. Samykina EV, Samykina LN, Kosova LN, Bogdanova RA. State of workers health at manufacture of products from low pressure polyethylene. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Tsentra Rossiyskoy Akademii Nauk*. 2010;12(1-7):1884-1886. (In Russ.)
13. Samykina EV, Samykina LN, Bogdanova RA. Studying the air of the working zone in manufacture of plastic products. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Tsentra Rossiyskoy Akademii Nauk*. 2011;13(1-7):1797-1800. (In Russ.)
14. Zhang J, Wang L, Trasande L, Kannan K. Occurrence of polyethylene terephthalate and polycarbonate microplastics in infant and adult feces. *Environ Sci Technol Lett*. 2021;8(11):989-994. doi: 10.1021/acs.estlett.1c00559
15. Rudakov OB, Rudakova LV. [Plastic nanoparticles – an actual contaminant of food products.] *Myasnye Tekhnologii*. 2019;(10(202)):48-51. (In Russ.) doi: 10.33465/2308-2941-2019-10-48-51
16. Ganichev PA. Human health effects of microplastics in drinking water: A review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;29(9):40-43. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-9-40-43
17. Kornilov KN, Roeva NN. Detection of microplastic particles in vegetable oils. *Health, Food & Biotechnology*. 2020;2(1):62-70. (In Russ.) doi: 10.36107/hfb.2020.i1.s315
18. Sharma S, Sharma B, Dey Sadhu S. Microplastic profusion in food and drinking water: are microplastics becoming a macroproblem? *Environ Sci Process Impacts*. 2022;24(7):992-1009. doi: 10.1039/d1em00553g
19. Li Y, Peng L, Fu J, Dai X, Wang G. A microscopic survey on microplastics in beverages: the case of beer, mineral water and tea. *Analyst*. 2022;147(6):1099-1105. doi: 10.1039/d2an00083k
20. Carpenter EJ, Smith Jr KL. Plastics on the Sargasso Sea surface. *Science*. 1972;175(4027):1240-1241. doi: 10.1126/science.175.4027.1240
21. Bagaev A, Esiukova E, Litvinyuk D, et al. Investigations of plastic contamination of seawater, marine and coastal sediments in the Russian seas: a review. *Environ Sci Pollut Res*. 2021;28(25):32264-32281. doi: 10.1007/s11356-021-14183-z
22. Ershova AA, Eremina TR, Makeeva IN, et al. Microplastic contamination of marine environment of the Barents and Kara Seas in 2019. *Gidrometeorologiya i Ekologiya*. 2022;(69):691-711. (In Russ.) doi: 10.33933/2713-3001-2022-69-691-711
23. Chubarenko IP, Esiukova EE, Khatmullina LI, Lobchuk OI, Isachenko IA, Bukanova TV. [Microplastics in the Marine Environment.] Moscow: Nauchnyy Mir Publ.; 2021. (In Russ.) Accessed May 18, 2023. <http://lamp.ocean.ru/wp-content/uploads/2022/01/book-full.pdf>
24. Avdonina NS, Sobolev NA. Seashore litters impact on biological resources of Arctic seas. *Arktika i Sever*. 2022;(47):260-267. (In Russ.) doi: 10.37482/issn2221-2698.2022.47.260
25. Frank YA, Vorobiev ED, Vorobiev DS, et al. Preliminary screening for microplastic concentrations in the surface water of the Ob and Tom Rivers in Siberia, Russia. *Sustainability*. 2021;13(1):80. doi: 10.3390/su13010080
26. Frank YA, Vorobiev DS, Kayler OA, et al. Evidence for microplastics contamination of the remote tributary of the Yenisei River, Siberia – The pilot study results. *Water*. 2021;13(22):3248. doi: 10.3390/w13223248
27. Lisina AA, Platonov MM, Lomakov OI, et al. Microplastic abundance in Volga River: Results of a pilot study in summer 2020. *Geography, Environment, Sustainability*. 2021;14(3):82-93. doi: 10.24057/2071-9388-2021-041
28. Il'ina OV, Kolobov MY, Il'inskiy VV. Plastic pollution of the coastal surface water in the middle and southern Baikal. *Water Resources*. 2021;48(1):56-64. doi: 10.31857/S0321059621010181
29. Derraik JGB. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Mar Pollut Bull*. 2002;44(9):842-852. doi: 10.1016/s0025-326x(02)00220-5
30. Frank YA, Vorobiev ED, Babkina IB, Antsiferov DV, Vorobiev DS. Microplastics in fish gut, first records from the Tom River in West Siberia, Russia. *Tomsk State University Journal of Biology*. 2020;(52):130-139. doi: 10.17223/19988591/52/7
31. Saprykin AI, Samoylov PP. *Micro- and Nanoplastics in the Environment (Analytics, Sources, Distribution and Environmental Issues): Analytical Review. Ecology Series. Issue 110*. Novosibirsk: State Public Scientific and Technical Library of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publ.; 2021. (In Russ.)
32. Cole M, Lindeque P, Fileman E, Halsband C, Galloway TS. The impact of polystyrene microplastics on feeding, function and fecundity in the marine copepod *Calanus helgolandicus*. *Environ Sci Technol*. 2015;49(2):1130-1137. doi: 10.1021/es504525u
33. De Sá LC, Luís LG, Guilhermino L. Effects of microplastics on juveniles of the common goby (*Pomatoschistus microps*): Confusion with prey, reduction of the predatory performance and efficiency, and possible influence of developmental conditions. *Environ Pollut*. 2015;196:359-362. doi: 10.1016/j.envpol.2014.10.026
34. Au SY, Bruce TF, Bridges WC, Klaine SJ. Responses of *Hyalella azteca* to acute and chronic microplastic exposures. *Environ Toxicol Chem*. 2015;34(11):2564-2572. doi: 10.1002/etc.3093
35. Nikitin OV, Nasyrova EI, Kuzmin RS, Minnegulova LM, Latypova VZ, Ashihmina TYa. Effects of polystyrene microplastic particles on the morphological and functional parameters of *Daphnia magna*. *Teoreticheskaya i Prikladnaya Ekologiya*. 2022;(4):196-203. (In Russ.) doi: 10.25750/1995-4301-2022-4-196-203
36. Frank YA, Vorobiev DS, Vorobiev ED, Samarinova AA, Antsiferov DV, Strezov V. Ability of benthic oligochaetes to bury microplastics in aquatic bottom sediments. *Sci Total Environ*. 2023;857(Pt 3):159687. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.159687
37. Biritskaya SA, Bukhaeva LB, Dolinskaya EM, et al. Study of the effect of microplastics particles on the Lake Baikal's endemic amphipods. *Baikal'skiy Zoologicheskii Zhurnal*. 2022;(1(31)):134-135. (In Russ.)
38. Simakova A, Varenitsina A, Babkina I, et al. Ontogenetic transfer of microplastics in bloodsucking mosquitoes *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) is a potential pathway for particle distribution in the environment. *Water*. 2022;14(12):1852. doi: 10.3390/w14121852
39. Kalpa VA, Voronin DP, Lantushenko AO. The effect of plastic decomposition products on the mechanical properties of hemocyte membranes of *Mytilus Galloprovinci*. *Aktual'nye Voprosy Biologicheskoy Fiziki i Khimii*. 2021;6(4):695-698. (In Russ.)
40. Fang C, Zheng R, Hong F, et al. Microplastics in three typical benthic species from the Arctic: Occurrence, characteristics, sources, and environmental implications. *Environ Res*. 2021;192:110326. doi: 10.1016/j.envres.2020.110326

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-41-51>
Review Article

41. Peng L, Fu D, Qi H, Lan CQ, Yu H, Ge C. Micro- and nano-plastics in marine environment: Source, distribution and threats – A review. *Sci Total Environ.* 2020;698:134254. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134254
42. Campanale C, Galafassi S, Savino I, et al. Microplastics pollution in the terrestrial environments: Poorly known diffuse sources and implications for plants. *Sci Total Environ.* 2022;805:150431. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.150431
43. Fogašová K, Manko P, Oboňa J. The first evidence of microplastics in plant-formed fresh-water micro-ecosystems: *Dipsacus teasel* phytotelmata in Slovakia contaminated with MPs. *BioRisk.* 2022;18:133-143. doi: 10.3897/biorisk.18.87433
44. Oliveri Conti G, Ferrante M, Banni M, et al. Micro- and nano-plastics in edible fruit and vegetables. The first diet risks assessment for the general population. *Environ Res.* 2020;187:109677. doi: 10.1016/j.envres.2020.109677
45. Sun XD, Yuan XZ, Jia Y, et al. Differentially charged nanoplastics demonstrate distinct accumulation in *Arabidopsis thaliana*. *Nat Nanotechnol.* 2020;15(9):755-760. doi: 10.1038/s41565-020-0707-4
46. Cox KD, Covernton GA, Davies HL, Dower JF, Juanes F, Dudas SE. Human consumption of microplastics. *Environ Sci Technol.* 2019;53(12):7068-7074. doi: 10.1021/acs.est.9b01517
47. Leslie HA, van Velzen MJM, Brandsma SH, Vethaak AD, Garcia-Vallejo JJ, Lamoree MH. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environ Int.* 2022;163:107199. doi: 10.1016/j.envint.2022.107199
48. Jenner LC, Rotchell JM, Bennett RT, Cowen M, Tentzeris V, Sadofsky LR. Detection of microplastics in human lung tissue using μ FTIR spectroscopy. *Sci Total Environ.* 2022;831:154907. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.154907
49. Yan Z, Liu Y, Zhang T, Zhang F, Ren H, Zhang Y. Analysis of microplastics in human feces reveals a correlation between fecal microplastics and inflammatory bowel disease status. *Environ Sci Technol.* 2022;56(1):414-421. doi: 10.1021/acs.est.1c03924
50. Ragusa A, Svelato A, Santacroce C, et al. Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environ Int.* 2021;146:106274. doi: 10.1016/j.envint.2020.106274
51. Yee MSL, Hii LW, Looi CK, et al. Impact of microplastics and nanoplastics on human health. *Nanomaterials (Basel).* 2021;11(2):496. doi: 10.3390/nano11020496
52. Inkielewicz-Stepniak I, Tajber L, Behan G, et al. The role of mucin in the toxicological impact of polystyrene nanoparticles. *Materials (Basel).* 2018;11(5):724. doi: 10.3390/ma11050724
53. Liu X, Tian X, Xu X, Lu J. Design of a phosphinate-based bioluminescent probe for superoxide radical anion imaging in living cells. *Luminescence.* 2018;33(6):1101-1106. doi: 10.1002/bio.3515
54. Brown DM, Wilson MR, MacNee W, Stone V, Donaldson K. Size-dependent proinflammatory effects of ultrafine polystyrene particles: A role for surface area and oxidative stress in the enhanced activity of ultrafines. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2001;175(3):191-199. doi: 10.1006/taap.2001.9240
55. Fuchs AK, Syrovets T, Haas KA, et al. Carboxyl- and amino-functionalized polystyrene nanoparticles differentially affect the polarization profile of M1 and M2 macrophage subsets. *Biomaterials.* 2016;85:78-87. doi: 10.1016/j.biomaterials.2016.01.064
56. Veruva SY, Lanman TH, Isaza JE, Freeman TA, Kurtz SM, Steinbeck MJ. Periprosthetic UHMWPE wear debris induces inflammation, vascularization, and innervation after total disc replacement in the lumbar spine. *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475(5):1369-1381. doi: 10.1007/s11999-016-4996-8
57. Nich C, Goodman SB. Role of macrophages in the biological reaction to wear debris from joint replacements. *J Long Term Eff Med Implants.* 2014;24(4):259-265. doi: 10.1615/jlongtermeffmedimplants.2014010562
58. McCarthy J, Gong X, Nahirney D, Duszyk M, Radomski M. Polystyrene nanoparticles activate ion transport in human airway epithelial cells. *Int J Nanomedicine.* 2011;6:1343-1356. doi: 10.2147/IJN.S21145
59. Mahler GJ, Esch MB, Tako E, et al. Oral exposure to polystyrene nanoparticles affects iron absorption. *Nat Nanotechnol.* 2012;7(4):264-271. doi: 10.1038/nnano.2012.3
60. Bazunova MV, Prochukhan YA. [Methods of polymer waste disposal.] *Vestnik Bashkirskogo Universiteta.* 2008;13(4):875-885. (In Russ.)

Сведения об авторах:

✉ **Кизеев** Алексей Николаевич – к.б.н., старший научный сотрудник отдела исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации; e-mail: aleksei.kizeev@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8689-7327>.

Сюрин Сергей Алексеевич – д.м.н., главный научный сотрудник отдела исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации; e-mail: kola.reslab@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0275-0553>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Сюрин С.А.*; сбор и анализ литературных источников: *Кизеев А.Н., Сюрин С.А.*; написание и редактирование текста, подготовка рукописи: *Сюрин С.А., Кизеев А.Н.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует заключения комитета по биомедицинской этике или иных разрешающих 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: 20.03.23 / Принята к публикации: 16.05.23 / Опубликовано: 31.05.23

Author information:

✉ **Aleksei N. Kizeev**, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Arctic Environmental Health Department, Northwest Public Health Research Center; e-mail: aleksei.kizeev@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8689-7327>.

Sergei A. Syurin, Dr. Sci. (Med.), Chief Researcher, Arctic Environmental Health Department, Northwest Public Health Research Center; e-mail: kola.reslab@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0275-0553>.

Author contributions: study conception and design: *Syurin S.A.*; collection and analysis of literary sources: *Kizeev A.N., Syurin S.A.*; draft manuscript preparation, editing: *Syurin S.A., Kizeev A.N.* Both authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

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

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

Received: March 20, 2023 / Accepted: May 16, 2023 / Published: May 31, 2023



К вопросу взаимосвязи содержания ртути в волосах и заболеваниями сердечно-сосудистой системы (на примере Вологодской области)

М.А. Гусева¹, Е.С. Иванова¹, В.Т. Комов^{1,2}

¹ ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет»,
пр. Луначарского, д. 5, г. Череповец, 162600, Российская Федерация

² ФГБУН «Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук»,
Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок, 152742, Российская Федерация

Резюме

Введение. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) внесла ртуть в список химических веществ, представляющих наибольшую угрозу для здоровья людей. Известно, что основным источником поступления ртути в организм человека является потребление рыбы. Ранее установлено, что пресноводная рыба из водоемов Вологодской области может представлять собой значимый источник поступления ртути в организм местного населения.

Цель исследования: выявление взаимосвязи между уровнем ртути в волосах жителей Вологодской области и заболеваниями сердечно-сосудистой системы.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 849 человек (мужчины $n = 274$; женщины $n = 575$) в возрасте от 18 до 94 лет. Сбор волос с затылочной части головы проводился на территории города Череповец (Вологодская область: 59° 07' N 37° 54' E) в соответствии с рекомендациями ВОЗ. Измерение проводилось на ртутном анализаторе RA-915M с приставкой PYRO-915 + (диапазон измерений 0,002–200 мг/кг) без предварительной пробоподготовки, методом атомной абсорбции с зеемановской коррекцией неселективного поглощения. Точность измерения была проверена с использованием сертифицированных эталонных материалов волос NIMD-01 (концентрация ртути составляет $0,794 \pm 0,050$ мкг/г).

Результаты. Среднее содержание ртути в волосах жителей Вологодской области всей выборки ($0,572 \pm 0,686$ мг/кг) в 3,5 раза ниже установленных ВОЗ безопасных значений уровня ртути (2,2 мг/кг) и в 1,5 – АООС США (1 мг/кг). Количество ртути в волосах участников исследования с сердечно-сосудистыми заболеваниями – $0,646 \pm 0,727$ мг/кг, у людей без этих заболеваний – $0,459 \pm 0,589$ мг/кг. Максимальные уровни ртути отмечены у мужчин при инфаркте миокарда ($> 0,73$ мг/кг), а у женщин при инсульте и остром коронарном синдроме ($> 0,687$ мг/кг).

Выводы. Установлено содержание ртути в волосах людей с диагностированными сердечно-сосудистыми заболеваниями (инфаркт миокарда, острый коронарный синдром, острое нарушение мозгового кровообращения, нестабильная стенокардия и др.) и без них. Накопление ртути в организме может быть одним из факторов риска развития сосудистых и сердечных заболеваний.

Ключевые слова: ртуть, волосы, сердечно-сосудистая система, инсульт, сердечный приступ, острый коронарный синдром.

Для цитирования: Гусева М.А., Иванова Е.С., Комов В.Т. К вопросу взаимосвязи содержания ртути в волосах и заболеваниями сердечно-сосудистой системы (на примере Вологодской области) // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 5. С. 52–59. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-52-59>

On the Relationship between Hair Mercury Concentrations and Cardiovascular Diseases (based on the example of the Vologda Region)

Marina A. Guseva,¹ Elena S. Ivanova,¹ Viktor T. Komov^{1,2}

¹ Cherepovets State University, 5 Lunacharsky Avenue, Cherepovets, 162600, Russian Federation

² I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Borok, Yaroslavl Region, 152742, Russian Federation

Summary

Introduction: Mercury is considered by the World Health Organization as one of the top ten chemicals of major public health concern. Fish consumption is known to be the main source of exposure to mercury. It has been previously established that freshwater fish of the water bodies of the Vologda Region can be a significant source of mercury exposure in the local population.

Objective: To establish the relationship between hair mercury concentrations in residents of the Vologda Region and diseases of the cardiovascular system.

Materials and methods: The study involved 849 participants (274 men and 575 women) aged 18 to 94 years living in the city of Cherepovets (Vologda Region: 59° 07' N 37° 54' E). Occipital hair was sampled in accordance with WHO recommendations and then tested using the RA-915M mercury analyzer with a PYRO-915+ pyrolysis attachment (measurement range: 0.002–200 mg/kg) without preliminary sample preparation, by atomic absorption with Zeeman correction of non-selective absorption. The measurement accuracy was verified using the NIMD-01 certified reference material with the mercury concentration of 0.794 ± 0.050 µg/g.

Results: The mean hair mercury concentration in the study subjects from the Vologda Region was 0.572 ± 0.686 mg/kg, which is 3.5 and 1.5 times lower than safe mercury levels of 2.2 and 1 mg/kg established by WHO and US EPA, respectively. Mean hair mercury levels in the study participants with/without cardiovascular diseases were 0.646 ± 0.727 mg/kg and 0.459 ± 0.589 mg/kg, respectively. The highest mercury levels were observed in male subjects with myocardial infarction (> 0.73 mg/kg) and in females with stroke and acute coronary syndrome (> 0.687 mg/kg).

Conclusions: Mercury in the hair of people with diagnosed cardiovascular diseases (myocardial infarction, acute coronary syndrome, cerebrovascular accident, unstable angina, etc.) and without them has been found. The accumulation of mercury in the body can be one of the risk factors for the development of vascular and heart diseases.

Keywords: mercury, hair, cardiovascular system, stroke, heart attack, acute coronary syndrome.

For citation: Guseva MA, Ivanova ES, Komov VT. On the relationship between hair mercury concentrations and cardiovascular diseases (based on the example of the Vologda Region). *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(5):52–59. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-52-59>

Введение. Ртуть (Hg) является глобальным загрязнителем. Ежегодно в атмосферу поступает 3–7 тонн металла, половина из которого приходится на ее антропогенные источники [1]. Свойства ртути определяют ее всеохватывающее нахождение в среде. Ртуть имеет высокую степень увеличения концентрации при прохождении по пищевой цепи.

Негативное влияние ртути на здоровье населения зарегистрировано в разных странах [2]. Металлическая ртуть и практически все ее соединения токсичны для людей, но наибольшую опасность представляет метилированная ртуть [2, 3].

Известно, что главным источником поступления ртути в организм человека является потребление рыбы и других морепродуктов [4, 5]. Население Северо-Запада России ежегодно использует в пищу около 21,5 кг рыбы на человека¹. Расчеты по использованию рыбы в пищу населением основываются на отчетах рыбодобывающих компаний и розничных сетей торговли, при этом любительское рыболовство в России остается традиционно популярным. Вместе с тем отмечено превышение нормативных уровней количества ртути в мышцах рыб из малых лесных и болотных озер, располагающихся отдаленно от промышленности области [6, 7].

В Вологодской области зарегистрированы наивысшие уровни Hg в донных отложениях водоемов, мышцах рыб и хищных наземных млекопитающих [8, 9]. Отмечено, что рыба из местных водоемов Вологодской области может представлять собой более значимый источник металла в организме населения по сравнению с морской рыбой [10, 11].

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) включила ртуть и ее соединения в список химических веществ, представляющих наибольшую угрозу для общественного здравоохранения [2]. Ртуть оказывает токсическое воздействие на нервную, пищеварительную, репродуктивную и иммунную системы [12]. Ртуть приводит к повышению окислительного стресса и воспаления, снижению окислительной защиты, тромбозу, дисфункции гладкой мускулатуры сосудов, эндотелиальной дисфункции. Риск высокого кровяного давления и сердечно-сосудистых заболеваний возрастает вместе с увеличением содержания ртути в волосах [13–15]. Установлено, что уровни ртути в волосах более 2,0 мг/кг увеличивают в 2 раза риск развития ишемической болезни сердца и инфаркта миокарда [16, 17].

Целью данного исследования было выявление связи между уровнем ртути в волосах и заболеваниями сердечно-сосудистой системы населения Вологодской области.

Материал и методы. Сбор волос с головы осуществлялся в городе Череповец (Вологодская область: 59° 07' N 37° 54' E).

В исследовании приняли участие 849 человек (мужчины $n = 274$; женщины $n = 575$) в возрасте от 18 до 94 лет.

Медицинским персоналом заполнялась информация на каждого участника исследования. Анкета включала данные о возрасте, поле, месте жительства,

особенностях рациона питания, диагностированных заболеваний и клинических показателях крови.

Программа исследования была одобрена Комиссией по биоэтике Череповецкого государственного университета (ЧГУ) и согласована с Департаментом здравоохранения Вологодской области. Все участники исследования заполнили информированное письменное согласие на участие в исследовании в соответствии с кодексом этики Всемирной медицинской ассоциации (Хельсинкской декларации) на проведение экспериментов с участием человека и публикацию полученных результатов. Права участников на неприкосновенность частной жизни имели первостепенное значение [18].

На основе полученных данных всех исследованных поделили на группы по заболеванию: без ССЗ (мужчины, $n = 82$; женщины, $n = 266$) и с сердечно-сосудистыми заболеваниями (мужчины, $n = 192$; женщины, $n = 309$). Участники исследования с сердечно-сосудистыми заболеваниями имели диагнозы: острый инфаркт миокарда, ИМ (МКБ-10: I21); острый коронарный синдром, ОКС (МКБ-10: I20); острое нарушение мозгового кровообращения, ОНМК (МКБ-10: I60–I69); нестабильная стенокардия, НСК (МКБ-10: I20.0); гипертензивная болезнь сердца, ГБ (МКБ-10: I11); атриовентрикулярная блокада, АВ-блокада (МКБ-10: I44.30), тромбозы артерий, ТЭЛА (МКБ-10: I26), нарушение сердечного ритма (МКБ-10: I49.9).

У участников исследования пробы волос собирали с затылочной части головы в соответствии с рекомендациями ВОЗ [1].

Анализ образцов на концентрацию общей ртути в волосах проводили в Региональном центре коллективного пользования ЧГУ. Измерение проводилось на ртутном анализаторе RA-915M с приставкой PYRO-915 + (ООО «Люмекс», Санкт-Петербург, Россия; диапазон измерений 0,002–200 мг/кг) без предварительной пробоподготовки, методом атомной абсорбции с зеэмановской коррекцией неселективного поглощения. Точность измерения была проверена с использованием сертифицированных эталонных материалов волос NIMD-01 (Ministry of the Environment, Japan) (концентрация ртути составляет $0,794 \pm 0,050$ мкг/г).

Результаты исследования представлены в виде средних арифметических значений (Mean), стандартной ошибки среднего (SE), межквартильного размаха (Q1–Q3), 95 % доверительного интервала (95 % CI). Использовали тест Шапиро – Уилка, Колмогорова – Смирнова. При ненормальном распределении значений в выборке использовали непараметрические статистические методы – U-критерий Манна – Уитни, Крускала – Уоллиса с уровнем значимости (p) менее 0,05. Для установления корреляционных зависимостей использовался коэффициент ранговой корреляции Спирмена при $p < 0,05$. Взаимосвязь между уровнями ртути и наличием ССЗ была определена путем анализа модели множественной логистической регрессии по квартилям ртути. Результаты представлены в виде отношения шансов (OR) и 95 % доверительного

¹ По данным Росстат (2017) «Потребление продуктов питания в домашних хозяйствах в 2017 году». Приложение. Потребление продуктов питания по субъектам РФ.

интервала (ДИ). Регрессионный анализ был скорректирован с учетом возраста, пола, места жительства, количества употребленной рыбы.

Результаты. Среднее значение содержания ртути в волосах участников исследования составляет $0,572 \pm 0,686$ мг/кг. Статистически значимых разли-

чий между количеством металла в волосах мужчин ($0,615 \pm 0,731$ мг/кг) и женщин ($0,552 \pm 0,662$ мг/кг) не установлено. Не отмечено различий между уровнями ртути у людей разного возраста, проживающих в городе Череповце и на удаленных от промышленности территориях (см. табл. 1, 2).

Таблица 1. Содержание ртути в волосах мужчин
Table 1. Hair mercury concentrations in male subjects

Возрастные группы / Age groups		n		мг Hg/kg (95 % ДИ) / mg Hg/kg (95 % CI)	
ССЗ(-) / CVD(-)	ССЗ(+)/ CVD(+)	ССЗ(-) / CVD(-)	ССЗ(+)/ CVD(+)	ССЗ (-) / CVD(-)	ССЗ (+) / CVD(+)
Все / All					
35	66	501	348	0,484* (0,575–0,668)	0,633* (0,681–0,771)
Мужчины / Men					
18–22	40–57	54	22	0,149* ^a (0,081–0,217)	0,781* ^{abc} (0,524–1,037)
23–34	58–63	46	26	0,222* ^a (0,128–0,317)	0,996* ^b (0,705–1,287)
35–43	64–69	45	13	0,954 ^b (0,443–1,443)	0,566 ^c (0,4–0,733)
44–66	≥ 70	46	19	0,61 ^b (0,331–0,888)	0,446 ^c (0,338–0,554)
Итого / Total:		192	82	0,413* (0,294–0,532)	0,701* (0,589–0,812)
Район проживания (Мужчины) / Area of residence (Men)					
г. Череповец / Cherepovets		155	66	0,461* ^a (0,318–0,604)	0,603* ^a (0,498–0,709)
Череповецкий р-н / Cherepovets district		22	6	0,155* ^a (0,078–0,389)	0,992* ^a (0,566–1,419)
Районы области / Regional districts		15	9	0,217* ^a (0,031–0,404)	1,278* ^a (0,594–1,962)

Примечание: H-test (a, b, c) – значения содержания ртути в волосах людей статистически значимо различаются между сравниваемыми возрастными группами / районами проживания при $p \leq 0,05$ (Kruskal – Wallis test); * – разница значений между людьми с ССЗ (-) и ССЗ (+) достоверна ($p < 0,05$).

Notes: ^{a, b, c} hair mercury concentrations in the groups compared by age and area of residence were statistically different at $p \leq 0.05$ (Kruskal–Wallis H test); * statistically different between the subjects with/without cardiovascular diseases (CVD) ($p < 0.05$).

Таблица 2. Содержание ртути в волосах женщин
Table 2. Hair mercury concentrations in female subjects

Возрастные группы / Age groups		n		мг Hg/kg (95 % ДИ) / mg Hg/kg (95 % CI)	
ССЗ(-) / CVD(-)	ССЗ(+)/ CVD(+)	ССЗ(-) / CVD(-)	ССЗ(+)/ CVD(+)	ССЗ (-) / CVD(-)	ССЗ (+) / CVD(+)
Все / All					
35	66	501	348	0,484* (0,575–0,668)	0,633* (0,681–0,771)
Женщины / Women					
18–22	40–58	82	67	0,324* ^a (0,229–0,42)	0,601* ^a (0,46–0,742)
23–34	59–67	74	72	0,35* ^a (0,253–0,447)	0,728* ^a (0,53–0,925)
35–44	68–79	87	61	0,667 ^b (0,437–0,897)	0,548 ^{ab} (0,422–0,674)
45–74	≥ 80	66	66	0,712* ^b (0,547–0,877)	0,483* ^b (0,335–0,631)
Итого / Total:		309	266	0,506* (0,429–0,583)	0,591* (0,515–0,667)
Район проживания (Женщины) / Area of residence (Women)					
г. Череповец / Cherepovets		250	233	0,522 ^a (0,438–0,606)	0,573 ^a (0,491–0,655)
Череповецкий р-н / Cherepovets district		31	7	0,522 ^a (–0,427–1,471)	0,705 ^a (0,354–1,056)
Районы области / Regional districts		28	26	0,363* ^a (0,212–0,515)	0,627* ^a (0,428–0,827)

Примечание: H-test (^{a, b}) – значения содержания ртути в волосах людей статистически значимо различаются между сравниваемыми возрастными группами / районами проживания при $p \leq 0,05$ (Kruskal – Wallis test); * – разница значений между людьми с ССЗ (-) и ССЗ (+) достоверна ($p < 0,05$).

Notes: ^{a, b} hair mercury concentrations in the groups compared by age and area of residence were statistically different at $p \leq 0.05$ (Kruskal–Wallis H test); * statistically different between the subjects with/without cardiovascular diseases (CVD) ($p < 0.05$).

Установлено, что содержание ртути в волосах людей связано с количеством рыбы в рационе их питания (коэффициент корреляции $RS = 0,336$, $p \leq 0,000$). У мужчин и женщин, в рационе которых рыба составляет меньше 1000 г в месяц, количество металла в волосах в 2–3 раза ниже, чем у участников исследования, употребляющих более 2000 г в месяц (см. рис. 1).

Средний возраст участников исследования с сердечно-сосудистыми заболеваниями (мужчины – 64; женщины – 68) был значительно выше, чем в группе условно здоровых участников исследования (мужчины – 34; женщин – 35).

Установлено, что содержание ртути в волосах участников исследования с ССЗ ($0,646 \pm 0,727$ мг/кг) достоверно выше, в среднем в 1,5 раза, чем у ус-

ловно здоровых ($0,459 \pm 0,589$ мг/кг) (см. рис. 2). Такие различия отмечены в группе как мужчин, так и женщин.

Статистически значимых различий между содержанием ртути в волосах мужчин и женщин с разными сердечно-сосудистыми заболеваниями не установлено (см. табл. 3). Более высокие средние значения содержания ртути в волосах отмечены у мужчин с инфарктом миокарда и нестабильной стенокардией – более 0,73 мг/кг. Ниже эти значения у исследуемых с ОНМК и ОКС – 0,589 и 0,621 мг/кг соответственно. Среднее значение количества металла в волосах мужчин с заболеваниями: гипертоническая болезнь, атриовентрикулярная блокада, тромбоэмболия легочных артерий, нарушение сердечного ритма составляет 0,691 мг/кг.

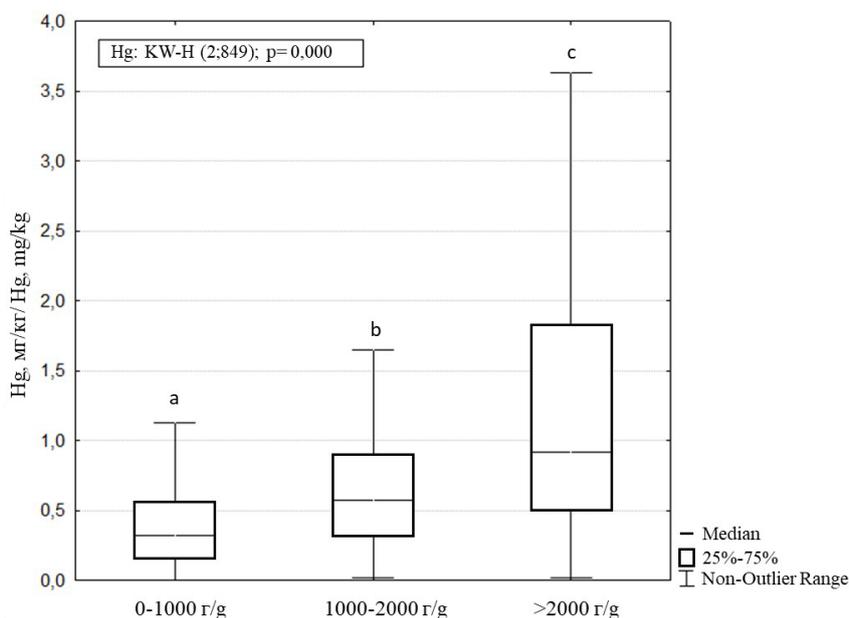


Рис. 1. Содержание ртути (мг/кг) в волосах людей, использующих разное количество рыбы (г) в рационе питания
Fig. 1. Hair mercury concentrations (mg/kg) in the subjects with different dietary intake of fish (g)

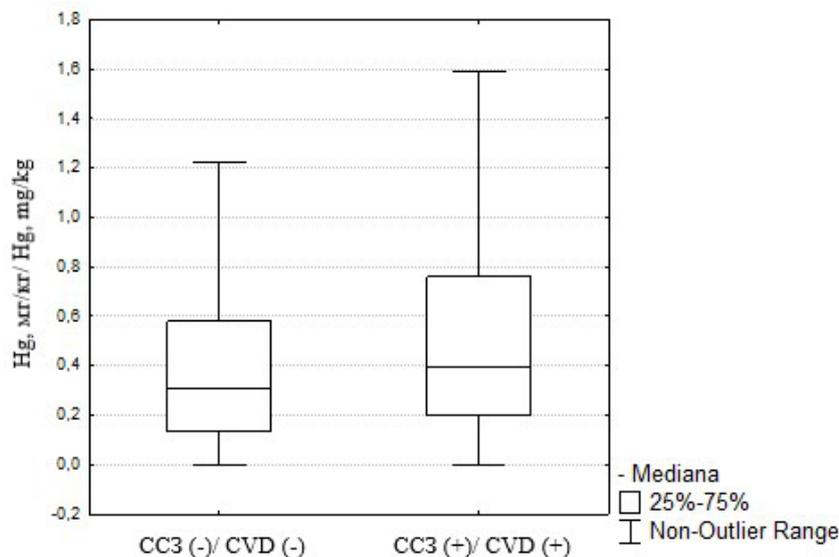


Рис. 2. Содержание ртути в волосах участников исследования
Fig. 2. Hair mercury concentrations in the study participants

Таблица 3. Содержание ртути в волосах участников исследования с разными сердечно-сосудистыми заболеваниями

Table 3. Hair mercury concentrations in the study participants with different cardiovascular diseases

Заболевание / Disease	n	Среднее / Mean	Медиана / Median	Минимум / Min	Максимум / Max	Q25	Q75	SD	SE
Мужчины / Men									
Все / All	274	0,615	0,387	0,001	4,549	0,173	0,764	0,731	0,044
Здоровые / Healthy	82	0,413 ^a	0,236	0,001	3,263	0,053	0,559	0,54	0,06
ИМ / MI	95	0,729 ^b	0,446	0,001	4,549	0,217	0,828	0,87	0,089
ОКС / ACS	32	0,62 ^{ab}	0,344	0,001	3,02	0,184	0,871	0,669	0,118
ОНМК / CVA	11	0,589 ^{ab}	0,6	0,027	1,157	0,392	0,832	0,323	0,097
НСК / UA	13	0,82 ^{ab}	0,473	0,122	3,01	0,198	0,822	1,002	0,278
ГБ, АВ-блокада, ТЭЛА, нарушение сердечного ритма / HHD, AV block, PE, cardiac arrhythmia	41	0,691 ^{ab}	0,407	0,004	2,425	0,196	0,941	0,689	0,108
Женщины / Women									
Все / All	575	0,552	0,359	0,001	6,04	0,186	0,646	0,662	0,028
Здоровые / Healthy	266	0,506 ^a	0,324	0,001	6,04	0,181	0,598	0,639	0,039
ИМ / MI	103	0,479 ^{ab}	0,363	0,001	2,661	0,155	0,555	0,485	0,048
ОКС / ACS	35	0,706 ^{ab}	0,352	0,039	4,206	0,202	0,675	0,953	0,161
ОНМК / CVA	9	0,687 ^{ab}	0,401	0,035	2,008	0,189	0,822	0,657	0,219
НСК / UA	18	0,622 ^{ab}	0,317	0,07	3,812	0,171	0,488	0,942	0,222
ГБ, АВ-блокада, ТЭЛА, нарушение сердечного ритма / HHD, AV block, PE, cardiac arrhythmia	143	0,633 ^b	0,478	0,002	4,845	0,235	0,786	0,684	0,056

Примечание: Kruskal – Wallis test (^{a, b}) – Hg в волосах людей статистически значимо различаются при $p \leq 0,05$.

Notes: a, b hair mercury concentrations were statistically different at $p \leq 0.05$ (Kruskal–Wallis H test).

Abbreviations: MI, myocardial infarction; ACS, acute coronary syndrome; CVA, cerebrovascular accident; UA, unstable angina; HHD, hypertensive heart disease; AV block, atrioventricular block; PE, pulmonary embolism.

У женщин с ИМ количество ртути (в среднем составляет – 0,479 мг/кг) в волосах в 1,5 раза статистически значимо ниже, чем у мужчин с данным заболеванием. Количество ртути в волосах у женщин с другими рассматриваемыми заболеваниями (в среднем 0,622–0,706 мг/кг) сопоставимы с концентрациями ртути в волосах мужчин (см. табл. 3).

Множественный логистический регрессионный анализ риска развития заболеваний сердечно-сосудистой системы в соответствии с квартилями уровня ртути (концентрация ртути в волосах выше установленного безопасного норматива – 1 мг/кг) не показал существенной взаимосвязи. Однако шансы встретить людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями в 4,602 раза выше в самом высоком квартиле ртути (см. табл. 4).

Обсуждение. Экспертный комитет ФАО/ВОЗ предложил безопасное значение уровня ртути в

волосах – 2,2 мг/кг [2]. USEPA отмечает рекомендуемый уровень ртути в волосах < 1 мг/кг [19]. Для женщин репродуктивного возраста рекомендованное количество ртути в волосах < 0,58 мг/кг [20].

Множественный логистический регрессионный анализ не показал статистически значимого увеличения риска развития заболеваний сердечно-сосудистой системы для квартилей ртути в волосах после корректировки на возраст, пол, место жительства, количество употребленной рыбы в месяц. Однако начиная со второго квартиля ртути (> 1,2 мг/кг) уровень ССЗ был выше по сравнению с группой с самым низким квартилем содержания ртути. Полученные данные согласуются с пороговым уровнем содержания металла в волосах, установленным USEPA, – < 1ммг/кг [19]. В ранее проведенных исследованиях установлена связь между накоплением ртути в организме людей

Таблица 4. Соотношение шансов риска сердечно-сосудистых заболеваний среди квартилей ртути в волосах
Table 4. Odds ratios of cardiovascular disease risk for hair mercury quartiles

	Квартиль Hg / Hg quartiles			
	Q ₁ (n = 33)	Q ₂ (n = 30)	Q ₃ (n = 30)	Q ₄ (n = 30)
n (%)	30 (26,1 %)	29 (25,2 %)	28 (24,3 %)	28 (24,3 %)
ОШ / Odds ratio	1	1,803	3,974	4,602
95 % ДИ / CI		0,303–10,721	0,653–24,183	0,703–30,144

Примечание: анализ был скорректирован с учетом возраста, пола, места жительства, количества употребленной рыбы. Квартили ртути: Q₁ – 1,001–1,199, Q₂ – 1,2–1,592, Q₃ – 1,593–2,2, Q₄ – 2,21–6,04 мг/кг.

Notes: The results were adjusted for age, sex, area of residence, and the dietary intake of fish. Mercury quartiles: Q₁ – 1.001–1.199, Q₂ – 1.2–1.592, Q₃ – 1.593–2.2, and Q₄ – 2.21–6.04 mg/kg.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-52-59>
Original Research Article

и нарушением работы сердечно-сосудистой системы [21]. Исследования, проведенные в Вологодской области, показали аналогичные результаты: количество ртути в волосах > 0,54 мг/кг увеличивает риск развития кардиометаболического синдрома [10]. Ртуть является лишь одним из многочисленных факторов, которые стимулируют развитие ССЗ, и проявляется на статистически значимом уровне даже в умеренной зоне накопления ртути в волосах.

Содержание ртути в волосах участников представленного исследования варьирует в пределах от 0,001 до 6,041 мг/кг. Доля участников с концентрацией металла 2,2 мг/кг составляет 4 %; 1 мг/г – 14 %; > 0,54 мг/кг – 33 %.

В группе людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями доля участников исследования с превышением нормативных значений количества ртути в волосах в 1,5 раза выше, чем в группе условно здоровых.

В настоящем исследовании взаимосвязь между количеством ртути в волосах людей и возрастом не установлена. Аналогичные результаты были получены в Чешской Республике [22]. Исследования показывают, что хроническое воздействие, даже при низких концентрациях ртути, может вызвать ССЗ. Воздействие ртути может влиять на вариабельность сердечного ритма, особенно раннее воздействие у детей [19].

В ходе настоящего исследования установлено, что содержание ртути в волосах зависит от питания – количества употребленной рыбы. Концентрация ртути в волосах людей зависит от объема рыбы в их рационе [2]. Рыболовство является одним из направлений деятельности населения Вологодской области. В водоемах Вологодской области неоднократно были отмечены превышающие нормативные уровни значения количества ртути в мышцах рыб [6]. Употребление в пищу местной рыбы может быть связано с риском накопления металла в организме населения и негативных последствий для здоровья. Также содержание ртути в волосах зависит от места жительства, образа жизни [10, 11, 22].

В городе Череповце расположены предприятия химической промышленности и металлургии. Отмечено, что концентрации ртути у жителей города Череповца (0,52 мг/кг) в 2–3 раза ниже, чем содержание ртути в волосах жителей соседних населенных пунктов (расположенных в 100–350 км от промышленных территорий): г. Бабаево (0,95 мкг/кг), Вытегорский (1,08 мкг/кг) и Кирилловский (1,21 мкг/кг) районы [11]. У жителей Московской области количество ртути в волосах составляет 0,25 мкг/кг [23]; у жителей из региона, подверженного промышленному загрязнению, – 5,31 мкг/кг [24]; в Европе – 0,11–0,24 мг/кг [22,25]. Максимальные значения ртути в мире отмечены у жителей государств с мелкомасштабной добычей золота (Индонезия, Мьянма, Кения), где источниками загрязнения окружающей среды ртутью (Таиланд) являются промышленные предприятия, и у населения островных государств Тихого океана, богатого рыбой (Соломоновы острова, Маршалловы острова, Кирибати и т. д.) [26].

Установлено, что содержание ртути в волосах участников исследования с ССЗ достоверно выше, чем у условно здоровых. ВОЗ отмечает, что уровень ртути в организме является причиной развития сердечных и сосудистых расстройств [2]. Механизм влияния ртути на сердечно-сосудистую систему связан с повышенным окислительным стрессом, снижением окислительной защиты, дисфункцией эндотелия и тромбозом [27]. Хроническое воздействие ртути влияет на вариабельность сердечного ритма, парасимпатическую активность сердца и толщину интимы сонных артерий [28]. Воздействие ртути связано с повышенным риском гипертонии [29].

В настоящем исследовании не установлено статистических различий между показателями содержания ртути в волосах людей с разными типами нарушения работы сердечно-сосудистой системы. При этом медианные значения количества ртути в организме мужчин и женщин с острым нарушением мозгового кровообращения выше, чем с ишемической болезнью сердца (ИМ, ОКС, НСК).

Кроме того, отмечено, что количество ртути в волосах у мужчин и женщин с одинаковыми диагностированными заболеваниями сердечно-сосудистой системы статистически значимо не различаются, за исключением ИМ. У мужчин с ИМ количество ртути в волосах статистически выше, чем у женщин.

Заключение. Таким образом, среднее содержание ртути в волосах жителей Вологодской области в 3,5 раза ниже установленных ВОЗ безопасных значений и в 1,5 раза ниже рекомендуемых USEPA.

Установлено, что количество ртути в волосах участников исследования с сердечно-сосудистыми заболеваниями статистически значимо выше, в среднем в 1,5 раза, чем у людей без этих заболеваний. Статистически значимых различий между количеством металла в волосах людей с разными сердечно-сосудистыми заболеваниями не установлено, при этом максимальные уровни ртути отмечены у мужчин при ИМ, а у женщин при инсульте и ОКС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. UNEP Global Mercury Assessment. Geneva, Switzerland; 2008. Accessed February 1, 2022. <http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/MercuryPublications/GuidanceTrainingMaterialToolkits/MercuryToolkit/tabid/4566/language/en-US/Default.aspx>
2. World Health Organization. Mercury and Health: Key Facts. March 31, 2017. Accessed February 1, 2022. <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>
3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2019). Resource document. Toxic Substances Portal – Mercury. Accessed June 2, 2020. <https://www.atsdr.cdc.gov/SPL/#2019spl>
4. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. *EFSA J.* 2012;10(12):2985. doi: 10.2903/j.efsa.2012.2985
5. U.S. Environmental Protection Agency. Mercury Study Report to Congress. Volume IV: An Assessment of Exposure to Mercury in the United States. U.S. EPA-452/R-97-006. December 2019. Accessed June 2, 2020. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/volume4.pdf>

6. Komov VT, Gremyachikh VA. Variations in mercury concentrations in the muscles of fish in biotopes within the water body and in different water bodies of Russia. *Limnology and Freshwater Biology*. 2022;(3):1280-1282. doi: 10.31951/2658-3518-2022-A-3-1280
7. Ivanova E, Eltsova L, Komov V, et al. Assessment of the consumptive safety of mercury in fish from the surface waters of the Vologda region in northwestern Russia. *Environ Geochem Health*. 2023;45(3):863-879. doi: 10.1007/s10653-022-01254-4
8. Komov VT, Ivanova ES, Gremyachikh VA, Poddubnaya NY. Mercury content in organs and tissues of indigenous (*Vulpes vulpes* L.) and invasive (*Nyctereutes procyonoides* Gray.) species of Canids from areas near Cherepovets (North-Western industrial region, Russia). *Bull Environ Contam Toxicol*. 2016;97(4):480-485. doi: 10.1007/s00128-016-1891-7
9. Udodenko YG, Komov VT, Zakonnov VV. Long-term dynamics of total mercury in surficial bottom sediments of the Volga River's reservoir in central Russia. *Environ Monit Assess*. 2018;190(4):198. doi: 10.1007/s10661-018-6575-9
10. Ivanova ES, Shuvalova OP, Eltsova LS, Komov VT, Kornilova AI. Cardiometabolic risk factors and mercury content in hair of women from a territory distant from mercury-rich geochemical zones (Cherepovets city, Northwest Russia). *Environ Geochem Health*. 2021;43(11):4589-4599. doi: 10.1007/s10653-021-00939-6
11. Rumiantseva O, Ivanova E, Komov V. High variability of mercury content in the hair of Russia Northwest population: The role of the environment and social factors. *Int Arch Occup Environ Health*. 2022;95(5):1027-1042. doi: 10.1007/s00420-021-01812-w
12. Dórea JG. Neurotoxic effects of combined exposures to aluminum and mercury in early life (infancy). *Environ Res*. 2020;188:109734. doi: 10.1016/j.envres.2020.109734
13. Houston MC. Role of mercury toxicity in hypertension, cardiovascular disease, and stroke. *J Clin Hypertens (Greenwich)*. 2011;13(8):621-627. doi: 10.1111/j.1751-7176.2011.00489.x
14. Basta PC, Viana PVS, Vasconcellos ACS, et al. Mercury exposure in Mundurucu indigenous communities from Brazilian Amazon: Methodological background and an overview of the principal results. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(17):9222. doi: 10.3390/ijerph18179222
15. Farzan SF, Howe CG, Chen Y, et al. Prenatal and postnatal mercury exposure and blood pressure in childhood. *Environ Int*. 2021;146:106201. doi: 10.1016/j.envint.2020.106201
16. Salonen JT, Seppänen K, Nyyssönen K, et al. Intake of mercury from fish, lipid peroxidation, and the risk of myocardial infarction and coronary, cardiovascular, and any death in eastern Finnish men. *Circulation*. 1995;91(3):645-655. doi: 10.1161/01.cir.91.3.645
17. Hu XF, Lowe M, Chan HM. Mercury exposure, cardiovascular disease, and mortality: A systematic review and dose-response meta-analysis. *Environ Res*. 2021;193:110538. doi: 10.1016/j.envres.2020.110538
18. Williams JR. *Medical Ethics Manual*. 3rd ed. Ferney-Voltaire France: World Medical Association; 2015. Accessed May 31, 2023. https://www.wma.net/wp-content/uploads/2016/11/Ethics_manual_3rd_Nov2015_en.pdf
19. National Research Council (US) Committee on the Toxicological Effects of Methylmercury. *Toxicological Effects of Methylmercury*. Washington (DC): National Academies Press (US); 2000. doi: 10.17226/9899
20. Bellanger M, Pichery C, Aerts D, et al. Economic benefits of methylmercury exposure control in Europe: Monetary value of neurotoxicity prevention. *Environ Health*. 2013;12:3. doi: 10.1186/1476-069X-12-3
21. Roman HA, Walsh TL, Coull BA, et al. Evaluation of the cardiovascular effects of methylmercury exposures: current evidence supports development of a dose-response function for regulatory benefits analysis. *Environ Health Perspect*. 2011;119(5):607-614. doi: 10.1289/ehp.1003012
22. Kruzikova K, Kensova R, Blahova J, Harustiakova D, Svobodova Z. Using human hair as an indicator for exposure to mercury. *Neuro Endocrinol Lett*. 2009;30(Suppl 1):177-181.
23. Егоров А.И., Ильченко И.Н., Ляпунов С.М. и др. Применение стандартизированной методологии биомониторинга человека для оценки пренатальной экспозиции к ртути // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93. № 5. С. 10–18.
23. Egorov AI, Ilchenko IN, Lyapunov SM, et al. Application of a standardized human biomonitoring methodology to assess prenatal exposure to mercury. *Gigiena i Sanitariya*. 2014;93(5):10-18. (In Russ.)
24. Горбачев А.Л. Некоторые эколого-медицинские проблемы Севера // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2020. № 4. С. 105–113. doi: 10.34078/1814-0998-2020-4-105-113
24. Gorbachyov AL. Some ecological and medical problems of the north. *Vestnik Severo-Vostochnogo Nauchnogo Tsentra DVO RAN*. 2020;(4):105-113. (In Russ.) doi: 10.34078/1814-0998-2020-4-105-113
25. Lindow SW, Knight R, Batty J, Haswell SJ. Maternal and neonatal hair mercury concentrations: the effect of dental amalgam. *BJOG*. 2003;110(3):287-291.
26. Bell L, Evers D, Johnson S, et al. Mercury in women of child-bearing age in 25 countries. Global report. Göteborg: IPEN and Biodiversity Research Institute; 2017. Accessed May 31, 2023. https://ipen.org/sites/default/files/documents/updateNov14_mercury-women-report-v1_6.pdf
27. Genchi G, Sinicropi MS, Carocci A, Lauria G, Catalano A. Mercury exposure and heart diseases. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14(1):74. doi: 10.3390/ijerph14010074
28. Choi AL, Weihe P, Budtz-Jørgensen E, et al. Methylmercury exposure and adverse cardiovascular effects in Faroese whaling men. *Environ Health Perspect*. 2009;117(3):367-372. doi: 10.1289/ehp.11608
29. Hu XF, Singh K, Chan HM. Mercury exposure, blood pressure, and hypertension: A systematic review and dose-response meta-analysis. *Environ Health Perspect*. 2018;126(7):076002. doi: 10.1289/EHP2863

Сведения об авторах:

✉ Гусева Марина Андреевна – аспирант кафедры биологии ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет»; e-mail: хота8241@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0341-6290>.

Иванова Елена Сергеевна – к.б.н., ведущий научный сотрудник кафедры биологии ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет»; e-mail: stepinaelena@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6976-1452>.

Комов Виктор Трофимович – д.б.н., профессор ФГБУН «Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук»; ведущий научный сотрудник кафедры биологии ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет»; e-mail: vkomov@ibiw.yaroslavl.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9124-7428>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Гусева М.А., Иванова Е.С., Комов В.Т.; сбор данных: Гусева М.А.; анализ и интерпретация результатов: Гусева М.А., Иванова Е.С., Комов В.Т.; литературный обзор, подготовка

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-52-59>
Original Research Article

рукописи: *Гусева М.А., Иванова Е.С.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: программа исследования была обсуждена и одобрена Комиссией по биоэтике Череповецкого государственного университета и Территориальным управлением здравоохранения Вологодской области (№ 2–1 / 55, 18.01.2019). Все участники были ознакомлены и заполнили добровольное информированное письменное согласие на участие в исследовании, в соответствии с кодексом этики Всемирной медицинской ассоциации (Хельсинкской декларации) на проведение экспериментов с участием человека и публикацию полученных результатов.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 02.04.23 / Принята к публикации: 16.05.23 / Опубликовано: 31.05.23

Author information:

✉ Marina A. **Guseva**, Postgraduate student, Department of Biology, Cherepovets State University; e-mail: xoma8241@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0341-6290>.

Elena S. **Ivanova**, Cand. Sci. (Biol.), Leading Researcher, Department of Biology, Cherepovets State University; e-mail: stepinaelena@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6976-1452>.

Viktor T. **Komov**, Dr. Sci. (Biol.), Professor, I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences; Leading Researcher, Department of Biology, Cherepovets State University; e-mail: vkomov@ibiw.yaroslavl.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9124-7428>.

Author contributions: study conception and design: *Guseva M.A., Ivanova E.S., Komov V.T.*; data collection: *Guseva M.A.*; analysis and interpretation of results: *Guseva M.A., Ivanova E.S., Komov V.T.*; literature review, draft manuscript preparation: *Guseva M.A., Ivanova E.S.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and approved by the Bioethics Committee of the Cherepovets State University and the Vologda Region Health Department (Protocol 2-1/55 of January 18, 2019). Written informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

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

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

Received: April 2, 2023 / Accepted: May 16, 2023 / Published: May 31, 2023

© Коллектив авторов, 2023
УДК 613.62:616-057-036 (470.21)

Профессиональные риски здоровью при переработке медно-никелевой руды

*Р.В. Бузинов, С.А. Сюрин, А.Н. Кизеев**ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,
2-я Советская ул., д. 4, г. Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация*

Резюме

Введение. У работников никелевых предприятий, несмотря на профилактические мероприятия, сохраняется повышенный уровень профессиональной заболеваемости.

Цель исследования – получение новых знаний об условиях, сроках, структуре и частоте развития профессиональной патологии для разработки методов ее более эффективной профилактики у работников, осуществляющих пирометаллургическую переработку медно-никелевой руды.

Материалы и методы. Проведен анализ развития профессиональной патологии в когортной группе работников, выполнявших переработку медно-никелевой руды ($n = 664$) в 2007–2020 гг.

Результаты. Условия труда при пирометаллургическом переделе руды соответствуют классам 3.2–4, при этом важнейшее значение в развитии нарушений здоровья имеет химический фактор (45,6 % случаев). В 2007 г. проведен медицинский осмотр 664 работников, у 65 (9,8 %) из которых в 2008–2020 гг. было диагностировано 158 случаев профессиональной патологии. В ее структуре наибольшие доли имели болезни органов дыхания (50,6 %) и костно-мышечной системы (29,1 %), а среди нозологических форм – хронический бронхит (27,8 %) и нейросенсорная тугоухость (17,1 %). Выявлены общие заболевания (артралгия, остеохондроз, начальные признаки нарушения слуха и др.), повышавшие риск развития в последующие годы профессиональной патологии. Курение (экспозиция более 5 пачек/лет) оказывало влияние на формирование профессиональных заболеваний органов дыхания (ОР = 4,84; ДИ 95 % 2,51–9,35). Из всех работников наиболее подверженными профессиональным заболеваниям были крановщики: 17,5 % работников, 366,1 случая /10 000 работников.

Заключение. У металлургов, осуществляющих переработку концентрата медно-никелевой руды, на основании данных о ранее зарегистрированных на производстве заболеваниях, условиях труда, стаже, специальности, клиническом состоянии разработаны критерии пяти категорий риска для прогнозирования развития профессиональной патологии по времени, нозологии и тяжести течения.

Ключевые слова: пирометаллургический передел, медно-никелевая руда, риски здоровью, профессиональная патология, ретроспективное исследование.

Для цитирования: Бузинов Р.В., Сюрин С.А., Кизеев А.Н. Профессиональные риски здоровью при переработке медно-никелевой руды // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 5. С. 60–69. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-60-69>

Occupational Health Risks for Workers Engaged in Copper-Nickel Ore Processing

*Roman V. Buzinov, Sergei A. Syurin, Aleksei N. Kizeev**Northwest Public Health Research Center, 4, 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation*

Summary

Introduction: Despite all preventive measures constantly taken, high incidence of occupational diseases is still registered in workers of copper-nickel enterprises.

Objective: To obtain new knowledge about the conditions, timing, structure and frequency of occupational diseases in order to develop methods for their more effective prevention in workers involved in pyrometallurgical copper-nickel ore processing.

Materials and methods: We have analyzed incidence rates of occupational diseases in a cohort of 664 workers who processed copper-nickel ore in 2007–2020.

Results: Working conditions during pyrometallurgical processing of copper-nickel ore correspond to hazard classes 3.2–3.4 with the chemical exposure being of paramount importance in the development of health disorders (45.6 % of cases). In 2007, 664 workers were examined and 158 occupational diseases were diagnosed in 65 (9.8 %) of them in the years 2008–2020, respiratory and musculoskeletal diseases being the most prevalent categories (50.6 % and 29.1 %, respectively) and chronic bronchitis and sensorineural hearing loss – the most prevalent diseases (27.8 % and 17.1 %, respectively). We established non-occupational disorders (arthralgia, osteochondrosis, early signs of hearing impairment, etc.) contributing to further development of occupational diseases. Smoking history (> 5 packs/year) was found to promote occupational diseases of the respiratory system (RR = 4.84; 95 % CI: 2.51–9.35). Crane operators (17.5 % of the workers) were found to be at highest risk of occupational diseases (366.1 cases per 10,000 workers).

Conclusions: Based on data on previously registered occupational diseases, working conditions, length of service, occupation, and clinical conditions, criteria for five risk categories have been developed to predict occupational diseases by time, nosology, and severity of the course in metallurgists involved in copper-nickel ore processing.

Keywords: pyrometallurgical process, copper-nickel ore, health risks, occupational disease, retrospective study.

For citation: Buzinov RV, Syurin SA, Kizeev AN. Occupational health risks for workers engaged in copper-nickel ore processing. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(5):60–69. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-60-69>

Введение. Производство никеля – это сложная последовательность взаимосвязанных технологических процессов, ключевым звеном в которой является пирометаллургический передел. Одна из его основных операций заключается в плавке рудного концентрата в рудно-термических электропечах для получения штейна (сплава сульфидов железа и цветных металлов) с его последующей конвертацией в очищенный от соединений железа файнштейн¹.

При производстве штейна и файнштейна происходит выделение в воздух производственных помещений различных газопылевых аэрозолей. Они содержат диоксид и другие соединения серы, а также многокомпонентную пыль, в которую входят медно-никелевая руда, обратная пыль очистных устройств, оксиды и сульфиды никеля, соединения кремния [1, 2]. Несмотря на постоянно проводимое совершенствование оборудования и технологических процессов, условия труда в медно-никелевой промышленности, включая плавильные цехи, характеризуются высокой степенью экспозиции к комплексу вредных производственных факторов. Работники пирометаллургического передела рудного сырья подвергаются воздействию превышающих допустимые нормативы пылегазовых аэрозолей, повышенных уровней шума, неионизирующих электромагнитных полей, инфракрасного излучения, локальной и общей вибрации. Работа в плавильных цехах происходит в условиях повышенной тяжести труда и при неудовлетворительных параметрах микроклимата производственных помещений [3–5].

Условия труда определяют высокий уровень профессиональной заболеваемости металлургов медно-никелевых предприятий, для которых типично развитие хронических болезней органов дыхания, включая злокачественные новообразования с локализацией в верхних дыхательных путях, бронхах и легких [6–9]. Реже формируются патология костно-мышечной и нервной систем, нарушения слуха, болезни кожи и другие заболевания [10–12]. В последние годы предприятия медно-никелевой промышленности России сосредоточены в Арктике, а известно, что сочетанное действие вредных производственных и арктических климатических факторов может ускорять развитие и изменять клинические проявления профессиональной патологии [13, 14].

Таким образом, сохранение здоровья работников никелевой промышленности является давно известной проблемой, не имеющей пока своего решения. Надо полагать, что это обусловлено отсутствием четких представлений о взаимодействии факторов резистентности организма, с одной стороны, и вредных производственных и непроизводственных факторов – с другой, определяющих степень индивидуального риска формирования профессиональных заболеваний при производстве никеля.

Цель исследования – получение новых знаний об условиях, сроках, структуре и частоте развития профессиональной патологии и возможности

повышения эффективности ее предупреждения у работников, осуществляющих пирометаллургическую переработку медно-никелевой руды.

Материалы и методы. Исследование имело ретроспективный характер в когортной группе из 664 работников. Его начальной точкой стали результаты периодического медицинского осмотра в 2007 г. (с кодированными персональными данными). В последующие 13 лет (2008–2020 гг.) регистрировались все случаи впервые выявленных профессиональных заболеваний, которые сопоставлялись с исходным состоянием здоровья наблюдаемых лиц в 2007 году. Конечной точкой исследования стал 2020 г. в связи с выведением цеха из эксплуатации.

Для оценки условий труда использованы результаты аттестации рабочих мест и производственного контроля над концентрациями вредных веществ в воздухе рабочих помещений. Данные периодического медицинского осмотра 2007 г. и сведения о первичной профессиональной патологии, включая причины, обстоятельства развития и класс условий труда, были получены в филиале ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», выполнявшем функции областного центра профессиональной патологии (регистр профессиональных заболеваний Мурманской области). Вторым источником информации служил регистр выписок из карт учета профессионального заболевания (отравления) (Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 28.05.2001 № 176 «О совершенствовании системы расследования и учета профессиональных заболеваний в Российской Федерации», Приложение № 5).

Для статистической обработки полученных данных были применены программное обеспечение Microsoft Excel 2016 и программа EpiInfo, v. 6.04d. Использовались *t*-критерий Стьюдента, критерий согласия χ^2 , относительный риск (ОР) и 95 % доверительный интервал (95 % ДИ). Полученные цифровые данные представлены как абсолютные значения, процентная доля, среднее арифметическое и стандартная ошибка среднего арифметического ($M \pm m$). Статистически значимыми различия показателей считались при $p < 0,05$.

Результаты. В 2007 г. медицинский осмотр прошли 664 работника. Среди них было 574 (86,4 %) мужчины и 90 (13,6 %) женщин. Их средний возраст равнялся $40,0 \pm 0,4$ года, а средний трудовой стаж – $14,0 \pm 0,3$ года. Хронических заболеваний не было выявлено у 95 (14,8 %) человек («практически здоровые лица»). У остальных 549 (85,2 %) работников определялось 1713 непрофессиональных заболеваний. Их число у одного работника варьировало от одной до одиннадцати нозологических форм при среднем значении $2,58 \pm 0,07$ случая/человек. Всего медицинский осмотр был проведен у 103 (15,5 %) плавильщиков, 95 (14,3 %) слесарей-ремонтников, 65 (9,8 %) электромонтеров, 63 (9,5 %) машинистов крана, 39 (5,9 %) электрогазосварщиков, 36 (5,4 %) шихтовщиков, 31 (4,7 %) конверторщика и еще у 212 работников других специальностей.

¹ ИТС 12-2019 «Производство никеля и кобальта». Москва: Бюро НДТ, 2019. 187 с.

Основным вредным производственным фактором при пирометаллургическом переделе концентрата медно-никелевой руды были аэрозоли химических веществ в воздухе рабочих помещений (табл. 1). Прежде всего они включали соединения, опасные для развития острого отравления (никеля соли в виде гидроаэрозоля). Также в их число входили вещества первого (никель, никель оксиды, сульфиды и смеси соединений никеля), второго (серная кислота+), третьего (сера диоксид+, сернистый ангидрид) и четвертого (медно-никелевая руда) классов опасности. Концентрации веществ соответствовали классам вредности 3.3–4. Среди других вредных факторов выявлялись слабофиброгенные аэрозоли (кремний диоксид аморфный и кристаллический), шум, общая и локальная вибрация, повышенная тяжесть трудового процесса, неблагоприятные параметры микроклимата рабочих мест, неионизирующие электромагнитные поля и излучения, соответствовавшие классам вредности 3.1–3.3. В 2007–2020 гг. в цехе не проводилась модернизация технологических процессов и оборудования, которая приводила бы к смене итогового класса вредности условий труда.

В течение 2008–2020 гг. у 65 (9,8 %) из 664 работников, обследованных в 2007 г., были впервые выявлены 158 хронических профессиональных заболеваний, или $2,43 \pm 0,16$ случая/человек. В число этих лиц входили 53 (81,5 %) мужчины и 12 (18,5 %) женщины. Их средний возраст при установлении профессионального заболевания составил $55,0 \pm 0,7$ года, а стаж работы на предприятии – $27,6 \pm 0,9$ года. Ежегодное число заболеваний колебалось в широких границах от 2 (2014 и 2018 годы) до 43 (2008 год) случаев, а работников с профессиональной патологией – от 1 (2014 и 2018 годы) до 17 (2008 год) человек. В целом число впервые выявляемых работников с профессиональной патологией имело устойчивую тенденцию к снижению (нисходящий тренд), а число болезней – тенденцию

к снижению, которая в 2017–2020 годах сменилась тенденцией к повышению (рисунок).

Развитие профессиональных заболеваний обуславливали шесть вредных производственных факторов, среди которых наиболее значимым был химический: 72 (45,6 %) случая. Аэрозоли фиброгенного действия и повышенная тяжесть трудовых процессов вызывали по 32 (20,3 %) заболевания, шум – 19 (12,0 %), общая вибрация – 2 (1,3 %) и локальная – одно заболевание. В 126 (79,9 %) случаях обстоятельством, делавшим возможным влияние вредных факторов на работников, было несовершенство технологических процессов. Значительно меньшую роль играли конструктивные недостатки машин, механизмов и другого оборудования (26 случаев, или 16,5 %), а также несовершенство санитарно-технических установок (6 случаев, или 3,8 %). С действием вредного производственного фактора класса 3.1 было связано развитие 21 (13,3 %) заболевания, класса 3.2 – 35 (22,2 %), класса 3.3 – 37 (23,4 %) и класса 3.4 – 39 (24,7 %) заболеваний. Экстремальные условия труда (класс 4) создавали только химические вещества, опасные для развития острого отравления: никель; гидроаэрозоли солей никеля; оксиды, сульфиды и смеси соединений никеля в файнштейне, никелевом концентрате и агломерате, оборотной пыли очистных устройств. Они обуславливали формирование 26 (16,5 %) заболеваний.

Из пяти классов профессиональных болезней, выявленных у работников плавильного цеха, наиболее распространенными были заболевания органов дыхания, как верхних дыхательных путей, так бронхов и легких (более половины всех случаев). Отношение патологии бронхов и легких к патологии верхних дыхательных путей составило 3,7 : 1. Второе и третье места занимали болезни костно-мышечной системы и уха. Их распространенность в расчете на 100 работников была в 2–3 раза меньше, чем болезней органов дыхания. В единичных случаях

Таблица 1. Вредные производственные факторы и классы условий труда у работников наиболее распространенных специальностей

Table 1. Occupational risk factors and classes of working conditions for the core personnel

Показатель / Indicator	Плавильщик / Smelter	Слесарь-ремонтник / Locksmith	Электромонтер / Electrician	Машинист крана / Crane operator	Электросварщик / Welder	Шихтовщик / Boxman	Конверторщик / Converter operator
Химический / Chemical	3.3–4	3.3	3.2–3.3	3.3	3.3	3.3	3.3–4
Аэрозоли фиброгенные / Fibrous aerosols	3.3	3.2	3.2	3.2	3.1	3.2–3.3	3.3
Шум / Noise	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2–3.3	3.2	3.3
Вибрация общая / Whole-body vibration	2–3.1	2	2	2	2	2	2
Вибрация локальная / Hand-arm vibration	3.1–3.3	2	2	2	2	2	2
Микроклимат / Microclimate	3.2	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.2
Тяжесть труда / Labor severity	3.2	3.1	3.1	3.1	3.2	3.1–3.2	3.2
Неионизирующие электромагнитные поля и излучения / Non-ionizing electromagnetic fields and radiation	3.1	2	3.1	3.1	3.2	2	3.1
Итоговая оценка / Final grade	3.4–4	3.2–3.3	3.2–3.3	3.3	3.3	3.3	3.4–4

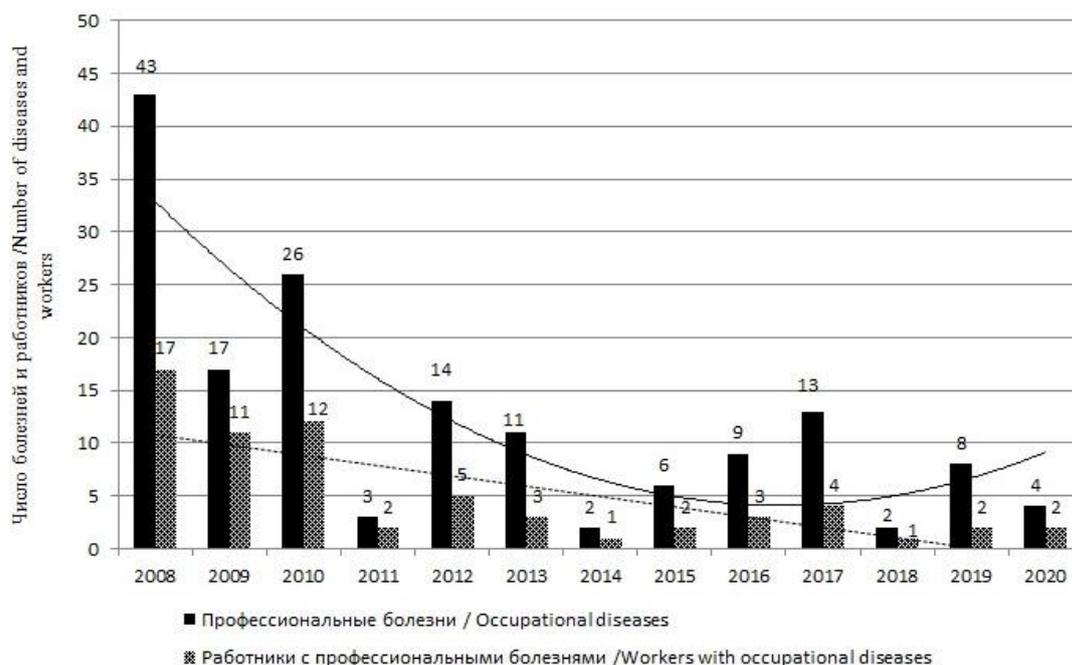


Рисунок. Ежегодное число впервые выявляемых профессиональных болезней и работников с профессиональной патологией в 2008–2020 гг.

Figure. Annual number of incident occupational diseases and cases of occupational diseases in 2008–2020

диагностировались болезни нервной системы, а также один случай вибрационной болезни (класс «Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин»). Самыми распространенными нозологическими формами профессиональной патологии были хронический бронхит и нейросенсорная тугоухость. Другие заболевания выявлялись в 2,5–6,0 раза реже (табл. 2). Средний

годовой уровень профессиональной заболеваемости металлургов плавильного цеха в 2008–2020 гг. составил 184,2 случая/10 000 работников.

Проведен анализ возможных связей между диагностированными в 2007 г. непрофессиональными заболеваниями (не препятствовавшими продолжению работы) и впервые выявленной в 2008–2020 гг. профессиональной патологией.

Таблица 2. Распространенность и структура профессиональной патологии
Table 2. Prevalence and structure of occupational pathology

Показатель / Indicator	Абсолютное число случаев/число случаев на 100 работников/доля в структуре (%) / Absolute number of cases/number of cases/100 workers, share in structure (%)
Класс болезней / Disease category	
Болезни органов дыхания, в том числе: / Respiratory diseases, including:	80/12,0/50,6
верхних дыхательных путей / upper respiratory tract	17/2,6/10,8
bronхов и легких / bronchi and lungs	63/9,5/39,9
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани / Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue	46/6,9/29,1
Болезни уха и сосцевидного отростка / Diseases of the ear and mastoid process	27/4,1/17,1
Болезни нервной системы / Diseases of the nervous system	4/0,6/2,5
Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин / Injury, poisoning and certain other consequences of external causes	1/0,2/0,6
Самые распространенные нозологические формы / Most prevalent diseases	
Хронический бронхит / Chronic bronchitis	44/6,6/27,8
Нейросенсорная тугоухость / Sensorineural hearing loss	27/4,1/17,1
Рефлекторные синдромы (шейного и пояснично-крестцового уровней) / Reflex syndromes (of cervical and lumbosacral regions)	12/1,8/7,6
Хроническая обструктивная болезнь легких / Chronic obstructive pulmonary disease	10/1,5/6,3
Радикулпатия (шейного и пояснично-крестцового уровней) / Radiculopathy (of cervical and lumbosacral regions)	10/1,5/6,3
Бронхиальная астма / Bronchial asthma	9/1,4/5,7
Деформирующий остеоартроз / Deforming osteoarthritis	7/1,1/4,4

Установлено, что риск профессиональных заболеваний органов дыхания возрастал в случае предварительного (не уточненного на момент осмотра) диагноза «хронический бронхит» и у работников, отнесенных к диспансерной группе «Риск хронических неспецифических заболеваний легких» (ОР = 3,05; 95 % ДИ 95 % 2,18–4,27; $\chi^2 = 41,3$; $p < 0,001$). Состояния, трактуемые при проведении осмотра как «Начальные признаки воздействия шума на орган слуха», повышали вероятность в последующем диагностики профессиональной нейросенсорной тугоухости (ОР = 14,0; 95 % ДИ 95 % 7,93–24,6; $\chi^2 = 112,9$; $p < 0,001$). Частота выявления радикулопатии увеличивалась у работников с предшествовавшими диагнозами «остеохондроз позвоночника свертбругенными цервикалгией и/или люмбагией» (ОР = 12,9; 95 % ДИ 95 % 4,30–38,5; $\chi^2 = 34,9$; $p < 0,001$). При артралгии возрастало число профессиональных артрозов и эпикондилеза (ОР = 12,9; 95 % ДИ 95 % 3,74–44,7; $\chi^2 = 26,8$; $p < 0,001$). Курение с экспозицией более 5 пачек/лет повышало риск профессиональных заболеваний органов дыхания (ОР = 4,84; ДИ 95 % 2,51–9,35; $\chi^2 = 28,5$; $p < 0,001$).

Анализ органной локализации заболеваний позволил установить у работников плавильного цеха наиболее часто поражаемые органы, то есть органы-мишени. В их число вошли бронхи (локализация 39,9 % профессиональных и 7,4 % непрофессиональных заболеваний), позвоночник (13,9 и 22,7 % соответственно), суставы верхних и нижних конечностей (17,7 и 11,0 % соответственно), внутреннее ухо (17,1 и 3,7 % соответственно), верхние дыхательные пути (10,8 и 4,0 % соответственно).

Углубленный анализ особенностей формирования профессиональной патологии проведен у работников семи специальностей, имевших наибольшее число заболевших лиц и случаев заболеваний. Установлено, что на момент выявления профессионального заболевания сравниваемые группы значимо не отличались по среднему возрасту и стажу. Единственным различием ($p < 0,001$) между выделенными группами работников был их гендерный состав. Так, среди машинистов крана и шихтовщиков было соответственно 53,2 и 58,3 % женщин, тогда как в других пяти специальностях женский труд не применялся.

По величине доли заболевших лиц от общего числа работников данной специальности худшие показатели выявлены у машинистов крана и мастеров, а по числу нозологических форм заболеваний у одного работника и уровню профессиональной заболеваемости – у машинистов крана и шихтовщиков (табл. 3). Кроме того, риск развития профессиональной патологии у машинистов крана был выше, чем у слесарей-ремонтников (ОР = 2,76; 95 % ДИ 95 % 1,08–7,07; $\chi^2 = 4,87$; $p = 0,027$) и чем в целом у всех экспонированных к вредным факторам рабочих плавильного цеха (ОР = 1,94; 95 % ДИ 95 % 1,07–3,52; $\chi^2 = 4,63$; $p = 0,031$).

Анализ вышеизложенных особенностей развития профессиональной патологии в когортной группе работников был проведен с учетом влияния на них возраста, продолжительности стажа, специальности и условий труда, текущего клинического состояния, прогнозируемой патологии, курения и других факторов. Он был выполнен для разработки критериев категорий риска развития профессиональной патологии с целью улучшения

Таблица 3. Профессиональная патология работников различных специальностей

Table 3. Occupational diseases in workers of various occupations

Показатель / Indicator	Плавильщик / Smelter	Слесарь-ремонтник / Locksmith	Электромонтер / Electrician	Машинист крана / Crane operator	Мастер / Foreman	Шихтовщик / Vokhman	Конверторщик / Converter operator
Стаж минимальный, лет / Minimum work experience, years	17	16	21	19	25	13	17
Стаж средний, лет / Mean work experience, years	28,2 ± 2,3	26,0 ± 4,3	25,6 ± 1,8	29,2 ± 1,4	29,9 ± 2,5	27,3 ± 6,4	25,7 ± 4,7
Возраст средний, лет / Mean age, years	53,3 ± 1,5	51,3 ± 4,9	55,4 ± 1,9	57,5 ± 1,4	57,3 ± 1,7	55,3 ± 3,9	54,3 ± 2,3
Число заболевших работников / Workers with occupational diseases, n	12	6	7	11	4	4	3
Доля заболевших работников от их общего числа, % / Proportion of workers with occupational diseases, %	11,7	6,3	10,8	17,5	16,0	11,1	9,7
Число заболеваний, случаи / Number of diseases, cases	31	11	11	30	6	13	8
Число заболеваний у одного работника, случаи / Number of diseases per employee, cases	2,58 ± 0,58	1,83 ± 0,31	1,57 ± 0,20	2,73 ± 0,24	1,50 ± 0,28	3,25 ± 0,75	2,67 ± 0,66
Заболеваемость /100 работников / Incidence rate per 100 workers	2,32	0,89	1,30	3,66	1,85	2,78	1,99

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-60-69>
Original Research Article

прогноза и повышения эффективности последующих дифференцированных по объему и регулярности проведения медико-профилактических мероприятий.

В качестве критериев категорий риска были определены: 1) условия труда в каждой специальности; 2) соотношение индивидуального стажа работника к среднему стажу работников данной специальности при ранее выявленных профессиональных заболеваниях; 3) признаки воздействия вредных производственных факторов на организм, включая органы-мишени; 4) наличие общих заболеваний, повышающие вероятность развития в будущем профессиональной патологии; 5) наличие дополнительных факторов, повышающих риск профессиональной патологии; 6) наиболее вероятные профессиональные заболевания у работников каждой специальности. Для качественной оценки риска были выделены пять возрастающих категорий: низкая, умеренная, средняя, высокая и очень высокая [15].

Применение данной методики показало, что низкая категория риска развития профессиональной патологии определялась у 238 (35,8 %), умеренная – у 93 (14,0 %), средняя – у 98 (14,8 %), высокая – у 67 (10,1 %) и очень высокая – у 168 (25,3 %) работников плавильного цеха. Выделенные пять групп различались между собой (кроме высокого и очень высокого рисков) по возрасту и продолжительности стажа, которые возрастали от группы низкого до высокого риска. Напротив, доля практически здоровых лиц в каждой группе снижалась с 32,8 % (низкий риск) до 0 % (очень высокий риск), причем различия между первыми тремя группами были значимыми. Число общих болезней у одного работника последовательно возрастало от группы низкого до очень высокого риска, при этом значимые различия отсутствовали только между группами низкого и умеренного рисков.

Продолжительность формирования профессиональной патологии (после определения категории риска) сокращалась от группы низкого риска до группы очень высокого риска в 4,4 раза. При очень высоком риске отмечались различия со всеми остальными четырьмя группами ($p < 0,001$), а при высоком риске – с группами умеренного и низкого риска ($p < 0,001$). Более половины всех работников с развившейся в течение 13 лет профессиональной патологией изначально имели очень высокую степень риска, что превышало показатели остальных четырех групп ($p < 0,001$).

При анализе количественных параметров профессионального риска нужно отметить, что при очень высоком риске заболевания в течение 13 лет диагностируются в 29,8 раза чаще, чем при низком. Уровень профессиональной заболеваемости при очень высокой категории риска был в 35,1 раза выше, чем при низкой. Вместе с тем надо отметить, что число профессиональных заболеваний, диагностированных у одного работника, не зависело от исходной категории риска (табл. 4). Риск развития профессиональной патологии при очень высокой категории был выше, чем при средней (OR = 2,72; 95 % ДИ 95 % 1,38–5,39; $\chi^2 = 9,66$; $p = 0,002$), умеренной (OR = 5,81; 95 % ДИ 95 % 2,14–15,78; $\chi^2 = 17,3$; $p < 0,001$) и низкой (OR = 29,75; ДИ 95 % 7,28–121,6 $\chi^2 = 58,5$; $p < 0,001$) категориях. При высокой категории риска он превышал уровень умеренной (OR = 3,47; 95 % ДИ 95 % 1,18–10,25; $\chi^2 = 5,92$; $p = 0,015$) и низкой (OR = 17,78; 95 % ДИ 95 % 4,10–77,21; $\chi^2 = 28,7$; $p < 0,001$).

Обсуждение. Проведенное исследование выявило ряд фактов, заслуживающих внимания и обсуждения. Так, профессиональная заболеваемость в обследованной группе работников-пирометаллургов значительно превышает общероссийские показатели в 2007–2020 гг. Для всех видов экономической деятельности это превышение составило

Таблица 4. Характеристика профессиональной патологии при различных категориях риска ее развития

Table 4. Characteristics of occupational diseases by risk categories

Показатель / Indicator	Категория риска / Risk category				
	Низкая / Low (n = 238)	Умеренная / Moderate (n = 93)	Средняя / Mean (n = 98)	Высокая / High (n = 67)	Очень высокая / Very high (n = 168)
Возраст, лет / Age, years	30,8 ± 0,5	37,7 ± 0,8*	42,9 ± 0,9**	47,0 ± 0,8**	45,9 ± 0,6*
Стаж, лет / Work experience, years	6,2 ± 0,3	11,6 ± 0,6**	16,1 ± 0,8**	20,5 ± 0,8**	19,2 ± 0,6*
Доля здоровых лиц, % / Proportion of healthy workers, %	32,8	12,9*	4,1**	1,5*	0*
Число общих болезней у одного работника, случаи / Number of non-occupational diseases per worker, cases	2,53 ± 0,06	2,57 ± 0,08	2,96 ± 0,09**	3,79 ± 0,10**	5,63 ± 0,12**
Время развития профессиональной патологии, лет / Latency of occupational diseases, years	11,25 ± 0,75	10,70 ± 1,45	7,00 ± 0,90**	5,80 ± 1,24*	2,53 ± 0,34**
Доля работников с выявленной профессиональной патологией / Proportion of workers with a diagnosed occupational disease	0,8 %	4,3 %	9,2 %*	14,9 %*	23,8 %*
Число профессиональных болезней у одного работника, случаи / Number of occupational diseases per worker, cases	2,33 ± 0,33	2,50 ± 0,65	2,57 ± 0,53	2,80 ± 0,51	2,46 ± 0,19
Профессиональная заболеваемость, 10 000 работников / Occupational disease rate per 10,000 workers	12,9	82,7	164,8	275,5	453,3

Примечание: * – различие ($p < 0,05$) с низкой категорией риска; # – различие ($p < 0,05$) с предыдущей категорией риска.

Notes: * compared with the low risk category ($p < 0.05$); # compared with the previous risk category ($p < 0.05$).

122,8 раза, а при металлургическом производстве – 16,6 раза^{2,3,4}. Объяснением этому феномену могут служить как особенности условий труда на предприятии, так и характерное для Арктики сочетанное влияние на работников вредных производственных и климатических факторов [14, 16]. Однако главная причина столь существенных различий, по всей вероятности, заключается в более точном учете данных о заболеваемости при проведении когортного исследования.

Самый высокий риск возникновения профессиональной патологии отмечается у машинистов крана, в числе которых более половины – женщины. Этот факт придает дополнительное значение вопросам сохранения здоровья женщин, так как, несмотря на действующие ограничения на работы с вредными и опасными условиями труда⁵, значительное число женщин-металлургов трудоустроены именно в этой профессии [17].

Обращают на себя внимание выраженные ежегодные колебания числа профессиональных больных и заболеваний среди металлургов, осуществляющих переработку медно-никелевой руды. Полагаем, что наибольшее число профессиональных заболеваний и работников с профессиональной патологией в 2008–2010 гг. связано с тем, что углубленный периодический медицинский осмотр был проведен в 2007 г. По его результатам были выявлены работники с подозрением на наличие профессиональных заболеваний. Для уточнения диагноза им рекомендовалось дополнительное обследование, в том числе в областном центре профпатологии. Так как для принятия соответствующих решений, проведения обследований и экспертизы связи заболеваний с профессией требуется много времени, этот процесс в ряде случаев длился около 2 лет. В последующие годы отмечалось волнообразное изменение числа выявляемых заболеваний, что является характерным феноменом для России. Он описан и частично объяснен в ряде публикаций, правда, у других категорий работников [18, 19]. Кроме того, большое значение может иметь как незаинтересованность работников допенсионного возраста, так и их заинтересованность в пенсионном возрасте в выявлении профессиональной патологии. Это может существенно изменять ежегодные показатели профессиональной заболеваемости [20–22].

Ретроспективный анализ подтвердил возможность влияния ряда непрофессиональных заболеваний на частоту выявления в последующем профессиональной патологии. В частности, для профессиональных болезней органов дыхания таким заболеванием является хронический бронхит, подозреваемый или диагностируемый с разной степенью достоверности при проведении периодических медицинских осмотров. В такой ситуации не всегда можно

установить, произошло ли дальнейшее реальное прогрессирование процесса или просто имеет место официальная смена трактовки этиологии заболевания с непрофессиональной на профессиональную. В любом случае диагноз «хронический бронхит» не является ранней диагностикой, которую необходимо осуществлять на донозологической стадии патологического процесса. Вероятно, в данном случае при проведении периодических медицинских осмотров следует использовать термин «предбронхит», что позволит раньше начать профилактические и оздоровительные мероприятия.

Выявляемые при проведении периодических медицинских осмотров начальные признаки воздействия шума на орган слуха повышали частоту последующего выявления профессиональной нейросенсорной тугоухости. Так же как и в случае подозреваемого хронического бронхита неясной этиологии, установление даже начальных признаков тугоухости не является ранней донозологической диагностикой. Поэтому во время медицинских осмотров, возможно, по аналогии с термином «предбронхит» целесообразно применять термин «предтугоухость».

Более частая диагностика профессиональных болезней костно-мышечной системы происходила при предшествующих остеохондрозе позвоночника, вертеброгенных цервикалгии и люмбагии, артралгии суставов конечностей. Необходимо отметить их раннее выявление ставит вопрос о расширении методов инструментальной диагностики этой группы нарушений здоровья, обязательных для использования в комплексе периодических медицинских осмотров.

Также значение выполненного исследования состоит в доказательстве целесообразности установления при проведении периодических медицинских осмотров пяти категорий риска развития профессиональной патологии, необходимых для ранней и дифференцированной ее профилактики. Они имеют значимые различия в динамике и частоте формирования нарушений здоровья, свои качественные и количественные характеристики. Особое внимание должно уделяться оздоровлению работников с очень высокой категорией риска, так как у четверти из них в течение 13 лет формируются профессиональные заболевания. Эффективная профилактика профессиональной патологии возможна при раннем воздействии на органы-мишени, которыми у работников плавильного производства являются бронхи, позвоночник, суставы конечностей, внутреннее ухо, верхние дыхательные пути.

При высокой и очень высокой категориях риска целесообразно шире применять рациональное трудоустройство, так как продолжение контакта с этиологически значимым вредным производственным фактором на этом этапе значительно

² О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2011 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2012.

³ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2015 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2016.

⁴ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021.

⁵ Постановление Правительства РФ от 25 февраля 2000 г. № 162 «Об утверждении перечня тяжелых работ и работ с вредными или опасными условиями труда, при выполнении которых запрещается применение труда женщин».

сокращает возможности профилактических лечебных мероприятий.

Обращает на себя внимание отсутствие в течение 13 лет характерных для экспозиции к соединениям никеля злокачественных новообразований органов дыхания, ранее отмечавшихся отечественными и зарубежными исследователями у работников пирометаллургического производства [11, 23]. Также необходимо объяснение причин почти четырехкратного превышения частоты поражения у металлургов нижних дыхательных путей по сравнению с верхними. Возможны несколько объяснений: 1) особенности дыхательного паттерна при использовании средств индивидуальной защиты; 2) большая устойчивость слизистой верхних дыхательных путей к воздействию вредных химических веществ; 3) неполное выявление заболеваний верхних дыхательных путей.

В качестве ограничения проведенного исследования можно считать невозможность полного исключения случаев профессиональных заболеваний, диагностированных за пределами Мурманской области. Это относится к работникам, выбывшим из когортной группы в течение 13 лет наблюдения в связи с переездом на новое место проживания. Информация о таких случаях может отсутствовать в областном регистре. Однако, принимая во внимание действующую процедуру установления профессиональных заболеваний, это крайне маловероятно, так как бывшие работники переезжают в другие регионы после официальной их регистрации.

Заключение. В 2008–2020 гг. средний уровень профессиональной заболеваемости у изученной группы работников составил 184,2 случая/10000 работников, превышавший в 122,8 раза средний общероссийский показатель. Получены новые данные о том, что в условиях современного производства в течение 13 лет у 9,8 % работников, осуществляющих пирометаллургическую переработку медно-никелевой руды, развивается профессиональная патология. В ее структуре преобладают болезни органов дыхания (50,6 %) и костно-мышечной системы (29,1 %). Из числа известных у данной группы работников непрофессиональных заболеваний впервые установлены те нозологические формы, которые оказывали статистически доказанное влияние на последующее развитие профессиональной патологии вследствие, вероятно, снижения резистентности организма работника к действию вредных производственных факторов. Развитию профессиональной патологии наиболее подвержены машинисты крана (17,5 % работников за 13 лет), среди которых женщины составляют 53,2 %.

Для повышения эффективности профилактических мероприятий разработаны качественные и количественные критерии пяти категорий риска развития профессиональной патологии и показана возможность их определения по данным периодического медицинского медицинского осмотра. Установлено, что особого подхода требует проведение профилактических мероприятий при очень высокой категории риска вследствие того, что в течение 13 лет профессиональные заболевания возникают у 23,8 % работников, а профессиональная заболеваемость составляет 453,3 случая/10 000 работников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Липатов Г.Я., Адриановский В.И., Шарипова Н.П., Борисенко Л.А. Выбросы вредных веществ от металлургических корпусов никелевых заводов // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 10-4. С. 689–692. EDN: SVQVRL.
2. Касиков А.Г. Пылевые выбросы медно-никелевого производства и последствия их воздействия на организм человека в условиях Крайнего Севера // *Вестник Кольского научного центра РАН*. 2017. Т. 9. № 4. С. 58–63. EDN: YOBVFD
3. Липатов Г.Я., Адриановский В.И., Гоголева О.И. Химические факторы профессионального риска у рабочих основных профессий в металлургии меди и никеля // *Гигиена и санитария*. 2015. Т. 94. № 2. С. 64–67. EDN: TRHJOZ
4. Черкай З.Н., Шилов В.В. К вопросу о профессиональной заболеваемости работников в горно-металлургической промышленности // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2015. № 57. С. 641–650. EDN: UQGDZT
5. Thanasias E, Koutsoumplias D, Vlastos D, Halkos G, Matthopoulos D, Makropoulos V. Evaluation of genetic damage to workers in a nickel smelting industry. *Occup Dis Environ Med*. 2019;7(1):21-35. doi: 10.4236/odem.2019.71003
6. Syurin S, Vinnikov D. Occupational disease predictors in the nickel pyrometallurgical production: a prospective cohort observation. *J Occup Med Toxicol*. 2022;17(1):21. doi: 10.1186/s12995-022-00362-2
7. Pavela M, Uitti J, Pukkala E. Cancer incidence among copper smelting and nickel refining workers in Finland. *Am J Ind Med*. 2017;60(1):87-95. doi: 10.1002/ajim.22662
8. Seilkop SK, Lightfoot NE, Berriault CJ, Conard BR. Respiratory cancer mortality and incidence in an updated cohort of Canadian nickel production workers. *Arch Environ Occup Health*. 2017;72(4):204-219. doi: 10.1080/19338244.2016.1199532
9. Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Кузьмина Е.А., Злыгостева Н.В. Смертность от злокачественных новообразований работающих, занятых в комплексной переработке отходов металлургии меди // *Гигиена и санитария*. 2020. Т. 99. № 1. С. 32–36. doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-1-32-36
10. Шеенкова М.В. Патология верхних отделов желудочно-кишечного тракта при воздействии аэрозолей цветных металлов // *Медицина труда и промышленная экология*. 2019. Т. 59. № 9. С. 809–810. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-811-812
11. Горбанев С.А., Сюрин С.А. Профессиональная патология у работников медно-никелевой промышленности в Кольской Арктике (1989–2018 гг.) // *Здоровье населения и среда обитания*. 2020. № 10 (331). С. 22–27. doi: 10.35627/2219-5238/2020-331-10-22-27
12. Никанов А.Н., Чашин В.П., Новикова Ю.А., Гудков А.Б., Попова О.Н. Производственно-обусловленная заболеваемость среди рабочих цветной металлургии при пирометаллургическом способе получения никеля // *Медицина труда и промышленная экология*. 2021. Т. 61. № 5. С. 305–310. doi: 10.31089/1026-9428-2021-61-5-305-310
13. Чашин В.П., Гудков А.Б., Попова О.Н., Одланд Ю.О., Ковшов А.А. Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике // *Экология человека*. 2014. № 1. С. 3–12. doi: 10.17816/humeco17269
14. Сюрин С.А., Ковшов А.А. Условия труда и риск профессиональной патологии на предприятиях

- Арктической зоны Российской Федерации // Экология человека. 2019. № 10. С. 15–23. doi: 10.33396/1728-0869-2019-10-15-23
15. Сюрин С.А. Профессиональные риски для здоровья водителей карьерных самосвалов // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 8. С. 969–975. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-8-969-975
 16. Талыкова Л.В., Быков В.Р. Исследование эффектов профессионального воздействия в условиях Арктической зоны // Российская Арктика. 2021. № 3 (14). С. 41–53. doi: 10.24412/2658-4255-2021-3-00-04. EDN: SWUNRC
 17. Сюрин С.А., Фролова Н.М. Гендерные особенности профессиональной патологии в Арктической зоне России // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 6. С. 531–537. doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-6-531-537. EDN: BYUCLH
 18. Чеботарев А.Г. Состояние условий труда и профессиональной заболеваемости работников горнодобывающих предприятий // Горная промышленность. 2018. № 1 (137). С. 92–95. doi: 10.30686/1609-9192-2018-1-137-92-95. EDN: YVOSHX
 19. Бухтияров И.В., Чеботарев А.Г. Гигиенические проблемы улучшения условий труда на горнодобывающих предприятиях // Горная промышленность. 2018. № 5 (141). С. 33–35. doi: 10.30686/1609-9192-2018-5-141-33-35. EDN: VMKDFS
 20. Гудинова Ж.В., Жернакова Г.Н. Профессиональная заболеваемость в России: региональные вариации и факторы формирования // Социальные аспекты здоровья населения [сетевое издание]. 2011. № 1 (17). Доступно по: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/263/30/lang,ru>. Ссылка активна на 22 мая 2022.
 21. Ретнев В.М. Профессиональные заболевания: современное состояние, проблемы и совершенствование диагностики // Безопасность в техносфере. 2014. Т. 3. № 4. С. 40–44. doi: 10.12737/5314. EDN: SJCUUP
 22. Мигунова Ю.В. Динамика профессиональной заболеваемости в России: сущность, признаки, особенности проявления на региональном уровне // Теория и практика общественного развития. 2021. № 6 (160). С. 37–40. doi: 10.24158/tpor.2021.6.5
 23. Серебряков П.В., Федина И.Н., Рушкевич О.П. Особенности формирования злокачественных новообразований органов дыхания у работников предприятий по добыче и переработке медно-никелевых руд // Медицина труда и промышленная экология. 2018. № 9. С. 9–15. doi: 10.31089/1026-9428-2018-9-9-15. EDN: YJGUPB
- tic damage to workers in a nickel smelting industry. *Occup Dis Environ Med.* 2019;7(1):21-35. doi: 10.4236/odem.2019.71003
6. Syurin S, Vinnikov D. Occupational disease predictors in the nickel pyrometallurgical production: a prospective cohort observation. *J Occup Med Toxicol.* 2022;17(1):21. doi: 10.1186/s12995-022-00362-2
 7. Pavela M, Uitti J, Pukkala E. Cancer incidence among copper smelting and nickel refining workers in Finland. *Am J Ind Med.* 2017;60(1):87-95. doi: 10.1002/ajim.22662
 8. Seilkop SK, Lightfoot NE, Berriault CJ, Conard BR. Respiratory cancer mortality and incidence in an updated cohort of Canadian nickel production workers. *Arch Environ Occup Health.* 2017;72(4):204-219. doi: 10.1080/19338244.2016.1199532
 9. Adrianovsky VI, Lipatov GYa, Kuzmina EA, Zlygosteva NV. Mortality due to malignant tumors in workers employed in the complex processing of copper metallurgical waste. *Gigiena i Sanitariya.* 2020;99(1):32-36. (In Russ.) doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-1-32-36
 10. Sheenkova MV. Pathology of the upper gastrointestinal tract when exposed to non-ferrous metal aerosols. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2019;59(9):809-810. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-809-810
 11. Gorbanev SA, Syurin SA. Occupational diseases in workers of copper and nickel industry in the Kola Arctic (1989–2018). *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2020;(10(331)):22-27. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-331-10-22-27
 12. Nikanov AN, Chashchin VP, Novikova YuA, Gudkov AB, Popova ON. Manufacturing-conditioned morbidity among non-ferrous workers in pyro-metallurgic way of nickel production. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2021;61(5):305-310. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2021-61-5-305-310
 13. ChashchinVP, Gudkov AB, Popova ON, Odland JÖ, Kovshov AA. Description of main health deterioration risk factors for population living on territories of active natural management in the Arctic. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology).* 2014;(1):3-12. (In Russ.) doi: 10.17816/humeco17269
 14. Syurin SA, Kovshov AA. Labor conditions and risk of occupational pathology at the enterprises of the Arctic zone of the Russian Federation. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology).* 2019;(10):15-23. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2019-10-15-23
 15. Syurin SA. Occupational health risks in mining dump truck drivers. *Gigiena i Sanitariya.* 2022;101(8):969-975. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-8-969-975
 16. Talykova LV, Bykov VR. Study of the effect of occupational exposure at the Arctic zone (literature review). *Rossiyskaya Arktika.* 2021;(3(14)):41-53. (In Russ.) doi: 10.24412/2658-4255-2021-3-00-04
 17. Syurin SA, Frolova NM. Gender features of occupational pathology in the Russian Arctic. *Gigiena i Sanitariya.* 2020;99(6):531-537. (In Russ.) doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-6-531-537
 18. Chebotarev AG. Working environment and occupational morbidity of mine personnel. *Gornaya Promyshlennost'.* 2018;(1(137)):92-95. (In Russ.) doi: 10.30686/1609-9192-2018-1-137-92-95
 19. Bukhtiyarov IV, Chebotarev AG. [Hygienic problems of improving working conditions at mining enterprises.] *Gornaya Promyshlennost'.* 2018;(5(141)):33-35. (In Russ.) doi: 10.30686/1609-9192-2018-5-141-33-35
 20. Gudinova ZhV, Zhernakova GN. Professional morbidity in Russia: regional variations and causes. 2011; (1(17)). (In Russ.) Accessed May 22, 2023. <http://vestnik.mednet.ru/content/view/263/30/lang,ru>

REFERENCES

1. Lipatov GY, Adrianovskiy VI, Sharipova NP, Borisenko LA. Emissions of harmful substances from metallurgical buildings of nickel plants. *Fundamental'nye Issledovaniya.* 2014;(10-4):689-692. (In Russ.)
2. Kasikov AG. Particulate emissions from copper-nickel production and the consequences of their impact on human body in the Far North. *Vestnik Kol'skogo Nauchnogo Tsentra RAN.* 2017;9(4):58-63. (In Russ.)
3. Lipatov GY, Adrianovskiy VI, Gogoleva OI. Chemical air pollution of the occupational environment as a factor for professional risk for workers of main occupations in the copper and nickel metallurgy. *Gigiena i Sanitariya.* 2015;94(2):64-67. (In Russ.)
4. Cherkay ZN, Shilov VV. The question of workers occupational diseases in the mining and metallurgical industry. *Gornyy Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten' (Nauchno-Tekhnicheskiy Zhurnal).* 2015;(S7):641-650. (In Russ.)
5. Thanasias E, Koutsoumplias D, Vlastos D, Halkos G, Matthopoulos D, Makropoulos V. Evaluation of gene-

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-60-69>
Original Research Article

21. Retnev VM. Occupational illness: current state, problems and improvement of diagnostics. *Bezopasnost' v Tekhnosfere*. 2014;3(4):40-44. (In Russ.) doi: 10.12737/5314
22. Migunova YuV. The dynamics of occupational morbidity in Russia: the essence, signs, features of manifestation at the regional level. *Teoriya i Praktika Obshchestvennogo Razvitiya*. 2021;(6(160)):37-40. (In Russ.) doi: 10.24158/tipor.2021.6.5
23. Serebryakov PV, Fedina IN, Rushkevich OP. Features of malignant neoplasms formation in respiratory system of workers engaged into mining and processing of copper-nickel ores. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2018;(9):9-15. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2018-9-9-15

Сведения об авторах:

Бузинов Роман Вячеславович – д.м.н., доцент, заслуженный врач Российской Федерации, директор; e-mail: r.buzinov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8624-6452>.

✉ **Сюрин Сергей Алексеевич** – д.м.н., главный научный сотрудник отдела исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации; e-mail: kola.reslab@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0275-0553>.

Кизеев Алексей Николаевич – к.б.н., старший научный сотрудник отдела исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации; e-mail: aleksei.kizeev@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8689-7327>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Бузинов Р.В., Сюрин С.А.; сбор и анализ литературных источников: Сюрин С.А., Кизеев А.Н.; написание и редактирование текста, подготовка рукописи: Сюрин С.А., Кизеев А.Н. Авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: протокол и дизайн исследования были обсуждены и одобрены локальным этическим комитетом ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора от 12.05.2021, протокол № 35.4.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 20.03.23 / Принята к публикации: 16.05.23 / Опубликована: 31.05.23

Author information:

Roman V. **Buzinov**, Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Honored Doctor of the Russian Federation, Director, Northwest Public Health Research Center; e-mail: r.buzinov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8624-6452>.

✉ Sergei A. **Syurin**, Dr. Sci. (Med.), Chief Researcher, Arctic Environmental Health Department, Northwest Public Health Research Center; e-mail: kola.reslab@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0275-0553>.

Aleksei N. **Kizeev**, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Arctic Environmental Health Department, Northwest Public Health Research Center; e-mail: aleksei.kizeev@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8689-7327>.

Author contributions: study conception and design: Buzinov R.V., Syurin S.A.; collection and analysis of literary sources, draft manuscript preparation: Syurin S.A., Kizeev A.N. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study protocol and design were discussed and approved by the Local Ethics Committee of the Northwest Public Health Research Center on May 12, 2021, Protocol No. 35.4.

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

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

Received: March 20, 2023 / Accepted: May 16, 2023 / Published: May 31, 2023

© Коллектив авторов, 2023
УДК 613.693

Гигиенические исследования электромагнитной обстановки на рабочих местах при эксплуатации наземных средств радионавигации и посадки воздушных судов

В.Н. Никитина, Н.И. Калинина, Е.Н. Дубровская, В.П. Плеханов

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,
2-я Советская ул., д. 4, г. Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация

Резюме

Введение. Развитие средств навигационного обеспечения полетов проходит в обстановке постоянно возрастающей интенсивности воздухоплавания, усиления требований к точности, объему, надежности навигационной информации, оперативности ее обработки. Идет процесс непрерывного совершенствования средств радиотехнического обеспечения безопасности полетов, что ставит задачи оценки электромагнитной обстановки на рабочих местах персонала, обслуживающего современное оборудование.

Цель исследования: выполнить исследование и гигиеническую оценку электромагнитной обстановки на рабочих местах персонала, осуществляющего обслуживание и эксплуатацию современных средств радионавигации и посадки воздушных судов.

Материалы и методы. Исследования проведены на трех объектах гражданской авиации (двух аэропортах и аэродроме) в 2021–2022 гг. Определялся состав, технические характеристики оборудования, режимы его работы, параметры радиочастотных сигналов. Проводились измерения уровней электромагнитных полей на рабочих местах. Для измерения использован измеритель уровней электромагнитных излучений ПЗ-42.

Результаты. Персонал подвергается воздействию многочастотных модулированных электромагнитных полей различной интенсивности. При эксплуатации глиссанных и курсовых радиомаяков, радиопередающих устройств на рабочих местах диспетчеров не создаются уровни плотности потока энергии и напряженности электрического поля, превышающие гигиенические нормативы. В помещениях аппаратных дальних и ближних приводных маяков при эксплуатации приводной автоматической радиостанции зарегистрировано превышение гигиенических нормативов напряженности электрического поля средневолнового диапазона, установленных для 8-часового рабочего дня; на территории излучение от антенн не превышало максимальные предельно допустимые уровни.

Заключение. Профессиональная деятельность персонала, обслуживающего современные средства радионавигации и посадки воздушных судов, осуществляется в условиях сложной электромагнитной обстановки. Специфической особенностью условий труда является воздействие на организм многочастотных, модулированных электромагнитных полей различной интенсивности и продолжительности воздействия. Указанные характеристики радиочастотных сигналов являются существенными биотропными параметрами, влияющими на формирование ответных реакций организма. При выборе приборов – измерителей уровней электромагнитных полей необходимо учитывать параметры модуляции радиочастотных сигналов.

Ключевые слова: электромагнитные поля, электромагнитная безопасность, электромагнитная обстановка, авиация.

Для цитирования: Никитина В.Н., Калинина Н.И., Дубровская Е.Н., Плеханов В.П. Гигиенические исследования электромагнитной обстановки на рабочих местах при эксплуатации наземных средств радионавигации и посадки воздушных судов // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 5. С. 70–77. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-70-77>

Hygienic Studies of Electromagnetic Fields in the Work Environment during Operation of Ground-Based Radio Navigation and Aircraft Landing

Valentina N. Nikitina, Nina I. Kalinina, Ekaterina N. Dubrovskaya, Vladimir P. Plekhanov

Northwest Public Health Research Center, 4, 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

Summary

Introduction: The development of navigation support for flights takes place in an environment of constantly increasing intensity of aeronautics, stricter requirements for accuracy, volume, and reliability of navigation information, efficiency of its processing. Radio navigation aids are improving, thus necessitating assessment of the electromagnetic situation at the workplaces of the personnel servicing modern equipment.

Objective: To study and assess electromagnetic fields in the work environment of personnel engaged in the maintenance and operation of modern means of radio navigation and aircraft landing.

Materials and methods: The research was carried out at three civil aviation facilities (two airports and an airfield) in 2021–2022. We established the composition, technical characteristics of the equipment, its operating modes, and parameters of radio frequency signals and measured the levels of electromagnetic fields at workplaces using the PЗ-42 electromagnetic radiation level meter.

Results: The personnel are exposed to multi-frequency modulated electromagnetic fields of varying intensity. During the operation of glide and course radio beacons, radio transmitting devices at the dispatchers' workplaces, levels of energy flux density and electric field strength exceeding hygienic standards are not created. In the premises of the hardware remote and near drive beacons, during the operation of the drive automatic radio station, an excess of the hygienic standards for the intensity of the electric field of the medium-wave range established for an 8-hour working day was registered; in the territory, the radiation from the antennas did not exceed the maximum permissible levels.

Conclusions: The professional activity of the personnel servicing modern means of radio navigation and aircraft landing is carried out in a complex electromagnetic environment. A specific feature of working conditions is the effect on the body of multi-frequency, modulated electromagnetic fields of varying intensity and duration of exposure. These characteristics of radio frequency signals are essential adverse parameters that affect the formation of body responses. When choosing devices measuring the levels of electromagnetic fields, it is necessary to take into account the modulation parameters of radio frequency signals.

Keywords: electromagnetic fields, electromagnetic safety, electromagnetic environment, aviation.

For citation: Nikitina VN, Kalinina NI, Dubrovskaya EN, Plekhanov VP. Hygienic studies of electromagnetic fields in the work environment during operation of ground-based radio navigation and aircraft landing. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(5):70–77. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-70-77>

Введение. На объектах гражданской авиации для радиотехнического обеспечения полетов используются средства наблюдения, радионавигации и посадки, авиационной электросвязи, средства автоматизации управления воздушным движением¹. В зависимости от целей и направления, в котором используется летательный аппарат, применяются различные навигационные системы. Аэропорты являются важными стратегическими объектами транспортной инфраструктуры страны, требующими современного оснащения. Федеральным проектом «Развитие региональных аэропортов и маршрутов» запланирована модернизация 48 аэродромных комплексов². Анализ литературных данных показывает, что в последние годы значительное число опубликованных работ было посвящено организации приаэродромных территорий. В исследованиях обсуждаются вопросы организации санитарно-защитных зон с учетом, прежде всего, авиационного шума [1–5]. Проводится анализ проектных решений по установлению приаэродромной территории по электромагнитному фактору [6]. Однако опубликовано ограниченное число работ, посвященных оценке электромагнитных полей (ЭМП) на рабочих местах персонала, обслуживающего многочисленное оборудование радиотехнического обеспечения полетов. Наиболее детальные исследования уровней ЭМП и других сопутствующих неблагоприятных факторов на рабочих местах персонала, обслуживающего средства радиолокации, радионавигации и связи в аэропортах гражданской авиации, были выполнены в 2003 году сотрудниками НИИ медицины труда РАМН³. Развитие средств и методов навигационного обеспечения в последнее время проходит в обстановке постоянно возрастающей интенсивности воздухоплавания, усиления требований к точности, объему и надежности навигационной информации и оперативности ее обработки. Данные факторы обуславливают необходимость обслуживания большого количества сложной, разнотипной аппаратуры [7]. С целью обеспечения безопасности полетов, в том числе в Арктической зоне, разрабатываются и внедряются новые технологии в аэронавигационной системе России [8]. В нашей предыдущей работе основное внимание было уделено гигиенической оценке электромагнитных полей, создаваемых современными средствами авиационной радиосвязи на рабочих местах специалистов, при эксплуатации передатчиков на передающих радиостанциях [9].

Цель исследования: выполнить исследование и гигиеническую оценку электромагнитной обстановки на рабочих местах персонала, осуществляющего обслуживание и эксплуатацию современных средств радионавигации и посадки воздушных судов.

Методы исследования. Гигиенические исследования ЭМП радиочастот проведены на трех объектах (двух аэропортах и аэродроме) гражданской авиации. На первом этапе работы определялся состав средств радионавигации и посадки воздушных судов, изучались режимы их работы и технические характеристики оборудования, создающего ЭМП (частотный диапазон и мощности радиопередающих устройств, параметры модуляции радиочастотных сигналов, типы и высоты установки антенн, азимуты излучения). Формировалась программа проведения измерений уровней электромагнитных полей. Исследования выполнялись в 2021–2022 гг. Измерения уровней ЭМП проводились на рабочих местах персонала, занятого обслуживанием и эксплуатацией средств радионавигации и посадки воздушных судов (должности: инженер радионавигации, радиолокации и связи, техник радионавигации, радиолокации и связи), и на рабочих местах диспетчеров службы движения. Согласно Трудовому кодексу РФ⁴, рабочее место – место, где работник должен находиться или куда ему необходимо прибыть в связи с его работой и которое прямо или косвенно находится под контролем работодателя. Для измерения уровней ЭМП использован измеритель уровней электромагнитных излучений ПЗ-42, внесенный в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, имеет действующее свидетельство о поверке. Прибор предназначен для определения среднеквадратического значения напряженности электрического и/или магнитного полей и средних значений плотности потока энергии (ППЭ) ЭМП в режиме непрерывной генерации в диапазоне частот 0,01–95000 МГц. Измерения ЭМП, создаваемых радиопередающими устройствами (РПУ) на рабочих местах, проводились на высоте 0,5; 1,0 и 1,4 м от пола (при рабочей позе «сидя») и на высоте 0,5; 1,0 и 1,7 м (рабочая поза «стоя»). Выполнялись также измерения ЭМП от антенн на технической территории (маршрутах следования персонала на высоте 1,7 м от поверхности земли) при максимальной используемой мощности оборудования. В каждой точке выполнялось не менее 4 измерений ЭМП. Время регистрации уровней ЭМП составляло не менее 1 минуты. Определяющим являлось максимальное за время регистрации усредненное значение уровней ЭМП. Гигиеническая оценка уровней ЭМП выполнена в соответствии с СанПиН 1.2.3685–21⁵. Измерения уровней ЭМП выполнены от 23 радиопередающих устройств, входящих в состав средств радионавигации и посадки воздушных судов. Статистическая обработка результатов выполнена с помощью программы Epi Info 7.2.2.6.

¹ Приказ Министерства транспорта РФ от 20 октября 2014 г. № 297 «Об утверждении Федеральных авиационных правил «Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь в гражданской авиации». С изменениями и дополнениями от 2 октября 2017 г., 4 июня 2018 г., 9 января 2019 г.

² Федеральный проект «Развитие региональных аэропортов и маршрутов» // [Электронный ресурс.] Режим доступа: <http://www.techinform-press.ru/images/stories/pdf/KATALOGAERO.pdf>

³ Рубцова Н.Б., Походзей Л.В., Курьеров Н.Н. и др. Изучение условий труда и состояния здоровья специалистов, обслуживающих средства радиолокации, радионавигации и связи в аэропортах гражданской авиации // Ежегодник Российского Национального Комитета по защите от неионизирующих излучений // Сборник трудов. М.: РУДН, 2003. С. 106–135.

⁴ Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (редакция, действующая с 11 января 2023 года). Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901807664>.

⁵ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (утверждены Главным государственным врачом Российской Федерации 28 января 2021 года). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2021. 88 с.

Результаты исследований. Исследования показали, что на территориях объектов были размещены радиомаячные системы, включающие: ближние приводные радиомаяки (БПРМ), глиссадные радиомаяки (ГРМ), курсовые радиомаяки (КРМ), дальние приводные радиостанции с радиомаркерами (ДПРМ), дальномерные курсовые радиомаяки (ДКРМ), азимутальные маяки DME (DVOR-DME), дальномерные маяки DME (DVOR-DME), радиотехническая система ближней навигации РСБН-4Н. В табл. 1 приведены технические характеристики радиопередающих устройств ближних и дальних приводных радиомаяков. В табл. 2 указаны технические характеристики радиопередающего оборудования глиссадных, курсовых радиомаяков, азимутального маяка DVOR-DME, дальномерного маяка DVOR-DME, радиотехнической системы ближней навигации РСБН-4Н.

В табл. 1 и 2 указано, что при эксплуатации средств радионавигации применяется оборудование различной мощности и частотных диапазонов. Так, в настоящее время применяется оборудование, работающее в диапазонах средних частот 0,3–3,0 МГц, очень высоких частот диапазона 30,0–300,0 МГц, ультравысоких частот 0,3–3 ГГц. РПУ отличаются по конструкции, диаграммам направленности и азимутам излучения антенн. Используемые средства радионавигации создают ЭМП с различными типами модуляции радиочастот-

ных сигналов (фазовой, амплитудной, частотной, импульсной). Анализ технических характеристик оборудования показал, что при эксплуатации азимутального маяка DVOR-DME, дальномерного маяка DVOR-DME, радиотехнической системы ближней навигации РСБН-4Н создаются импульсные электромагнитные излучения. Инструментальные исследования интенсивности ЭМП при эксплуатации данных объектов не проводились, так как, согласно руководству по эксплуатации, прибор ПЗ-42 предназначен для измерения плотности потока энергии, среднеквадратических значений напряженности электрического и магнитного полей в режиме непрерывной генерации. В табл. 3 представлены измеренные уровни напряженности электрического поля (E) на рабочих местах при эксплуатации РПУ дальних и ближних приводных радиомаяков.

Согласно СанПиН 1.2.3685–21 оценка уровней воздействия ЭМП осуществляется с учетом времени воздействия. Результаты измерений показали, что при эксплуатации радиопередающих устройств дальних и ближних приводных маяков на рабочих местах в помещениях аппаратных уровни ЭМП, превышающие ПДУ, установленные для 8-часового рабочего дня (50 В/м), были зарегистрированы только при работе РПУ приводной аэродромной радиостанции (ПАР). Основным источником ЭМП были неэкранированные фидерные линии

Таблица 1. Технические характеристики радиопередающих устройств, установленных на ближних и дальних приводных радиомаяках

Table 1. Technical characteristics of radio transmitting devices installed on near and far marker beacons

№	Объект / Object	Радиопередающее устройство / Radio transmitting device	Частота / Frequency	Мощность, Вт / Power, W
1	БПРМ / Near marker beacon	ПАР-10С / PAR-10S	334 кГц / kHz	400
		РМП 200 / RMP 200	960 кГц / kHz	200
		ПАР-9М2 / PAR-9M2	0,15–1,75 МГц / MHz	400
		МРМ-В / MRM-V	75 МГц / MHz	0,5
2	ДПРМ / Far marker beacon	ПАР-10С / PAR-10-S	690 кГц / kHz	200
		АРМ-150М / ARM-150M	690 кГц / kHz	200
		Р-862 / R-862	100,0–149,9 МГц / MHz	25
		МРМ / MRM	75 МГц / MHz	0,5

Таблица 2. Технические характеристики радиопередающего оборудования глиссадных, курсовых радиомаяков, азимутального и дальномерного маяков DVOR-DME, радиотехнической системы ближней навигации РСБН-4Н

Table 2. Technical characteristics of the radio transmitting equipment of landing beam, radio range station beacons, azimuth and range beacons DVOR-DME, short-range navigation radio system RSBN-4H

№	Объект / Object	Частота, МГц / Frequency, MHz	Мощность, Вт / Power, W
1	ГРМ-80 / GRM-80	333	5,0
2	ГРМ-90 / GRM-90	333	2,5
3	КРМ-80 / KRM-80	111,7	2,5
4	КРМ-90 / KRM-90	111,7	2,5
5	ДКРМ-5 / DKRM-5	905,1–932,4	40,0
6	РСБН-4Н / RSBN-4H	939,6–1000,5	30,0
7	Азимутальный маяк DME (DVOR-DME) / Azimuth beacon DME (DVOR-DME)	113,4	100,0
8	Дальномерный маяк DME (DVOR-DME) / Rangefinder beacon DME (DVOR-DME)	1168,0	1000,0

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-70-77>
Original Research Article

(у неэкранированного фидера передатчика уровни ЭМП достигали 346,9 В/м). На открытой территории в зонах временного пребывания персонала при работе РПУ ПАР и АРМ-150М также регистрируются наиболее высокие уровни ЭМП, особенно у снижений антенн.

В табл. 4 представлены измеренные уровни плотности потока энергии (ППЭ) на рабочих местах, создаваемые радиопередающим оборудованием глассадных и курсовых радиомаяков.

В табл. 4 указано, что при эксплуатации глассадных и курсовых радиомаяков уровни ППЭ были существенно ниже, чем при работе оборудования, установленного на ближних и дальних приводных радиомаяках, и не превышали предельно допустимых значений.

Были выполнены измерения уровней ЭМП, создаваемых на рабочих местах диспетчеров службы движения. Характеристика РПУ, установленных на рабочих местах диспетчеров службы движения, и результаты измерений напряженности электрического поля представлены в табл. 5.

На рабочих местах диспетчеров интенсивность ЭМП не превышала предельно допустимых уровней.

Обсуждение. Настоящее исследование посвящено гигиенической оценке электромагнитной обстановки на рабочих местах персонала на объектах радионавигации и посадки воздушных судов в аэропортах и на аэродроме гражданской авиации и на рабочих местах диспетчеров службы движения. Электромагнитная обстановка – это совокупность электромагнитных явлений, процессов в заданной области пространства, в частотном и временном диапазонах. Оборудование на объектах нашего исследования работает в широком диапазоне частот (от 0,3 МГц до 3 ГГц). При эксплуатации глассадных и курсовых радиомаяков и радиопередающих устройств на рабочих местах диспетчеров не создаются уровни плотности потока энергии и напряженности электрического поля, превышающие гигиенические нормативы. В помещениях аппаратных дальних и ближних приводных маяков при эксплуатации приводной автоматической радиостанции зарегистрировано превышение гигиенических

Таблица 3. Уровни напряженности электрического поля на рабочих местах при эксплуатации РПУ дальних и ближних приводных радиомаяков

Table 3. Levels of electric field strength at workplaces during operation of radio transmitters and near and far marker beacons

№	РПУ	Частота / Frequency	E, В/м помещение / E, V/m room	E, В/м территория / E, V/m territory
1	ПАР-10С / PAR-10S	334 кГц / kHz	16,4–75,8	93,8–397,4
2	РМП 200 / RMP 200	960 кГц / kHz	1,3–49,5	12,6–300,0
3	ПАР-10С / PAR-10S	690 кГц / kHz	18,5–64,5	37,2–108,5
4	ПАР 10 / PAR-10S	0,15–1,75 МГц / MHz	2,5–33,0	1,1–33,0
5	АРМ-150М / ARM-150M	690 кГц / kHz	8,06–10,0	103,44–616,4
6	ПАР-9М2 P = 100 Вт / PAR-9M2 P = 100 W	0,15–1,75 МГц / MHz	3,9–18,5	6,6–25,5
7	P-862 / R-862	100,0–149,9 МГц / MHz	0,4–1,2	1,1–4,2

Примечание: E – уровень напряженности электрического поля.

Notes: E – level of electric field strength.

Таблица 4. Результаты измерений на рабочих местах при работе глассадных и курсовых радиомаяков

Table 4. The results of measurements at the workplace during operation of landing beam, radio range station beacons

№	Объект / Object	Частота, МГц / Frequency, MHz	ППЭ, мкВт/см ² , помещение / EFD, MW/cm ² , room	ППЭ, мкВт/см ² , территория / PPE, MW/cm ² , territory
1	ГРМ-80 / GRM-80	333	0,51–0,89	0,47–0,56
2	ГРМ-5 / GRM-5	939,6–966,9	< 0,26	0,3–1,6
3	ДКРМ-5 / DKRM-5	905,1–932,4	< 0,26	1,4–5,2

Примечание: ППЭ – плотность потока энергии.

Notes: EFD – energy flow density.

Таблица 5. Характеристика РПУ, установленных на рабочих местах диспетчеров службы движения и результаты измерений напряженности электрического поля

Table 5. Characteristics of radio transmitters installed at the workplaces of traffic controllers and the results of measurements of the electric field strength

№	Тип радиопередающего устройства / Type of radio transmitting device	Частота, МГц / Frequency, MHz	Мощность, Вт / Power, W	E, В/м / E, V/m
1	Гранит / Granite	163	10	0,59–1,6
2	Фазан 19 P5 / Pheasant 19 P5	118	5	1,4–1,67
3	Стандарт / Standard	163	10	0,76–1,18
4	P-845 / R-845	124	40	0,3–1,1

нормативов напряженности электрического поля средневолнового диапазона, установленных для 8-часового рабочего дня; на территории излучения от антенн не превышали максимальные предельно допустимые уровни.

Профессиональная деятельность персонала, обслуживающего современные средства радионавигации и посадки воздушных судов, осуществляется в условиях сложной электромагнитной обстановки. Специфической особенностью условий труда является воздействие на организм многочастотных, модулированных (в том числе с импульсной модуляцией) электромагнитных полей различной интенсивности и продолжительности облучения. Указанные характеристики радиочастотных сигналов являются существенными биотропными параметрами, влияющими на формирование ответных реакций организма. Модулированные ЭМП обладают более высокой эффективностью в сравнении с немодулированными излучениями⁶ [10, 11]. Электромагнитные поля с импульсной модуляцией радиочастотного сигнала создаются на рабочих местах РПУ азимутального маяка DVOR-DME, дальномерного маяка DVOR-DME, радиотехнической системы ближней навигации РСБН-4Н. На открытой территории персонал может подвергаться также воздействию импульсно-прерывистых ЭМП, создаваемых антеннами радиолокационных станций. На более высокую биологическую эффективность импульсных ЭМП, по сравнению с неимпульсными излучениями, исследователи обратили внимание в 60–70-е годы прошлого века. Было показано, что импульсные излучения оказывают более выраженное влияние в сравнении с непрерывными ЭМП на поведение животных, формирование условных рефлексов⁷ [12]. Результаты исследования влияния импульсных ЭМП радиочастот рассматриваются в работах многих авторов [13–17]. В экспериментальных исследованиях на животных показано, что неионизирующее излучение нетепловой интенсивности при наличии импульсной модуляции и одновременном действии нескольких несущих частот может модифицировать общую возбудимость ЦНС животных [18]. Электромагнитные поля с беспорядочно меняющимися биотропными параметрами обладают наибольшим биологическим эффектом⁸. Любое мгновенное изменение величины активно действующего параметра внешней среды, как правило, вызывает выраженный отклик воспринимающей системы. Более того, биологический организм зачастую откликается не на абсолютное значение величины какого-либо действующего параметра внешней среды, а на изменение (или скорость изменения) этой величины, т. е. импульсный режим излучения оказывается более выраженным фактором действия, чем непрерывный. Особенность электромагнитной обстановки являются дополнительным фактором, усугубляющим воздействие электромагнитного поля радиочастотного диапазона на здоровье персонала.

В настоящее время в нашей стране и за рубежом активно обсуждаются вопросы нормирования электромагнитных излучений радиочастотного диапазона для населения в связи с интенсивным развитием технологий мобильной радиосвязи [19–21]. Однако требуют уточнения и гигиенические нормативы ЭМП радиочастотного диапазона для рабочих мест со сложной электромагнитной обстановкой. Нельзя не отметить, что существуют проблемы с аппаратным обеспечением контроля уровней ЭМП [22–25].

Закключение. При эксплуатации современного оборудования, генерирующего ЭМП радиочастотного диапазона, создаются электромагнитные излучения со сложными характеристиками радиочастотных сигналов. Исследования показывают, что при гигиенической оценке условий труда персонала, обслуживающего РПУ, изучение технических характеристик оборудования является важнейшим этапом гигиенической оценки фактора на рабочих местах для определения соответствия измерительной аппаратуры параметрам не только частоты, но и модуляции электромагнитных полей, создаваемых источником. При определении уровней импульсных ЭМП прибор должен обеспечивать измерение среднеквадратичных значений напряженности и средних значений ППЭ импульсно модулированных электромагнитных излучений с параметрами модуляции (длительность импульса, частота следования, скважность), создаваемых конкретным источником. В инструкции по эксплуатации приборов должны быть указаны параметры импульсно модулированных излучений, измерение которых обеспечивает прибор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Исаева А.М., Зибарев Е.В. Проблемные вопросы проведения санитарно-эпидемиологической экспертизы проектов санитарно-защитных зон аэропортов // Медицина труда и промышленная экология. 2015. № 2. С. 41–43.
- Картышев О.А., Николайкин Н.И. Проекты санитарно-защитных зон аэропортов, аэродромов, вертодромов и посадочных площадок как основа оценки соответствия их деятельности экологическим требованиям // Научный вестник МГТУ ГА. 2017. № 20 (4). С. 146–155. doi: 10.26467/2079-0619-2017-20-4-146-155
- Лебедев К.Ю., Копытенкова О.И., Выучейская Д.С., Леванчук А.В., Афанасьева Т.А. Гигиенические аспекты градостроительной деятельности на приаэродромных территориях // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 10 319. С. 46–49. doi: 10.35627/2219-5238/2019-319-10-46-49
- Чубирко М.И., Клепиков О.В., Куролуп С.А., Кульнев В.В., Кизеев А.Н., Никанов А.Н., Чашин В.П. Верификация установления проектных границ седьмой подзоны приаэродромной территории по шумовому и канцерогенному факторам // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 8. С. 878–885. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-8-878-885. EDN: EMCBRN

⁶ Холодов Ю.А. О модулирующем действии электромагнитных полей на нервную систему // Влияние электромагнитных полей на организм человека // Сборник научных статей. М.: фонд «Новое тысячелетие», 1998. С. 68–93.

⁷ Савин Б.М., Рубцова Н.Б. Влияние радиоволновых излучений на центральную нервную систему // В кн.: Физиология человека и животных. Т. 22. М.: ВИНТИ АН СССР, 1978. С. 105–111.

⁸ Тигранян Р.Э. Вопросы электромагнитобиологии. М.: Физматлит, 2009. 352 с.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-70-77>
Original Research Article

5. Зинкин В.Н., Рыженков С.П., Солдатов С.К. и др. Гигиеническая обстановка на территориях, примыкающих к глиссаде аэродрома // Здоровье населения и среда обитания. 2014. № 6 (255). С. 38–40.
6. Никитина В.Н., Калинина Н.И., Ляшко Г.Г., Панкина Е.Н., Плеханов В.П. Анализ проектных решений об установлении приаэродромной территории по электромагнитному фактору // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 6. С. 557–562. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-6-557-562
7. Степаненко А.С. Развитие навигационных систем в гражданской авиации // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2017. Т. 20. № 1. С. 123–131.
8. Диденко Н.И., Елисеев Б.П., Саута О.И., Шатраков А.Ю., Юшков А.В. Радиотехническое обеспечение полетов военной и гражданской авиации – стратегическая проблема Арктической зоны России // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2017. Т. 20. № 5. С. 8–19. doi: 10.26467/2079-0619-2017-20-5-8-19. EDN ZQTOJB.
9. Ляшко Г.Г., Никитина В.Н., Дубровская Е.Н., Калинина Н.И., Плеханов В.П. Гигиеническая оценка электромагнитных полей средств радиосвязи аэропортов гражданской авиации // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2020. Т. 15. № 1. С. 382–393.
10. Лукьянова С.Н., Григорьев Ю.Г., Степанов В.С. К вопросу об эффективности ЭМП, модулированных частотами в диапазоне ритмов ЭЭГ // Радиационная биология. Радиоэкология. 2021. Т. 61. № 1. С. 69–78. doi: 10.31857/S0869803121010082. EDN: BFZTMB
11. Лукьянова С.Н. Фундаментальная характеристика нейроэффектов слабых электромагнитных воздействий (от нейрона к отделу мозга, ЦНС, организму). М.: ФГБУ ГНЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2023. 140 с.
12. Павлова Л.Н., Жаворонков Л.П., Дубовик Б.В., Глушак В.С., Посадская В.М. Экспериментальная оценка реакций ЦНС на воздействие импульсных ЭМИ низкой интенсивности // Радиация и риск. 2010. Т. 19. № 3. С. 104–119.
13. Schmid MR, Loughran SP, Regel SJ, et al. Sleep EEG alterations: effects of different pulse-modulated radio frequency electromagnetic fields. *J Sleep Res.* 2012;21(1):50–58. doi: 10.1111/j.1365-2869.2011.00918.x
14. Regel SJ, Gottselig JM, Schuderer J, et al. Pulsed radio frequency radiation affects cognitive performance and the waking electroencephalogram. *Neuroreport.* 2007;18(8):803–807. doi: 10.1097/WNR.0b013e3280d9435e
15. Guo L, Lin JJ, Xue YZ, et al. Effects of 220 MHz pulsed modulated radiofrequency field on the sperm quality in rats. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16(7):1286. doi: 10.3390/ijerph16071286
16. Fereidouni F, Mohammadi ST, Faramarzi Shahraki V, Jahantigh F. Human health risk assessment of 4–12 GHz radar waves using CST STUDIO SUITE software. *J Biomed Phys Eng.* 2022;12(3):285–296. doi: 10.31661/jbpe.v0i0.1272
17. Singh S, Mani KV, Kapoor N. Effect of occupational EMF exposure from radar at two different frequency bands on plasma melatonin and serotonin levels. *Int J Radiat Biol.* 2015;91(5):426–434. doi: 10.3109/09553002.2015.1004466
18. Жаворонков Л.П., Дубовик Б.В., Павлова Л.Н., Колганова О.И., Посадская В.М. Влияние широкополосного импульсно-модулированного ЭМП низкой интенсивности на общую возбудимость ЦНС // Радиация и риск. 2011. Т. 20. № 2. С. 64–74.
19. Рахманин Ю.А., Онищенко Г.Г., Григорьев Ю.Г. Современные проблемы и пути обеспечения электромагнитной безопасности сотовой связи для здоровья населения // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 11. С. 1175–1183
20. Григорьев О.А., Гошин М.Е., Прокофьева А.В., Алексеева В.А. Особенности национальной политики, определяющей подходы к гигиеническому нормированию электромагнитного поля радиочастот в различных странах // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 11. С. 1184–1190.
21. International Commission on the Biological Effects of Electromagnetic Fields (ICBE-EMF). Scientific evidence invalidates health assumptions underlying the FCC and ICNIRP exposure limit determinations for radiofrequency radiation: implications for 5G. *Environ Health.* 2022;21(1):92. doi: 10.1186/s12940-022-00900-9
22. Pawlak R, Krawiec P, Zurek J. On measuring electromagnetic fields in 5G technology. *IEEE Access.* 2019;7:29826–29835. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2902481
23. Bhatt CR, Henderson S, Brzozek C, Benke G. Instruments to measure environmental and personal radiofrequency–electromagnetic field exposures: an update. *Phys Eng Sci Med.* 2022;45(3):687–704. doi: 10.1007/s13246-022-01146-y
24. Migault L, Bowman JD, Kromhout H, et al. Development of a job-exposure matrix for assessment of occupational exposure to high-frequency electromagnetic fields (3 kHz – 300 GHz). *Ann Work Expo Health.* 2019;63(9):1013–1028. doi: 10.1093/annweh/wxz067
25. Sagar S, Adem SM, Struchen B, et al. Comparison of radiofrequency electromagnetic field exposure levels in different everyday microenvironments in an international context. *Environ Int.* 2018;114:297–306. doi: 10.1016/j.envint.2018.02.036

REFERENCES

1. Isayeva AM, Zibaryov EV. Topical problems of sanitary and epidemiologic examination concerning projects of sanitary protection zones in airports. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2015;(2):41–43. (In Russ.)
2. Kartyshev OA, Nikolaykin NI. Projects on airports, airfields, helicopter aerodromes and landing grounds sanitary protection areas as the basis of their activity compliance assessment to ecological requirements. *Nauchnyy Vestnik Moskovskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta Grazhdanskoy Aviatsii.* 2017;20(4):146–155. (In Russ.) doi: 10.26467/2079-0619-2017-20-4-146-155
3. Lebedev KYu, Kopytenkova OI, Vyucheiskaya DS, Levanchuk AV, Afanas'eva TA. Hygienic aspects of urban planning on the aerodrome environs. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2019;(10(319)):46–49. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-319-10-46-49
4. Chubirko MI, Klepikov OV, Kurolap SA, et al. Verification of the establishment of the project borders of the seventh subzone of the near-airdrome territories by noise and carcinogenic factors. *Gigiena i Sanitariya.* 2022;101(8):878–885. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-8-878-885
5. Zinkin VN, Ryzhenkov SP, Soldatov SK, et al. Hygienic situation on the territory adjacent to the airport glide path. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2014;(6(255)):38–40. (In Russ.)
6. Nikitina VN, Kalinina NI, Lyashko GG, Pankina EN, Plekhanov VP. Analysis of design decisions on establishing an aerodrome territory based on the electromagnetic

- factor. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(6):557-562. (In Russ.) doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-6-557-562
7. Stepanenko AS. The development of navigation systems in civil aviation. *Nauchnyy Vestnik Moskovskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta Grazhdanskoy Aviatsii*. 2017;20(1):123-131. (In Russ.)
 8. Didenko NI, Eliseev BP, Sauta OI, Shatrakov AYu, Yushkov AV. Radio-technical flight support military and civil aviation – the strategic problem of Russia Arctic zone. *Nauchnyy Vestnik Moskovskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta Grazhdanskoy Aviatsii*. 2017;20(5):8-19. (In Russ.) doi: 10.26467/2079-0619-2017-20-5-8-19
 9. Lyashko GG, Nikitina VN, Dubrovskaya EN, Kalinina NI, Plekhanov VP. Hygienic assessment of electromagnetic fields of radio communication facilities at civil aviation airports. *Zdorov'e – Osnova Chelovecheskogo Potentsiala: Problemy i Puti Ikh Resheniya*. 2020;15(1):382-393. (In Russ.)
 10. Lukyanova SN, Grigoryev YuG, Stepanov VS. To the question of efficiency of EMF modulated by frequencies in the range of EEG rhythms. *Radiatsionnaya Biologiya. Radioekologiya*. 2021;61(1):69-78. (In Russ.) doi: 10.31857/S0869803121010082
 11. Lukyanova SN. [Fundamental Characteristics of Neuroeffects of Weak Electromagnetic Influences (from Neuron to Brain Department, CNS, Organism).] Moscow: A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center Publ.; 2023. (In Russ.)
 12. Pavlova LN, Zhavoronkov LP, Dubovick BV, Glushakova VS, Posadskaya VM. Experimental estimation of the central nervous system's responses to the exposure with pulsed-modulated electromagnetic irradiation of low intensity. *Radiatsiya i Risk*. 2010;19(3):104-119. (In Russ.)
 13. Schmid MR, Loughran SP, Regel SJ, et al. Sleep EEG alterations: effects of different pulse-modulated radio frequency electromagnetic fields. *J Sleep Res*. 2012;21(1):50-58. doi: 10.1111/j.1365-2869.2011.00918.x
 14. Regel SJ, Gottselig JM, Schuderer J, et al. Pulsed radio frequency radiation affects cognitive performance and the waking electroencephalogram. *Neuroreport*. 2007;18(8):803-807. doi: 10.1097/WNR.0b013e3280d9435e
 15. Guo L, Lin JJ, Xue YZ, et al. Effects of 220 MHz pulsed modulated radiofrequency field on the sperm quality in rats. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(7):1286. doi: 10.3390/ijerph16071286
 16. Fereidouni F, Mohammadi ST, Faramarzi Shahraki V, Jahantigh F. Human health risk assessment of 4–12 GHz radar waves using CST STUDIO SUITE software. *J Biomed Phys Eng*. 2022;12(3):285-296. doi: 10.31661/jbpe.v0i0.1272
 17. Singh S, Mani KV, Kapoor N. Effect of occupational EMF exposure from radar at two different frequency bands on plasma melatonin and serotonin levels. *Int J Radiat Biol*. 2015;91(5):426-434. doi: 10.3109/09553002.2015.1004466
 18. Zhavoronkov LP, Dubovick BV, Pavlova LN, Kolganova OI, Posadskaya VM. The influence of wideband pulsed-modulated electromagnetic field of low intensity on the whole excitability of the central nervous system. *Radiatsiya i Risk*. 2011;20(2):64-74. (In Russ.)
 19. Rakhmanin YuA, Onishchenko GG, Grigoriev YuG. Contemporary issues and the ways of ensuring electromagnetic safety of mobile communication to the health of the population. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(11):1175-1183. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-11-1175-1183
 20. Grigoriev OA, Goshin ME, Prokofyeva AS, Alekseeva VA. Features of national policy in approaches to electromagnetic field safety of radio frequencies in different countries. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(11):1184-1190. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-11-1184-1190
 21. International Commission on the Biological Effects of Electromagnetic Fields (ICBE-EMF). Scientific evidence invalidates health assumptions underlying the FCC and ICNIRP exposure limit determinations for radiofrequency radiation: implications for 5G. *Environ Health*. 2022;21(1):92. doi: 10.1186/s12940-022-00900-9
 22. Pawlak R, Krawiec P, Zurek J. On measuring electromagnetic fields in 5G technology. *IEEE Access*. 2019;7:29826-29835. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2902481
 23. Bhatt CR, Henderson S, Brzozek C, Benke G. Instruments to measure environmental and personal radiofrequency–electromagnetic field exposures: an update. *Phys Eng Sci Med*. 2022;45(3):687-704. doi: 10.1007/s13246-022-01146-y
 24. Migault L, Bowman JD, Kromhout H, et al. Development of a job-exposure matrix for assessment of occupational exposure to high-frequency electromagnetic fields (3 kHz – 300 GHz). *Ann Work Expo Health*. 2019;63(9):1013-1028. doi: 10.1093/annweh/wxz067
 25. Sagar S, Adem SM, Struchen B, et al. Comparison of radiofrequency electromagnetic field exposure levels in different everyday microenvironments in an international context. *Environ Int*. 2018;114:297-306. doi: 10.1016/j.envint.2018.02.036

Сведения об авторах:

✉ **Никитина** Валентина Николаевна – д.м.н., старший научный сотрудник, заведующая отделением изучения электромагнитных излучений; e-mail: v.nikitina@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8314-2044>.

Калинина Нина Ивановна – к.м.н., старший научный сотрудник отделения изучения электромагнитных излучений; e-mail: n.kalinina@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9475-0176>.

Дубровская Екатерина Николаевна – научный сотрудник отделения изучения электромагнитных излучений; e-mail: nikanorushka@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4235-378X>.

Плеханов Владимир Павлович – научный сотрудник отделения изучения электромагнитных излучений; e-mail: v.plehanov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8141-7179>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Никитина В.Н.*; сбор данных: *Дубровская Е.Н., Калинина Н.И.*; анализ и интерпретация результатов: *Никитина В.Н.*; литературный обзор: *Плеханов В.П.*; подготовка рукописи: *Никитина В.Н., Дубровская Е.Н., Калинина Н.И.* Все авторы ознакомлены с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных разрешающих 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: 07.04.23 / Принята к публикации: 16.05.23 / Опубликовано: 31.05.23

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-70-77>
Original Research Article

Author information:

✉ Valentina N. **Nikitina**, Dr. Sci. (Med.), Senior Researcher, Head of the Department for the Study of Electromagnetic Radiation, Northwest Public Health Research Center; e-mail: v.nikitina@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8314-2044>.

Nina I. **Kalinina**, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Department for the Study of Electromagnetic Radiation, Northwest Public Health Research Center; e-mail: n.kalinina@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9475-0176>.

Ekaterina N. **Dubrovskaya**, Researcher, Department for the Study of Electromagnetic Radiation, Northwest Public Health Research Center; e-mail: nikanorushka@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4235-378X>.

Vladimir P. **Plekhanov**, Researcher, Department for the Study of Electromagnetic Radiation, Northwest Public Health Research Center; e-mail: v.plehanov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8141-7179>.

Author contributions: study conception and design: *Nikitina V.N.*; data collection: *Dubrovskaya E.N., Kalinina N.I.*; analysis and interpretation of results: *Nikitina V.N.*; literature review: *Plekhanov V.P.*; draft manuscript preparation: *Nikitina V.N., Dubrovskaya E.N., Kalinina N.I.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

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

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

Received: April 7, 2023 / Accepted: May 16, 2023 / Published: May 31, 2023



Возрастная динамика риска COVID-19 разной степени выраженности у работников здравоохранения и промышленных предприятий

Г.А. Сорокин¹, Н.Д. Чистяков¹, М.П. Чернышева², М.Н. Кирьянова¹

¹ ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 2-я Советская ул., д. 4, 191036, Санкт-Петербург, Российская Федерация

² ЧОУ ВО «Санкт-Петербургский медико-социальный институт», Кондратьевский пр., д. 72, лит. А, 195009, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Резюме

Введение. Актуальность для общественного здоровья вопроса уязвимости человека в разном возрасте к воздействию факторов окружающей среды, в частности к биологическому фактору, включая вирусные инфекции, обусловлена старением населения и требованиями учета индивидуальных характеристик для более точной оценки рисков.

Цель: установление закономерностей возрастной динамики рисков COVID-19 разной степени выраженности у работников организаций здравоохранения и промышленных предприятий.

Материалы и методы. Анализировалась частота и степень выраженности COVID-19 за 2021–2022 годы у 729 работников здравоохранения и 880 работников промышленных предприятий. В каждой возрастной группе определялся риск COVID-19 легкой, средней и тяжелой степени. Возрастная динамика риска COVID-19 характеризовалась его изменением при увеличении возраста работников на 1 год.

Результаты. Распространенность случаев COVID-19 среди работников здравоохранения в 1,6 раза выше, чем у работников промышленных предприятий. Установлены закономерности возрастной динамики риска COVID-19 разной степени тяжести у работников здравоохранения и промышленных предприятий. При легкой степени выраженности риск аппроксимируется регрессиями: здравоохранение R_1^1 (%) = $-0,15 \times (\text{Возраст} - 20, \text{ лет}) + 34,06$; промпредприятия R_1^1 (%) = $-0,24 \times (\text{Возраст} - 20) + 27,21$. При средней и тяжелой степени: в здравоохранении $R_1^{2,3}$ (%) = $0,23 \times (\text{Возраст} - 20) + 2,46$; промпредприятия $R_1^{2,3}$ (%) = $0,14 \times (\text{Возраст} - 20) - 1,29$.

Выводы. В разных возрастных группах относительный риск заболеваемости COVID-19 в легкой форме у работников здравоохранения в 1,2–2,1 раза выше, чем у работников промышленности; средней и тяжелой степени – в 3–9 раза. Направленность возрастной динамики популяционного риска заболеваемости COVID-19 зависит от степени тяжести заболевания. При легкой степени увеличение возраста на 1 год сопровождается уменьшением риска заболевания в среднем на 0,15 % у работников здравоохранения и на 0,24 % у работников промышленности. При средней и тяжелой степени увеличение возраста на 1 год сопровождается возрастанием риска COVID-19 на 0,23 % у работников здравоохранения и на 0,14 % у работников промышленности.

Ключевые слова: возрастная уязвимость, COVID-19, возрастная динамика риска, регрессионные модели риска, работники здравоохранения, работники промышленных предприятий.

Для цитирования: Сорокин Г.А., Чистяков Н.Д., Чернышева М.П., Кирьянова М.Н. Возрастная динамика риска COVID-19 разной степени выраженности у работников здравоохранения и промышленных предприятий // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 5. С. 78–84. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-78-84>

Age-Specific Dynamics of Risks of COVID-19 of Different Severity among Healthcare and Industrial Workers

Gennady A. Sorokin,¹ Nikolay D. Chistyakov,¹ Marina P. Chernysheva,² Marina N. Kir'yanova¹

¹ Northwest Public Health Research Center, 4, 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

² St. Petersburg Medical and Social Institute, 72A, Kondratievsky Avenue, Saint Petersburg, 195009, Russian Federation

Summary

Introduction: The relevance of the issue of human age-specific vulnerability to effects of environmental factors, especially biological agents, including viral infections, for public health is attributed to the aging of the population and the requirements for considering individual characteristics for a more accurate risk assessment.

Objective: To establish age-specific patterns of the COVID-19 risk among healthcare and industrial workers.

Materials and methods: We have analyzed the incidence and course of COVID-19 among 729 healthcare workers and 880 industrial workers in 2021–2022. The risk of mild, moderate and severe course of COVID-19 was determined in each age group. The age-specific dynamics of the COVID-19 risk was characterized by its change per year of age of the employees.

Results: We established that the incidence of COVID-19 among healthcare workers was 1.6 times higher than among industrial workers. We also observed regularities of the age-specific dynamics of risk of COVID-19 of different severity among healthcare and industrial workers. For the mild course of the disease, the risk was approximated by the following regressions: healthcare R_1^1 (%) = $-0.15 \times (\text{Age} - 20, \text{ years}) + 34.06$; industry R_1^1 (%) = $-0.24 \times (\text{Age} - 20) + 27.21$. For the moderate and severe course, the regressions were as follows: healthcare $R_1^{2,3}$ (%) = $0.23 \times (\text{Age} - 20) + 2.46$; industry $R_1^{2,3}$ (%) = $0.14 \times (\text{Age} - 20) - 1.29$.

Conclusions: In different age groups, the relative risk of a mild course of COVID-19 in healthcare workers is 1.2–2.1 times higher than in industrial workers while that of a moderate and severe course is already 3 to 9 times higher. The direction of the age-specific COVID-19 risk depends on the disease severity. As for the mild course, a one-year increase in age is associated with a decrease in the disease risk by an average of 0.15 % in healthcare workers and 0.24 % in industrial workers. As for the moderate and severe courses, a one-year increase in age is associated with an increase in the COVID-19 risk by 0.23 % and 0.14 % in healthcare and industrial workers, respectively.

Keywords: age-specific vulnerability, COVID-19, age-related risk dynamics, regression risk models, healthcare workers, industrial workers.

For citation: Sorokin GA, Chistyakov ND, Chernysheva MP, Kir'yanova MN. Age-specific dynamics of risks of COVID-19 of different severity among healthcare and industrial workers. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(5):78–84. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-78-84>

Введение. Причиной актуальности для общественного здоровья вопроса уязвимости человека в разном возрасте к воздействию факторов окружающей среды, в частности к биологическому фактору, включая вирусные инфекции, являются старение населения, увеличение пенсионного возраста и требования учета индивидуальных характеристик для более точной оценки рисков. Возраст является единым параметром для изучения всех аспектов экологической уязвимости человека. Данные о количественных закономерностях связи воздействия вредных факторов среды обитания и, в частности, производственной среды с возрастом человека необходимы для обоснования здоровьесберегающей политики государства на основе полночисленных прогнозных моделей экологических рисков¹. Систематические исследования этих закономерностей отсутствуют, несмотря на давнее признание актуальности возрастного аспекта уязвимости человека к факторам среды обитания, имеющего решающее значение для продления трудовой деятельности работников старших возрастов². Специальные гигиенические требования к факторам производственной среды работников старших возрастных групп трудовым законодательством не установлены за исключением нормирования искусственного освещения. Вместе с тем фрагментарно рассмотрены вопросы возрастной уязвимости к физическим факторам (шум [1], пыль [2], электромагнитное излучение [3–6]), к неблагоприятному климату³ [7], загрязнителям воздуха [8–11], токсическим веществам («возрастная токсикология» [12]). Эпидемия COVID-19 представляет собой «природный эксперимент», позволяющий изучать количественные закономерности возрастной уязвимости к биологическому фактору – опасные вирусные инфекции. Закономерность увеличения возрастной восприимчивости человека к действию вирусной инфекции как биологическому фактору определяется ослаблением функций иммунной системы в старших возрастных группах («старение иммунной системы» [13, 14]). Многочисленные публикации об увеличении с возрастом уязвимости работников к COVID-19 относятся к летальному исходу. Установлено, что смертность от COVID-19 в старших возрастах в несколько раз выше, чем в средних возрастах⁴. Вместе с тем наше 15-летнее наблюдение за частотой заболеваний с временной утратой трудоспособности в одной и той же группе работников выявило возрастную тенденцию снижения риска острой инфекционной заболеваемости (респираторные заболевания, кишечные инфекции [15]). Выбор работников здравоохранения в качестве основного объекта настоящего исследования обусловлен очевидным повышенным риском заболевания COVID-19 в силу их прямых контактов

с пациентами как источниками инфекции [16–20]. Материалы публикации являются фрагментом исследования возрастной уязвимости человека к факторам производственной среды, проводимой в рамках НИР «Прогнозирование возрастной динамики индивидуальных и популяционных рисков под воздействием производственных факторов» научно-исследовательской программы Роспотребнадзора на 2021–2025 гг.

Целью исследования было установить закономерности возрастной динамики рисков COVID-19 разной степени выраженности среди работников организаций здравоохранения и промышленных предприятий.

Материалы и методы. Использовались результаты медицинского осмотра в 2021–2022 гг. работающего населения Санкт-Петербурга (СПб): 729 работников здравоохранения (597 – женщины, 82 %) и 880 работников промышленных предприятий (106 – женщины, 12 %), проведенного согласно приказу Минздрава РФ от 28.01.2021 № 29н. Эти профессиональные группы выбраны по следующим причинам: 1) работники здравоохранения – как наиболее подверженные риску заражения COVID-19 [16–20] и 2) работники промышленных предприятий (обработка материалов, энергетика, строительство, транспорт) – как наиболее многочисленная группа в структуре занятости населения СПб (35,5 %). Учитывались данные о наличии у работников следующих групп хронических заболеваний: сердечно-сосудистой системы, эндокринной системы, системы крови, инфекционных заболеваний. У работников, болевших в 2021–2022 гг. COVID-19, степень ее выраженности была установлена в специализированных медучреждениях по результатам клинических обследований, включая анализ течения заболевания, согласно методическим рекомендациям⁵: 1) легкое течение, 2) среднетяжелое течение, 3) тяжелое течение. Степень выраженности заболевания COVID-19 регистрировалась в выданной работнику справке.

В каждой возрастной группе (20–24 лет, 25–29 лет, 30–34 года, 70–74 года) риск COVID-19 определялся по формуле:

$$R_i (\%) = 100 \times K_i^j / K, \text{ где:}$$

$R_i (\%)$ – риск (частота) случаев заболеваний COVID-19 j -й степени тяжести (1 – легкая, 2 – средняя, 3 – тяжелая) в i -й возрастной группе.

K_i^j – количество человек в i -й возрастной группе работников, перенесших заболевание COVID-19, j -й степени тяжести.

В пяти возрастных группах (20–29, 30–39, 40–49, 50–59, 60–69 лет) определялся относительный риск (RR) заболеваний COVID-19 у работников здравоохранения в сравнении с работниками промышленности.

¹ Аналитическая записка: влияние COVID-19 на пожилых людей. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.un.org › files › old_persons_russian (дата обращения: 08.02.2023).

² Гигиеническое нормирование факторов производственной среды и трудового процесса / Под ред. Н.Ф. Измерова и А.А. Каспарова. М.: Медицина, 1986. 239 с.

³ Encyclopaedia of Occupational Health and Safety. Geneva: International Labour Office; 1983.

⁴ Щербакова Е. Старение населения мира – взгляд из 2020 года // Demoscop. Weekly. № 879–880 23 ноября–6 декабря 2020. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.demoscope.ru/weekly/2020/0879/barom02.php> (дата обращения: 08.02.2023).

⁵ Временные методические рекомендации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)». Версия 17 (14.12.2022).

Рассчитывался 95 % доверительный интервал RR. Рассчитывались коэффициенты регрессии

$$R_i^j (\%) = K_i^j \times B - 20 (\text{лет}) + \text{Const}, \text{ где:}$$

K_i^j – коэффициент, характеризующий направленность (возрастание или уменьшение) и величину изменения R_i^j при увеличении возраста работника на 1 год; B – возраст работника (лет); Const – величина R_i^j в возрасте 20 лет.

Результаты. В табл. 1 и 2 представлены по-возрастным данным о количестве обследованных работников здравоохранения и промышленных предприятий, не болевших и болевших COVID-19 легкой, средней и тяжелой форм.

Исходя из этих данных, проведен анализ возрастной динамики риска COVID-19 разной степени выраженности, результаты которого иллюстрирует рисунок.

Регрессионный анализ возрастного тренда риска COVID-19 разной степени тяжести у работников здравоохранения и промышленных предприятий выявил следующие зависимости.

Легкая степень тяжести:

$$- \text{здравоохранение: } R_i^1 (\%) = -0,15 \times (\text{Возраст} - 20) + 34,06 \quad (1)$$

$$- \text{промпредприятия: } R_i^1 (\%) = -0,24 \times (\text{Возраст} - 20) + 27,21 \quad (2)$$

Средняя и тяжелая степени

$$- \text{здравоохранение: } R_i^{2,3} (\%) = 0,23 \times (\text{Возраст} - 20) + 2,46 \quad (3)$$

$$- \text{промпредприятия: } R_i^{2,3} (\%) = 0,14 \times (\text{Возраст} - 20) - 1,29 \quad (4)$$

Данные табл. 1 и 2 позволили оценить риск COVID-19 разной степени тяжести среди работников здравоохранения путем сравнения с работниками промышленных предприятий. Результаты сравнения показаны в табл. 3. Риск R_i в каждой возрастной группе работников промышленных предприятий принимался за 1.

Анализ результатов, представленных в табл. 3, свидетельствует о повышении уязвимости к COVID-19 у работников начиная с возраста 30 лет. При этом ее пик, отраженный в резком росте числа всех форм заболеваний, особенно средней и тяжелой

Таблица 1. Количество работников здравоохранения, заболевших COVID-19 разной степени выраженности в разных возрастных группах

Table 1. Age distribution of healthcare workers who have recovered from COVID-19 of different severity

Возраст, лет / Age range, years	Всего в группе / Group size, n	Число болевших / Number of cases	Степень выраженности COVID-19 / COVID-19 course		
			Легкая / Mild	Средняя / Moderate	Тяжелая / Severe
20–24	9	3	3	0	0
25–29	42	16	16	0	0
30–34	55	21	18	3	0
35–39	71	27	21	6	0
40–44	76	25	17	8	0
45–50	92	33	24	9	0
50–54	86	35	25	3	7
55–59	101	52	32	16	4
60–64	105	37	24	11	2
65–69	52	24	20	3	1
70–74	40	10	8	1	1

Таблица 2. Распределение в разных возрастных группах работников предприятий промышленности, заболевших COVID-19 разной степени выраженности

Table 2. Age distribution of industrial workers who have recovered from COVID-19 of different severity

Возраст, лет / Age range, years	Всего в группе / Group size, n	Число болевших / Number of cases	Степень выраженности COVID-19 / COVID-19 course		
			Легкая / Mild	Средняя / Moderate	Тяжелая / Severe
20–24	7	5	2	0	0
25–29	54	14	14	0	0
30–34	156	34	32	2	0
35–39	152	36	33	2	1
40–44	107	32	30	2	0
45–50	91	18	13	4	1
50–54	81	16	15	0	1
55–59	111	21	18	1	2
60–64	91	23	21	2	0
65–69	31	6	5	1	0
70–74	8	2	1	1	0

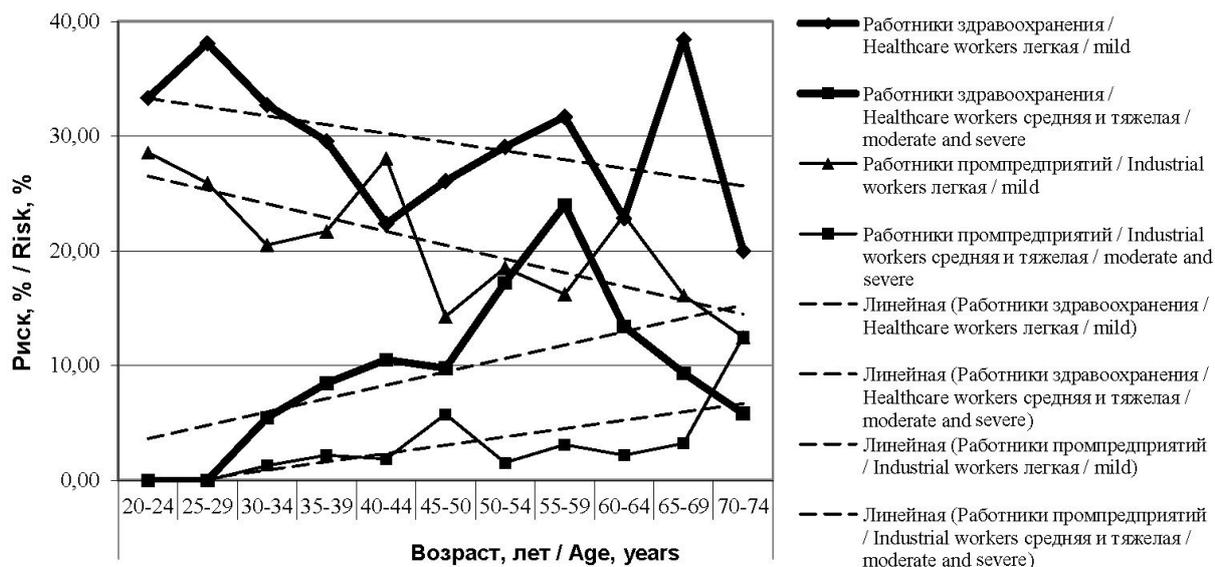


Figure. Возрастная динамика риска COVID-19 разной степени выраженности в возрастных группах работников здравоохранения и предприятий промышленности

Рисунок. Age-specific dynamics of the risk of COVID-19 of different severity in healthcare and industrial workers

степени, отмечен для возрастной группы в 50–59 лет, соответствующей у женщин (большая часть группы) пре- и постклимактерическому периоду. Это позволяет предположить роль эндогенного гормонального стресса в увеличении риска заболевания и степени его тяжести. Оценка гендерных различий риска заболевания COVID-19 в каждой из профессиональных групп могла бы помочь в решении этого вопроса. Однако различия оказались недостоверными (табл. 4 и 5).

Без учета степени тяжести заболевания регрессии имеют вид:

– здравоохранение:

$$R_i (\%) = 0,12 \times (\text{Возраст} - 20) + 37,86 \quad (5)$$

– предприятия:

$$R_i (\%) = -0,07 \times (\text{Возраст} - 20) + 28,14 \quad (6)$$

Статистические ошибки коэффициентов возрастной динамики составили: $0,12 \pm 0,14$ и $-0,07 \pm 0,11$.

Вместе с тем величины относительного риска COVID-19 у работников с выявленными при медицинском обследовании патологиями различались и были максимальными при хронических заболеваниях эндокринной системы (табл. 6).

Таблица 3. Относительный риск COVID-19 разной степени тяжести у работников здравоохранения в сравнении с работниками промышленных предприятий

Table 3. Relative risk of COVID-19 of different severity in healthcare workers compared to industrial workers

Возрастной диапазон, лет / Age range, years	Степень тяжести заболевания / Disease course	
	Легкая / Mild	Средняя и тяжелая / Moderate and severe
	Относительный риск RR (доверительный диапазон RR) / Relative risk (CI)	
20–29	1,42 (0,82–2,47)	Случаев COVID-19 не было / Null cases of COVID-19
30–39	1,55 (1,11–2,17)	5,02 (1,73–14,59)
40–49	1,22 (0,84–1,77)	2,96 (1,27–6,92)
50–59	2,07 (1,42–3,00)	9,17 (3,32–25,39)
60–69	1,32 (0,89–1,98)	4,81 (1,46–15,93)

Таблица 4. Риск заболевания COVID-19 среди мужчин и женщин разного возраста, занятых в организациях здравоохранения и на промышленных предприятиях

Table 4. COVID-19 risks among healthcare and industrial male and female workers of different age

Возрастной диапазон, лет / Age range, years	Женщины / Women			Мужчины / Men		
	Обследовано человек / Examined, n	Риск R, % / Risk, %	Статическая ошибка R / Statistical error	Обследовано человек / Examined, n	Риск R, % / Risk, %	Статическая ошибка R / Statistical error
20–29	82	42,00	7,05	137	28,36	5,55
30–39	111	30,19	6,37	238	28,22	3,54
40–49	285	33,54	3,70	308	31,46	3,19
50–59	293	45,99	3,65	268	26,50	3,13
60–69	236	41,92	3,83	159	26,89	4,08

Таблица 5. Риск заболевания COVID-19 среди мужчин и женщин, занятых в организациях здравоохранения и на промышленных предприятиях**Table 5. COVID-19 risks among healthcare and industrial male and female workers**

Сфера занятости / Employment area	Пол / Sex	Риск (частота) COVID-19 (все степени тяжести) / Risk (frequency) of COVID-19 (all degrees of severity)	Статистическая ошибка / Statistical error
Здравоохранение / Healthcare	Женщины / Female	40,2 %	2,0 %
	Мужчины / Male	50,0 %	4,6 %
Промышленные предприятия / Industry	Женщины / Female	32,1 %	4,6 %
	Мужчины / Male	25,4 %	1,5 %

Таблица 6. Относительный риск COVID-19 при наличии у работников в возрасте более 34 лет некоторых хронических заболеваний**Table 6. Relative risk of COVID-19 in workers aged 34+ having some chronic diseases**

Заболевания / Diseases	Относительный риск RR COVID-19 / Relative risk of COVID-19	Доверительный диапазон RR / RR confidence interval
Эндокринные / Endocrine	1,58	1,36–1,83
Крови / Hematologic	1,11	0,80–1,54
Инфекционные / Infectious	0,99	0,73–1,34
Сердечно-сосудистые / Cardiovascular	0,93	0,79–1,11

Обсуждение. Как следует из данных, приведенных на рисунке, направленность возрастной динамики риска COVID-19 зависит от степени тяжести заболевания. При легкой форме в возрастной динамике прослеживается тенденция снижения риска заболевания как у работников здравоохранения, так и у работников промышленных предприятий: регрессии 1 и 2. Средний годовой темп снижения риска COVID-19 находится в диапазоне $-0,15 \dots -0,24 \%$, что близко для величин возрастного тренда снижения риска заболеваемости с временной утратой трудоспособности ($-0,36 \%$) по причине острых респираторных инфекций [15]. В отличие от этой закономерности возрастная динамика средней и тяжелой степени заболевания характеризуется возрастанием риска COVID-19 в обеих сферах занятости работников. Полученные данные о различии возрастной динамики риска COVID-19 разной степени тяжести характеризуют разные физиологические процессы: риск заболеваемости в легкой форме характеризует восприимчивость организма (susceptibility), его способность реагировать на инфицирование, риск заболевания больших степеней выраженности показывает уязвимость организма (vulnerability), повышение вероятности негативного исхода при инфицировании.

В целом обобщенно для всех степеней тяжести распространенность случаев COVID-19 среди работников здравоохранения выше, чем у работников промышленных предприятий: соответственно $41,9 \pm 1,8$ и $26,0 \pm 1,4 \%$. Этот повышенный риск обусловлен большей частотой и длительностью контактов работников здравоохранения с инфицированными лицами, чем работников промышленных предприятий. В возрастной динамике заболеваний в обеих группах работников не наблюдается статистически достоверная положительная или отрицательная направленность COVID-19 всех степеней тяжести заболевания (регрессии 5 и 6). Статистические ошибки равны коэффициенту возрастной динамики риска (регрессия 5) или превышают его (регрессия 6).

Анализ относительного риска COVID-19 разной степени тяжести у работников здравоохранения в сравнении с работниками промышленности показал следующее (табл. 3): у работников здравоохранения относительный риск заболеваемости в легкой форме выше, чем у работников промышленных предприятий, в 1,22–2,07 раза, а риск более тяжелых заболеваний – в 2,96–9,17 раза. При этом наибольшие различия наблюдаются у работников предпенсионного возраста 50–59 лет.

Наибольшие и статистически достоверные различия величин рисков заболевания COVID-19 (более 70 %, табл. 4) среди мужчин и женщин наблюдаются в возрасте 50–59 лет. Что связано с гормональной перестройкой организма женщин в этот период. Пик частоты заболеваемости COVID-19 в этом возрасте среди работников здравоохранения (рисунок) обусловлен тем, что более 85 % персонала составляют женщины.

Выявленные различия величин рисков заболевания COVID-19 среди мужчин и женщин, занятых в организациях здравоохранения и на промышленных предприятиях, не являются статистически достоверными ($p > 0,05$), табл. 4.

Анализ связи риска COVID-19 с хроническими заболеваниями, установленными у работников при медосмотре, выявил достоверную связь только с нарушением показателей эндокринной системы (табл. 5). Вместе с тем, несмотря на повышение риска COVID-19 при эндокринных нарушениях и на зависимость этих рисков от возраста работника, связи возрастной динамики риска COVID-19 с наличием эндокринных расстройств не выявлено.

Выводы

1. Полученные данные о риске заболеваемости COVID-19 являются важным элементом изучения возрастной уязвимости человека к вредным биологическим факторам среды обитания.

2. Распространенность случаев COVID-19 среди работников здравоохранения в 1,6 раза выше, чем у работников промышленных предприятий: соответственно $41,9 \pm 1,8 \%$ и $26,0 \pm 1,4 \%$.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-78-84>
Original Research Article

3. В разных возрастных группах относительный риск заболеваемости COVID-19 легкой формы у работников здравоохранения в 1,2–2,1 раза выше, чем у работников промпредприятий, а риск заболеваний средней и тяжелой степени – в 3–9 раз.

4. Направленность возрастной динамики популяционного риска заболеваемости COVID-19 зависит от степени тяжести заболевания. При легкой степени увеличение возраста на 1 год сопровождается уменьшением риска заболевания в среднем на 0,15 % у работников здравоохранения и на 0,24 % у работников промышленности. При средней и тяжелой степени увеличение возраста на 1 год сопровождается возрастанием риска: на 0,23 % у работников здравоохранения и на 0,14 % у работников промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- van Kamp I, Davies H. Noise and health in vulnerable groups: a review. *Noise Health*. 2013;15(64):153-159. doi: 10.4103/1463-1741.112361
- Сорокин Г.А., Чистяков Н.Д., Шилов В.В. Возрастная уязвимость работников к факторам производственной среды // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 8. С. 807–811. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-807-811
- Сорокин Г.А., В.П. Плеханов, Н.Д. Чистяков Н.Д. Возрастная уязвимость работоспособности и самочувствия человека к факторам среды обитания // Материалы XVII Всероссийского конгресса «Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения». 2022. Т. 17. Ч. 1. С. 356–370.
- Redmayne M, Johansson O. Radiofrequency exposure in young and old: different sensitivities in light of age-relevant natural differences. *Rev Environ Health*. 2015;30(4):323-335. doi: 10.1515/reveh-2015-0030
- Baliatsas C, Bolte J, Yzermans J, et al. Actual and perceived exposure to electromagnetic fields and non-specific physical symptoms: an epidemiological study based on self-reported data and electronic medical records. *Int J Hyg Environ Health*. 2015;218(3):331-344. doi: 10.1016/j.ijheh.2015.02.001
- Rubik B, Brown RR. Evidence for a connection between coronavirus disease-19 and exposure to radiofrequency radiation from wireless communications including 5G. *J Clin Transl Res*. 2021;7(5):666-681.
- Paavola J. Health impacts of climate change and health and social inequalities in the UK. *Environ Health*. 2017;16(Suppl 1):113. doi: 10.1186/s12940-017-0328-z
- Simoni M, Baldacci S, Maio S, Cerrai S, Sarno G, Viegi G. Adverse effects of outdoor pollution in the elderly. *J Thorac Dis*. 2015;7(1):34-45. doi: 10.3978/j.issn.2072-1439.2014.12.10
- Bell ML, Zanobetti A, Dominici F. Evidence on vulnerability and susceptibility to health risks associated with short-term exposure to particulate matter: a systematic review and meta-analysis. *Am J Epidemiol*. 2013;178(6):865-876. doi: 10.1093/aje/kwt090
- Bell ML, Zanobetti A, Dominici F. Who is more affected by ozone pollution? A systematic review and meta-analysis. *Am J Epidemiol*. 2014;180(1):15-28. doi: 10.1093/aje/kwu115
- Costa LG, Cole TB, Dao K, Chang YC, Garrick JM. Developmental impact of air pollution on brain function. *Neurochem Int*. 2019;131:104580. doi: 10.1016/j.neuint.2019.104580
- Costa LG, Cole TB, Dao K, Chang YC, Coburn J, Garrick JM. Effects of air pollution on the nervous system and its

possible role in neurodevelopmental and neurodegenerative disorders. *Pharmacol Ther*. 2020;210:107523. doi: 10.1016/j.pharmthera.2020.107523

- Сорокин Г.А., Шилов В.В. Оценка годового прироста риска нарушения здоровья работников при высокой интенсивности труда // Гигиена и санитария. 2020. № 6. С. 618–623. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-6-618-623>
- Парахонский А.П. Старение иммунной системы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2011. № 6. С. 73–74.
- Сорокин Г.А. Методология определения оптимальной продолжительности рабочего дня и недели на основе хронобиологии работоспособности и утомления: Дис. ... докт. биол. наук. 2020. 318 с. Доступно по: <https://www.disserscat.com/content/metodologiya-opredeleniya-optimalnoi-prodolzhitelnosti-rabochego-dnya-i-nedeli-na-osnove-khr>. Ссылка активна на 25 мая 2023.
- Sigahi TFAC, Kawasaki BC, Bolis I, Morioka SN. A systematic review on the impacts of COVID-19 on work: Contributions and a path forward from the perspectives of ergonomics and psychodynamics of work. *Hum Factors Ergon Manuf*. 2021;31(4):375-388. doi: 10.1002/hfm.20889
- Žaja R, Kerner I, Macan J, Milošević M. Characteristics of work-related COVID-19 in Croatian healthcare workers: a preliminary report. *Arh Hig Rada Toksikol*. 2021;72(1):36-41. doi: 10.2478/aiht-2021-72-3530
- Mihai AM, Barben J, Dipanda M, et al. Analysis of COVID-19 in professionals working in geriatric environment: Multicenter prospective study. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(18):9735. doi: 10.3390/ijerph18189735
- Ochoa-Leite C, Bento J, Rocha DR, et al. Occupational management of healthcare workers exposed to COVID-19. *Occup Med (Lond)*. 2021;71(8):359-365. doi: 10.1093/occmed/kqab117
- Сорокин Г.А., Чистяков Н.Д., Чернышева М.Н., Чалкина О.Н. Профессионально обусловленные нарушения суточного ритма и риск COVID-19 у медицинских работников. Социальные аспекты здоровья населения. 2022. № 1 (68). doi: 10.21045/2071-5021-2021-68-1-2

REFERENCES

- van Kamp I, Davies H. Noise and health in vulnerable groups: a review. *Noise Health*. 2013;15(64):153-159. doi: 10.4103/1463-1741.112361
- Sorokin GA, Chistyakov ND, Shilov VV. Age-related vulnerability of employees to factors of the occupation environment. *Gigiena i Sanitariya*. 2021;99(8):807-811. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-807-811
- Sorokin GA, Plekhanov VP, Chistyakov ND. [Age-related vulnerability of a person's working capacity and well-being to environmental factors.] *Zdorov'e – Osnova Chelovecheskogo Potentsiala: Problemy i Puti Ikh Resheniya*. 2022;17(1):356-370. (In Russ.)
- Redmayne M, Johansson O. Radiofrequency exposure in young and old: different sensitivities in light of age-relevant natural differences. *Rev Environ Health*. 2015;30(4):323-335. doi: 10.1515/reveh-2015-0030
- Baliatsas C, Bolte J, Yzermans J, et al. Actual and perceived exposure to electromagnetic fields and non-specific physical symptoms: an epidemiological study based on self-reported data and electronic medical records. *Int J Hyg Environ Health*. 2015;218(3):331-344. doi: 10.1016/j.ijheh.2015.02.001
- Rubik B, Brown RR. Evidence for a connection between coronavirus disease-19 and exposure to radiofrequency radiation from wireless communications including 5G. *J Clin Transl Res*. 2021;7(5):666-681.

7. Paavola J. Health impacts of climate change and health and social inequalities in the UK. *Environ Health*. 2017;16(Suppl 1):113. doi: 10.1186/s12940-017-0328-z
8. Simoni M, Baldacci S, Maio S, Cerrai S, Sarno G, Viegi G. Adverse effects of outdoor pollution in the elderly. *J Thorac Dis*. 2015;7(1):34-45. doi: 10.3978/j.issn.2072-1439.2014.12.10
9. Bell ML, Zanobetti A, Dominici F. Evidence on vulnerability and susceptibility to health risks associated with short-term exposure to particulate matter: a systematic review and meta-analysis. *Am J Epidemiol*. 2013;178(6):865-876. doi: 10.1093/aje/kwt090
10. Bell ML, Zanobetti A, Dominici F. Who is more affected by ozone pollution? A systematic review and meta-analysis. *Am J Epidemiol*. 2014;180(1):15-28. doi: 10.1093/aje/kwu115
11. Costa LG, Cole TB, Dao K, Chang YC, Garrick JM. Developmental impact of air pollution on brain function. *Neurochem Int*. 2019;131:104580. doi: 10.1016/j.neuint.2019.104580
12. Costa LG, Cole TB, Dao K, Chang YC, Coburn J, Garrick JM. Effects of air pollution on the nervous system and its possible role in neurodevelopmental and neurodegenerative disorders. *Pharmacol Ther*. 2020;210:107523. doi: 10.1016/j.pharmthera.2020.107523
13. Sorokin GA, Shilov VV. Dynamics of indices of the workers' health in different labor intensity. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(6):618-623. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-6-618-623
14. Parakhonsky AP. [Aging of the immune system.] *Mezhdunarodnyy Zhurnal Prikladnykh i Fundamental'nykh Issledovaniy*. 2011;(6-1):73-74. (In Russ.)
15. Sorokin GA. [Methodology for determining the optimal duration of the working day and week based on chronobiology of performance and fatigue.] Dr. Sci. (Biol.) thesis. N.F. Izmerov Research Institute of Occupational Medicine; 2020. (In Russ.) Accessed May 25, 2023. <https://www.dissercat.com/content/metodologiya-opredeleniya-optimalnoi-prodolzhitelnosti-rabochego-dnya-i-nedeli-na-osnove-khr/read>
16. Sigahi TFAC, Kawasaki BC, Bolis I, Morioka SN. A systematic review on the impacts of Covid-19 on work: Contributions and a path forward from the perspectives of ergonomics and psychodynamics of work. *Hum Factors Ergon Manuf*. 2021;31(4):375-388. doi: 10.1002/hfm.20889
17. Žaja R, Kermer I, Macan J, Milošević M. Characteristics of work-related COVID-19 in Croatian healthcare workers: a preliminary report. *Arh Hig Rada Toksikol*. 2021;72(1):36-41. doi: 10.2478/aiht-2021-72-3530
18. Mihai AM, Barben J, Dipanda M, et al. Analysis of COVID-19 in professionals working in geriatric environment: Multicenter prospective study. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(18):9735. doi: 10.3390/ijerph18189735
19. Ochoa-Leite C, Bento J, Rocha DR, et al. Occupational management of healthcare workers exposed to COVID-19. *Occup Med (Lond)*. 2021;71(8):359-365. doi: 10.1093/occmed/kqab117
20. Sorokin GA, Chistyakov ND, Chernysheva MP, Chalkina ON. Professionally caused circadian rhythm disorders and the risk of COVID-19 in medical workers. *Sotsial'nye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya*. 2022;68(1):2. (In Russ.) doi: 10.21045/2071-5021-2022-68-1-2

Сведения об авторах:

✉ **Сорокин** Геннадий Александрович – д.б.н., ведущий научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: sorgen50@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1297-5476>.

Чистяков Николай Дмитриевич – к.м.н., врач-дерматовенеролог отдела клинических исследований ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: ndvision@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1881-3432>.

Чернышева Марина Павловна – д.б.н., профессор ЧОУ ВО «Санкт-Петербургский медико-социальный институт»; e-mail: mp_chern@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7810-4713>.

Кирьянова Марина Николаевна – к.м.н., старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: mnr@ro.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9037-0301>.

Информация о вкладе авторов: разработка дизайна исследования; методология; управление проектом; курирование данных: *Сорокин Г.А.*; получение данных для анализа: *Чистяков Н.Д., Кирьянова М.Н.*; анализ полученных данных: *Чистяков Н.Д.*; редактирование материала: *Чернышева М.П., Кирьянова М.Н.*; обзор публикаций по теме статьи: *Кирьянова М.Н.*; написание текста рукописи: *Сорокин Г.А., Чернышева М.П.* Все авторы ознакомились с результатами и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: Исследование одобрено на заседании ЛЭК № 2021/30.4 от 16.03.2021. От участников исследования получено добровольное информированное согласие на обработку персональных данных.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 10.04.23 / Принята к публикации: 16.05.23 / Опубликована: 31.05.23

Author information:

✉ Gennady A. Sorokin, Dr. Sci. (Biol.), Leading Researcher, Department of Health Risk Analysis, Northwest Public Health Research Center; e-mail: sorgen50@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1297-5476>.

Nikolay D. Chistyakov, Cand. Sci. (Med.), Dermatovenereologist, Clinical Research Department, Northwest Public Health Research Center; e-mail: ndvision@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1881-3432>.

Marina P. Chernysheva, Dr. Sci. (Biol.), Professor, St. Petersburg Medical and Social Institute; e-mail: mp_chern@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7810-4713>.

Marina N. Kir'yanova, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Department of Health Risk Analysis, Northwest Public Health Research Center; e-mail: mnr@ro.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9037-0301>.

Author contributions: study design, methodology, project management, data curation: *Sorokin G.A.*; data collection: *Chistyakov N.D., Kir'yanova M.N.*; analysis and interpretation of results: *Chistyakov N.D.*; critical revision: *Chernysheva M.P., Kir'yanova M.N.*; literature review: *Kir'yanova M.N.*; draft manuscript preparation: *Sorokin G.A., Chernysheva M.P.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript

Compliance with ethical standards: The study was approved by the Local Ethics Committee (Protocol No. 2021/30.4 of March 16, 2021). Written informed consent to personal data processing was obtained from all study participants.

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

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

Received: April 10, 2023 / Accepted: May 16, 2023 / Published: May 31, 2023

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-85-94>
Original Research Article

© Сюрин С.А., Кизеев А.Н., 2023
УДК 616-057: [616.33+616.34] (985)



Особенности профессиональной патологии при добыче углеводородного сырья в Арктике

С.А. Сюрин, А.Н. Кизеев

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,
2-я Советская ул., д. 4, г. Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация

Резюме

Введение. В литературе представлены достаточно противоречивые данные о состоянии здоровья работников нефтегазодобывающих предприятий в Арктике, что обуславливает необходимость дополнительных исследований.

Цель исследования: оценка причин и обстоятельств развития, числа и структуры профессиональных заболеваний при добыче углеводородного сырья в Арктике.

Материалы и методы. Изучены данные социально-гигиенического мониторинга «Условия труда и профессиональная заболеваемость» и регистра выписок из карт учета профессионального заболевания (Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 28.05.2001 № 176). Полученные результаты обработаны статистически с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2016 и программы Epi Info, v. 6.04d.

Результаты. В Российской Арктике в 2007–2021 годах выявлен выраженный контраст в условиях труда и числе профессиональных заболеваний между шахтерами углеводородных предприятий Республики Коми (г. Воркута) и Чукотского АО, с одной стороны, и работниками нефтегазодобывающих предприятий Ненецкого и Ямало-Ненецкого АО, с другой. Так, на объектах крайне неудовлетворительного санитарно-эпидемиологического благополучия были трудоустроены 85,1 % шахтеров и только 3,1 % работников газодобывающих предприятий. У шахтеров выявлялись 98,2 % всех профессиональных болезней работников, занятых в добыче топливно-энергетических ресурсов, а уровень профессиональной заболеваемости (201,71 / 10 000 работников) в 492 раза превышал этот показатель при добыче нефти и газа (0,41/10 000 работников). В структуре патологии у шахтеров наибольшие доли имели хронический бронхит (21,3 %), радикулопатия (21,0 %) и моно- и полинейропатия (10,3 %), а у работников нефтегазодобывающих предприятий – нейросенсорная тугоухость (46,3 %), радикулопатия (18,5 %) и вибрационная болезнь (16,7 %).

Заключение. Полученные новые данные подтверждают высокий уровень здоровья работников нефтегазодобывающих предприятий, тогда как шахтеры-угольщики Арктики нуждаются в приоритетных мерах по улучшению условий труда и совершенствованию всех видов профилактики профессиональной патологии.

Ключевые слова: добыча углеводородного сырья, риски здоровью, профессиональная патология, Арктика.

Для цитирования: Сюрин С.А., Кизеев А.Н. Особенности профессиональной патологии при добыче углеводородного сырья в Арктике // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 5. С. 85–94. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-85-94>

Occupational Diseases in Workers Engaged in Hydrocarbon Extraction in the Arctic

Sergei A. Syurin, Aleksei N. Kizeev

Northwest Public Health Research Center, 4, 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

Summary

Introduction: Literary sources present rather contradictory data on the health of oil and gas industry workers in the Russian Arctic, which requires additional research.

Objective: To assess causes and circumstances, structure and number of occupational diseases among employees engaged in hydrocarbon extraction in the Arctic.

Materials and methods: We studied data of the public health monitoring on working conditions and occupational diseases in the Russian Arctic and the registry of extracts from occupational disease records (Order 176 of the Russian Ministry of Health dated May 28, 2001). The retrieved data were analyzed in Microsoft Excel 2016 and Epi Info statistical software, version 6.04d.

Results: We have revealed a pronounced contrast in working conditions and the number of occupational diseases between coal miners in the Komi Republic (city of Vorkuta) and Chukotka Autonomous Area, on the one hand, and oil and gas production workers of the Nenets and Yamalo-Nenets Autonomous Areas, on the other, in the years 2007–2021. We estimated that 85.1 % of miners and only 3.1 % of gas and oil workers were employed at facilities characterized by extreme sanitary and epidemiological ill-being. Miners were diagnosed with 98.2 % of all occupational diseases registered in workers employed in the extraction of hydrocarbon resources, and the occupational disease incidence in them (201.71 per 10,000 workers) was 492 times higher than that in oil and gas workers (0.41 per 10,000). The most prevalent occupational diseases in the miners were chronic bronchitis (21.3 %), radiculopathy (21.0 %), and mono- and polyneuropathy (10.3 %) while workers of oil and gas companies mainly suffered from sensorineural hearing loss (46.3 %), radiculopathy (18.5 %), and vibration disease (16.7 %).

Conclusion: Our findings confirm good health of oil and gas workers and necessitate urgent priority measures aimed at improvement of working conditions and all types of prevention of occupational conditions in coal miners working in the Arctic.

Keywords: extraction of hydrocarbons, health risks, occupational disease, Arctic.

For citation: Syurin SA, Kizeev AN. Occupational diseases in workers engaged in hydrocarbon extraction in the Arctic. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(5):85–94. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-85-94>

Введение. Энергетический кризис 2021–2023 годов показал несостоятельность расчетов на стабильное развитие глобальной экономики, базирующейся главным образом на возобновляемой или «зеленой» энергии. Это привело к восстановлению значимости традиционного углеводородного сырья, включая даже экологически небезопасный уголь [1, 2]. Такие изменения трендов в мировом предложении и потреблении углеводородов напрямую затрагивают российскую Арктику – крупного производителя природного газа, нефти, газового конденсата и угля [3].

Согласно данным многих исследований, добыча углеводородного сырья осуществляется во вредных условиях труда, повышающих риски развития как профессиональных, так и производственно-обусловленных заболеваний. Особенно это касается работников угледобывающих предприятий [4–6], но также и лиц, осуществляющих добычу нефти и газа [7–9]. В арктических условиях вероятности развития и прогрессирования профессиональных заболеваний возрастают во всех видах экономической деятельности [10, 11]. Данный феномен является следствием многих причин, но прежде всего – сочетанного влияния вредных климатических и производственных факторов. К числу первых относятся длительные периоды низкой температуры воздуха, резкие суточные перепады атмосферного давления, напряженный электромагнитный режим ионосферы, нарушения световой периодичности и другие [12–14]. Наиболее значимыми вредными производственными факторами при добыче полезных ископаемых являются повышенная тяжесть труда, шум, общая и локальная вибрация, вредные химические вещества и фиброгенные аэрозоли [15–17]. На нефтегазодобывающих предприятиях специфическое негативное воздействие на организм работников оказывают входящие в состав нефти и газа серосодержащие соединения (серный ангидрид, сернистый ангидрид, сероводород, сероуглерод и другие), классифицируемые по своим токсическим свойствам как вещества второго-четвертого классов опасности [18, 19]. Наибольшую угрозу здоровью шахтеров угледобывающих предприятий представляют угольная пыль в виде аэрозолей преимущественно фиброгенного действия и повышенная тяжесть трудовых процессов [20, 21], в том числе в условиях Арктики [22].

В Российской Арктике при добыче нефти и газа широко применяется вахтовый метод труда с привлечением работников из других климатических зон страны. Считается, что такая организация производства сопровождается дополнительным отрицательным воздействием на адаптационные механизмы организма вахтовиков из-за быстрой смены климатических, производственных и бытовых условий мест постоянного проживания и временной работы. Это приводит к повышению риска формирования заболеваний нервной и костно-мышечной систем, системы кровообращения и др. [23–25]. Однако в последние годы появились данные о существенно более высоком уровне здоровья работников нефтегазодобывающих предприятий по сравнению с лицами, занятыми в других видах

экономической деятельности в Арктике, и особенно шахтерами-угольщиками [26, 27]. Убедительного научного объяснения этим фактам пока нет.

Таким образом, нерешенные вопросы охраны здоровья работников ресурсодобывающих предприятий в Арктике показывают важность новых знаний о причинах возникновения, структуре, распространенности и возможностях профилактики профессиональных заболеваний. Они будут направлены на поддержание трудового потенциала населения, а следовательно – на успешное развитие топливно-энергетической базы Российской Арктики.

Цель исследования заключалась в оценке причин и обстоятельств развития, числа и структуры профессиональных заболеваний при добыче углеводородного сырья в Арктике.

Материалы и методы. Выполнен анализ данных социально-гигиенического мониторинга по разделу «Условия труда и профессиональная заболеваемость» и Регистра выписок из карт учета профессионального заболевания (отравления) (Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 28.05.2001 № 176 «О совершенствовании системы расследования и учета профессиональных заболеваний в Российской Федерации», Приложение № 5) в 2007–2021 годах.

Условия труда и профессиональная патология при добыче нефти и газа проанализированы по данным вышеуказанных документов у работников предприятий Ямало-Ненецкого и Ненецкого АО, а при добыче угля – у лиц, занятых на предприятиях Республики Коми (в г. Воркуте – единственном месте постоянной добычи угля в 2007–2021 гг.) и в Чукотском АО. Они образовали первую и вторую основные группы, критерием включения в которые было осуществление добычи углеводородного сырья. Две группы сравнения составили работники этих же регионов, критерием включения в которые было осуществление всех видов экономической деятельности помимо добычи полезных ископаемых. Полученные результаты обработаны статистически с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2016 и программы Epi Info, v. 6.04d. Предварительно выборки проверялись на соответствие закону нормального распределения величин при помощи одновыборного теста Колмогорова – Смирнова. В связи с отсутствием нормального распределения ($p < 0,05$) в дальнейшем применялся критерий Манна – Уитни. Рассчитывались относительный риск (ОР) и 95 % доверительный интервал (ДИ), при анализе четырехпольных таблиц использовался критерий согласия χ^2 . Числовые данные представлены как абсолютные и процентные значения, среднее арифметическое и его стандартная ошибка ($M \pm m$). Уровень значимости нулевой гипотезы считался критическим при $p < 0,05$.

Результаты исследования. Гигиеническая оценка условий труда выявила существенные различия в структуре вредных производственных факторов при добыче различных видов углеводородного сырья в Арктике. При добыче нефти и газа более трети работников подвергались воздействию шума, а доли более 5 % имели неионизирующие электромагнитные поля и излучения, охлаждающий микроклимат

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-85-94
Original Research Article

и вредные химические вещества. Удельный вес этих четырех факторов превышал соответствующие показатели у шахтеров. У работников двух групп сравнения шум также занимал наибольшую долю в структуре вредных воздействий.

При добыче угля наибольшее значение имели аэрозоли преимущественно фиброгенного действия, неудовлетворительные параметры освещенности и тяжесть трудовых процессов. Также шахтеры чаще подвергались сочетанному действию нескольких вредных факторов по сравнению с работниками нефтегазодобывающих предприятий (табл. 1).

Комплексная оценка условий труда проведена по числу рабочих мест и их средней годовой доле на объектах трех групп санитарно-эпидемиологического благополучия. Было показано, что среди угледобывающих предприятий отсутствовали объекты надзора первой группы санитарно-эпидемиологического благополучия (рабочие места с удовлетворительными условиями). Они чаще, чем лица занятые добычей газа и нефти, работали в неудовлетворительных условиях ($p < 0,001$), а более 85 % шахтеров трудоустроены на объектах надзора третьей группы с крайне неудовлетворительными условиями труда.

В отличие от шахтеров-угольщиков более 96 % работников нефтегазодобывающей промышленности почти в равном соотношении были заняты на объектах надзора первой и второй групп. Крайне неудовлетворительные условия труда имели только немногим более 3 % работников. Условия труда

работников двух групп сравнения занимали промежуточное положение между условиями труда шахтеров и работников нефтегазодобывающих предприятий (табл. 2).

Оценка условий труда (табл. 1) и данные об общей численности четырех групп наблюдения (табл. 2) показали, что при добыче газа и нефти у одного работника отмечается 0,48 случая экспозиции к вредным производственным факторам, а при добыче угля – 1,79, то есть в 3,73 раза чаще. Величина этого показателя, по которой можно судить об интенсивности воздействия вредных условий труда на работника, в группах сравнения был близким к группе работников нефтегазодобывающих предприятий: 0,52 и 0,90. Следовательно, оценка условий труда как по отдельным факторам, так и по их комплексному воздействию выявила худшие показатели у шахтеров-угольщиков по сравнению с работниками нефтегазодобывающих предприятий и других видов экономической деятельности.

В 2007–2021 годах у 2394 работников, осуществлявших добычу углеводородного сырья, было впервые диагностировано 3016 профессиональных болезней (табл. 3). Подавляющее большинство работников (97,9 %) являлись горняками угольных предприятий, среди которых 96,4 % составляли мужчины. Среди работников нефтегазодобывающих предприятий были только мужчины.

Средний возраст и продолжительность стажа шахтеров на момент установления профессионального заболевания были меньше, чем у лиц, заня-

Таблица 1. Среднее годовое число и доля (%) работников, имеющих контакт с вредными производственными факторами

Table 1. The average annual number and proportion (%) of workers exposed to occupational risk factors

Вредный производственный фактор / Occupational risk factor	Ненецкий и Ямало-Ненецкий АО / Nenets and Yamalo-Nenets Autonomous Areas		Город Воркута и Чукотский АО / City of Vorkuta and Chukotka Autonomous Area	
	Добыча газа и нефти / Gas and oil extraction	Все другие ВЭД / Other economic activities	Добыча угля / Coal mining	Все другие ВЭД / Other economic activities
Шум / Noise	15 276 (36,1)	12 069 (22,7) ²	828 (2,5) ¹	1806 (12,5) ²
Неионизирующие электромагнитные поля и излучения / Non-ionizing electromagnetic fields and radiation	7580 (17,9)	6333 (11,9) ²	304 (1,7) ¹	1232 (8,5) ²
Микроклимат (охлаждающий) / Cold environment	6228 (14,7)	5917 (11,1) ²	410 (2,3) ¹	1376 (9,5) ²
Химические вещества I–IV классов опасности и канцерогены / Chemicals of hazard classes I–IV and carcinogens	2219 (5,3)	4181 (7,9) ²	63 (0,4) ¹	1426 (9,9) ²
Вибрация общая / Whole-body vibration	1819 (4,3)	4948 (9,3) ²	542 (3,1)	772 (5,3) ²
Тяжесть труда / Labor severity	1713 (4,1)	3246 (6,1) ²	1656 (9,5) ¹	1125 (7,8) ²
Напряженность труда / Labor intensity	769 (1,8)	1189 (2,2)	441 (1,3)	848 (5,9) ²
Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия / Fibrous aerosols	626 (1,5)	928 (1,7)	3632 (20,7) ¹	305 (2,1) ²
Ионизирующее излучение / Ionizing radiation	587 (1,4)	335 (0,6)	11 (0,1)	106 (0,7)
Освещенность / Illumination	607 (1,4)	1444 (2,7)	2490 (14,2) ¹	946 (6,5) ²
Инфразвук / Infrasound	463 (1,1)	701 (1,3)	152 (0,9)	43 (0,3)
Вибрация локальная / Hand-arm vibration	316 (0,7)	655 (1,2)	226 (1,3)	536 (3,7)
Биологические факторы / Biological factors	295 (0,7)	1571 (3,0) ²	0	446 (3,1)
Сочетанное действие двух и более факторов / Combined exposure to two or more factors	11 176 (26,4)	9946 (18,7) ²	6762 (38,6) ¹	3504 (24,2) ²
Всего / Total	42 258	53 193	17 517	14 471

Примечание для таблиц 1–5: ¹ – различия ($p < 0,05$) между работниками нефтегазо- и угледобывающих предприятий; ² – различия ($p < 0,05$) между основными и группами сравнения; ВЭД – вид экономической деятельности.

Notes for tables 1–5: ¹ – differences ($p < 0.05$) between employees of oil and gas extraction and coal mining facilities; ² – differences ($p < 0.05$) between the main and control cohorts.

Таблица 2. Среднее годовое число и доля (%) работников на объектах санитарно-эпидемиологического благополучия при добыче углеводородного сырья**Table 2. The average annual number and proportion (%) of employees at the facilities of sanitary and epidemiological wellbeing in the extraction of hydrocarbon raw materials**

Группа объектов санитарно-эпидемиологического благополучия / Group of objects of sanitary and epidemiological wellbeing	Ненецкий и Ямало-Ненецкий АО / Nenets and Yamalo-Nenets Autonomous Areas		Город Воркута и Чукотский АО / City of Vorkuta and Chukotka Autonomous Area	
	Добыча газа и нефти / Gas and oil extraction	Все другие ВЭД / Other economic activities	Добыча угля / Coal mining	Все другие ВЭД / Other economic activities
Первая (удовлетворительные условия) / First (satisfactory conditions)	40 736 (46,4)	39 520 (39,0) ²	0 ¹	5426 (33,9) ²
Вторая (неудовлетворительные условия) / Second (unsatisfactory conditions)	44 315 (50,5)	48 811 (48,1) ²	1461 (14,9) ¹	7035 (44,1) ²
Третья (крайне неудовлетворительные условия) / Third (extremely unsatisfactory conditions)	2693 (3,1)	13132 (12,9) ²	8331 (85,1) ¹	3522 (22,0) ²
Всего / Total	87 744	101 463	9792	15 983

тых добычей природного газа и нефти ($p < 0,001$), а также у работников группы сравнения. Также у шахтеров отмечалась большая доля лиц с двумя и более профессиональными заболеваниями ($p < 0,001$), большее число нозологических форм профессиональных заболеваний у одного работника ($p < 0,001$). Риск развития профессионального заболевания у шахтеров был выше, чем у работников нефтегазодобывающих предприятий: ОР = 441,3; ДИ 164,0–1187,3; $p < 0,001$ и работников остальных видов экономической деятельности в г. Воркуте и Чукотском АО: ОР = 50,9; ДИ 20,9–124,0; $p < 0,001$.

У работников нефтегазодобывающих и угледобывающих предприятий профессиональные заболевания вызывали одни и те же 7 вредных производственных факторов, но их структуры по этиологической значимости были совершенно разными. При добыче газа и нефти наибольший удельный вес среди факторов имели шум, тяжесть труда и общая вибрация. У шахтеров основными причинами развития заболеваний были тяжесть труда, аэрозоли фиброгенного действия и локальная вибрация. Статистически значимые различия между двумя группами работников отмечались по 6 из 7 факторов, кроме охлаждающего микроклимата рабочих мест. В группах сравнения 28 профессио-

нальных заболеваний были вызваны биологическими факторами (22 случая COVID-19, 5 случаев туберкулеза органов дыхания у медицинских работников, и один случай эхинококкоза у животновода). При добыче нефти и газа значимые различия с группой сравнения отмечались по четырем факторам: шум, тяжесть труда, общая вибрация и биологические факторы. При добыче угля таких факторов было шесть: шум, тяжесть труда, локальная и общая вибрация, аэрозоли преимущественно фиброгенного действия и биологические факторы.

Основным технологическим обстоятельством, делавшим возможным воздействие вредных производственных факторов на работников при добыче как нефти и газа, так и угля, были конструктивные недостатки машин, механизмов и другого оборудования. Причем у шахтеров на это обстоятельство приходилось почти три четверти всех случаев. Несвершенство технологических процессов имело большее значение при добыче нефти и газа, чем угля.

У шахтеров профессиональная патология развивалась преимущественно при условиях труда, соответствовавшим классам вредности 3.2–3.4, а у работников нефтегазодобывающих предприятий – при классах вредности 3.1–3.2. Единичные случаи заболеваний отмечались при допустимых

Таблица 3. Общая характеристика работников с впервые установленной профессиональной патологией в 2007–2021 гг.**Table 3. General characteristics of incident cases of occupational diseases among the workers, 2007–2021**

Показатель / Indicator	Ненецкий и Ямало-Ненецкий АО / Nenets and Yamalo-Nenets Autonomous Areas		Город Воркута и Чукотский АО / City of Vorkuta and Chukotka Autonomous Area	
	Добыча газа и нефти / Gas and oil extraction	Все другие ВЭД / Other economic activities	Добыча угля / Coal mining	Все другие ВЭД / Other economic activities
Число работников / Number of workers	50	308	2344	80
Пол / Sex: мужчины / males (%) женщины / females (%)	50 (100,0) 0	289 (93,8) 19 (6,2)	2260 (96,4) 84 (3,6)	65 (81,3) ² 15 (18,7) ²
Средний возраст, лет / Mean age, years	54,8 ± 0,7	55,1 ± 0,4	50,9 ± 0,3 ¹	55,4 ± 0,82
Средний стаж, лет / Mean job seniority, years	27,4 ± 1,1	28,9 ± 0,5	24,7 ± 0,1 ¹	27,7 ± 0,72
Общее число заболеваний / Total number of diseases	54	310	2962	85
Число и доля работников с двумя и более заболеваниями / Number and proportion of employees with two or more diseases (%)	4 (8,7)	2 (0,6) ²	616 (26,3) ¹	5 (6,3) ²
Число заболеваний у одного работника / 10 000 работников / Number of diseases per worker/10,000 workers	1,08 ± 0,04	1,01 ± 0,01	1,26 ± 0,03 ¹	1,06 ± 0,02 ²

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-85-94>
Original Research Article

и экстремальных условиях труда. Различия между двумя группами при классах условиях труда классов 2, 3.1, 3.2, 3.3 и 3.4 были статистически значимыми (табл. 4).

В структуре профессиональной патологии работников нефтегазодобывающих и угледобывающих предприятий также имелись существенные различия. У лиц, занятых добычей газа и нефти, отмечались большие удельные веса болезней уха (тугоухость) и болезней класса «Травмы, отравления и другие последствия воздействия внешних причин», чем у шахтеров. У последних в структуре патологии были выше доли болезней костно-мышечной и нервной систем, а также органов дыхания. Доли классов заболеваний в соответствующих основных и группах сравнения отличались по большинству позиций, тогда как между группами сравнения различия были минимальными: только по долям болезней костно-мышечной системы ($p < 0,001$) и болезням уха ($p < 0,001$) (табл. 5).

В число наиболее часто выявляемых нозологических форм профессиональных заболеваний

у шахтеров вошли хронический бронхит (21,3 %), радикулопатия (21,0 %) и моно- и полинейропатия (10,3 %), а у работников нефтегазодобывающих предприятий – нейросенсорная тугоухость (46,3 %), радикулопатия (18,5 %) и вибрационная болезнь (16,7 %). В обеих группах сравнения преобладала нейросенсорная тугоухость: 81,9 и 62,4 %.

В 2007–2021 годах динамика числа впервые выявленных профессиональных заболеваний у шахтеров-угольщиков имела значительные особенности (рисунок). Резкий рост (в 1,32 раза) отмечался в 2010–2012 годах, умеренный (1,03 раза) – в 2013–2018 годах, а в 2018–2021 годах произошло существенное (в 1,77 раза) снижение числа заболеваний. За этот же 15-летний период наблюдений у работников нефтегазодобывающих предприятий и других видов экономической деятельности (не включая добычу полезных ископаемых) существенная динамика числа заболеваний отсутствовала (линия тренда параллельна оси абсцисс).

С учетом числа работников, занятых на объектах санитарно-эпидемиологического благополучия

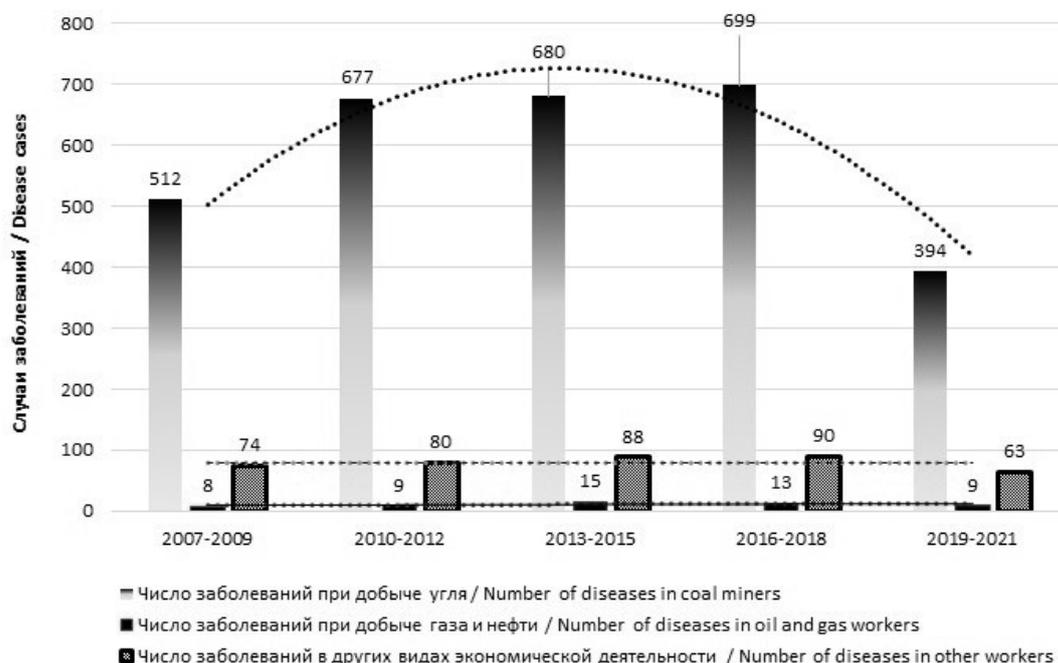
Таблица 4. Число и доля (%) профессиональных заболеваний, возникших при воздействии определенных вредных производственных факторов, обстоятельствах и классах условий труда

Table 4. The number and proportion (%) of occupational diseases related to certain occupational risk factors, circumstances and classes of working conditions

Показатель / Indicator	Ненецкий и Ямало-Ненецкий АО / Nenets and Yamalo-Nenets Autonomous Areas		Город Воркута и Чукотский АО / City of Vorkuta and Chukotka Autonomous Area	
	Добыча газа и нефти / Gas and oil extraction	Все другие ВЭД / Other economic activities	Добыча угля / Coal mining	Все другие ВЭД / Other economic activities
Вредный производственный фактор / Occupational risk factor				
Шум / Noise	26 (48,1)	254 (81,9) ²	244 (8,2) ¹	53 (62,4) ²
Тяжесть труда / Labor severity	13 (24,1)	15 (4,8) ²	1455 (49,1) ¹	14 (16,5) ²
Вибрация общая / Whole-body vibration	9 (16,7)	8 (2,6) ²	30 (1,0) ¹	3 (3,5) ²
Химические вещества I–IV классов опасности и канцерогены / Chemicals of hazard classes I–IV and carcinogens	3 (5,6)	7 (2,3)	7 (0,2) ¹	0
Вибрация локальная / Hand-arm vibration	1 (1,9)	2 (3,8)	461 (15,6) ¹	4 (4,7) ²
Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия / Fibrous aerosols	1 (1,9)	1 (1,9)	758 (25,6) ¹	5 (5,9) ²
Микроклимат охлаждающий / Cold environment	1 (1,9)	1 (1,9)	7 (0,2)	0
Биологические факторы / Biological factors	0	22 (7,1) ²	0	6 (7,1) ²
Технологические обстоятельства / Technological circumstances				
Конструктивные недостатки машин, механизмов и другого оборудования / Design flaws of machines, mechanisms and other equipment	26 (48,1)	193 (62,3) ²	2213 (74,7) ¹	56 (65,9)
Несовершенство технологических процессов / Imperfection of technological processes	16 (29,6)	64 (20,6) ²	280 (9,5) ¹	16 (18,8) ²
Несовершенство рабочих мест / Imperfect workplaces	8 (14,8)	12 (3,9) ²	465 (15,7)	3 (3,5) ²
Профессиональный контакт с инфекционным агентом / Occupational exposure to an infectious agent	0	22 (7,1) ²	0	6 (7,1) ²
Неисправность машин, механизмов и другого оборудования / Malfunction of machines, mechanisms and other equipment	0	10 (3,2)	2 (0,1)	3 (3,5) ²
Прочие / Others	0	9 (2,9)	2 (0,1)	1 (1,2)
Класс условий труда / Class of working condition				
2	3 (5,6)	3 (1,0)	5 (0,2) ¹	1 (1,2)
3.1	22 (40,7)	79 (25,5) ²	346 (11,7) ¹	12 (14,1)
3.2	26 (48,1)	183 (57,7) ²	993 (33,5) ¹	55 (64,7) ²
3.3	3 (5,6)	40 (12,9) ²	1029 (34,7) ¹	15 (17,6) ²
3.4	0	5 (1,6)	538 (18,2) ¹	2 (2,4) ²
4	0	0	51 (1,7)	0

Таблица 5. Число и доля (%) профессиональных заболеваний различных классов, возникающих при добыче углеводородного сырья**Table 5. The number and proportion (%) of occupational diseases of various categories related to extraction of hydrocarbon raw materials**

Класс болезней / Disease category	Ненецкий и Ямало-Ненецкий АО / Nenets and Yamalo-Nenets Autonomous Areas		Город Воркута и Чукотский АО / City of Vorkuta and Chukotka Autonomous Area	
	Добыча газа и нефти / Gas and oil extraction	Все другие ВЭД / Other economic activities	Добыча угля / Coal mining	Все другие ВЭД / Other economic activities
Органов дыхания / Diseases of the respiratory system	1 (1,9)	3 (1,0)	806 (27,2) ¹	5 (5,9) ²
Костно-мышечной системы и соединительной ткани / Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue	12 (22,2)	16 (5,2) ²	1294 (43,7) ¹	16 (18,8) ²
Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин / Injuries, poisoning and some other consequences of external causes	10 (18,5)	9 (2,9) ²	108 (3,6) ¹	2 (2,4)
Уха и сосцевидного отростка / Diseases of the ear and mastoid process	25 (46,3)	254 (81,9) ²	58 (2,0) ¹	53 (62,4) ²
Нервной системы / Diseases of the nervous system	4 (7,4)	2 (0,6) ²	686 (23,2) ¹	3 (3,5) ²
Новообразования злокачественные / Malignant neoplasms	0	1 (0,3)	7 (0,2)	0
Кожы и подкожной клетчатки / Diseases of the skin and subcutaneous tissue	2 (3,7)	3 (1,0)	0	0
Инфекционные и паразитарные / Infectious and parasitic diseases	0	22 (7,1) ²	0	6 (7,1)
Системы кровообращения / Diseases of the circulatory system	0	0	3 (0,1)	0

**Рисунок. Число впервые выявленных профессиональных заболеваний у работников различных видов экономической деятельности в Арктике****Figure. Incident cases of occupational diseases in workers engaged in various types of economic activity in the Arctic**

в Республике Коми (г. Воркута), Ненецком, Ямало-Ненецком и Чукотском АО, средний годовой показатель профессиональной заболеваемости в 2007–2021 годах при добыче каменного угля составил 201,71 / 10 000 работников, при добыче газа и нефти – 0,41 / 10 000 работников (разница в 492,0 раза). У работников предприятий всех других видов экономической деятельности в г. Воркуте

и Чукотском АО этот показатель был на уровне 3,55 / 10 000 работников, а в Ненецком и Ямало-Ненецком АО – 2,02 / 10 000 работников. Важно отметить, что в группе сравнения по добыче угля профессиональная заболеваемость была в 56,82 раза меньше, чем в основной, тогда как в группе сравнения по добыче газа и нефти – в 4,93 раза выше, чем в основной.

Обсуждение. В результате выполненного исследования установлен ряд фактов, заслуживающих внимания и научного объяснения. Прежде всего, это почти пятисоткратные различия уровней средней годовой профессиональной заболеваемости между шахтерами угольных предприятий Республики Коми (г. Воркута) и Чукотского АО, с одной стороны, и работниками нефтегазодобывающих предприятий в Ямало-Ненецком и Ненецком АО, с другой. Кроме того, необходимо отметить, что в 2007–2021 годах уровень профессиональной заболеваемости шахтеров-угольщиков в 7,74 раза превышал общероссийский показатель в угольной промышленности (26,05 / 10 000 работников) в 2006 году (более поздних данных в открытом доступе обнаружить не удалось). Напротив, заболеваемость работников нефтегазодобывающих предприятий была в 8,14 раза ниже, чем в нефтедобывающей промышленности (3,34 / 10 000 работников) и в 2,68 раза ниже, чем в газовой промышленности России (1,10 / 10 000 работников)¹.

Очевидно, что столь существенные различия только частично могут быть вызваны худшими условиями труда при добыче угля по сравнению с добычей газа и нефти. Также не представляется возможным связать различия профессиональной заболеваемости в двух сравниваемых отраслях промышленности с природно-климатическими условиями Арктики. Они хотя и имеют некоторые особенности в европейской и азиатской частях Арктики, но в целом характеризуются сходным экстремальным воздействием на организм человека во всех четырех изученных регионах [12, 14]. О незначительном влиянии климатических условий говорит то, что различие уровня профессиональной заболеваемости между двумя группами сравнения составило всего 1,76 раза, тогда как между двумя основными группами – 492,0 раза.

Так как исследование проводилось в Арктике, особое внимание уделялось охлаждающему микроклимату рабочих мест и его влиянию на профессиональное здоровье. В научной литературе представлены убедительные данные о том, что хронический холодовой стресс может быть причиной нарушения физической и умственной работоспособности, координации движений, болевого синдрома, производственных травм [28, 29]. В структуре вредных факторов на нефтегазодобывающих предприятиях охлаждающий микроклимат был одним из наиболее распространенных, занимая долю 14,7 %. Однако только в 1,9 % случаях он был признан причиной развития заболеваний. Меньшее значение охлаждающий микроклимат имел у шахтеров, вероятно, вследствие того, что основные объемы сырья добываются шахтным способом при относительно стабильных параметрах температуры, влажности и движения воздуха. Доля охлаждающего микроклимата в структуре вредных факторов шахтеров составила 2,3 %, а как причина развития заболевания он признавался в 0,2 % случаев. Приведенные данные позволяют предполагать недооценку этого

фактора при изучении условий труда и при проведении экспертизы связи заболеваний с профессией.

Для объяснения резких различий в уровнях профессионального здоровья лиц, осуществляющих добычу нефти, газа и угля, помимо вредных производственных и климатических факторов необходимо рассматривать и другие причины, способные оказывать влияние на показатели профессиональной заболеваемости работающего населения Арктики. Среди них могут быть следующие.

1. Широкое применение при добыче нефти и газа вахтового метода труда (в отличие от угледобывающих предприятий), при котором затруднены диагностика и официальная регистрация профессиональных заболеваний, а также велика вероятность низкого качества медицинских осмотров [30]. Кроме того, между регионами страны, где вахтовики временно работают и где они постоянно проживают, отсутствует надлежащий обмен информацией о случаях впервые выявленной профессиональной патологии.

2. Сознательное сокрытие работниками, особенно при вахтовом методе труда, жалоб и других клинических проявлений профессиональных заболеваний для сохранения лучше оплачиваемых рабочих мест в арктических районах [31].

3. Феномен «здорового работника», возникающий вследствие естественного разделения вахтовиков на тех, кто хорошо и плохо переносит резкие изменения производственных, климатических и бытовых условий, связанных с трудовой деятельностью в Арктике. Первая группа с исходно лучшим состоянием здоровья продолжает трудиться в вахтовом режиме, и у них действительно редко формируются профессиональные болезни. Вторая группа в результате «стихийного профотбора» вынуждена отказываться от этого вида трудовой деятельности. При этом медицинские основания для такого решения в большинстве случаев остаются неизвестными и неучтенными. Так формируется феномен «здорового работника», когда ожидаемо худшее состояние здоровья лиц, работающих во вредных условиях, оказывается лучше, чем популяции в целом [32].

4. Использование при добыче угля преимущественно труда местных жителей, длительно проживающих в Арктике, состояние здоровья которых может уже изначально уступать состоянию здоровья вахтовиков – жителей климатически более благоприятных регионов.

С учетом полученных данных заслуживает дополнительного анализа весь спектр влияния вахтового метода организации труда на работников, прибывающих из разных регионов России для осуществления добычи нефти и газа в Арктике. Логично предположить, что отмечаемый у них низкий уровень профессиональной заболеваемости может быть обусловлен не только дефектами выявления и регистрации существующих нарушений здоровья. Нельзя исключить, что, помимо негативного эффекта, есть и положительное влияние этого метода

¹ «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2006 году». Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2007.

выполнения работ. Оно может быть обусловлено тем, что после трудовой вахты в Арктике следует продолжительный период отдыха в привычных климатических и бытовых условиях постоянного места проживания. В течение этого времени прекращается контакт с вредными производственными факторами, не происходит аккумуляции их отрицательных эффектов, создаются условия для восстановления возможных начальных проявлений нарушений здоровья работника. Подтверждение или опровержение данной гипотезы потребует дополнительных исследований.

В качестве ограничения проведенного исследования можно считать привязку полученных результатов и выводов к сравнительно небольшому региону российской Арктики: Республика Коми (г. Воркута), Ненецкий, Ямало-Ненецкий и Чукотский АО.

Заключение. В Российской Арктике в 2007–2021 годах отмечался выраженный контраст в условиях труда и числе профессиональных заболеваний между шахтерами угледобывающих предприятий в Республике Коми (г. Воркута) и Чукотском АО, с одной стороны, и работниками нефтегазодобывающих предприятий Ненецкого и Ямало-Ненецкого АО, с другой. Так, на объектах крайне неудовлетворительного санитарно-эпидемиологического благополучия были трудоустроены 85,1 % шахтеров и только 3,1 % работников газодобывающих предприятий. У шахтеров выявлялись 98,2 % всех профессиональных болезней работников, занятых в добыче топливно-энергетических ресурсов, а уровень профессиональной заболеваемости (201,71 / 10000 работников) в 492 раза превышал этот показатель при добыче нефти и газа (0,41 / 10000 работников). Полученные новые данные подтверждают более высокий уровень здоровья работников нефтегазодобывающих предприятий по сравнению как с шахтерами-угольщиками, так и лицами, занятыми в других видах экономической деятельности в Арктике. В то же время показано, что шахтеры-угольщики Арктики нуждаются в приоритетных мерах по улучшению условий труда и совершенствованию всех видов профилактики профессиональной патологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шуранова А.А., Петрунин Ю.Ю. Энергетический кризис 2021–2022 гг. в отношениях России и Европейского Союза // Государственное управление. Электронный вестник. 2022. № 90. С. 74–89. doi: 10.24412/2070-1381-2022-90-74-89
2. Соломин Е.В., Юнусов П.А., Ковалёв А.А. и др. Обоснование грядущих глобальных энергетических проблем // Альтернативная энергетика и экология (ISJAE). 2021. № 4-6 (362-364). С. 48–60. doi: 10.15518/is-jaee.2021.04-06.048-060. EDN: UMOYXX
3. Дудин М., Лясников Н., Проценко О., Цветков В. Квантификация и оценка рисков проектов добычи углеводородных ресурсов в Арктике // Экономическая политика. 2017. Т. 12. № 4. С. 168–195. doi: 10.18288/1994-5124-2017-4-07. EDN: ZFJDJN
4. Адилов У.Х. Профессиональная заболеваемость работников, занятых на открытом и подземном способах добычи угля // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 10. С. 50–57. doi: 10.17513/mjpf.12866. EDN: HWJZBN
5. Мартынова Н.А., Кислицына В.В. Профессиональная заболеваемость шахтеров (обзор литературы) // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2017. № 5(72). С. 46–52. doi: 10.5281/zenodo.1115460
6. Панков В.А., Кулешова М.В. Оценка условий труда и профессионального риска у работников при добыче угля открытым способом // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 10. С. 1112–1119. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-10-1112-1119. EDN: XCDCLT
7. Валеева В.Т., Гимранова Г.Г., Шайхлисламова Э.Р. Производственные и непроизводственные факторы риска развития болезней системы кровообращения у работников нефтяной промышленности // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 3 (336). С. 4–8. doi: 10.35627/2219-5238/2021-336-3-4-8. EDN: GFCSVM
8. Гимранова Г.Г., Бакиров А.Б., Шайхлисламова Э.Р., Каримова Л.К., Бейгул Н.А., Маврина Л.Н. Заболевания костно-мышечной и периферической нервной систем у нефтяников в условиях сочетанного воздействия вибрации и тяжести трудового процесса // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 6. С. 552–555. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-6-552-555
9. Каримова Л.К., Капцов В.А., Салимгареева Т.М., Маврина Л.Н., Гимаева З.Ф., Бейгул Н.А. Оценка риска нарушения здоровья работников предприятий топливно-энергетического комплекса // Здоровье населения и среда обитания. 2017. № 4 (289). С. 25–30. doi: 10.35627/2219-5238/2017-289-4-25-30. EDN: YLIDCL
10. Antipov S. Occupational health in Siberia and Arctic zones. *Occup Environ Med.* 2018;75(Suppl 2):A247. doi: 10.1136/oemed-2018-ICOHabstracts.706
11. Чашин В.П., Гудков А.Б., Попова О.Н., Одланд Ю.О., Ковшов А.А. Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике // Экология человека. 2014. № 1. С. 3–12. doi: 10.17816/humeco17269. EDN: RYIEQP
12. Корчин В.И., Корчина Т.Я., Терникова Е.М., Бикбулатова Л.Н., Лапенко В.В. Влияние климатогеографических факторов Ямало-Ненецкого автономного округа на здоровье населения (обзор) // Журнал медико-биологических исследований. 2021. Т. 9. № 1. С. 77–88. doi: 10.37482/2687-1491-Z046. EDN: JFHWCN
13. Мышинская Ж.М. Влияние климатических и экологических факторов на здоровье человека в условиях Крайнего Севера // Ямальский вестник. 2016. № 2 (7). С. 79–80. EDN: TVXVPX
14. Хаснулин В.И., Хаснулин П.В. Современные представления о механизмах формирования северного стресса у человека в высоких широтах // Экология человека. 2012. № 1. С. 3–11. EDN: OSKLQP
15. Фадеев А.Г., Горяев Д.В., Зайцева Н.В., Шур П.З., Редько С.В., Фокин В.А. Нарушения здоровья работников, связанные с факторами риска условий труда в горнодобывающей промышленности Арктической зоны (аналитический обзор) // Анализ риска здоровью. 2023. № 1. С. 184–193. doi: 10.21668/health.risk/2023.1.17
16. Сюрин С.А., Ковшов А.А. Условия труда и риск профессиональной патологии на предприятиях Арктической зоны Российской Федерации // Экология человека. 2019. № 10. С. 15–23. doi: 10.33396/1728-0869-2019-10-15-23. EDN: PRWHRZ
17. Gorbanev S, Syurin S, Kovshov A. Features of occupational health risks in the Russian Arctic (on the example of Nenets Autonomous Okrug and Chukotka Autonomous Okrug). *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(3):1061. doi: 10.3390/ijerph18031061
18. Witter RZ, Tenney L, Clark S, Newman LS. Occupational exposures in the oil and gas extraction industry: State of the science and research recommendations. *Am J Ind Med.* 2014;57(7):847-856. doi: 10.1002/ajim.22316
19. Holder C, Hader J, Avanasri R, et al. Evaluating potential human health risks from modeled inhalation exposures to volatile organic compounds emitted from oil and gas operations. *J Air Waste Manag Assoc.* 2019;69(12):1503-1524. doi: 10.1080/10962247.2019.1680459

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-85-94>
Original Research Article

20. Beer C, Kolstad HA, Søndergaard K, et al. A systematic review of occupational exposure to coal dust and the risk of interstitial lung diseases. *Eur Clin Respir J*. 2017;4(1):1264711. doi: 10.1080/20018525.2017.1264711
21. Blackley DJ, Halldin CN, Scott Laney A. Continued increase in prevalence of coal workers' pneumoconiosis in the United States, 1970–2017. *Am J Public Health*. 2018;108(9):1220–1222. doi: 10.2105/AJPH.2018.304517
22. Горбанев С.А., Сюрин С.А., Фролова Н.М. Условия труда и профессиональная патология горняков угольных шахт в Арктике // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59. № 8. С. 452–457. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-8-452-457. EDN: KBQNJH
23. Алексеенко В.Д., Симонова Н.Н., Зуева Т.Н. Влияние производственных факторов на состояние здоровья работников нефтяной добычи при вахтовой организации труда в Заполярье // Экология человека. 2009. № 6. С. 47–50. EDN: KXRIGF
24. Громова Л.Е., Алексеенко В.Д., Дегтева Г.Н. Краткая характеристика санитарно-гигиенических условий труда нефтяников в условиях Заполярья // Экология человека. 2009. № 11. С. 16–19.
25. Korneeva Y, Simonova N. Job stress and working capacity among fly-in-fly-out workers in the oil and gas extraction industries in the Arctic. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(21):7759. doi: 10.3390/ijerph17217759
26. Горбанев С.А., Сюрин С.А. Риски здоровью и профессиональная патология при добыче топливно-энергетических ископаемых в Арктической зоне России. *России // Российская Арктика*. 2019. № 6. С. 55–64. doi: 10.24411/2658-4255-2019-10068. EDN WPEGME.
27. Сюрин С.А. Риски здоровью при добыче полезных ископаемых в Арктике // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 11 (332). С. 55–61. doi: 10.35627/2219-5238/2020-332-11-55-61. EDN: ETTYNV
28. Ikäheimo T, Rytönen M. Cold exposure, adaptation and performance. In: Kue Young T, Bjerregaard P, eds. *Health Transitions in Arctic Populations*. University of Toronto Press; 2008:245–262. doi: 10.3138/9781442688193-018
29. Donaldson S, Adlard B, Odland JØ. Overview of human health in the Arctic: conclusions and recommendations. *Int J Circumpolar Health*. 2016;75:33807. doi: 10.3402/ijch.v75.33807
30. Дубинина Н.И., Дегтева Г.Н., Корнеева Я.А. Особенности проведения предварительных и периодических медицинских осмотров персонала в условиях работы вахтовым методом на Арктическом шельфе // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2012. № 5 (2). С. 127–130.
31. Syurin S, Kizeev A. Occupational health risks in oil and gas workers in the Russian Arctic. *Reliability: Theory & Applications*. 2022;17(S14(70)):400–410.
32. Мелентьев А.В., Бабанов С.А., Стрижаков Л.А., Винников Д.В., Острякова Н.А. Проблемы профессионального отбора и эффект здорового рабочего в медицине труда // Здравоохранение Российской Федерации. 2021. Т. 65. № 4. С. 394–399. doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-4-394-399. EDN: TMVZIU
4. Adilov UKh. Professional morbidity of employees, open and underground methods coal production. *Mezhdunarodnyy Zhurnal Prikladnykh i Fundamental'nykh Issledovaniy*. 2019;(10):50–57. (In Russ.) doi: 10.17513/mjphi.12866
5. Martynova NA, Kislitsyna VV. The occupational morbidity of the miners (literature review). *Zdorov'e. Meditsinskaya Ekologiya. Nauka*. 2017;(5(72)):46–52. (In Russ.) doi: 10.5281/zenodo.1115460
6. Pankov VA, Kuleshova MV. Working conditions and occupational risk for workers employed in the open-pit coal mining sector. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(10):1112–1119. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-10-1112-1119
7. Valeeva ET, Gimranova GG, Shaikhislamova ER. Work-related and behavioral risk factors of diseases of the circulatory system in oil industry workers. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;(3(336)):4–8. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-336-3-4-8
8. Gimranova GG, Bakirov AB, Shaikhislamova ER, Karimova LK, Beigul NA, Mavrina LN. Musculo-skeletal and peripheral nervous diseases in employees of the oil industry in conditions of the combined impact of vibration and the heavy working process. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(6):552–555. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-6-552-555
9. Karimova LK, Kaptsov VA, Salimgareeva TM, Mavrina LN, Gimaeva ZF, Beigul NA. Health risk assessment of violations of workers of enterprises of fuel and energy complex. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2017;(4(289)):25–30. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2017-289-4-25-30
10. Antipov S. Occupational health in Siberia and Arctic zones. *Occup Environ Med*. 2018;75(Suppl 2):A247. doi: 10.1136/oemed-2018-ICOHabstracts.706
11. Chashchin VP, Gudkov AB, Popova ON, Odland JØ, Kovshov AA. Description of main health deterioration risk factors for population living on territories of active natural management in the Arctic. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2014;(1):3–12. (In Russ.)
12. Korchin VI, Korchina TYa, Ternikova EM, Bikbulatova LN, Lapenko VV. Influence of climatic and geographical factors of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug on the health of its population (review). *Zhurnal Mediko-Biologicheskikh Issledovaniy*. 2021;9(1):77–88. (In Russ.) doi: 10.37482/2687-1491-Z046
13. Myshinskaya ZhM. The influence of climate and environmental factors on health in the Far North. *Yamal'skiy Vestnik*. 2016;(2(7)):79–80. (In Russ.)
14. Hasnuln VI, Hasnuln PV. Modern concepts of the mechanisms forming northern stress in humans in high latitudes. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2012;(1):3–11. (In Russ.)
15. Fadeev AG, Goryaev DV, Zaitseva NV, Shur PZ, Red'ko SV, Fokin VA. Health disorders in workers associated with health risks at workplaces in mining industry in the Arctic (analytical review). *Health Risk Analysis*. 2023;(1):184–193. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2023.1.17
16. Syurin SA, Kovshov AA. Labor conditions and risk of occupational pathology at the enterprises of the Arctic Zone of the Russian Federation. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2019;(10):15–23. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2019-10-15-23
17. Gorbanev S, Syurin S, Kovshov A. Features of occupational health risks in the Russian Arctic (on the example of Nenets Autonomous Okrug and Chukotka Autonomous Okrug). *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(3):1061. doi: 10.3390/ijerph18031061
18. Witter RZ, Tenney L, Clark S, Newman LS. Occupational exposures in the oil and gas extraction industry: State of the science and research recommendations. *Am J Ind Med*. 2014;57(7):847–856. doi: 10.1002/ajim.22316
19. Holder C, Hader J, Avanasari R, et al. Evaluating potential human health risks from modeled inhalation exposures to volatile organic compounds emitted from oil and gas operations. *J Air Waste Manag Assoc*. 2019;69(12):1503–1524. doi: 10.1080/10962247.2019.1680459

REFERENCES

1. Shuranova AA, Petrunin YuYu. The 2021–2022 energy crisis in relations between Russia and the European Union. *Gosudarstvennoye Upravlenie. Elektronnyy Vestnik*. 2022;(90):74–89. (In Russ.) doi: 10.24412/2070-1381-2022-90-74-89
2. Solomin EV, Yunusov PA, Kovalyov AA, et al. Justification of upcoming global energy problems. *Alternativnaya Energetika i Ekologiya (ISJAE)*. 2021;(4-6(362-364)):48–60. (In Russ.) doi: 10.15518/isjaee.2021.04-06.048-060
3. Dudin MN, Lyasnikov NV, Protsenko OD, Tsvetkov VA. Quantification and risk assessment of hydrocarbon resources development projects in the Arctic Region. *Ekonomicheskaya Politika*. 2017;12(4):168–195. (In Russ.) doi: 10.18288/1994-5124-2017-4-07

20. Beer C, Kolstad HA, Søndergaard K, et al. A systematic review of occupational exposure to coal dust and the risk of interstitial lung diseases. *Eur Clin Respir J*. 2017;4(1):1264711. doi: 10.1080/20018525.2017.1264711
21. Blackley DJ, Halldin CN, Scott Laney A. Continued increase in prevalence of coal workers' pneumoconiosis in the United States, 1970–2017. *Am J Public Health*. 2018;108(9):1220–1222. doi: 10.2105/AJPH.2018.304517
22. Gorbanev SA, Syurin SA, Frolova NM. Working conditions and occupational pathology of coal miners in the Arctic. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2019;59(8):452–457. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-8-452-457
23. Alekseenko VD, Simonova NN, Zueva TN. Influence of industrial factors on health status of oil production workers during rotations in Polar region. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2009;(6):47–50. (In Russ.)
24. Gromova LE, Alekseenko VD, Degteva GN. Short characteristic of sanitary and hygienic working conditions of oilman in Zapolyarie. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2009;(11):16–19. (In Russ.)
25. Korneeva Y, Simonova N. Job stress and working capacity among fly-in-fly-out workers in the oil and gas extraction industries in the Arctic. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(21):7759. doi: 10.3390/ijerph17217759
26. Gorbanev SA, Syurin SA. Occupational pathology and risks of its development in the extraction of fuel and energy minerals in the Russian Arctic. *Rossiyskaya Arktika*. 2019;(6):55–64. (In Russ.) doi: 10.24411/2658-4255-2019-10068
27. Syurin SA. Health risks of mining in the Arctic. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(11(332)):55–61. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-332-11-55-61
28. Ikäheimo T, Rytönen M. Cold exposure, adaptation and performance. In: Kue Young T, Bjerregaard P, eds. *Health Transitions in Arctic Populations*. University of Toronto Press; 2008:245–262. doi: 10.3138/9781442688193-018
29. Donaldson S, Adlard B, Odland JØ. Overview of human health in the Arctic: conclusions and recommendations. *Int J Circumpolar Health*. 2016;75:33807. doi: 10.3402/ijch.v75.33807
30. Dubinina NI, Degteva GN, Korneyeva YA. Features of preliminary and periodic medical examinations of shift personnel in the Arctic shelf. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo Nauchnogo Tsentra Sibirskogo Otdeleniya Rossiyskoy Akademii Meditsinskikh Nauk*. 2012;(5-2(87)):127–130. (In Russ.)
31. Syurin S, Kizeev A. Occupational health risks in oil and gas workers in the Russian Arctic. *Reliability: Theory & Applications*. 2022;17(SI4(70)):400–410.
32. Melentev AV, Babanov SA, Strizhakov LA, Vinnikov DV, Ostryakova NA. Problems of professional selection and the effect of the healthy worker in occupational health. *Zdravookhraneniye Rossiyskoy Federatsii*. 2021;65(4):394–399. (In Russ.) doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-4-394-399

Сведения об авторах:

✉ **Сюрин** Сергей Алексеевич – д.м.н., главный научный сотрудник отдела исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации; e-mail: kola.reslab@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0275-0553>.

Кизеев Алексей Николаевич – к.б.н., старший научный сотрудник отдела исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации; e-mail: aleksei.kizeev@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8689-7327>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Сюрин С.А.*; сбор данных: *Кизеев А.Н.*; анализ и интерпретация результатов, литературный обзор: *Сюрин С.А.*; подготовка рукописи: *Сюрин С.А., Кизеев А.Н.* Авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по био-медицинской 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: 28.04.23 / Принята к публикации: 16.05.23 / Опубликовано: 31.05.23

Author information:

✉ Sergei A. Syurin, Dr. Sci. (Med.), Chief Researcher, Arctic Environmental Health Department; e-mail: kola.reslab@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0275-0553>.

Aleksei N. Kizeev, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Arctic Environmental Health Department; e-mail: aleksei.kizeev@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8689-7327>.

Author contributions: study conception and design: *Syurin S.A.*; data collection: *Kizeev A.N.*; analysis and interpretation of results, literature review: *Syurin S.A.*; draft manuscript preparation: *Syurin S.A., Kizeev A.N.* Both authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

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

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

Received: April 28, 2023 / Accepted: May 16, 2023 / Published: May 31, 2023