



RUSSIAN MONTHLY PEER-REVIEWED
SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL
**PUBLIC HEALTH AND
LIFE ENVIRONMENT**

MOSCOW, RUSSIAN FEDERATION

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 32 · 2024

Vol. 32 · 2024

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

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

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

Москва • 2024

Здоровье населения и среда обитания –

Знано

Рецензируемый
научно-практический журнал
Том 32 № 5 2024

Выходит 12 раз в год
Основен 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://znano.fcgie.ru/>

© ФБУЗ ФЦГиЗ Роспотребнадзора,
2024

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

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

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

О.Ю. Милушкина д.м.н., доц.; проректор по учебной работе, заведующий кафедрой гигиены педиатрического факультета 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. Балаховов 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 ФЦГиЗ Роспотребнадзора (г. Москва, Российская Федерация)

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

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

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

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

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

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

ЗНЦО

Рецензируемый
научно-практический журнал
Том 32 № 5 2024

Выходит 12 раз в год

Основен в 1993 г.

Все права защищены.
Перепечатка и любое воспроизведение материалов и иллюстраций в печатном или электронном виде из журнала ЗНЦО допускается только с письменного разрешения учредителя и издателя – ФБУЗ ЦГГиЗ Роспотребнадзора.
При использовании материалов ссылка на журнал ЗНЦО 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 31.05.2024
Формат издания 60x84/8
Печ. л. 11,5
Тираж 1000 экз.
Цена свободная

Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 5. С. 7–92

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

© ФБУЗ ЦГГиЗ Роспотребнадзора, 2024

Zdorov'e Naseleniya
i Sreda Obitaniya –
ZNiSO

Public Health and Life
Environment – *PH&LE*

Russian monthly peer-reviewed
scientific and practical journal

Volume 32, Issue 5, 2024

Established in 1993

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

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

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

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

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

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

© FBHI Federal Center for
Hygiene and Epidemiology of
Rospotrebnadzor, 2024

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 Gabrichevsky Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Moscow, Russian Federation
Alexander V. Alekhnovich	Dr. Sci. (Med.), Professor; Deputy Head for Research and Scientific Work, Vishnevsky Third Central Military Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation
Sergey A. Balakhonov	Dr. Sci. (Med.), Professor; Director of Irkutsk Anti-Plague Research Institute, Irkutsk, Russian Federation
Natalia A. Bokareva	Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof.; Professor of the Department of Hygiene, Faculty of Pediatrics, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation
Evgeniy L. Borshchuk	Dr. Sci. (Med.), Professor; 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 Polyomielitis), Moscow, Russian Federation
Sergey N. Kiselev	Dr. Sci. (Med.), Professor; Vice-Rector for Education, Head of the Department of Public Health and Health Care, Far Eastern State Medical University, Khabarovsk, Russian Federation
Oleg V. Klepikov	Dr. Sci. (Biol.), Professor; Professor of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation
Victor T. Komov	Dr. Sci. (Biol.), Professor; Deputy Director for Research, I.D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters, Borok, 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-Neseyra	Dr. Sci. (Sociol.), Assoc. Prof.; Head of the Laboratory of Social Risk Analysis Methods, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russian Federation

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

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitalaniya – ZNiSO

Public Health and Life Environment – *PH&LE*

Russian monthly peer-reviewed
scientific and practical journal

Volume 32, Issue 5, 2024

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: May 31, 2024
Publication format: 60x84/8
Printed sheets: 11.5
Circulation: 1,000 copies
Free price

Zdorov'e Naseleniya i Sreda
Obitalaniya. 2024;32(5):7–92.

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, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ И СОЦИАЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ

Федоров В.Н., Тихонова Н.А., Мясников И.О., Новикова Ю.А. Оценка организации мониторинга факторов среды обитания в Российской Арктике	7
Фадеев А.Г., Горяев Д.В., Зайцева Н.В., Шур П.З., Фокин В.А. Количественная априорная оценка профессионального канцерогенного риска здоровью работников предприятий по подземной добыче медно-никелевой руды в Арктической зоне Российской Федерации	17

КОММУНАЛЬНАЯ ГИГИЕНА

Исаев Д.С., Мозжухина Н.А., Степанян А.А. Обоснование временных отступлений качества питьевой воды с учетом новых научных данных для оценки риска здоровью населения	23
Калашников Ю.С., Клепиков О.В., Куролап С.А., Кульнев В.В., Кизеев А.Н., Никанов А.Н., Чашин В.П. Оценка неблагоприятного воздействия объектов несанкционированного накопления твердых коммунальных отходов на окружающую среду и здоровье населения	33

МЕДИЦИНА ТРУДА

Сюрин С.А. Профессиональная патология горняков подземных рудников Кольского полуострова (14-летнее лонгитудинальное обсервационное исследование)	42
Никитина В.Н., Калинина Н.И., Дубровская Е.Н., Плеханов В.П. Влияние электромагнитных полей радиочастотного диапазона на репродуктивную систему женского организма (обзор)	53
Никанов А.Н., Винников Д.В., Сюрин С.А., Шитикова Е.Д. Профессиональная патология работников различных специальностей при пирометаллургическом рафинировании никеля	66

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

Сорокин Г.А., Чистяков Н.Д., Кирьянова М.Н. Длительность заболевания COVID-19 в разном возрасте и при разной профессиональной физиологической нагрузке работников промышленности и здравоохранения	76
Кицбабашвили Р.В., Любимова А.В., Сатосова Н.В., Азаров Д.В., Любимова О.Я. Особенности эпидемического процесса сальмонеллезной инфекции среди жителей Санкт-Петербурга	83

CONTENTS

ISSUES OF MANAGEMENT AND PUBLIC HEALTH

Fedorov V.N., Tikhonova N.A., Myasnikov I.O., Novikova Yu.A. Assessment of organization of environmental quality monitoring in the Russian Arctic	7
Fadeev A.G., Goryaev D.V., Zaitseva N.V., Shur P.Z., Fokin V.A. A priori quantitative assessment of occupational carcinogenic risks for underground copper–nickel miners in the Russian Arctic	17

COMMUNAL HYGIENE

Isaev D.S., Mozhzhukhina N.A., Stepanyan A.A. Justification of temporary deviations in drinking water quality given new scientific data for health risk assessment	23
Kalashnikov Yu.S., Klepikov O.V., Kurolap S.A., Kul'nev V.V., Kizeev A.N., Nikanov A.N., Chashchin V.P. Assessment of adverse effects of illegal municipal solid waste dumping sites on the environment and human health	33

OCCUPATIONAL MEDICINE

Syurin S.A. Occupational diseases in underground miners of the Kola Peninsula: A14-year longitudinal observational study	42
Nikitina V.N., Kalinina N.I., Dubrovskaya E.N., Plekhanov V.P. Influence of radiofrequency electromagnetic fields on female reproductive health: A review	53
Nikanov A.N., Vinnikov D.V., Syurin S.A., Shitikova E.D. Occupational diseases in pyrometallurgical nickel refining workers of various specialties	66

EPIDEMIOLOGY

Sorokin G.A., Chistyakov N.D., Kir'yanova M.N. The duration of COVID-19 disease at different ages and with different occupational physiological loads of industrial and healthcare workers	76
Kitsbabashvili R.V., Lubimova A.V., Satosova N.V., Azarov D.V., Lubimova O.Ya. Characteristics of the epidemic process of Salmonella infection among the residents of Saint Petersburg	83



Оценка организации мониторинга факторов среды обитания в Российской Арктике

В.Н. Федоров, Н.А. Тихонова, И.О. Мясников, Ю.А. Новикова

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

Резюме

Введение. Актуальность исследования определена важностью проведения мероприятий по профилактике заболеваемости населения на основе полной, достоверной и качественной информации. В последние годы обоснованы методические подходы к организации наблюдения за состоянием факторов среды обитания.

Цель исследования: оценка организации лабораторных исследований и испытаний качества факторов среды обитания в населенных пунктах Российской Арктики на соответствие современным требованиям.

Материалы и методы. Изучены программы мониторинга питьевой воды, атмосферного воздуха, почвы 7 субъектов Российской Арктики на 2023 год. Анализ проведен с использованием MS Office Excel, визуализация – геоинформационной системы ESRI ArcGIS 9.3.

Результаты. В 2023 году мониторинг состояния факторов среды обитания проводился в 865 точках 297 населенных пунктов Российской Арктики. Атмосферный воздух контролировался на 49 постах 30 населенных пунктах, почвы – в 251 точке 106 населенных пунктов, вода централизованных систем водоснабжения – 565 точках, в том числе 280 в распределительной сети. В атмосферном воздухе определялось от 2 до 12, воде централизованных систем водоснабжения – от 9 до 31, почве – от 2 до 20 показателей.

Обсуждение. Охват мониторингом факторов среды обитания в проанализированных субъектах существенно различается: от 9 населенных пунктов арктических территорий Красноярского края до 88 в Мурманской области. Выраженное различие в организации мониторинга факторов среды обитания, с одной стороны, затрудняет объективное сравнение состояния среды обитания населения в различных субъектах, а с другой – не позволяет выявить связь «фактор – здоровье» в силу ограниченности собираемой информации.

Заключение. Впервые проведен комплексный анализ организации лабораторных исследований и испытаний атмосферного воздуха, почвы и питьевой воды в 7 субъектах Российской Арктики. С учетом современных требований подготовлены рекомендации по актуализации программ мониторинга факторов среды обитания.

Ключевые слова: социально-гигиенический мониторинг, факторы среды обитания, программы контроля, Арктическая зона Российской Федерации.

Для цитирования: Федоров В.Н., Тихонова Н.А., Мясников И.О., Новикова Ю.А. Оценка организации мониторинга факторов среды обитания в Российской Арктике // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 5. С. 7–16. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-5-7-16

Assessment of Organization of Environmental Quality Monitoring in the Russian Arctic

Vladimir N. Fedorov, Nadezhda A. Tikhonova, Igor O. Myasnikov, Yuliya A. Novikova

North-West Public Health Research Center, 4, 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

Summary

Introduction: The relevance of this study is determined by the importance of taking disease prevention and control measures on the basis of complete, reliable, and high-quality information. Method approaches to organizing environmental quality monitoring have been substantiated recently.

Objective: To assess organization of environmental quality monitoring and laboratory testing in the populated areas of the Russian Arctic for compliance with modern requirements.

Materials and methods: We scrutinized ambient air, water, and soil quality monitoring programs programs for the year 2023 in seven regions of the Russian Arctic. The analysis and visualization were carried out using Microsoft Excel and ESRI ArcGIS 9.3, respectively.

Results: In 2023, environmental quality was monitored at 865 sites in 297 settlements of the Russian Arctic. Ambient air quality was monitored at 49 sites in 30 settlements, soil – at 251 sites in 106 settlements, water in the centralized water supply system – at 565 sites, including 280 sites in the distribution network. Two to 12 quality indicators were determined in ambient air, 2 to 20 in soil, and 9 to 31 in water from centralized water supply systems.

Discussion: The coverage of the areas under study with environmental quality monitoring varies significantly: from 9 settlements in the Arctic territories of the Krasnoyarsk Krai to 88 in the Murmansk Region. The pronounced difference in the scope of environmental quality monitoring, on the one hand, impedes objective comparison of environmental conditions between the regions and, on the other hand, makes it impossible to link adverse environmental factors with human health effects due to the limited data collected.

Conclusion: This is the first comprehensive analysis of organization of ambient air, water, and soil quality monitoring in seven regions of the Russian Arctic. We have prepared recommendations for updating environmental quality monitoring programs taking into account modern requirements.

Keywords: public health monitoring, environmental factors, surveillance programs, Russian Arctic.

Cite as: Fedorov VN, Tikhonova NA, Myasnikov IO, Novikova YuA. Assessment of organization of environmental quality monitoring in the Russian Arctic. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(5):7–16. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-5-7-16

Введение. Создание комфортных и безопасных условий проживания, сохранение здоровья населения остаются важными национальными целями развития Российской Федерации. Реализация этих целей невозможна без обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, мониторинга воздействия вредных факторов и минимизации их воздействия на человека. Отечественный и зарубежный опыт показывает важность организации системы мониторинга факторов среды обитания человека¹ [1, 2]. В целях улучшения состояния среды обитания и укрепления здоровья населения начиная с 2018 года реализуются федеральные проекты [3, 4].

Социально-гигиенический мониторинг (далее – СГМ) позволяет оценить влияние факторов среды обитания на здоровье населения, сформировать управленческие решения по улучшению санитарно-эпидемиологической обстановки [5]. Одним из направлений развития СГМ является научное обоснование методических подходов формирования программ лабораторных исследований и испытаний факторов среды обитания [6]. В 2019–2023 годах разработаны рекомендации по формированию программ лабораторных исследований и испытаний качества атмосферного воздуха, воды централизованных систем водоснабжения, предложения по актуализации уже существующих программ мониторинга [7–9]. С учетом этих подходов проанализированы программы мониторинга атмосферного воздуха в городах-участниках федерального проекта «Чистый воздух» [11–13], в том числе в Российской Арктике [15, 16], питьевой воды в населенных пунктах Российской Арктики [17, 18], а также организация социально-гигиенического мониторинга в Вологодской области [19].

Арктическая зона Российской Федерации (далее – АЗРФ), включающая частично или полностью 9 субъектов Российской Федерации², отличается от других территорий России комплексом оказывающих неблагоприятное влияние на состояние здоровья населения экстремальных климатогеографических факторов [20]. На основании результатов СГМ проведен анализ влияния факторов среды обитания на здоровье населения Российской Арктики². В 2019 году впервые была проведена оценка программ

мониторинга факторов среды обитания субъектов АЗРФ [21].

Цель исследования заключалась в оценке организации лабораторных исследований и испытаний качества факторов среды обитания в населенных пунктах Российской Арктики на соответствие современным требованиям.

Материалы и методы. В исследовании использованы программы лабораторных исследований и испытаний качества атмосферного воздуха, воды централизованных систем водоснабжения, почвы населенных пунктов 7 субъектов АЗРФ. Программы мониторинга факторов среды обитания населенных пунктов Мурманской области, Ямало-Ненецкого автономного округа, Чукотского автономного округа, арктических территорий Архангельской области, Красноярского края, Республики Карелия и Республики Саха (Якутия) на 2023 год оценивались на соответствие нормативно-методических документам: ГОСТ 17.2.3.01–86⁴, СанПиН 2.1.3684–21⁵, МР 2.1.6.0157–19⁶, МР 2.1.4.0176–20⁷, письмо Роспотребнадзора от 28.01.2016 № 01/870–16–32⁸. Создана электронная база в формате MS Office Excel, визуализация расположения точек мониторинга и охвата территорий выполнялась с применением геоинформационной системы ESRI ArcGIS 9.3.

Результаты. Мониторинг состояния атмосферного воздуха, воды централизованных систем водоснабжения, почвы на территории населенных пунктов АЗРФ в 2023 году проводился в 865 точках контроля 297 населенных пунктов (табл. 1).

В Мурманской области по сравнению с другими субъектами АЗРФ расположено самое большое количество точек контроля качества факторов среды обитания, наименьшее – в арктических территориях Красноярского края.

Исследования качества атмосферного воздуха проводились в 30 населенных пунктах. Посты контроля расположены практически во всех муниципальных районах Ямало-Ненецкого автономного округа и арктических территорий Республики Саха (Якутия), крупных населенных пунктах Чукотского автономного округа (рис. 1).

¹ Moores FC. Climate change and air pollution: exploring the synergies and potential for mitigation in industrializing countries. Sustainability. 2009; 1:43–54. doi: 10.3390/su1010043.

² Указ Президента Российской Федерации от 26.10.2020 № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года». [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_366065/ (дата обращения: 13.02.2024).

³ Информационный бюллетень «Состояние санитарно-эпидемиологического благополучия населения, проживающего на территории Арктической зоны Российской Федерации, в 2019 году» / под ред. С.А. Горбанева. Санкт-Петербург, 2020. 39 с.; Состояние санитарно-эпидемиологического благополучия населения, проживающего в российской Арктике (2007–2020 годы): бюллетень / под ред. Р.В. Бузинова. Санкт-Петербург, 2022. 70 с.

⁴ ГОСТ 17.2.3.01–86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества атмосферного воздуха населенных пунктов» (далее – ГОСТ 17.2.3.01–86). [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200012789/> (дата обращения: 13.02.2024).

⁵ СанПиН 2.1.3684–21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» (далее – СанПиН 2.1.3684–21). [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_376166/d46bb4ace56674ca6db0882f108e864d328f231d/ (дата обращения: 13.02.2024).

⁶ МР 2.1.6.0157–19 «Формирование программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха и количественная оценка экспозиции населения для задач социально-гигиенического мониторинга». [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_368402/ (дата обращения: 13.02.2024).

⁷ МР 2.1.4.0176–20 «Организация мониторинга обеспечения населения качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения», утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 30.04.2020 (далее – МР 2.1.4.0176–20). [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_361659/ (дата обращения: 13.02.2024).

⁸ Письмо Роспотребнадзора от 28.01.2016 № 01/870–16–32 «Законодательное и методическое обеспечение лабораторного контроля за факторами среды обитания при проведении социально-гигиенического мониторинга». [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=661968#rEkjT4UTY2Q5zRIQ/> (дата обращения: 13.02.2024).

Таблица 1. Точки (посты) и населенных пунктов АЗРФ, в которых контролируется качество факторов среды обитания
Table 1. Environmental quality monitoring sites in settlements of the Russian Arctic

Субъекты Российской Федерации / Constituent entities of the Russian Federation	Населенные пункты / Settlements				Точки (посты) контроля / Monitoring sites			
	всего / total	атмос- ферный воздух / ambient air	централизован- ная система водоснабжения / centralized water supply system	почва / soil	всего / total	атмос- ферный воздух / ambient air	централизован- ная система водоснабжения / centralized water supply system	почва / soil
Арктические территории Архангельской области / Arctic territories of the Arkhangelsk Region	38	1	23	14	162	2	104	56
Арктические территории Красноярского края / Arctic territories of the Krasnoyarsk Krai	9	1	6	2	22	3	15	4
Мурманская область / Murmansk Region	88	10	59	19	266	24	200	42
Арктические территории Республики Карелия / Arctic territories of the Republic of Karelia	20	1	12	7	31	1	21	9
Арктические территории Республики Саха (Якутия) / Arctic territories of the Republic of Sakha (Yakutia)	28	8	8	12	44	8	22	14
Чукотский автономный округ / Chukotka Autonomous Okrug	75	3	40	32	220	3	134	83
Ямало-Ненецкий автономный округ / Yamalo-Nenets Autonomous Okrug	39	6	13	20	120	8	69	43

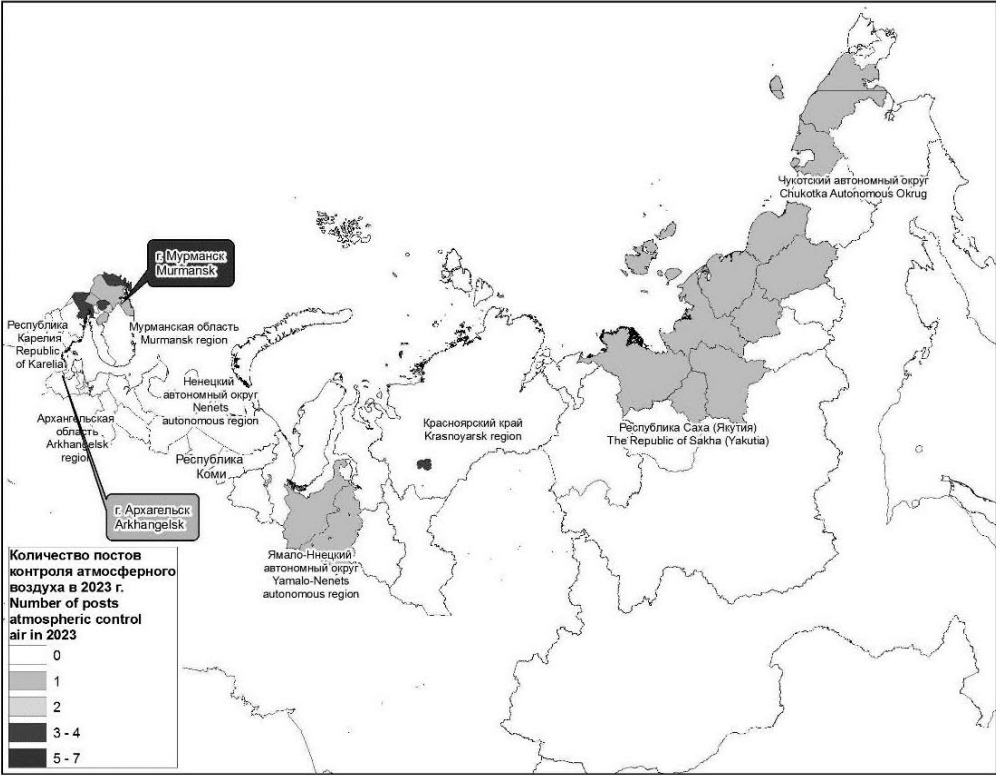


Рис. 1. Посты контроля качества атмосферного воздуха в муниципальных районах АЗРФ, 2023 г.
Fig. 1. Ambient air quality monitoring sites in municipal areas of the Russian Arctic, 2023

В Мурманской области посты контроля атмосферного воздуха организованы в 10 городах, в том числе в г. Мурманске – 7 постов, в городах Мончегорске и Кандалакше – по 3 поста. В 6 населенных пунктах Ямало-Ненецкого автономного округа организованы 1 или 2 поста контроля. Качество атмосферного воздуха в 3 городах Чукотского автономного округа и 8 населенных пунктах арктических территорий Республики Саха (Якутия), городах Архангельске, Норильске, Сегеже (арктические территории Республики Карелия) контролируется на 1 посту контроля.

В атмосферном воздухе исследования проводятся по 29 химическим веществам: диоксид серы, диоксид азота, углерода оксид, взвешенные вещества, в том числе РМ_{2,5} и РМ₁₀. Количество контролируемых показателей существенно различается: от 2 в г. Архангельске до 12 в г. Норильске и городах Мурманской области. Атмосферный воздух г. Норильске контролируется по полной программе, населенных пунктов Мурманской области и г. Сегеже Республики Карелия – по сокращенной программе. Исследования почвы населенных пунктов арктических территорий Республики Саха (Якутия)

с учетом природно-климатических условий проводятся в весенне-летний период. Программы мониторинга почвы в Чукотском автономном округе разработаны с учетом особенностей погрузки/разгрузки каменного угля в портах городов Анадырь, Певек, п. Эгвекинот. В городах Ямало-Ненецкого автономного округа мониторинг проводится 2 раза в неделю.

Контроль качества почвы в АЗРФ в 2023 году проводится в 251 точке 60 муниципальных районов проанализированных субъектов (табл. 2).

На территории детских образовательных учреждений расположено более половины точек

контроля качества почвы. Следует отметить, что в большинстве арктических субъектов не проводятся исследования почвы зон рекреации, зон санитарной охраны источников водоснабжения.

В Чукотском автономном округе по сравнению с другими субъектами АЗРФ организовано самое большое количество точек контроля почвы, наименьшее – в арктических территориях Красноярского края (рис. 2).

Исследования почвы в рамках СГМ проводятся на:

- химические – бенз(а)пирен, водородный показатель, кадмий, кобальт, марганец, медь,

Таблица 2. Точки контроля качества почвы населенных пунктов АЗРФ
Table 2. Soil quality monitoring sites in settlements of the Russian Arctic

Субъекты Российской Федерации / Constituent entities of the Russian Federation	Тип территории / Type of territory				
	детские образовательные учреждения / child care center	зона рекреаций / recreation area	зона санитарной охраны / sanitary protection zone	ЛПУ / health care facility	селитебная территория / residential area
Арктические территории Архангельской области / Arctic territories of the Arkhangelsk Region	38	–	–	5	13
Арктические территории Красноярского края / Arctic territories of the Krasnoyarsk Krai	2	–	–	2	–
Мурманская область / Murmansk Region	26	–	–	2	14
Арктические территории Республики Карелия / Arctic territories of the Republic of Karelia	5	1	–	1	2
Арктические территории Республики Саха (Якутия) / Arctic territories of the Republic of Sakha (Yakutia)	–	–	1	–	13
Чукотский автономный округ / Chukotka Autonomous Okrug	54	8	7	6	8
Ямало-Ненецкий автономный округ / Yamalo-Nenets Autonomous Okrug	21	6	6	2	8

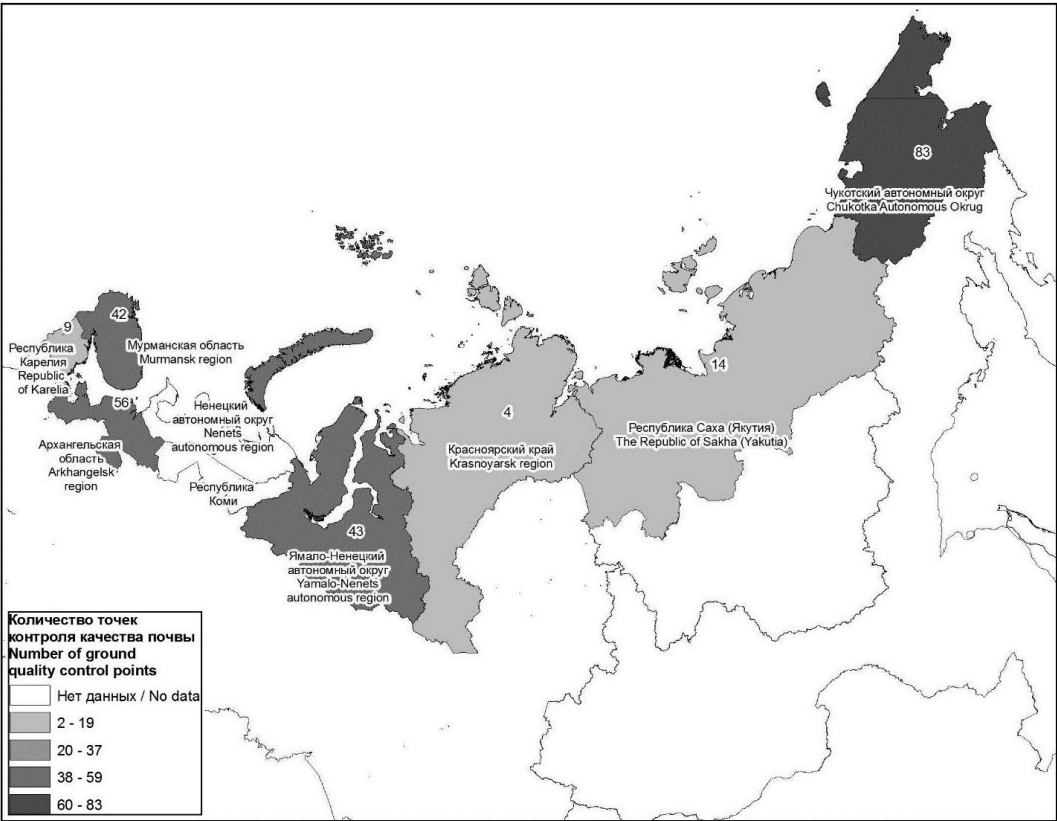


Рис. 2. Охват муниципальных районов АЗРФ контролем качества почвы, 2023 г.
Fig. 2. Coverage of municipal districts of the Russian Arctic with soil quality monitoring, 2023

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-5-7-16>
Original Research Article

мышьяк, нефтепродукты, никель, ртуть, свинец, фтор, хром, цинк;

– микробиологические – *E. coli*, индекс БГКП, индекс энтерококков, личинки и куколки мух, ЛКП, ОКБ, патогенные микроорганизмы, патогенные энтеробактерии, сальмонеллы, энтерококки;

– паразитологические – жизнеспособные яйца и личинки гельминтов, цисты (ооцисты) патогенных кишечных простейших;

– радиологические показатели – Cs-137, природные радионуклиды.

Количество контролируемых показателей существенно отличается: от 2 в Чукотском автономном округе до 20 в Мурманской области.

В Мурманской области, Ямало-Ненецком автономном округе, арктических территориях

Архангельской области и Республике Карелия пробы почвы отбираются 6 раз, в арктических территориях Красноярского края – 3 раза, Чукотском автономном округе и арктических территориях Республики Саха (Якутия) – 1 раз в течение года. Исследования на радиологические и химические показатели почвы населенных пунктов Мурманской области проводятся 1 и 2 раза в год соответственно.

Отбор проб воды централизованных систем водоснабжения проводилось в 565 точках, в том числе 186 источниках водоснабжения, 99 – перед подачей в распределительную сеть (ВОС⁹), 280 – распределительной сети (табл. 3).

В Мурманской области по сравнению с другими субъектами АЗРФ расположено самое большое количество точек отбора проб питьевой воды, наименьшее

Таблица 3. Точки контроля питьевой воды в населенных пунктах АЗРФ
Table 3. Water quality monitoring sites in settlements of the Russian Arctic

Субъекты Российской Федерации / Constituent entities of the Russian Federation	Всего / Total	Тип точки отбора проб / Type of sampling site		
		водозабор / water intake point	ВОС / water treatment facility	распределительная сеть / distribution network
Арктические территории Архангельской области / Arctic territories of the Arkhangelsk Region	104	25	19	60
Арктические территории Красноярского края / Arctic territories of the Krasnoyarsk Krai	15	6	3	6
Мурманская область / Murmansk Region	200	69	53	78
Арктические территории Республики Карелия / Arctic territories of the Republic of Karelia	21	10	1	10
Арктические территории Республики Саха (Якутия) / Arctic territories of the Republic of Sakha (Yakutia)	22	8	7	7
Чукотский автономный округ / Chukotka Autonomous Okrug	134	48	3	83
Ямало-Ненецкий автономный округ / Yamalo-Nenets Autonomous Okrug	69	20	13	36

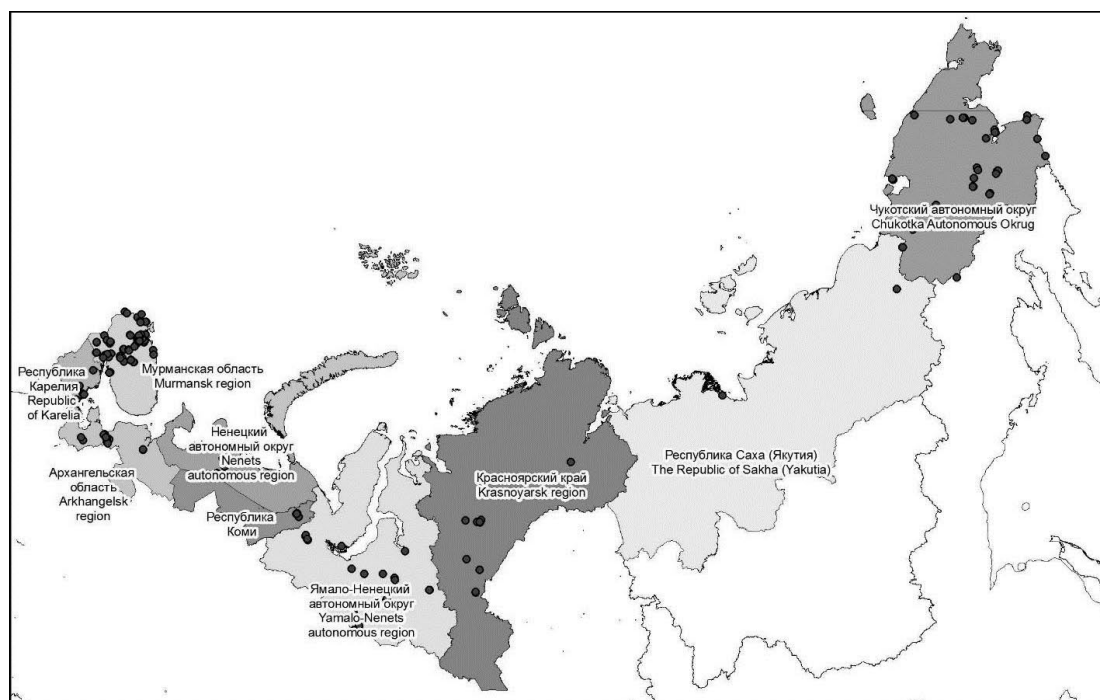


Рис. 3. Точки контроля качества питьевой воды населенных пунктов АЗРФ, 2023 г.
Fig. 3. Location of water quality monitoring sites in settlements of the Russian Arctic, 2023

⁹ ВОС – водоочистные сооружения.

– в арктических территориях Красноярского края (рис. 3).

Перечень показателей, исследуемых в питьевой воде, значительно отличается: от 9 в арктических территориях Республики Саха (Якутия) до 31 в арктических территориях Республики Карелия.

Кратность отбора проб питьевой воды с учетом типа точки и типа показателя представлена в табл. 4.

В воде перед подачей в распределительную сеть значительная часть химических показателей контролируется ежемесячно. Некоторые неорганические вещества: бор, кадмий, марганец, мышьяк, свинец, фториды, цинк в питьевой воде населенных пунктов Мурманской области исследуются 1 раз в 6 месяцев.

Обсуждение. Охват мониторингом факторов среды обитания в проанализированных субъектах существенно различается: от 9 населенных пунктов арктических территорий Красноярского края до 88 в Мурманской области. В Мурманской области по сравнению с другими субъектами АЗРФ расположено самое большое количество постов контроля качества атмосферного воздуха и точек мониторинга воды централизованных систем во-

доснабжения, в Чукотском автономном округе – точек контроля качества почвы.

По каждому из проанализированных факторов среды обитания значительно различаются кратность отбора проб и перечень контролируемых показателей. Выраженное различие в организации мониторинга факторов среды обитания, с одной стороны, затрудняет объективное сравнение состояния среды обитания населения в различных субъектах, а с другой – не позволяет выявить связь «фактор – здоровье» в силу ограниченности собираемой информации.

По сравнению с 2020 годом [22] количество постов контроля в населенных пунктах уменьшилось с 60 до 49 несмотря на увеличение количества постов в Мурманской области с 14 до 24. При этом перечень контролируемых показателей состояния атмосферного воздуха увеличился с 12 до 29, тем не менее не на всех постах контроля проводятся лабораторные исследования химических веществ, включенных в обязательный перечень.

Программы мониторинга факторов среды обитания практически во всех проанализированных субъектах рекомендуется откорректировать

Таблица 4. Кратность отбора проб питьевой воды с учетом типа точки и показателя
Table 4. Water quality sampling frequency by the type of site and indicator

Тип показателя / Indicator type	Кратность отбора проб / Sampling frequency
Водоочистные сооружения / Water treatment facilities	
Микробиологические / Microbiological	1 раз в квартал / quarterly
	1 раз в месяц / monthly
Паразитологические / Parasitological	1 раз в год / annually
	1 раз в месяц / monthly
Радиологические / Radiological	1 раз в год / annually
Химические / Chemical	1 раз в год / annually
	1 раз в 6 месяцев / once every six months
	1 раз в квартал / quarterly
	2 раза в месяц / twice a month
	1 раз в месяц / monthly
Распределительная сеть / Distribution network	
Микробиологические / Microbiological	1 раз в год / annually
	2 раза в год / twice a year
	3 раза в год / thrice a year
	1 раз в квартал / quarterly
	6 раз в год / six times a year
	2 раза в квартал / twice a quarter
	1 раз в месяц / monthly
Паразитологические / Parasitological	2 раза в месяц / twice a month
Радиологические / Radiological	1 раз в год / annually
Химические / Chemical	1 раз в год / annually
	2 раза в год / twice a year
	3 раза в год / thrice a year
	1 раз в квартал / quarterly
	6 раз в год / six times a year
	2 раза в квартал / twice a quarter
	1 раз в месяц / monthly

в соответствии с требованиями нормативно-методических документов.

Для получения объективных данных о качестве атмосферного воздуха необходимо организовать контроль в городах Новодвинске, Северодвинске, Дудинке; дополнить уже существующие программы мониторинга обязательными показателями:

– азота диоксид – в г. Архангельске, населенных пунктах Республики Саха (Якутия), Чукотского автономного округа;

– оксид углерода – в г. Архангельске, населенных пунктах Чукотского автономного округа, арктических территорий Красноярского края;

– серы диоксид – в г. Архангельске, населенных пунктах Чукотского автономного округа и арктических территорий Республики Саха (Якутия).

Применительно ко всем территориям следует рекомендовать увеличить кратность отбора до 300 максимально разовых проб в год или 75 среднесуточных, что позволит получить объективные среднегодовые (долгосрочные) концентрации, необходимые для проведения гигиенической оценки качества атмосферного воздуха и анализа его влияния на показатели заболеваемости населения. Выбор показателей обусловлен 4 обязательными химическими веществами (азота диоксид, серы диоксид, углерода оксид, взвешенные вещества)¹⁰, однако актуальный перечень контролируемых загрязнителей может быть существенно расширен с учетом специфики техногенного загрязнения атмосферного воздуха в конкретном населенном пункте, что является предметом отдельного исследования и в настоящей работе не рассматривалось.

При проведении мониторинга почвы перечень химических показателей должен включать определение 8 химических веществ (свинец, кадмий, цинк, медь, никель, мышьяк, ртуть, 3,4-бензапирен), а также нефтепродуктов и кислотности (pH)¹¹. Целесообразно увеличить количество точек контроля почвы, в первую очередь организовав точки в зонах рекреации населенных пунктов Мурманской области, арктических территорий Архангельской области, Красноярского края, Республики Саха (Якутия), на селитебной территории – арктических территориях Красноярского края.

В программах мониторинга следует увеличить кратность отбора проб (не менее 6 раз в год) и дополнить исследованиями:

– бенз(а)пирена, водородного показателя – Чукотский автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ, арктические территории Архангельской области, Республики Карелия, Республики Саха (Якутия),

– кадмия, ртути, свинца – Чукотский автономный округ,

– меди – Чукотский автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ,

– мышьяка – Чукотский автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ, арктические территории Республики Карелия,

– нефтепродуктов – Чукотский автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ, арктические территории Архангельской области, Красноярского края, Республики Карелия, Республики Саха (Якутия),

– никеля – Чукотский автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ, арктические территории Красноярского края, Республики Карелия, Республики Саха (Якутия),

– цинка – Чукотский автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ, арктические территории Красноярского края.

Следует отметить, что программы исследований воды централизованных систем водоснабжения во всех анализируемых субъектах АЗРФ по сравнению с 2020 годом [23] актуализированы, но тем не менее и количество точек в распределительной сети, и перечень исследуемых показателей не позволяют объективно оценить качество питьевой воды и ее влияние на здоровье населения. Существует необходимость увеличения количества точек контроля в распределительной сети, корректировки перечня контролируемых показателей с учетом минимального обязательного перечня показателей и кратности отбора проб (не менее 12 в год)¹².

Заключение. Впервые была проведена комплексная оценка организации мониторинга факторов среды обитания в 7 субъектах Российской Арктики. Несмотря на то, что по сравнению с 2021 годом программы лабораторных исследований и испытаний атмосферного воздуха, почвы и питьевой воды актуализированы, они не соответствуют современным требованиям. Авторами подготовлены рекомендации по их оптимизации, что позволит объективно оценить влияние факторов среды обитания на здоровье населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Manisalidis I, Stavropoulou E, Stavropoulos A, Bezirtzoglou E (2020) Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Frontiers in Public Health*. 2020;8:14. doi: 10.3389/fpubh.2020.00014
2. Bărbulescu, A; Barbeș, L; Dumitriu, CS. Advances in Water, Air and Soil Pollution Monitoring, Modeling and Restoration. *Toxics*. 2024;12:244. doi: 10.3390/toxics12040244
3. Попова А.Ю. Здоровье населения как целевая функция и критерий эффективности мероприятий федерального проекта «Чистый воздух» / А.Ю. Попова, Н.В. Зайцева, И.В. Май // Анализ риска здоровью. 2019. № 4. С. 4–13. doi: 10.21668/health.risk/2019.4.01
4. 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. № 4. С. 252–259.
5. Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Малых О.Л., Кадникова Е.П., Ярушин С.В. История становления и развития социально-гигиенического мониторинга в Свердловской области // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 9. С. 7–17. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-9-7-17
6. Попова А.Ю., Кузьмин С.В., Гурвич В.Б. и др. Информационно-аналитическая поддержка управления

¹⁰ ГОСТ 17.2.3.01-86.

¹¹ Пункт 120 раздела VII СанПиН 2.1.3684–21.

¹² МР 2.1.4.0176–20.

- риском для здоровья населения на основе реализации концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года // *Здоровье населения и среда обитания*. 2019. № 9 (318). С. 4–12. doi: 10.35627/2219-5238/2019-318-9-4-12
7. 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
 8. Ковшов А.А., Бузинов Р.В., Тихонова Н.А. и др. Подходы к определению территорий неблагополучия по показателям, характеризующим состояние питьевого водоснабжения // *Здоровье населения и среда обитания*. 2023. Т. 31. № 5. С. 25–33. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-5-25-33
 9. Новикова Ю.А., Тихонова Н.А., Федоров В.Н. и др. Научное обоснование актуализации программ мониторинга качества питьевой воды // *Гигиена и санитария*. 2023. Т. 102. № 6. С. 544–548. doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-6-544-548
 10. 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
 11. 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: 10.35627/2219-5238/2023-31-5-15-24
 12. Май И.В., Вековшина С.А., Клейн С.В., Балашов С.Ю., Андришунас А.М., Горяев Д.В. Федеральный проект «Чистый воздух»: практический опыт выбора химических веществ для информационной системы анализа качества атмосферного воздуха Норильска // *Гигиена и санитария*. 2020. Т. 99. № 8. С. 766–772. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-8-766-772
 13. Май И.В., Клейн С.В., Балашов С.Ю., Вековшина С.А., Маркович Н.И. Опыт обоснования и результаты мониторинга приоритетных веществ, загрязняющих атмосферный воздух г. Норильска (в рамках федерального проекта «Чистый воздух») // *Здоровье населения и среда обитания*. 2022. Т. 30. № 12. С. 45–52. doi: 10.35627/2022-30-12-45-52
 14. Мельников П.А., Гусев Д.М., Селезнева К.В., Шашенко В.А. Особенности мониторинга атмосферного воздуха крупных городов с развитой промышленностью // *Экология и промышленность России*. 2024. Т. 28. № 2. С. 32–37. doi: 10.18412/1816-0395-2024-2-32-37
 15. 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 (300). С. 38–47. doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-38-47
 16. 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
 17. Тихонова Н.А., Новикова Ю.А., Копытенкова О.И. и др. Апробация методических подходов по оптимизации мониторинга качества питьевой воды на примере городского округа Анадырь // *Современные проблемы экологии и здоровья населения : Материалы II Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 300-летию Российской академии наук, и V Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, Ангарск, 04–07 июля 2023 года*. Иркутск: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», 2023. С. 133–138. doi: 10.12731/978-5-98277-383-8-art27
 18. Новикова Ю.А., Малых О.Л., Тихонова Н.А. Анализ организации мониторинга питьевой воды перед подачей в распределительную сеть для целей социально-гигиенического мониторинга // *Развивая вековые традиции, обеспечивая „Санитарный щит“ страны : Материалы XIII Всероссийского съезда гигиенистов, токсикологов и санитарных врачей с международным участием, посвященного 100-летию основания Государственной санитарно-эпидемиологической службы России, Москва, 26–28 октября 2022 года*. Мытищи: Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, 2022. С. 122–125.
 19. Мельцер А.В., Кузнецова И.А., Чежина Н.В. и др. Организация социально-гигиенического мониторинга в Вологодской области при реализации задач федеральных и национальных проектов на региональном уровне // *Профилактическая и клиническая медицина*. 2023. № 1(86). С. 5–15. doi: 10.47843/2074-9120_2023_1_5
 20. Бобровницкий И.П., Нагорнев С.Н., Худов В.В., Яковлев М.Ю. Перспективные направления развития инновационных технологий здоровьесбережения в Арктической зоне Российской Федерации // *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation medicine*. 2021. № 1. С. 16–40.
 21. Фридман К.Б., Новикова Ю.А., Тихонова Н.А. К вопросу совершенствования социально-гигиенического мониторинга в Арктической зоне Российской Федерации // *Российская Арктика*. 2019. № 6. С. 14–19. doi: 10.24411/2658-4255-2019-10062
 22. Федоров В.Н., Ковшов А.А., Мясников И.О. Анализ организации мониторинга качества атмосферного воздуха населенных мест в Арктической зоне Российской Федерации // *Анализ риска здоровью – 2023 : Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2023: материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Пермь, 17–19 мая 2023 года*. Т. 1. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2023. С. 277–285.
 23. Новикова Ю.А., Тихонова Н.А., Бузинов Р.В., Копытенкова О.И. Качество питьевой воды централизованных систем питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения Российской Арктики // *Анализ риска здоровью – 2023 : Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2023: материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Пермь, 17–19 мая 2023 года*. Том 1. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2023. С. 237–243.

REFERENCES

1. Manisalidis I, Stavropoulou E, Stavropoulos A, Bezirtzoglou E (2020) Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Frontiers in Public Health*. 2020;8:14. doi: 10.3389/fpubh.2020.00014

2. Bărbulescu, A; Barbe, S, L; Dumitriu, CS. Advances in Water, Air and Soil Pollution Monitoring, Modeling and Restoration. *Toxics*. 2024;12:244. doi: 10.3390/toxics12040244
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. 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.)
5. Gurvich VB, Kuzmin SV, Malykh OL, Kadnikova EP, Yarushin SV. The history of elaboration and development of socio-hygienic monitoring in the Sverdlovsk Region. *Zdorov’e Naseleniya i Sreda Obitalaniya*. 2022;30(9):7-17. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-9-7-17
6. Popova AYU, Kuz’min SV, Gurvich VB, et al. Data-driven risk management for public health as supported by the experience of implementation for development concept of the social and hygienic monitoring framework in the Russian Federation up to 2030. *Zdorov’e Naseleniya i Sreda Obitalaniya*. 2019;(9(318)):4-12. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-318-9-4-12
7. 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
8. Kovshov AA, Buzinov RV, Tikhonova NA, et al. Approaches to defining health risk areas using quality indicators of drinking water supply. *Zdorov’e Naseleniya i Sreda Obitalaniya*. 2023;31(5):25-33. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-5-25-33
9. Novikova YuA, Tikhonova NA, Fedorov VN, et al. Scientific substantiation to updating drinking water quality monitoring programs. *Gigiena i Sanitariya*. 2023;102(6):544-548. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-6-544-548
10. 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” activity. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(11):1196-1202. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-11-1196-1202
11. 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 Obitalaniya*. 2023;31(5):15-24. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-5-15-24
12. May IV, Vekovshinina SA, Kleyn SV, Balashov SYu, Andrichunas AM, Goryaev DV. “Pure air” Federal project: Practical experience in selecting chemicals for an information system for the analysis of ambient air quality. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(8):766-772. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-8-766-772
13. May IV, Kleyn SV, Balashov SYu, Vekovshinina SA, Markovich NI. Experience of substantiation and results of monitoring of priority air pollutants in Norilsk within the Federal Clean Air Project. *Zdorov’e Naseleniya i Sreda Obitalaniya*. 2022;30(12):45-52. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-12-45-52
14. Melnikov PA, Gusev DM, Selezneva KV, et al. Features of atmospheric air monitoring in large cities with developed industry. *Ecology and industry of Russia*. 2024;28(2):32-37. (In Russ.). doi: 10.18412/1816-0395-2024-2-32-37
15. 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 Obitalaniya*. 2020;(9(330)):38-47. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-38-47
16. 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
17. Tikhonova NA, Novikova YuA, Kopytenkova OI, Fedorov VN, Kovshov AA. Practical testing of methodological approaches to optimize drinking water quality monitoring on the example of the Anadyr city district. In: *Contemporary Problems of Ecology and Public Health: Proceedings of the Second All-Russian Conference with International Participation Dedicated to the 300th Anniversary of the Russian Academy of Sciences, and the Fifth All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Angarsk, July 4–7, 2023*. Irkutsk: Irkutsk Scientific Center for Surgery and Traumatology Publ.; 2023:133-138. (In Russ.) doi: 10.12731/978-5-98277-383-8-art27
8. Novikova YuA, Malykh OL, Tikhonova NA. [Analysis of organizing of drinking water monitoring before supply to the distribution network for the purposes of public health monitoring.] In: *Developing Century-Old Traditions, Securing the “Sanitary Shield” of the Country: Proceedings of the 13th All-Russian Congress of Hygienists, Toxicologists and Sanitary Doctors with International Participation Dedicated to the Centenary of the Founding of the State Sanitary and Epidemiological Service of Russia, Moscow, October 26–28, 2022*. Mytishchi: F.F. Erisman Federal Research Center for Hygiene Publ.; 2022:122-125. (In Russ.)
19. Meltser AV, Kuznetsova IA, Chezhina NV, et al. Development of social and hygienic monitoring within the implementation of targets of state and national projects at the regional level. *Profilakticheskaya i Klinicheskaya Meditsina*. 2023;(1(86)):5-15. (In Russ.) doi: 10.47843/2074-9120_2023_1_5.eng
20. Bobrovnikskii IP, Nagornev SN, Khudov VV, Yakovlev MYu. Prospective areas of development innovative health saving technologies in the Arctic zone Russian Feder. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation medicine*. 2021;(1):16-40. (In Russ.)
21. Fridman KB, Novikova YuA, Tikhonova NA. On the issue of improving social and hygienic monitoring in the Arctic zone of the Russian Federation. *Rossiyskaya Arktika*. 2019;(6):14-19. (In Russ.) doi: 10.24411/2658-4255-2019-10062
22. Fedorov VN, Kovshov AA, Myasnikov IO. [Analysis of organizing ambient air quality monitoring in the populated areas of the Arctic Zone of the Russian Federation.] In: *Health Risk Analysis – 2023: Proceedings of the 13th All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Perm, May 17–19, 2023*. Perm: Perm National Research Polytechnic University Publ.; 2023;1:277-285. (In Russ.)
23. Novikova YuA, Tikhonova NA, Buzinov RV, Kopytenkova OI. [Water quality in centralized drinking and domestic water supply systems of the Russian Arctic.] In: *Health Risk Analysis – 2023: Proceedings of the 13th All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Perm, May 17–19, 2023*. Perm: Perm National Research Polytechnic University Publ.; 2023;1:237-243. (In Russ.)

Сведения об авторах:

✉ **Федоров** Владимир Николаевич – старший научный сотрудник, заведующий отделением анализа рисков для здоровья населения; e-mail: v.fedorov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1378-1232>.

Тихонова Надежда Андреевна – младший научный сотрудник отделения анализа рисков для здоровья населения; e-mail: n.tihonova@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4895-4009>.

Мясников Игорь Олегович – к.м.н., старший научный сотрудник, заведующий отделением научного обеспечения социально-гигиенического мониторинга; e-mail: i.myasnikov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4459-2066>.

Новикова Юлия Александровна – к.т.н., старший научный сотрудник, руководитель отдела социально-гигиенического анализа и мониторинга; e-mail: j.novikova@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4752-2036>.

Информация о вкладе авторов: планирование исследования, статистическая обработка данных, визуализация: *Федоров В.Н.*; обзор публикаций по теме статьи, написание текста рукописи: *Тихонова Н.А.*; получение данных для анализа, редактирование материала: *Мясников И.О.*; концепция и дизайн исследования, написание итогового варианта рукописи: *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. № 122011300096-5, не имело спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 10.04.24 / Принята к публикации: 08.05.24 / Опубликовано: 31.05.24

Author information:

✉ Vladimir N. **Fedorov**, Senior Researcher, Head of the Health Risk Analysis Department; e-mail: v.fedorov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1378-1232>.

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

Igor O. **Myasnikov**, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Head of the Department of Scientific Support of Public Health Monitoring; e-mail: i.myasnikov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4459-2066>.

Yuliya A. **Novikova**, Cand. Sci. (Tech.), Senior Researcher, Head of the Department of Public Health Analysis and Monitoring; e-mail: j.novikova@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4752-2036>.

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

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: This research was carried out as part of the research work No. 122011300096-5 and received no external funding.

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

Received: April 10, 2024 / Accepted: May 8, 2024 / Published: May 31, 2024



Количественная априорная оценка профессионального канцерогенного риска здоровью работников предприятий по подземной добыче медно-никелевой руды в Арктической зоне Российской Федерации

А.Г. Фадеев¹, Д.В. Горяев¹, Н.В. Зайцева², П.З. Шур², В.А. Фокин²

¹ Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Красноярскому краю, ул. Каратанова, д. 21, г. Красноярск, 660049, Российская Федерация

² ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, ул. Монастырская, д. 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация

Резюме

Введение. Канцерогенные вещества в воздухе рабочей зоны потенциально способны вызывать онкологические заболевания не только легких, но и других органов, что является проблемой при определении связи заболевания с профессией.

Цель исследования. Оценка профессионального канцерогенного риска здоровью работников, связанного с химическими факторами воздуха рабочей зоны предприятий по подземной добыче медно-никелевой руды в Арктической зоне Российской Федерации.

Материалы и методы. Априорная количественная оценка профессионального канцерогенного риска на рабочих местах бурильщика шпуров, машиниста погрузочно-доставочной машины, крепильщика, горнорабочего очистного забоя проводилась на основании результатов инструментальных исследований воздуха рабочей зоны с использованием стандартных параметров, изложенных в Руководстве Р 2.2.3969–23. В качестве концентрации, используемой для оценки профессионального канцерогенного риска, использовалось среднее значение, рассчитанное на основании диапазона значений, полученных по данным лабораторных испытаний. Категорирование количественных уровней профессионального канцерогенного риска производилось с использованием критериев, представленных в разделе 6 Руководства.

Результаты и обсуждение. Неприемлемые уровни суммарного канцерогенного риска (выше 1×10^{-3}) отмечаются на рабочих местах крепильщика и бурильщика. К приоритетным веществам, формирующим основной вклад в величину суммарного канцерогенного риска на рабочих местах крепильщика и бурильщика, относятся хром и никель. Необходимо отметить неопределенности в оценке риска, обусловленные применением факторов канцерогенного потенциала, разработанных для всего населения в целом. К неопределенностям, связанным с определением уровней экспозиции, следует отнести отсутствие возможности учета эффективности использования средств индивидуальной защиты.

Заключение. В ходе априорной количественной оценки профессионального канцерогенного риска установлены его недопустимые значения на рабочих местах крепильщика и бурильщика. Наличие канцерогенного риска обуславливает необходимость разработки мероприятий по его снижению до допустимых значений, а также комплекса медико-профилактических мероприятий на период снижения уровней риска.

Ключевые слова: профессиональный риск, воздух рабочей зоны, канцерогены, количественная оценка риска, никель.

Для цитирования: Фадеев А.Г., Горяев Д.В., Зайцева Н.В., Шур П.З., Фокин В.А. Количественная априорная оценка профессионального канцерогенного риска здоровью работников предприятий по подземной добыче медно-никелевой руды в Арктической зоне Российской Федерации // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 5. С. 17–22. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-5-17-22

A Priori Quantitative Assessment of Occupational Carcinogenic Risks for Underground Copper–Nickel Miners in the Russian Arctic

Aleksey G. Fadeev,¹ Dmitry V. Goryaev,¹ Nina V. Zaitseva,² Pavel Z. Shur,² Vladimir A. Fokin²

¹ Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in the Krasnoyarsk Krai, 21 Karatanov Street, Krasnoyarsk, 660049, Russian Federation

² Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya Street, Perm, 614045, Russian Federation

Summary

Introduction: Workplace air carcinogens have the potency to induce malignant tumors not only of the lungs but also of other organs, which creates problems in establishing a causal relationship between job and disease.

Objective: To assess occupational carcinogenic risks posed by chemicals found in the workplace air of underground copper-nickel miners in the Arctic Zone of the Russian Federation.

Materials and methods: A priori quantitative occupational carcinogenic risk assessment for drill operators, loading and hauling machine operators, timbermen, and stope miners was conducted using mean concentrations of chemicals calculated from the range of laboratory results of workplace air quality testing according to R 2.2.3969–23, *Guidelines for occupational risk assessment for workers' health: Organizational and methodological aspects, principles and criteria*. Quantitative occupational carcinogenic risk levels were categorized based on the criteria presented in Chapter 6 of the Guidelines.

Results and discussion: Unacceptable total carcinogenic risk levels ($> 1 \times 10^{-3}$) were found at workplaces of timbermen and drill operators. Priority substances contributing the most to the total carcinogenic risk for workers of these occupations are chromium and nickel. It should be noted that there are uncertainties in risk assessment related to the use of cancer potency factors established for the general population. The uncertainty in exposure assessment is associated with inability to consider the efficiency of the use of personal protective equipment.

Conclusion: Unacceptable risk levels at workplaces of timbermen and drill operators were estimated during a priori quantitative occupational carcinogenic risk assessment. They necessitate the development of risk mitigation measures and a set of preventive medicine activities for the period of reducing the risk to acceptable levels.

Keywords: occupational risk, workplace air, carcinogens, quantitative risk assessment, nickel.

Cite as: Fadeev AG, Goryaev DV, Zaitseva NV, Shur PZ, Fokin VA. A priori quantitative assessment of occupational carcinogenic risks for underground copper–nickel miners in the Russian Arctic. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(5):17–22. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-5-17-22

Введение. При проведении надзорных мероприятий в отношении содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны отмечаются разночтения между данными производственного контроля, специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) и результатами, полученными по данным ведомственных лабораторий, в частности Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека [1–5]. При этом остро стоит проблема загрязнения воздуха рабочей зоны предприятий горнодобывающей промышленности химическими веществами и пылью [6–11], в том числе обладающими канцерогенным действием [12–16]. Канцерогенные вещества в воздухе рабочей зоны способны вызывать онкологические заболевания не только легких [17], но и других органов [18]. Проблема развития профессиональной онкологической патологии является актуальной для предприятий по добыче медно-никелевой руды [14, 15]. Развитие онкологической патологии различной локализации является проблемой при определении связи заболевания с профессией [19, 20].

Управлением Роспотребнадзора по Красноярскому краю в рамках федерального государственного санитарно-эпидемиологического контроля (надзора) в 2023 г. проведены выездные контрольные (надзорные) мероприятия на объектах по добыче полезных ископаемых, которые расположены в Арктической зоне. Предметом проведения контрольных (надзорных) мероприятий являлось соблюдение хозяйствующими субъектами обязательных требований санитарного законодательства Российской Федерации. В частности, надзор проводился в отношении воздуха рабочей зоны работников основных профессий горнодобывающей промышленности Арктической зоны. Отбор проб и последующие химико-аналитические исследования были проведены испытательным лабораторным центром ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Красноярском крае» (аттестат аккредитации РОСС RU.0001.510243). В ходе проведения контрольных (надзорных) мероприятий проведен отбор проб воздуха рабочей зоны машиниста погрузочно-доставочной машины (далее – машинист ПДМ), горнорабочий очистного забоя (далее – ГРОЗ), крепильщика, бурильщика и установлены превышения гигиенических нормативов содержания никеля, также в воздухе рабочей зоны выявлены кадмий, кобальт, свинец, хром и мышьяк. Указанные профессии являются основными профессиями, которые заняты в ведущих технологических операциях при добыче медно-никелевой руды. Определение мест отбора проб воздуха рабочей зоны проводилось исходя из данных СОУТ о проценте времени работы в смену на каждой технологической операции, выбирались 3 наиболее затратных по времени операции, которые позволяют в дальнейшем провести оценку среднесменной концентрации.

Цель исследования – оценка профессионального канцерогенного риска здоровью работников, связанного с химическими факторами воздуха рабочей зоны предприятий по подземной добыче медно-никелевой руды в Арктической зоне Российской Федерации.

Материалы и методы. В ходе проведения контрольных (надзорных) мероприятий в 2023 году обследованы 2 рудника с проведением отбора проб и исследованием воздуха рабочей зоны на рабочих местах следующих профессий (по 1 рабочему месту на профессию): бурильщик шпуров, машинист ПДМ, крепильщик, ГРОЗ с применением аспираторов, спектрометра параллельного действия с индуктивно-связанной плазмой атомно-эмиссионный серии ICPE-9820 (номер в государственном реестре 60877-15). Количественные значения определяемых элементов получены на основании методики измерения массовых концентраций ПНД Ф 13.1:2.3.71-11¹. Дальнейшая априорная оценка профессионального риска по результатам инструментальных исследований проводилась в соответствии с руководством Р 2.2.3969-23² (далее – Руководство).

Априорная количественная оценка профессионального канцерогенного риска проведена на основании результатов инструментальных исследований воздуха рабочей зоны с использованием стандартных параметров, изложенных в Руководстве. При количественной оценке профессионального канцерогенного риска расчет дозовой нагрузки проводился по следующему сценарию: продолжительность воздействия – 24 года; частота воздействия – 250 смен в год; масса тела – 70 кг; период усреднения – 70 лет; скорость поступления воздуха – 7 кубометров.

В качестве концентрации, используемой для оценки профессионального канцерогенного риска, использовалось среднее значение (ввиду нормального распределения данных, определяемого по критерию Шапиро-Уилка), рассчитанное на основании диапазона значений, полученных по данным лабораторных испытаний (исследований), всего на каждом рабочем месте было проведено по 15 определений среднесменных концентраций в отношении каждого из 5 анализируемых канцерогенов. Категорирование количественных уровней профессионального канцерогенного риска производилось с использованием критериев, представленных в разделе 6 Руководства.

Результаты. По информации, представленной Управлением Роспотребнадзора по Красноярскому краю, среди работников предприятия по подземной добыче медно-никелевой руды за период 2001–2022 гг. регистрируются следующие профессиональные заболевания от воздействия пыли и химических веществ: бронхиальная астма (аллергического, токсического и смешанного генеза), профессиональный

¹ ПНД Ф 13.1:2.3.71-11 Количественный химический анализ атмосферного воздуха, промбросов в атмосферу и воздуха рабочей зоны. Методика измерений массовых концентраций загрязняющих компонентов в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе, промышленных выбросах в атмосферу методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. М.: Федеральная служба по надзору в сфере природопользования.

² Р 2.2.3969-23. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. 77 с.

хронический бронхит, хроническая обструктивная болезнь легких, пневмонит, пневмоконйоз, эмфизема легких, а также онкологические заболевания профессионального генеза различной локализации. При этом онкологические заболевания занимают значительное место в структуре профессиональной заболеваемости работников предприятия. Доля онкологических заболеваний у работников данного предприятия за период исследования составляет более 30 % от общего числа заболеваний, обусловленных воздействием химических веществ и пыли в воздухе рабочей зоны.

В результате анализа протоколов СОУТ, представленных предприятием в рамках проведения надзорных мероприятий, на рабочих местах крепильщика, машиниста погрузочно-доставочных машин (машинист ПДМ), бурильщика, горнорабочего очистного забоя (ГРОЗ) установлено, что класс условий труда по химическому фактору отнесен ко 2-й категории (категория априорного риска в соответствии с Руководством – «малый (допустимый) риск»). Следует отметить, что в ходе специальной оценки условий труда оценка химического загрязнения воздуха рабочей зоны проводится в отношении оксида углерода, оксидов азота, акролеина, алифатических углеводородов и аммиака. Концентрации канцерогенов в воздухе рабочей зоны не определялись. Таким образом, актуальной является оценка профессионального

риска, обусловленного воздействием канцерогенных веществ на здоровье работников.

Результаты исследований концентраций канцерогенов в воздухе рабочей зоны, полученные в ходе проведения надзорных мероприятий на рабочих местах анализируемых профессий, представлены в табл. 1.

На рабочем месте крепильщика установлено превышение ПДК содержания никеля в воздухе рабочей зоны (класс условий труда 3.1, категория профессионального риска в соответствии с Руководством – «умеренный риск»). На остальных анализируемых рабочих местах превышений содержания канцерогенов в воздухе рабочей зоны не установлено.

Из дальнейшей оценки экспозиции и расчета канцерогенного риска исключены: свинец (на рабочем месте бурильщика), мышьяк (на рабочих местах крепильщика, машиниста ПДМ и бурильщика) ввиду отсутствия количественных определений указанных веществ на уровне выше нижнего предела определения методики.

Расчет дозовой нагрузки проведен с использованием параметров, отраженных в разделе «Материалы и методы» в соответствии с Руководством. Расчетные величины доз канцерогенов отражены в табл. 2.

Представленные дозы были использованы в дальнейшем расчете уровней канцерогенного

Таблица 1. Результаты лабораторных испытаний (исследований) концентраций канцерогенов в воздухе рабочей зоны, мг/м³

Table 1. Measured workplace air concentrations of carcinogens by job, mg/m³

Рабочее место / Job	Значение концентраций / Concentration	Никель / Nickel	Кобальт / Cobalt	Свинец / Lead	Хром / Chromium	Мышьяк / Arsenic
Крепильщик / Timberman	Min	0,00278	< НПО* / < LOD*	< НПО	< НПО	< НПО
	Max	0,183	0,0082	0,00248	0,0038	< НПО
	$M \pm m^{**}$	$0,066727 \pm 0,02201$	$0,00301 \pm 0,00098$	$0,000993 \pm 0,000281$	$0,001433 \pm 0,000447$	< НПО
Машинист ПДМ / Loading and hauling machine operator	Min	< НПО	< НПО	< НПО	< НПО	< НПО
	Max	0,0044	0,00023	0,00025	0,00069	< НПО
	$M \pm m$	$0,002717 \pm 0,000476$	$0,000143 \pm 0,000016$	$0,00025 \pm 0,000032$	$0,000397 \pm 0,000055$	< НПО
Бурильщик / Drill operator	Min	0,0042	0,00025	< НПО	0,00082	< НПО
	Max	0,0129	0,00068	< НПО	0,0009	< НПО
	$M \pm m$	$0,0085 \pm 0,000949$	$0,000453 \pm 0,000047$	< НПО	$0,00087 \pm 0,00001$	< НПО
ГРОЗ / Stope miner	Min	0,0031	< НПО	< НПО	< НПО	< НПО
	Max	0,005	0,0003	0,00068	0,00074	0,00025
	$M \pm m$	$0,0042 \pm 0,000215$	$0,00022 \pm 0,000023$	$0,000393 \pm 0,000054$	$0,00054 \pm 0,000056$	$0,00025 \pm 0,000015$

Примечание: * НПО – нижний предел определения методики; ** $M \pm m$ – среднее $\pm$ ошибка среднего.

Notes: * LOD, limit of detection; ** $M \pm m$, mean $\pm$ error of mean.

Таблица 2. Расчетные величины доз канцерогенов для работников анализируемых профессий, мг/кг массы тела в день

Table 2. Estimated exposure doses of carcinogens by job, mg/kg body weight per day

Вещества / Chemicals	Крепильщик / Timberman	Машинист ПДМ / Loading and hauling machine operator	Бурильщик / Drill operator	ГРОЗ / Stope miner
Никель / Nickel	$1,57 \times 10^{-3}$	$6,38 \times 10^{-5}$	$2,00 \times 10^{-4}$	$9,86 \times 10^{-5}$
Кобальт / Cobalt	$7,08 \times 10^{-5}$	$3,37 \times 10^{-6}$	$1,06 \times 10^{-5}$	$5,17 \times 10^{-6}$
Свинец / Lead	$2,33 \times 10^{-5}$	$5,87 \times 10^{-6}$	–	$9,24 \times 10^{-6}$
Хром / Chromium	$3,37 \times 10^{-5}$	$9,32 \times 10^{-6}$	$2,04 \times 10^{-5}$	$1,27 \times 10^{-5}$
Мышьяк / Arsenic	–	–	–	$5,87 \times 10^{-6}$

риска. В качестве факторов канцерогенного потенциала использованы значения, представленные в руководстве Р 2.1.10.3968–23³, ввиду отсутствия значений факторов канцерогенного потенциала непосредственно для работающих.

Полученные значения канцерогенного риска (Cr) представлены в табл. 3.

Неприемлемые уровни суммарного канцерогенного риска (выше 1×10^{-3}) отмечаются на рабочих местах крепильщика и бурильщика, что вероятно обусловлено выделением значительного количества взвешенных веществ, имеющих в своем составе хром и никель, в воздух рабочей зоны.

В связи с установлением неприемлемых уровней канцерогенного риска для здоровья работников проведен расчет величины долевого вклада отдельных веществ в суммарный уровень канцерогенного риска на рабочих местах с его неприемлемым суммарным уровнем (табл. 4).

Наибольший вклад в величину суммарного канцерогенного риска на рабочих местах крепильщика и бурильщика вносят никель и хром. На рабочем месте крепильщика суммарный вклад данных веществ составляет более 70 %, на рабочем месте бурильщика – более 90 %.

Обсуждение. К приоритетным веществам, формирующим основной вклад в величину суммарного канцерогенного риска на рабочих местах с неприемлемым уровнем суммарного канцерогенного риска (рабочие места крепильщика и бурильщика), относятся хром и никель. По данным литературных источников подтверждается связь развития более 70 % злокачественных новообразований с водонерастворимыми соединениями никеля [14], как одного из основных компонентов никельсодержащих аэрозолей, попадающих в воздух рабочей зоны при выполнении различных технологических операций [15]. Различия в величине вклада никеля и хрома в уровень канцерогенного риска на рабочих местах

крепильщика и бурильщика связаны с различным уровнем концентраций этих металлов в воздухе рабочей зоны, что, в свою очередь, может быть обусловлено особенностями рабочих процессов. При этом бурильщики имеют более прямой контакт с горной породой, в то время как крепильщики в основном занимаются укреплением свода шахты. Таким образом, результаты априорной количественной оценки профессионального канцерогенного риска подтверждают ведущую роль канцерогенов в воздухе рабочей зоны в развитии профессиональной онкологической патологии среди работников пылевых профессий предприятий по подземной добыче медно-никелевой руды. Высокий уровень заболеваемости на фоне канцерогенной нагрузки за счет производственной среды, связанной с медно-никелевым производством, требует постоянного проведения мониторинга онкологических заболеваний.

Необходимо отметить неопределенности в оценке риска, обусловленные применением факторов канцерогенного потенциала, разработанных для всего населения в целом. К неопределенностям, связанным с определением уровней экспозиции, следует отнести отсутствие возможности учета эффективности использования средств индивидуальной защиты.

Закключение. В ходе анализа данных СОУТ, установлено, что, невзирая на высокую долю онкологической заболеваемости среди шахтеров, канцерогенные вещества при специальной оценке условий труда в воздухе рабочей зоны не определяются. Следовательно, необходимо расширение перечня веществ, определяемых в воздухе рабочей зоны при проведении СОУТ, а также включение канцерогенных веществ в программу производственного лабораторного контроля.

В ходе априорной количественной оценки профессионального канцерогенного риска установлены

Таблица 3. Значения канцерогенного риска, в том числе суммарного, для работников анализируемых профессий

Table 3. Total and chemical-specific carcinogenic risks by job

Вещества / Chemicals	Крепильщик / Timberman	Машинист ПДМ / Loading and hauling machine operator	Бурильщик / Drill operator	ГР03 / Stope miner
Никель / Nickel	$1,32 \times 10^{-3}$	$5,36 \times 10^{-5}$	$1,68 \times 10^{-4}$	$8,28 \times 10^{-5}$
Кобальт / Cobalt	$6,93 \times 10^{-4}$	$3,30 \times 10^{-5}$	$1,04 \times 10^{-4}$	$5,06 \times 10^{-5}$
Свинец / Lead	$9,80 \times 10^{-7}$	$2,47 \times 10^{-7}$	–	$3,88 \times 10^{-7}$
Хром / Chromium	$1,41 \times 10^{-3}$	$3,91 \times 10^{-4}$	$8,58 \times 10^{-4}$	$5,33 \times 10^{-4}$
Мышьяк / Arsenic	–	–	–	$7,05 \times 10^{-5}$
Суммарный CR / Total CR	$3,42 \times 10^{-3}$	$4,78 \times 10^{-4}$	$1,13 \times 10^{-3}$	$7,37 \times 10^{-4}$

Таблица 4. Величина долевого вклада отдельных веществ в величину суммарного канцерогенного риска, %
Table 4. Contribution of certain chemicals to the total carcinogenic risk, %

Вещества / Chemicals	Крепильщик / Timberman	Бурильщик / Drill operator
Никель / Nickel	38,44	14,84
Кобальт / Cobalt	20,25	9,23
Свинец / Lead	0,03	0,00
Хром / Chromium	41,28	75,93

³ Р 2.1.10.3968–23. Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека, 2023. 221 с.

его недопустимые значения на рабочих местах крепыльщика и бурильщика. Основной вклад в величину недопустимого риска вносят хром и никель, содержащиеся в воздухе рабочей зоны, что обуславливает необходимость разработки мероприятий по снижению канцерогенного риска до допустимых значений, а также комплекса медико-профилактических мероприятий на период снижения уровней риска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скрипник И.Л. Специальная оценка и анкетирование условий труда бурильщиков скважин // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: сборник научных статей третьей международной научной конференции. Часть 1. Казань: ООО «Конверт» 2020. С. 131–133.
2. Дадонова В.А., Корчагин А.Б. Проблемы улучшения условий труда на табачном производстве // Техносферная безопасность: Материалы Седьмой Национальной научно-технической конференции. Омск: Омский государственный технический университет. 2020. С. 121–125.
3. Бухтияров И.В., Прокопенко Л.В., Лагутина А.В., Курьеров Н.Н., Почтарева Е.С. Актуальность адаптации формы санитарно-гигиенической характеристики условий труда к новому санитарному законодательству // Медицина труда и промышленная экология. 2021. Т. 61. № 12. С. 787–796. doi: 10.31089/1026-9428-2021-61-12-787-796
4. Новикова Т.А., Спиринов В.Ф., Алешина Ю.А., Луцевич И.Н., Барегамьян Л.А. Риск развития профессионально обусловленных заболеваний у работников производства пищевой продукции // Проблемы гигиенической безопасности и профилактики нарушений трудоспособности у работающих. Материалы Всероссийской научно-практической интернет-конференции. Под редакцией И.А. Умнягиной. Нижний Новгород: Медиа 2021. С. 88–95.
5. Иващенко М.А., Федорук А.А., Мартин С.В., Кудряшов И.Н. Гигиеническая оценка условий труда плавыльщиков при получении свинца из вторичного сырья // Проблемы гигиенической безопасности и профилактики нарушений трудоспособности у работающих. Материалы Всероссийской научно-практической интернет-конференции. Под редакцией И.А. Умнягиной. Нижний Новгород: Медиа 2021. С. 96–102.
6. Власова, Н.В., Масыгутова Л.М., Аралбаев Х.Ф., Хайруллин Р.У., Иванова Р.Ш. Изменения гематологических показателей у работников горнодобывающей промышленности // Медицина труда и экология человека. 2020. № 3 (23). С. 21–28 doi: 10.24411/2411-3794-2020-10303
7. Colinet JF, Halldin CN, Schall J. *Best Practices for Dust Control in Coal Mining*, 2nd ed. Pittsburgh PA: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 2021-119, IC 9532. doi: 10.26616/NIOSH-PUB2021119
8. Xiu Z, Nie W, Yan J, et al. Numerical simulation study on dust pollution characteristics and optimal dust control air flow rates during coal mine production. *J Clean Prod.* 2020;248:119197. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119197
9. Ziętek B, Banasiewicz A, Zimroz R, Szrek J, Gola S. A portable environmental data-monitoring system for air hazard evaluation in deep underground mines. *Energies.* 2020;13(23):6331. doi: 10.3390/en13236331
10. Trechera P, Moreno T, Córdoba P, et al. Comprehensive evaluation of potential coal mine dust emissions in an open-pit coal mine in Northwest China. *Int J Coal Geol.* 2021;235:103677. doi: 10.1016/j.coal.2021.103677
11. Huang R, Shen X, Wang B, Liao X. Migration characteristics of CO under forced ventilation after excavation roadway blasting: A case study in a plateau mine. *J Clean Prod.* 2020;267:122094. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.122094
12. Mensah MK, Mensah-Darkwa K, Drebenstedt C, Annam BV, Armah EK. Occupational respirable mine dust and diesel

particulate matter hazard assessment in an underground gold mine in Ghana. *J Health Pollut.* 2020;10(25):200305. doi: 10.5696/2156-9614-10.25.200305

13. Ngo P, Sarich P, Feletto E, et al. Occupational exposure to respirable carcinogens and the risk of cancer. *Eur Respir Monogr.* 2022;98:71–81. doi: 10.1183/2312508X.10018521
14. Сюрин С.А. Риск злокачественных новообразований при добыче и переработке никелевых руд в Арктике. *Врач.* 2020. Т. 31. № 12. С. 33–37. doi:10.29296/25877305-2020-12-07
15. Серебряков П.В., Рушкевич, О.П., Луценко, Л.А., Антошина Л.И., Карташев О.И. Профессиональный канцерогенный риск на горнорудных и металлургических предприятиях Заполярья // Уральский медицинский журнал. 2008. Т. 51. № 11. С. 67–71.
16. Тихонова Г.И., Брылёва М.С. К анализу факторов риска смертности от злокачественных новообразований мужского населения промышленных моногородов // Анализ риска здоровью. 2021. № 3. С. 67–77. doi: 10.21668/health.risk/2021.3.06
17. Грибова Ю.В., Бушуева Т.В., Рослая Н.А., Силантьева Е.А., Лабзова А.К., Шмонина О.Г. Оценка предикторов и маркеров злокачественных новообразований легких у работников металлургического предприятия // Вестник уральской медицинской академической науки. 2015. № 2. С. 32–36.
18. Олссон Э, Шубауер-Бериган М, Шюц Й. Стратегии Международного агентства по изучению рака по снижению бремени профессиональных злокачественных новообразований // Медицина труда и промышленная экология. 2021. Т. 61. № 3. С. 140–154. doi:10.31089/1026-9428-2021-61-3-140-154
19. Леонов М.Г., Харбандариди Е.С., Рахуба Г.А. и др. Изучение роли профессиональных факторов в возникновении новообразований у работников портовых предприятий г. Новороссийска. Эффективная фармакотерапия. 2023. Т. 19. № 15. С. 18–22. doi 10.33978/2307-3586-2023-19-15-18-22
20. Серебряков П.В. Подходы к оптимизации экспертизы профессиональных злокачественных новообразований // Вестник уральской медицинской академической науки. 2015. № 2. С. 80–83.

REFERENCES

1. Skripnik IL. [Special assessment and survey of working conditions for well drillers.] In: *Priority Directions of Innovative Activity in Industry: Proceedings of the Third International Scientific Conference, Kazan, March 16, 2020.* Moscow: "Konvert" Publ.; 2020;1:131–133. (In Russ.)
2. Dadonova VA, Korchagin AB. [Problems of improving working conditions in tobacco production.] In: *Technosphere Safety: Proceedings of the Seventh National Scientific and Technical Conference, Omsk, October 17, 2020.* Omsk: Omsk State Technical University; 2020:121–125. (In Russ.)
3. Bukhtiarov IV, Prokopenko LV, Lagutina AV, Courierov NN, Pochtareva ES. Adapting the Form of the sanitary and hygienic characteristics of working conditions to the new Sanitary Law. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2021;61(12):787–796. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2021-61-12-787-796
4. Novikova TA, Spirin VF, Alechina YuA, Lutsevich IN, Baregamyayn LA. [The risk of occupational diseases among workers in food production.] In: Umnyagina IA, ed. *Problems of Health Safety and Prevention of Work Incapacity: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Internet Conference, Nizhny Novgorod, November 24–25, 2021.* Nizhny Novgorod: "Medial" Publ.; 2021:88–95. (In Russ.)
5. Ivashchenko MA, Fedoruk AA, Martin SV, Kudryashov IN. [Hygienic assessment of working conditions of smelters in the production of lead from recycled materials.] In: Umnyagina IA, ed. *Problems of Health Safety and Prevention of Work Incapacity: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Internet Conference, Nizhny Novgorod, November 24–25, 2021.* Nizhny Novgorod: "Medial" Publ.; 2021:96–102. (In Russ.)
6. Vlasova NV, Masyagutova LM, Aralbaev HF, Khayrullin RU, Ivanova RSh. Changes in hematological indicators in mining

- industry workers. *Meditsina Truda i Ekologiya Cheloveka*. 2020;(3(23)):21-28. (In Russ.) doi: 10.24412/2411-3794-2020-10303
7. Colinet JF, Halldin CN, Schall J. *Best Practices for Dust Control in Coal Mining*, 2nd ed. Pittsburgh PA: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 2021-119, IC 9532. doi: 10.26616/NIOSH-PUB2021119
 8. Xiu Z, Nie W, Yan J, et al. Numerical simulation study on dust pollution characteristics and optimal dust control air flow rates during coal mine production. *J Clean Prod*. 2020;248:119197. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119197
 9. Ziętek B, Banasiewicz A, Zimroz R, Szrek J, Gola S. A portable environmental data-monitoring system for air hazard evaluation in deep underground mines. *Energies*. 2020;13(23):6331. doi: 10.3390/en13236331
 10. Trechera P, Moreno T, Córdoba P, et al. Comprehensive evaluation of potential coal mine dust emissions in an open-pit coal mine in Northwest China. *Int J Coal Geol*. 2021;235:103677. doi: 10.1016/j.coal.2021.103677
 11. Huang R, Shen X, Wang B, Liao X. Migration characteristics of CO under forced ventilation after excavation roadway blasting: A case study in a plateau mine. *J Clean Prod*. 2020;267:122094. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.122094
 12. Mensah MK, Mensah-Darkwa K, Drebenstedt C, Annam BV, Armah EK. Occupational respirable mine dust and diesel particulate matter hazard assessment in an underground gold mine in Ghana. *J Health Pollut*. 2020;10(25):200305. doi: 10.5696/2156-9614-10.25.200305
 13. Ngo P, Sarich P, Feletto E, et al. Occupational exposure to respirable carcinogens and the risk of cancer. *Eur Respir Monogr*. 2022;98:71-81. doi: 10.1183/2312508X.10018521
 14. Syurin SA. The risk of malignant tumors in mining and processing of nickel ores in the Arctic. *Vrach*. 2020;31(12):33-37. (In Russ.) doi: 10.29296/25877305-2020-12-07
 15. Serebryakov PV, Rushkevich OP, Lutsenko LA, Antoshina LI, Kartashev OI. [Occupational carcinogenic risk at mining and metallurgical enterprises in the Arctic.] *Ural'skiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2008;(11(51)):67-71. (In Russ.)
 16. Tikhonova GI, Bryleva MS. On assessing risk factors that cause mortality due to malignant neoplasms among men living in industrial monotowns. *Health Risk Analysis*. 2021;(3):67-76. doi: 10.21668/health.risk/2021.3.06.eng
 17. Gribova YuV, Bushuyeva TV, Roslaya NA, Silantyeva YeA, Labzova AK, Shmonina OG. Assessment of the predictors and markers of malignant tumors in the lungs of metallurgical plant workers. *Vestnik Ural'skoy Meditsinskoy Akademicheskoy Nauki*. 2015;(2(53)):32-36. (In Russ.)
 18. Olsson A, Shubauer-Berigan M, Schüz J. Strategies of the International Agency for Research on Cancer (IARC/WHO) to reduce the occupational cancer burden. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2021;61(3):140-154. doi: 10.31089/1026-9428-2021-61-3-140-154
 19. Leonov MG, Kharbandaridi ES, Rakhuba GA, Istomina DE, Chernov SN. Study of the role of professional factors in the occurrence of neoplasms in employees of port enterprises of Novorossiysk. *Effektivnaya Farmakoterapiya*. 2023;19(15):18-22. (In Russ.) doi: 10.33978/2307-3586-2023-19-15-18-22
 20. Serebryakov PV. Approaches to optimization of the occupational cancers examination process. *Vestnik Ural'skoy Meditsinskoy Akademicheskoy Nauki*. 2015;(2(53)):80-83. (In Russ.)

Сведения об авторах:

Фадеев Алексей Геннадьевич – начальник отдела надзора за условиями труда Управления Роспотребнадзора по Красноярскому краю; e-mail: onut@24.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1712-9196>.

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

Зайцева Нина Владимировна – академик РАН, д.м.н., профессор, научный руководитель ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»; e-mail: znv@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2356-1145>.

Шур Павел Залманович – д.м.н.; ученый секретарь, главный научный сотрудник ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»; e-mail: shur@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5171-3105>.

✉ **Фокин** Владимир Андреевич – научный сотрудник отдела анализа риска для здоровья ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»; e-mail: fokin@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0539-7006>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Зайцева Н.В., Шур П.З.*; сбор данных: *Фадеев А.Г., Горяев Д.В.*; анализ и интерпретация результатов, подготовка рукописи: *Фадеев А.Г., Фокин В.А.*; литературный обзор: *Фокин В.А.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование не требует заключения этического комитета.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: соавтор статьи Зайцева Н.В. является членом редакционного совета научно-практического журнала «Здоровье населения и среда обитания», остальные авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 19.04.24 / Принята к публикации: 08.05.24 / Опубликована: 31.05.24

Author information:

Aleksey G. **Fadeev**, Head of the Labor Supervision Department, Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in the Krasnoyarsk Krai; e-mail: onut@24.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1712-9196>.

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

Nina V. **Zaitseva**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Med.), Prof.; Scientific Director, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies; e-mail: znv@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2356-1145>.

Pavel Z. **Shur**, Dr. Sci. (Med.), Scientific Secretary, Chief Researcher, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies; e-mail: shur@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5171-3105>.

✉ Vladimir A. **Fokin**, Researcher, Department of Health Risk Analysis, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies; e-mail: fokin@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0539-7006>.

Author contributions: study conception and design: *Zaitseva N.V., Shur P.Z.*; data collection: *Fadeev A.G., Goryaev D.V.*; analysis and interpretation of results, draft manuscript preparation: *Fadeev A.G., Fokin V.A.*; bibliography compilation and referencing: *Fokin V.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: Nina V. Zaitseva is a member of the Editorial Council of the scientific and practical journal *Public Health and Life Environment*; other authors have no conflicts of interest to declare.

Received: April 19, 2024 / Accepted: May 8, 2024 / Published: May 31, 2024



Обоснование временных отступлений качества питьевой воды с учетом новых научных данных для оценки риска здоровью населения

Д.С. Исаев¹, Н.А. Мозжухина², А.А. Степанян¹

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 имени И.И. Мечникова» Минздрава России, ул. Кирочная, д. 41, г. Санкт-Петербург, 191015, Российская Федерация

Резюме

Введение. С 2024 года действует Р 2.1.10.3968–23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания», что открывает новые возможности для анализа вредного воздействия факторов среды обитания на здоровье человека.

Цель исследования: обоснование временных отступлений качества питьевой воды с учетом новых научных данных с применением методологии оценки риска для здоровья населения.

Материалы и методы. Для исследования выбраны результаты производственного контроля (214 исследований) качества питьевой воды в точке перед поступлением в распределительную сеть городского поселения, полученные за период 2019–2022 гг. Статистическая обработка выполнялась в Microsoft Excel, использовались методы описательной статистики. Временные отступления обосновывались для показателей, медианные значения которых превышали гигиенические нормативы. Оценка риска выполнена по отмененному и новому руководству. В анализ вошли вещества, для которых установлена референтная доза и фактор канцерогенного потенциала. Выполнялся расчет канцерогенного риска, коэффициентов и индексов опасности неканцерогенного риска. Применялись стандартные факторы экспозиции.

Результаты. В результате статистической обработки выявлены превышения гигиенических нормативов медианных значений бора и магния. Согласно выполненной оценке риска здоровью населения значения канцерогенного и неканцерогенного риска здоровью определены на допустимом уровне. Недопустимые значения определялись преимущественно в связи с воздействием мышьяка, концентрация которого в соответствии с новым руководством может быть принята за нулевую. Воздействие бора не вносило значимый вклад в значения риска, а для магния отсутствует референтная доза.

Обсуждение. Подняты вопросы, связанные с отсутствием референтных доз для ряда веществ и исключением веществ из анализа.

Заключение. Значения риска здоровью населения, рассчитанные согласно актуализированному руководству, соответствуют допустимому уровню, угроза здоровью отсутствует, а значит установление временных отступлений для бора и магния обоснованно.

Ключевые слова: оценка риска здоровью, питьевая вода, качество питьевой воды, временные отступления, неканцерогенный риск, референтные дозы.

Для цитирования: Исаев Д.С., Мозжухина Н.А., Степанян А.А. Обоснование временных отступлений качества питьевой воды с учетом новых научных данных для оценки риска здоровью населения // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 5. С. 23–32. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-5-23-32

Justification of Temporary Deviations in Drinking Water Quality Given New Scientific Data for Health Risk Assessment

Daniil S. Isaev,¹ Natalia A. Mozhukhina,² Alex A. Stepanyan¹

¹ North-West 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, 191015, Russian Federation

Summary

Introduction: Since 2024, Russian R 2.1.10.3968–23, *Guidelines for assessing health risks from exposure to chemical environmental pollutants*, have been in effect, which opens up new opportunities for analyzing adverse human health effects of environmental factors.

Objective: To justify temporary deviations in drinking water quality taking into account new scientific evidence and using the methodology of human health risk assessment.

Materials and methods: For the current study, we selected 214 results of water quality testing before supply to the urban distribution system for the years 2019–2022. The statistical analysis was conducted in Microsoft Excel using descriptive statistical techniques. Temporary deviations were justified for indicators which median values exceeded hygienic standards. Risk assessment was conducted according to both cancelled and updated Guidelines and included substances with established reference doses and carcinogenic potency factors. We calculated carcinogenic risks, non-carcinogenic hazard coefficients and indices using standard exposure factors.

Results: The statistical analysis showed that median levels of boron and magnesium exceeded hygienic standards. According to the results of health risk assessment, values of carcinogenic and non-carcinogenic risks were at an acceptable level. Unacceptable levels were mainly determined for the exposure to arsenic, the concentration of which can be taken as zero in accordance with the new guidelines. Boron exposure did not significantly contribute to risk levels, while for magnesium the reference dose is absent.

Discussion: Questions are raised related to the lack of reference doses for certain chemicals and exclusion of some pollutants from the analysis.

Conclusion: The health risk assessment values calculated in accordance with the updated guidelines are within the acceptable range, indicating that there is no threat to health. This finding supports the establishment of temporary deviations for boron and magnesium.

Keywords: health risk assessment, drinking water, water quality, temporary deviations, non-carcinogenic risk, reference doses.

Cite as: Isaev DS, Mozhukhina NA, Stepanyan AA. Justification of temporary deviations in drinking water quality given new scientific data for health risk assessment. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(5):23–32. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-5-23-32

Введение. Обеспечение населения качественной питьевой водой, а также снижение рисков для здоровья при ее употреблении являются основным направлением деятельности Роспотребнадзора на 2024 год, а также приоритетной задачей в обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия.

Для принятия обоснованных управленческих решений или выполнения мероприятий по снижению рисков необходимо достоверно оценивать факторы среды обитания, основываясь на действующих нормативно-методических документах, результатах современных исследований, международных базах данных [1–3]. Методология оценки риска для здоровья продолжает динамично развиваться и встраиваться в деятельность Роспотребнадзора [4–6]. До 2024 года действовало Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду¹, от 2004 г., с выпуска которого прошло практически 20 лет, в связи с чем в последнее время назревала необходимость в актуализации документа [7–10]. С 1 января 2024 года действует новое руководство по оценке риска², в котором обновлены и актуализированы разделы, референтные значения, факторы канцерогенного потенциала, факторы экспозиции. Это открывает новые возможности для анализа вредного воздействия факторов среды обитания на здоровье человека. Наиболее актуальными являются процедуры оценки риска для здоровья от воздействия атмосферного воздуха и питьевой воды. Кроме того, оценка риска применяется в рамках научных исследований, экспертных оценок, а также для установления временных отступлений от гигиенических нормативов качества питьевой воды [11, 12]. В связи с появлением и закреплением в новом руководстве уточненных данных о негативных эффектах ряда химических веществ на здоровье человека актуален вопрос выполнения оценки риска с учетом наиболее современных и адекватных данных. В настоящей работе проведена оценка риска здоровью населения при употреблении питьевой воды из подземного источника водоснабжения в точке перед поступлением в распределительную сеть для обоснования временных отступлений по методике отмененного и нового Руководств, выполнено сравнение полученных результатов.

Цель исследования: обоснование временных отступлений качества питьевой воды с учетом новых научных данных с применением методологии оценки риска для здоровья населения.

Материалы и методы. Для исследования выбраны результаты 214 исследований качества питьевой воды из подземного источника в точке перед поступлением в распределительную сеть городского поселения, проведенных в рамках производственного контроля за период 2019–2022 гг.,

в аккредитованной лаборатории. В программу производственного контроля вошли 50 показателей, из которых в дальнейший анализ были включены 33. Новое руководство сохраняет преемственность основных расчетных формул, оно, как и ранее действовавшее, не позволяет провести оценку риска обобщенных и органолептических показателей. Вследствие этого обобщенные и органолептические показатели, а также вещества, для которых отсутствует референтная доза, из анализа исключались. Статистическая обработка выполнялась в Microsoft Excel, использовались методы описательной статистики с дальнейшим анализом медианных значений, так как распределение отличалось от нормального. Временные отступления обосновывались для показателей, медианные значения которых превышали гигиенические нормативы, в соответствии с федеральным законом о водоснабжении и водоотведении³. Оценка риска выполнена по старому¹ и новому руководствам². Для расчета поступления химических веществ использовались следующие факторы экспозиции: величина потребления воды – 2 л/сут., частота воздействия – 350 дней в году, продолжительность воздействия – 30 лет, период осреднения – 30 лет (для канцерогенов – 70 лет), масса тела – 70 кг. В анализ вошли все вещества, для которых установлена референтная доза (RfD) и фактор канцерогенного потенциала для перорального поступления (Sfo). Выполнялся расчет суточных доз, коэффициентов и индексов опасности неканцерогенного (HQ и HI соответственно) и канцерогенного риска (CR). Расчет неканцерогенного риска выполнялся в 3 вариантах: вариант № 1 – с включением всех веществ; вариант № 2 – с исключением показателей, для которых отсутствуют дозы в новом руководстве; вариант № 3 – с исключением веществ, для которых отсутствуют дозы в новом руководстве и возможно исключение в соответствии с п. 3.2.15 нового руководства.

Результаты. Перечень показателей, вошедших в оценку риска с референтными дозами и факторами канцерогенного потенциала для перорального поступления по отмененному и новому руководству, представлен в табл. 1.

Согласно табл. 1 выявлены превышения гигиенических нормативов медианными значениями следующих показателей: бор – 0,59 мг/дм³ (норматив – 0,5 мг/дм³), магний – 52,79 мг/дм³ (норматив – 50 мг/дм³).

Для следующих веществ референтная доза в новом руководстве изменилась в сторону уменьшения (7): гексахлорциклогексан (ГХЦГ), йод, кобальт, марганец, мышьяк, ртуть и ее неорганические соединения, цианиды, а в сторону увеличения – для веществ (3): барий, железо общее, медь.

Отметим, что в новом руководстве отсутствуют референтные дозы для следующих показателей (8): аммиак и ионы аммония, бром, водород сульфид, кальций, магний, натрий, нефтепродукты, свинец.

¹ Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.

² Р 2.1.10.3968–23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека, 2023. 221 с.

³ Федеральный закон «О водоснабжении и водоотведении» от 07.12.2011 № 416-ФЗ. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <http://actual.pravo.gov.ru/content/content.html#pnum=0001201112080005> (дата обращения: 15.02.2024).

Таблица 1. Перечень исследуемых показателей
Table 1. The list of chemicals under study

CAS	Показатель / Chemical	N**	C***	RFDст./old	RFDн./new	SFOст./old	SFOн./new
94-75-7	2,4-Д* / 2,4-D	2	0,0001	0,01	0,01	0,019	0,019
7429-90-5	Алюминий* / Aluminum	17	0,04	1	1	–	–
7664-41-7	Аммиак и ионы аммония суммарно / Ammonia and ammonium ions, total	17	0,081	0,98	–	–	–
7440-39-3	Барий* / Barium	2	0,05	0,07	0,2	–	–
7440-41-7	Бериллий* / Beryllium	2	0,0001	0,002	0,002	4,3	4,3
7440-42-8	Бор / Boron	11	0,59	0,2	0,2	–	–
7726-95-6	Бром / Bromine	1	0,226	1	–	–	–
7783-06-4	Водород сульфид* / Hydrogen sulfide	2	0,002	0,003	–	–	–
319-84-6	ГХЦГ* / HCH	1	0,0001	0,005	0,0003	6,3	6,3
50-29-3	ДДТ* / DDT	2	0,0001	0,0005	0,0005	0,34	0,34
7439-89-6	Железо общее* / Total iron	17	0,1	0,3	0,7	–	–
7553-56-2	Йод* / Iodine	2	0,1	0,017	0,01	–	–
7440-43-9	Кадмий* / Cadmium	2	0,0001	0,0005	0,0005	0,38	0,38
7440-70-2	Кальций / Calcium	1	19,64	41,4	–	–	–
7440-48-4	Кобальт / Cobalt	2	0,007	0,02	0,0003	–	–
7439-95-4	Магний / Magnesium	2	52,79	11	–	–	–
7439-96-5	Марганец / Manganese	18	0,01	0,14	0,024	–	–
7440-50-8	Медь* / Copper	17	0,001	0,019	0,04	–	–
7439-98-7	Молибден* / Molybdenum	1	0,01	0,005	0,005	–	–
7440-38-2	Мышьяк* / Arsenic	2	0,005	0,0003	3,5E–06	1,5	1,5
7440-23-5	Натрий / Sodium	2	66,55	34,3	–	–	–
	Нефтепродукты / Oil products	12	0,005	0,03	–	–	–
7440-02-0	Никель* / Nickel	2	0,001	0,02	0,02	–	–
14797-55-8	Нитраты / Nitrates	17	19,2	1,6	1,6	–	–
14797-65-0	Нитриты / Nitrites	17	0,058	0,1	0,1	–	–
7439-97-6	Ртуть и ее неорганические соединения* / Mercury and its inorganic compounds	2	0,0001	0,0003	0,00016	–	–
7439-92-1	Свинец* / Lead	2	0,001	0,0035	–	0,047	0,085
7782-49-2	Селен* / Selenium	2	0,0001	0,005	0,005	–	–
7440-24-6	Стронций / Strontium	2	2,85	0,6	0,6	–	–
108-95-2	Фенол / Phenol	11	0,00067	0,3	0,3	–	–
7440-47-3	Хром общий* / Total chromium	11	0,025	0,003	0,003	–	–
57-12-5	Цианиды* / Cyanides	2	0,01	0,02	0,0006	–	–
7440-66-6	Цинк* / Zinc	11	0,005	0,3	0,3	–	–

Примечание: * – указанные вещества определялись в 100 % случаев менее предела обнаружения методики определения; ** – количество исследований; *** – медианная концентрация вещества.

Notes: * in 100 % of cases, these chemicals were found in concentrations below the method limit of detection; ** number of tests; *** median concentration ; HCH, hexachlorocyclohexane; DDT, dichlorodiphenyltrichloroethane.

Кроме того, в таблице указаны показатели, которые могут быть исключены в соответствии с п. 3.2.15 нового руководства, гласящим: «Концентрация в исследуемой точке может быть условно принята нулевой, если вещество обнаруживается в менее чем 5 % отобранных проб и нет убедительных доказательств того, что это химическое соединение является специфическим и характерным компонентом загрязнения среды обитания на исследуемой территории». Следовательно, представляется возможным исключить из анализа 20 показателей: 2,4-Д, алюминий, барий, бериллий, водород сульфид, ГХЦГ, ДДТ, железо общее, йод, кадмий, медь, мышьяк, молибден, никель, ртуть

и ее неорганические соединения, свинец, селен, хром общий, цианиды, цинк.

Таким образом, согласно проведенному анализу, новое руководство позволяет исключить из оценки риска 26 показателей: для 6 показателей отсутствует референтная доза, для 20 концентрация принята за ноль, для 2 отсутствует референтная доза и концентрация принята за ноль. В оценку вошли 7 показателей: бор, кобальт, марганец, нитраты, нитриты, стронций, фенол.

Факторы канцерогенного потенциала остались без изменения, за исключением значения для свинца (увеличился с 0,047 до 0,085).

В табл. 2 приведены расчеты канцерогенного риска, расчеты представлены по варианту № 1, так как по варианту № 3 представляется возможным исключить все вещества, формирующие итоговое значение риска.

Результаты расчетов канцерогенного риска по отмененному и новому руководствам без исключения соединений, для которых концентрация была принята условно нулевой, значимо не отличаются. В табл. 3 указаны результаты расчетов неканцерогенного риска по вариантам № 1 и 3, так как не включенные в варианте № 2 показатели не достигали 0,1 HQ, за исключением магния (HQ = 0,1315), и не оказали значительного влияния на полученный результат. Описание вариантов расчетов неканцерогенного риска представлено в разделе «Материалы и методы».

По результатам расчета канцерогенного риска в варианте расчета № 1 на первом ранговом месте (старое/новое руководство) – мышьяк, на втором – нитраты/кобальт, на третьем – хром общий/цианиды. В варианте расчета № 3 на первом ранговом месте – нитраты/кобальт, на втором – стронций/нитраты, на третьем – бор/стронций. Исключение показателей в третьем варианте значимо повлияло на результат, особенно по новому руководству, где значение неканцерогенного риска для мышьяка определялось на уровне HQ = 39,14, однако было исключено.

Далее проводился расчет индексов опасности для критических органов и систем по вариантам № 1 и 3, результаты которого представлены в табл. 4.

По варианту № 1, согласно старому руководству, наиболее уязвимые органы и системы – сердечно-сосудистая система, желудочно-кишечный тракт, гормональная система; согласно новому – развитие, кожа, сердечно-сосудистая система. По варианту № 3, согласно отмененному руководству, – кровь, сердечно-сосудистая система, костная система; согласно новому – эндокринная система, кровь. Недопустимые значения определялись только по первому варианту, в соответствии с новым руководством (HI = 39,237), преимущественно в связи с воздействием мышьяка.

Временные отступления обосновывались для бора и магния. Бор не вносил значимый вклад в значения риска, а для магния отсутствует референтная доза. С учетом результатов расчета по

3-му варианту риск здоровью являлся допустимым, возможно установление временных отступлений для бора и магния.

Обсуждение. Обсуждению подлежит в первую очередь отсутствие референтных доз для следующих показателей: аммиак и ионы аммония (4-й класс опасности), бром (2-й класс опасности), водорода сульфид (4-й класс опасности), кальций, магний (3-й класс опасности), натрий (2-й класс опасности), нефтепродукты, свинец (2-й класс опасности). В соответствии с US EPA⁴ эффекты на здоровье могут быть вызваны даже незначительными концентрациями свинца неорганического в крови, следовательно, некорректно устанавливать какие-либо референтные дозы. Вместе с тем имеется убедительная доказательная база существования негативного воздействия свинца в питьевой воде, прежде всего в отношении ряда ферментов крови и поведенческих реакций детей [13–15], которая заставляет настороженно относиться к исключению свинца из оценки неканцерогенного риска. Аммиак и ионы аммония образуются в организме человека (большая часть в ЖКТ при переваривании белка) в гораздо большем количестве (более 4 г в сутки), чем может поступить с питьевой водой, трансформируются в мочевины и затем элиминируются из организма⁵. Кроме того, аммиак и ионы аммония нормируются по органолептическому критерию. Следовательно, отсутствие референтной дозы не приведет к занижению риска для здоровья. Что касается брома, кальция, натрия и магния в открытых международных базах данных какие-либо оценки токсических свойств при их пероральном поступлении обнаружены не были. Вопрос отсутствия в новом руководстве референтной дозы для кальция и магния особенно актуален в связи с тем, что одной из причин несоответствия качества питьевой воды из подземных источников является превышение гигиенических нормативов по общей жесткости [16, 17]. Общая жесткость отображает содержание в питьевой воде ионов кальция, магния и в меньшей степени стронция и бария, при наличии этих показателей в программе производственного контроля представляется возможным достоверно сделать вывод об отсутствии или наличии угрозы здоровью при превышении общей жесткости [11]. Этот вопрос можно рассмотреть и с другой стороны: кальций

Таблица 2. Результаты расчета канцерогенного риска
Table 2. Results of carcinogenic risk (CR) calculation

CAS	Показатель / Chemical	CR _{ст./old}	Ранг / Rank	CR _{н./new}	Ранг / Rank
94-75-7	2,4-Д / 2,4-D	2,23E-08	7	2,23E-08	7
7440-41-7	Бериллий / Beryllium	5,05E-06	3	5,05E-06	3
319-84-6	ГХЦГ / HCH	7,4E-06	2	7,4E-06	2
50-29-3	ДДТ / DDT	3,99E-07	6	3,99E-07	6
7440-43-9	Кадмий / Cadmium	4,46E-07	5	4,46E-07	5
7440-38-2	Мышьяк / Arsenic	8,81E-05	1	8,81E-05	1
7439-92-1	Свинец / Lead	5,52E-07	4	9,98E-07	4
Суммарный канцерогенный риск / Total cancer risk		0,000102	–	0,000102	–

⁴ Lead and compounds (inorganic) [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=277 (дата обращения: 15.02.2024).

⁵ Ammonia [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://iris.epa.gov/document/@deid=340338> [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=277 (дата обращения: 15.02.2024).

Таблица 3. Результаты расчета неканцерогенного риска
Table 3. Results of non-carcinogenic risk calculation

CAS	Показатель / Chemical	HQст./old	Ранг / Rank	HQн./new	Ранг / Rank
Вариант № 1 / Option 1					
7440-38-2	Мышьяк / Arsenic	0,4566	1	39,1389	1
14797-55-8	Нитраты / Nitrates	0,3288	2	0,3288	4
7440-47-3	Хром общий / Total chromium	0,2283	3	0,2283	6
7553-56-2	Йод / Iodine	0,1612	4	0,274	5
7439-95-4	Магний / Magnesium	0,1315	5	—	—
7440-24-6	Стронций / Strontium	0,1301	6	0,1301	7
7440-42-8	Бор / Boron	0,0808	7	0,0808	8
7439-98-7	Молибден / Molybdenum	0,0548	8	0,0548	9
7440-23-5	Натрий / Sodium	0,0532	9	—	—
7440-39-3	Барий / Barium	0,0196	10	0,0068	14
7783-06-4	Водород сульфид / Hydrogen sulfide	0,0183	11	—	—
14797-65-0	Нитриты / Nitrites	0,0159	12	0,0159	11
57-12-5	Цианиды / Cyanides	0,0137	13	0,4566	3
7440-70-2	Кальций / Calcium	0,013	14	—	—
7440-48-4	Кобальт / Cobalt	0,0096	15	0,6393	2
7439-89-6	Железо общее* / Total iron	0,0091	16	0,0039	17
7439-97-6	Ртуть и ее неорганические соединения / Mercury and its inorganic compounds	0,0091	16	0,0171	10
7439-92-1	Свинец / Lead	0,0078	18	—	—
7726-95-6	Бром / Bromine	0,0062	19	—	—
50-29-3	ДДТ / DDT	0,0055	20	0,0055	15
7440-43-9	Кадмий / Cadmium	0,0055	20	0,0055	15
—	Нефтепродукты / Oil products	0,0046	22	—	—
7664-41-7	Аммиак и ионы аммония суммарно / Ammonia and ammonium ions, in sum	0,0023	23	—	—
7439-96-5	Марганец / Manganese	0,002	24	0,0114	12
7440-50-8	Медь / Copper	0,0014	25	0,0007	21
7440-41-7	Бериллий / Beryllium	0,0014	26	0,0014	18
7440-02-0	Никель / Nickel	0,0014	26	0,0014	18
7429-90-5	Алюминий / Aluminum	0,0011	28	0,0011	20
319-84-6	ГХЦГ / HCH	0,0005	29	0,0091	13
7782-49-2	Селен / Selenium	0,0005	29	0,0005	22
7440-66-6	Цинк / Zinc	0,0005	31	0,0005	23
94-75-7	2,4-Д / 2,4-D	0,0003	32	0,0003	24
108-95-2	Фенол / Phenol	0,0001	33	0,0001	25
Вариант № 3 / Option 3					
14797-55-8	Нитраты / Nitrates	0,3288	1	0,3288	2
7440-24-6	Стронций / Strontium	0,1301	2	0,1301	3
7440-42-8	Бор / Boron	0,0808	3	0,0808	4
14797-65-0	Нитриты / Nitrites	0,0159	4	0,0159	5
7440-48-4	Кобальт / Cobalt	0,0096	5	0,6393	1
7439-96-5	Марганец / Manganese	0,002	6	0,0114	6
108-95-2	Фенол / Phenol	0,0001	7	0,0001	7

и магний являются эссенциальными элементами, и результаты эпидемиологических исследований указывают на возможную взаимосвязь концентраций этих элементов с увеличением смертности от заболеваний сердечно-сосудистой системы, особенно в группах со сниженным потреблением кальция и магния с пищей или женщин в постменопаузе [18–21]. В случае отсутствия пороговой модели

для повышенного содержания эссенциальных элементов [22] актуальна была бы разработка модели для минимально необходимого ежедневного поступления. Для водорода сульфида установлено, что референтная доза в 0,003 мг/кг/день была определена по исследованию, результаты которого воспроизвести не удалось, поэтому на настоящий момент референтная доза для показателя

Таблица 4. Результаты расчета индексов опасности по критическим органам и системам

Table 4. Results of calculating hazard indices (HI) by critical organs and systems

Критические органы и системы / Critical organs and systems	Количество веществ с односторонним действием / Number of substances with unidirectional mechanism of action	HI	Ранг / Rank
Вариант № 1, отмененное руководство / Option 1, cancelled Guidelines			
ССС / Cardiovascular system	7	0,997158	1
ЖКТ / Gastrointestinal system	11	0,928199	2
Гормональная система / Endocrine system	8	0,652166	3
ЦНС / Central nervous system	9	0,62414	4
Кожа / Skin	5	0,474758	5
ПНС / Peripheral nervous system	3	0,466713	6
Почки / Kidneys	11	0,462126	7
Печень / Liver	10	0,37791	8
Кровь / Blood	10	0,37636	9
Слизистые / Mucous membranes	2	0,237443	10
Органы дыхания / Respiratory organs	3	0,139938	11
Костная система / Skeletal system	2	0,130137	12
Репродуктивная система / Reproductive system	3	0,097782	13
Развитие / Development	3	0,088711	14
Биохимия крови / Blood biochemistry	3	0,023089	15
Иммунная система / Immune system	2	0,018265	16
Глаза / Eyes	2	0,008456	17
Масса тела / Body weight	3	0,008219	18
Селезенка / Spleen	1	0,002264	19
Углеводный обмен / Carbohydrate metabolism	1	0,002264	19
Вариант № 1, новое руководство / Option 1, new Guidelines			
Развитие / Development	3	39,23689	1
Кожа / Skin	2	39,13949	2
Органы дыхания / Respiratory organs	1	39,13894	3
ССС / Cardiovascular system	1	39,13894	3
Эндокринная система / Endocrine system	2	0,913242	5
Кровь / Blood	6	0,574247	6
Репродуктивная система / Reproductive system	1	0,456621	7
Почки / Kidneys	5	0,086804	8
ЦНС / Central nervous system	4	0,030183	9
Печень / Liver	3	0,014886	10
Мочеполовая система / Urogenital system	2	0,006849	11
ЖКТ / Gastrointestinal system	4	0,005969	12
Системное воздействие / Systemic effect	3	0,001431	13
Вариант № 3, отмененное руководство / Option 3, cancelled Guidelines			
Кровь / Blood	4	0,356204	1
ССС / Cardiovascular system	2	0,328767	2
Костная система / Skeletal system	1	0,130137	3
Развитие / Development	2	0,080883	4
ЖКТ / Gastrointestinal system	2	0,080883	4
Репродуктивная система / Reproductive system	1	8,08E-02	6
ЦНС / Central nervous system	2	0,002018	7
Почки / Kidneys	1	6,12E-05	8
Вариант № 3, новое руководство / Option 3, new Guidelines			
Эндокринная система / Endocrine system	1	0,639269	1
Кровь / Blood	2	0,344658	2
Развитие / Development	1	0,080822	3
ЦНС / Central nervous system	1	0,011416	4
Системное воздействие / Systemic effect	1	6,12E-05	5

отсутствует⁶. Содержание нефтепродуктов относится к обобщенным показателям, оценка которого достаточно неопределенна. В целом исключение этих веществ не оказало значимого влияния на итоговое значение риска здоровью населения, а динамичный пересмотр значений референтных доз соответствует международной практике [14, 23–27].

Значительно повлияло на результаты оценки риска исключение показателей, концентрация которых была условно принята нулевой в соответствии с п. 3.2.15: «Концентрация в исследуемой точке может быть условно принята нулевой, если вещество обнаруживается в менее чем 5 % отобранных проб и нет убедительных доказательств того, что это химическое соединение является специфическим и характерным компонентом загрязнения среды обитания на исследуемой территории». Для питьевой воды из подземного источника перед подачей в распределительную сеть в соответствии с санитарными требованиями⁷ необходим отбор проб не менее 4 раз в год – на каждый сезон (весенний, летний, осенний, зимний); кроме того, для неорганических и органических соединений кратность должна быть не менее 1 пробы в год. Для воды перед подачей в распределительную сеть из поверхностного водоисточника для населенного пункта с численностью населения менее 100 тыс. человек количество исследований должно составить не менее 4 в год, более 100 тысяч – 12 в год. Пункт 5.5.2.6 гласит: «Преимуществом следует отдавать результатам государственного и производственного контроля (за период не менее одного года, желательно за 3 года наблюдения), особенно по расширенным исследованиям», итого получаем 1–3 пробы для воды из подземных источников водоснабжения, 4–12 проб для воды из поверхностных водоисточников (максимум 36 исследований показателей), которые формируют итоговое значение риска здоровью. Является ли убедительным доказательством отсутствие веществ в трех пробах – вопрос дискуссионный. В случае с подземными водами, по нашему мнению, для доказательства того, что химическое соединение не является специфическим и характерным компонентом загрязнения конкретной территории, необходимо использовать материалы, характеризующие геологическое строение водовмещающих пород и гидрогеологические условия формирования качества подземных вод, в том числе паспорта скважин, государственные геологические карты, а также отчеты о результатах поисков и оценки запасов подземных вод [28]. Подобное обоснование представляется необходимым, потому что, как мы видим, при исключении из расчета веществ, для которых концентрация принята условно нулевой (вариант 3), отсутствуют вещества, обладающие канцерогенным риском, и отмечается существенно более низкий уровень неканцерогенного риска.

Стоит отметить, что результаты оценки риска по новому руководству акцентируются на веществах 1-го и 2-го классов опасности, однако это приводит к ситуации, когда только появление вещества в воде, в концентрациях, превышающих уровень определения и не превышающих гигиенических нормативов, будет обуславливать значимый, а как мы видим на примере мышьяка, определяющий вклад в итоговое значение риска.

В соответствии с пунктом 5.5.2.2, гласящим: «Для использования результатов натурных исследований по оценке риска здоровью населения чувствительность метода измерения должна обеспечивать измерение химической примеси на уровне не менее 0,5 референтного уровня», для мышьяка такая чувствительность должна находиться на уровне $1,75 \times 10^{-6}$ мг/дм³. На сайте Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений найдена методика⁸, позволяющая определить мышьяк в питьевой воде до $0,0004$ мг/дм³, тем не менее отличающаяся на 2 порядка от 0,5 референтного уровня, что, однако, формально не может быть причиной исключения мышьяка. Исходя из вышеизложенного, включение любых результатов исследования мышьяка в питьевой воде приведет к завышению уровня итогового риска и с высокой вероятностью недопустимому уровню риска. При этом следует отметить, что использование средних арифметических значений показателей, как того требует руководство, идет вразрез с правилами статистической обработки данных, так как в случае распределения данных, отличающегося от нормального, необходимо использовать в качестве меры центральной тенденции медиану, а не среднее арифметическое.

Закключение. В настоящей работе отмечено, что в новом руководстве отсутствуют референтные дозы некоторых веществ, которые были в отмененном. Результаты расчетов показали, что исключение этих веществ не оказало значимого влияния на итоговое значение риска здоровью населения. Существенное влияние на значения канцерогенного и неканцерогенного риска оказало исключение веществ, для которых принята условно нулевая концентрация, в связи с определением этих соединений менее чем в 5 % проб.

Поднят дискуссионный вопрос об учете результатов исследований, в которых недостаточна чувствительность метода анализа для определения концентраций веществ на уровне ниже референтных значений. Подчеркивается необходимость привлечения дополнительных информационных ресурсов, подтверждающих, что данное вещество не является специфичным и характерным для данной территории.

По данным расчета в соответствии с действующим документом угроза здоровью отсутствует,

⁶ Hydrogen sulfide (CASRN 7783-06-4) | IRIS | US EPA [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0061_summary.pdf#nameddest=rfd (дата обращения: 15.02.2024).

⁷ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. 668 с.

⁸ ФР.1.31.2015.19729 «Вода питьевая, природная (поверхностная, подземная), очищенная сточная, атмосферные осадки и снежный покров. Методика измерений массовой концентрации мышьяка и селена методом атомно-эмиссионной спектроскопии».

возможно установление временных отступлений для бора и магния. В целом актуализация руководства была востребована, и разработчикам удалось привести документ в согласие с современными представлениями об угрозе здоровью при действии химического фактора на организм человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Карелин А.О., Еремин Г.Б. Проблемы и перспективы использования доказательной медицины в гигиене (систематический обзор) // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 8. С. 750–754. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-750-754
- Карелин А.О., Еремин Г.Б., Май И.В., Ломтев А.Ю., Киселев А.В., Мозжухина Н.А. Использование системы управления рисками для совершенствования санитарно-эпидемиологического контроля и надзора // Ученые записки СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова. 2015. Т. 22. № 1. С. 81–85.
- Алексеева А.В., Савостикова О.Н. Применение метода порога токсикологической опасности для недоизученных в токсикологическом отношении химических веществ, образующихся в процессе транспортировки питьевой воды // Анализ риска здоровью. 2023. № 3. С. 63–75. doi: 10.21668/health.risk/2023.3.06
- Попова А.Ю., Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Мишина А.Л., Ярушин С.В. Современные вопросы оценки и управления риском для здоровья // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 12. С. 1125–1129. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129
- Зайцева Н.В., Онищенко Г.Г., Май И.В., Шур П.З. Развитие методологии анализа риска здоровью в задачах государственного управления санитарно-эпидемиологическим благополучием населения // Анализ риска здоровью. 2022. № 3. С. 4–20. doi: 10.21668/health.risk/2022.3.01
- Рахманин Ю.А., Додина Н.С., Алексеева А.В. Современные методические подходы к оценке риска здоровью населения от воздействия химических веществ // Анализ риска здоровью. 2023. № 4. С. 33–41. doi: 10.21668/health.risk/2023.4.03
- Богданова В.Д., Аленицкая М.В., Сахарова О.Б. Анализ референтных доз химических соединений, поступающих перорально с питьевой водой // Анализ риска здоровью. 2023. № 3. С. 49–62. doi: 10.21668/health.risk/2023.3.05
- Исаев Д.С., Мозжухина Н.А., Еремин Г.Б., Крутикова Н.Н. Оценка риска здоровью городского населения с использованием фоновых долгопериодных средних концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе // Здоровье населения и среда обитания. 2022. № 5. С. 23–31. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-5-23-31
- Baken KA, Sjerps RMA, Schriks M, van Wezel AP. Toxicological risk assessment and prioritization of drinking water relevant contaminants emerging concern. *Environ Int*. 2018;118:293-303. doi: 10.1016/j.envint.2018.05.006
- Богданова В.Д., Аленицкая М.В., Сахарова О.Б. Некоторые методические подходы к оценке риска здоровью, обусловленного качеством питьевой воды централизованных систем водоснабжения // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 1. С. 45–52. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-1-45-52
- Исаев Д.С., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Грибова К.А., Степанян А.А., Бузинов Р.В. Обоснование временных отступлений от нормируемых показателей качества питьевой воды // Гигиена и санитария. 2023. Т. 102. № 8. С. 868–875. doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-8-868-875
- Кику П.Ф., Кислицына Л.В., Богданова В.Д., Сабирова К.М. Гигиеническая оценка качества питьевой воды и риски для здоровья населения Приморского края // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 1. С. 94–101. doi:10.18821/0016-9900-2019-98-1-94-101
- Lead in drinking-water: Health risks, monitoring and corrective actions. Technical brief. Geneva: World Health Organization; 2022. Accessed May 27, 2024. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240020863>
- Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda. Geneva: World Health Organization; 2022. Accessed May 27, 2024. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/352532/9789240045064-eng.pdf?sequence=1>
- Water safety plan manual: Step-by-step risk management for drinking water suppliers, 2nd ed. Geneva: World Health Organization; 2023. Accessed May 27, 2024. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240067691>
- Сулейманов Р.А., Бакиров А.Б., Валеев Т.К., Рахматуллин Н.Р., Бактыбаева З.Б., Даукаев Р.А., Егорова Н.Н. Оценка риска здоровью населения, связанного с качеством питьевой воды (на примере нефтяных районов республики Башкортостан) // Анализ риска здоровью. 2021. № 2. С. 33–40. doi: 10.21668/health.risk/2021.2.03
- Канатникова Н.В., Егорова Н.А., Захарченко Г.Л. Гигиеническая оценка подземных вод для централизованного питьевого водоснабжения г. Орла // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 4. С. 32–35.
- Leurs LJ, Schouten LJ, Mons MN, Goldbohm RA, van den Brandt PA. Relationship between tap water hardness, magnesium, and calcium concentration and mortality due to ischemic heart disease or stroke in The Netherlands. *Environ Health Perspect*. 2010;118(3):414-420. doi: 10.1289/ehp.0900782
- Monarca S, Donato F, Zerbini I, Calderon RL, Craun GF. Review of epidemiological studies on drinking water hardness and cardiovascular diseases. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2006;13(4):495-506. doi: 10.1097/01.hjr.0000214608.99113.5c
- Helte E, Säve-Söderbergh M, Larsson SC, Åkesson A. Calcium and magnesium in drinking water and risk of myocardial infarction and stroke – A population-based cohort study. *Am J Clin Nutr*. 2022;116(4):1091-1100. doi: 10.1093/ajcn/nqac186
- Синицына О.О., Плитман С.И., Амплеева Г.П., Гильденскиольд О.А., Ряшенцева Т.М. Особенности нормирования в питьевой воде эссенциальных элементов // 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 томах, Пермь, 13–15 мая 2020 года / Под редакцией А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. Т. 1. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2020. С. 41–50.
- Синицына О.О., Плитман С.И., Амплеева Г.П., Гильденскиольд О.А., Ряшенцева Т.М. Эссенциальные элементы и их нормирование в питьевой воде // Анализ риска здоровью. 2020. № 3. С. 29–37. doi: 10.21668/health.risk/2020.3.04
- Environmental Health Criteria 216. Disinfectants and disinfectant-by-products. Geneva: World Health Organization; 2000. Accessed May 27, 2024. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/42274/WHO_EHC_216.pdf?sequence=1
- Environmental Health Criteria 239. Principles for modelling dose-response for the risk assessment of chemicals. Geneva: World Health Organization,

- International Programme on Chemical Safety; 2009. Accessed May 27, 2024. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241572392>
25. Solecki R, Davies L, Dellarco V, et al. Guidance on setting of acute reference dose (ARfD) for pesticides. *Food Chem Toxicol.* 2005;43(11):1569-1593. doi: 10.1016/j.fct.2005.04.005
 26. Taylor AA, Tsuji JS, Garry MR, et al. Critical review of exposure and effects: Implications for setting regulatory health criteria for ingested copper. *Environ Manage.* 2020;65(1):131-159. doi: 10.1007/s00267-019-01234-y
 27. Rahaman MS, Rahman MM, Mise N, et al. Environmental arsenic exposure and its contribution to human diseases, toxicity mechanism and management. *Environ Pollut.* 2021;289:117940. doi: 10.1016/j.envpol.2021.117940
 28. Степанян А.А., Моззхухина Н.А., Еремин Г.Б., Шилов В.В., Исаев Д.С., Топанов И.О. Формирование химического состава природных вод подземных водоисточников, используемых для централизованного питьевого водоснабжения. Обзор литературы // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2022. Т. 17. № 1. С. 270–277.
- ### REFERENCES
1. Karelin AO, Yeregin GB. Problems and prospects of using evidence-based medicine in hygiene (systematic review). *Gigiena i Sanitariya.* 2021;100(8):750-754. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-750-754
 2. Karelin AO, Yeregin GB, May IV, Lomtev AY, Kiselev AV, Mozzhukhina NA. Usage of risk management system for improvement of sanitary-epidemiological control and surveillance. *Uchenye Zapiski SPbGMU im. akad. I.P. Pavlova.* 2015;22(1):81-85. (In Russ.)
 3. Alekseeva AV, Savostikova ON. The threshold of toxicological concern for insufficiently explored chemicals occurring in drinking water during transportation. *Health Risk Analysis.* 2023;(3):49–61. doi: 10.21668/health.risk/2023.3.06.eng
 4. Popova AY, Gurvich VB, Kuzmin SV, Mishina AL, Yarushin SV. Modern issues of the health risk assessment and management. *Gigiena i Sanitariya.* 2017;96(12):1125-1129. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129
 5. Zaitseva NV, Onishchenko GG, May IV, Shur PZ. Developing the methodology for health risk assessment within public management of sanitary-epidemiological welfare of the population. *Health Risk Analysis.* 2022;(3):4-20. doi: 10.21668/health.risk/2022.3.01.eng
 6. Rakhmanin YuA, Dodina NS, Alekseeva AV. Modern methodological approaches to assessing public health risks due to chemicals exposure. *Health Risk Analysis.* 2023;(4):33–41. doi: 10.21668/health.risk/2023.4.03.eng
 7. Bogdanova VD, Alenitskaya MV, Sakharova OB. Analysis of reference doses of chemicals introduced with drinking water. *Health Risk Analysis.* 2023;(3):49–62. doi: 10.21668/health.risk/2023.3.05.eng
 8. Isaev DS, Mozzhukhina NA, Yeregin GB, Krutikova NN. Health risk assessment in towns based on background long-term concentrations of ambient air pollutants. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2022;30(5):23-31. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-5-23-31
 9. Baken KA, Sjerps RMA, Schriks M, van Wezel AP. Toxicological risk assessment and prioritization of drinking water relevant contaminants emerging concern. *Environ Int.* 2018;118:293-303. doi: 10.1016/j.envint.2018.05.006
 10. Bogdanova VD, Alenitskaya MV, Sakharova OB. Some methodological approaches to assessing health risks related to potable water quality in centralized water supply systems. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2023;31(1):45-52. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-1-45-52
 11. Isaev DS, Yeregin GB, Mozzhukhina NA, Gribova XA, Stepanyan AA, Buzinov RV. Justification of temporary deviations from the standardized indicators of drinking water quality. *Gigiena i Sanitariya.* 2023;102(8):868-875. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-8-868-875
 12. Kiku PF, Kislitsyna LV, Bogdanova VD, Sabirova KM. Hygienic evaluation of the quality of drinking water and risks for the health of the population of the Primorye territory. *Gigiena i Sanitariya.* 2019;98(1):94-101. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-1-94-101
 13. Lead in drinking-water: Health risks, monitoring and corrective actions. Technical brief. Geneva: World Health Organization; 2022. Accessed May 27, 2024. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240020863>
 14. Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda. Geneva: World Health Organization; 2022. Accessed May 27, 2024. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/352532/9789240045064-eng.pdf?sequence=1>
 15. Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking water suppliers, 2nd ed. Geneva: World Health Organization; 2023. Accessed May 27, 2024. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240067691>
 16. Rakhmatullina LR, Suleymanov RA, Valeev TK, Baktybaeva ZB, Rakhmatullin NR. Assessing health risks associated with drinking water quality (on the example of regions in Bashkortostan where oil fields are located). *Health Risk Analysis.* 2021;(2):34-41. doi: 10.21668/health.risk/2021.2.03.eng
 17. Kanatnikova NV, Egorova NA, Zakharchenko GL. Hygienic estimation of subsoil water for public drinking water supply of the city of Orel. *Gigiena i Sanitariya.* 2015;94(4):32-35. (In Russ.)
 18. Leurs LJ, Schouten LJ, Mons MN, Goldbohm RA, van den Brandt PA. Relationship between tap water hardness, magnesium, and calcium concentration and mortality due to ischemic heart disease or stroke in The Netherlands. *Environ Health Perspect.* 2010;118(3):414-420. doi: 10.1289/ehp.0900782
 19. Monarca S, Donato F, Zerbini I, Calderon RL, Craun GF. Review of epidemiological studies on drinking water hardness and cardiovascular diseases. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2006;13(4):495-506. doi: 10.1097/01.hjr.0000214608.99113.5c
 20. Helte E, Sæve-Söderbergh M, Larsson SC, Åkesson A. Calcium and magnesium in drinking water and risk of myocardial infarction and stroke – A population-based cohort study. *Am J Clin Nutr.* 2022;116(4):1091-1100. doi: 10.1093/ajcn/nqac186
 21. Sinitsyna OO, Plitman SI, Ampleeva GP, Gil'denskiol'd OA, Ryashentseva TM. [Specifics of regulating essential elements in drinking water.] In: Zaitseva NV, Popova AY, eds. *Health Risk Analysis – 2020 with the International Meeting on Environment and Health RISE – 2020 and a Round Table on Food Safety: Proceedings of the 10th All-Russian Scientific and Practical Conference, Perm, May 13–15, 2020.* Perm: Perm National Research Polytechnic University; 2020;1:41-50. (In Russ.)
 22. Sinitsyna OO, Plitman SI, Ampleeva GP, Gil'denskiol'd OA, Ryashentseva TM. Essential elements and standards for their contents in drinking water. *Health Risk Analysis.* 2020;(3):29–37. doi: 10.21668/health.risk/2020.3.04.eng
 23. Environmental Health Criteria 216. Disinfectants and disinfectant-by-products. Geneva: World Health Organization; 2000. Accessed May 27, 2024. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/42274/WHO_EHC_216.pdf?sequence=1
 24. Environmental Health Criteria 239. Principles for modelling dose-response for the risk assessment of chemicals. Geneva: World Health Organization,

- International Programme on Chemical Safety; 2009. Accessed May 27, 2024. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241572392>
25. Solecki R, Davies L, Dellarco V, *et al.* Guidance on setting of acute reference dose (ARfD) for pesticides. *Food Chem Toxicol.* 2005;43(11):1569-1593. doi: 10.1016/j.fct.2005.04.005
 26. Taylor AA, Tsuji JS, Garry MR, *et al.* Critical review of exposure and effects: Implications for setting regulatory health criteria for ingested copper. *Environ Manage.* 2020;65(1):131-159. doi: 10.1007/s00267-019-01234-y
 27. Rahaman MS, Rahman MM, Mise N, *et al.* Environmental arsenic exposure and its contribution to human diseases, toxicity mechanism and management. *Environ Pollut.* 2021;289:117940. doi: 10.1016/j.envpol.2021.117940
 28. Stepanyan AA, Mozhukhina NA, Yeremin GB, Shilov VV, Isaev DS, Topanov IO. Formation of the chemical composition of natural water in underground water sources used for centralized drinking water supply literature review. *Zdorov'e – Osnova Chelovecheskogo Potentsiala: Problemy i Puti Ikh Resheniya.* 2022;17(1):270-277. (In Russ.)

Сведения об авторах:

✉ **Исаев** Даниил Сергеевич, заведующий отделением коммунальной гигиены, 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>.

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 им. И.И. Мечникова» Минздрава России; e-mail: Natalya.Mozzhukhina@szgmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8051-097x>.

Степанян Алекс Артурович, младший научный сотрудник отделения коммунальной гигиены ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: a.stepanian@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8153-1131>.

Информация о вкладе авторов: разработка дизайна исследования: *Исаев Д.С., Мозжухина Н.А.*; сбор и анализ материала: *Исаев Д.С., Степанян А.А.*; написание текста статьи: *Исаев Д.С., Мозжухина Н.А.* Все авторы ознакомились с результатами работы 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: 28.03.24 / Принята к публикации: 08.05.24 / Опубликовано: 31.05.24

Author information:

✉ **Daniil S. Isaev**, Head of the Department of Communal Hygiene, Junior Researcher, North-West Public Health Research Center; e-mail: d.isaev@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9165-1399>.

Natalia A. Mozhukhina, 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>.

Alex A. Stepanyan, Junior Researcher, Department of Communal Hygiene, North-West Public Health Research Center; e-mail: a.stepanian@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8153-1131>.

Author contributions: study conception and design: *Isaev D.S., Mozhukhina N.A.*; data collection, analysis and interpretation of results: *Isaev D.S., Stepanyan A.A.*; draft manuscript preparation: *Isaev D.S., Mozhukhina N.A.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: This research received no external funding.

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

Received: March 28, 2024 / Accepted: May 8, 2024 / Published: May 31, 2024



Оценка неблагоприятного воздействия объектов несанкционированного накопления твердых коммунальных отходов на окружающую среду и здоровье населения

Ю.С. Калашников¹, О.В. Клепиков^{2,3}, С.А. Куролап², В.В. Кульнев⁴, А.Н. Кизеев⁵,
А.Н. Никанов⁵, В.П. Чашин⁶

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Е. Бурденко»,
ул. Студенческая, д. 10, г. Воронеж, 394036, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,
Университетская пл., д. 1, г. Воронеж, 394018, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»,
пр. Революции, д. 19, г. Воронеж, 394036, Российская Федерация

⁴ Центрально-Черноземное межрегиональное управление Росприроднадзора,
ул. Ломоносова, д. 105, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация

⁵ ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,
2-я Советская ул., д. 4, г. Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация

⁶ ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»,
Пискаревский пр., д. 47, г. Санкт-Петербург, 195067, Российская Федерация

Резюме

Введение. Несоблюдение требований санитарного и природоохранного законодательства при накоплении и размещении твердых коммунальных отходов оказывает неблагоприятное воздействие на окружающую среду и здоровье человека.

Цель исследования: оценка неблагоприятного воздействия объектов несанкционированного накопления твердых коммунальных отходов на окружающую среду и здоровье населения.

Материалы и методы. Выполнен анализ результатов обследования 14 мест несанкционированного накопления твердых коммунальных отходов, расположенных на территории Воронежской области, проведенного в рамках реализации региональной компоненты Федерального проекта «Генеральная уборка» за 2022–2023 гг. Исследование выполнялось в соответствии с Методическими рекомендациями 2.1.10.0273–22 «Оценка воздействия объектов накопленного вреда окружающей среде на здоровье граждан и продолжительность их жизни, в том числе с возможностью проведения экспресс-оценки».

Результаты. Результаты анализа показателей рисков вредного воздействия и вероятного снижения ожидаемой продолжительности жизни по 14 местам несанкционированного накопления отходов показывают, что риск вредного воздействия лежит в интервале от 0,41 до 0,57 (величина классифицируется как средний риск) и все объекты в соответствии с МР 2.1.10.0273–22 следует отнести к 3-й категории, т. е. объекты подлежат ликвидации в среднесрочной перспективе. В формировании показателя риска наиболее весомым является вклад пространственных факторов – от 28 до 46 %, далее следуют геолого-технологические характеристики – от 18 до 27 % и общие параметры – от 18 до 27 %. Вклад характеристик среды обитания составляет от 8 до 13,6 %. Вероятное снижение ожидаемой продолжительности жизни от воздействия места несанкционированного накопления отходов составляет менее 1 года.

Заключение. По результатам оценки неблагоприятного воздействия объектов несанкционированного накопления твердых коммунальных отходов на окружающую среду и здоровье населения все они отнесены к категории среднего риска для здоровья (3-я категория). По результатам работы обоснована приоритетность их ликвидации.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, места несанкционированного накопления, оценка риска здоровью.

Для цитирования: Калашников Ю.С., Клепиков О.В., Куролап С.А., Кульнев В.В., Кизеев А.Н., Никанов А.Н., Чашин В.П. Оценка неблагоприятного воздействия объектов несанкционированного накопления твердых коммунальных отходов на окружающую среду и здоровье населения // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 5. С. 33–41 doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-5-33-41

Assessment of Adverse Effects of Illegal Municipal Solid Waste Dumping Sites on the Environment and Human Health

Yuriy S. Kalashnikov,¹ Oleg V. Klepikov,^{2,3} Semen A. Kurolap,² Vadim V. Kul'nev,⁴ Aleksey N. Kizeev,⁵
Aleksandr N. Nikanov,⁵ Valerii P. Chashchin⁶

¹ Voronezh State Medical University named after N.E. Burdenko, 10 Studencheskaya Street, Voronezh, 394036, Russian Federation

² Voronezh State University, 1 Universitetskaya Square, Voronezh, 394018, Russian Federation

³ Voronezh State University of Engineering Technologies, 19 Revolutsii Avenue, Voronezh, 394036, Russian Federation

⁴ Central Chernozem Interregional Department of the Federal Service for Supervision of Natural Resources,
105 Lomonosov Street, Voronezh, 394087, Russian Federation

⁵ North-West Public Health Research Center, 4, 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

⁶ North-Western State Medical University named I.I. Mechnikov, 47 Piskaryovsky Avenue,
Saint Petersburg, 195067, Russian Federation

Summary

Introduction: Non-compliance with the requirements of sanitary and environmental protection regulations when accumulating and disposing of municipal solid waste has an adverse effect on the environment and human health.

Objective: To assess the adverse environmental and human health impact of illegal municipal solid waste dumping sites.

Materials and methods: We have analyzed data on 14 illegal landfills surveyed in the Voronezh Region within implementation of the regional component of the Federal "General Cleaning" Project in 2022–2023. The study was carried out in compliance with Guidelines 2.1.10.0273–22, *Assessment of the impact of objects of accumulated environmental damage on human health and life expectancy, including the possibility of conducting a rapid assessment*.

Results: Our findings show that the risk of adverse effects ranges from 0.41 to 0.57, being moderate, and that all the illegal dumping sites should be classified as category 3, i.e. as objects subject to liquidation in the medium term according to Guidelines 2.1.10.0273–22. The contribution of spatial factors to the risk level is the highest (28 to 46 %), followed by geological and technological characteristics (18 to 27 %), and general parameters (18 to 27 %). The contribution of environmental characteristics ranges from 8 to 13.6 %. The estimated decrease in life expectancy from illegal dumping sites is less than a year.

Conclusion: According to the results of assessing adverse environmental health effects of illegal solid municipal waste landfills, all of them pose moderate health risks and their liquidation is a substantiated priority.

Keywords: solid municipal waste, illegal dumping sites, health risk assessment.

Cite as: Kalashnikov YuS, Klepikov OV, Kurolap SA, Kul'nev VV, Kizeev AN, Nikanov AN, Chashchin VP. Assessment of adverse effects of illegal municipal solid waste dumping sites on the environment and human health. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(5):33–41. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-5-33-41

Введение. Серьезную санитарно-гигиеническую и экологическую проблему в планетарном масштабе и в России представляет постоянное возрастающее образование и накопление твердых коммунальных отходов (далее – ТКО). Анализ публикаций по данной тематике, проведенный за последние 5 лет (2019–2023 гг.) по международной базе биомедицинских исследований PubMed (pubmed.ncbi.nlm.nih.gov) и отечественной базе данных – электронной научной библиотеке (<https://www.elibrary.ru/>), свидетельствует о высокой актуальности существующей проблемы увеличения количества ТКО и необходимости ее решения, в том числе законодательно установленной ответственности юридических и физических лиц, индивидуальных предпринимателей за раздельное хранение отходов и их утилизацию, а также введение единой системы учета и ограничений по срокам их накопления¹.

В систематическом обзоре, подготовленном G. Vinti et al. (2020 г.) по материалам 77 публикаций (2005–2020 гг.) и посвященном рассмотрению имеющихся эпидемиологических данных о связи сложившейся практики обращения с ТКО (Municipal Solid Waste) и рисками для здоровья населения, делается вывод, что при условии небезопасного обращения с отходами они представляют угрозу общественному здоровью. Приводятся результаты, свидетельствующие о повышенном риске смертности, уровнях респираторных заболеваний и других негативных последствиях для здоровья, связанных с проживанием населения вблизи свалок [1]. Исследование W. Fang et al. (2020 г.) показывает, что накопление и переработка ТКО даже в санкционированных местах приводит к появлению неблагоприятных запахов, жалобам населения, а также является фактором канцерогенного риска, связанного с образованием летучих органических веществ [2]. Как показывают результаты исследований P. Aendo et al. (2022 г.), канцерогенные риски для населения, проживающего вблизи свалок отходов в Центральном Таиланде, могут быть связаны и с веществами неорганической природы – соединениями тяжелых металлов – Pb, Cd, Ni и Cr. При этом критический риск для здоровья обу-

словлен присутствием Cd и Cu в почве и грунтовых водах на расстоянии до 1 км от границ свалок [3]. Из числа последних зарубежных исследований проблема рисков для здоровья населения вблизи свалок ТКО изучалась в работах W. Mazzucco et al. (2020 г.) в странах Европейского союза [4], W. Ma (2022 г.) на 187 свалках в Китае [5], N. Gujre et al. (2021 г.) в Индии [6].

Исследование T. Etea et al. (2021 г.), проведенное методом интервьюирования жителей, проживающих вблизи от открытой свалки ТКО Абба-Семер (Эфиопия), показало, что все они без исключения воспринимали свалку как угрозу для своего здоровья, в том числе отмечали ее как причину появления болезней органов дыхания и эмоциональных стрессов, связанных с разочарованием по поводу отсутствия каких-либо природоохранных решений и продолжающимся накоплением отходов [7].

Отечественные исследования также показывают, что несоблюдение требований санитарного и природоохранного законодательства при накоплении и размещении ТКО оказывает неблагоприятное воздействие на здоровье населения, поскольку свалки являются источниками загрязнения атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почвы, что представлено в обзорных работах и при анализе данных мониторинга окружающей среды вблизи конкретных объектов [8–11].

Сконцентрированные на полигонах и свалках ТКО являются источниками вторичного загрязнения, вклад которых может быть сопоставим по объему с негативным влиянием на окружающую среду и здоровье населения от крупных промышленных предприятий, что, в свою очередь, требует реализации незамедлительных решений по рекультивации нарушенных земель [8, 12–15].

В официальном бюллетене Счетной палаты Российской Федерации² приводятся данные, что по состоянию на 2020 год в России перерабатывалось не более 7 % отходов. Соответственно, более 90 % отходов по-прежнему направлялось на полигоны или незаконные свалки, а следовательно, при существующем росте объемов ТКО в 32 регионах мощности полигонов будут исчерпаны в 2024 году.

¹ О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» и отдельные законодательные акты Российской Федерации (В редакции Федерального закона от 04.08.2023 № 451-ФЗ).

² Официальный бюллетень Счетной палаты Российской Федерации. № 7. 2020. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://ach.gov.ru/news/v-rossii-pererabatyvetsya-tolko-7-otkhodov> (дата обращения: 15.03.2024).

В настоящее время в России реализуется национальный проект «Экология»³, одной из задач которого является актуализация реестра объектов накопленного вреда окружающей среде (далее – ОНВОС), и прежде всего полигонов и мест несанкционированного накопления отходов ТКО, так как по данным Росприроднадзора, опубликованным в статье А.А. Марковой и соавт. (2021 г.), на момент утверждения проекта (24.12.2018) на территории страны насчитывалось 8323 свалки, в том числе 916 свалок в пределах муниципальных округов [16].

Анализ реализации региональных компонент национального проекта «Экология» показывает положительные промежуточные итоги и стремление к достижению целевых показателей: например, в Калужской области к концу 2024 года запланировано «рекультивировать 191 несанкционированную свалку» [17]; в Волгоградской области запланировано достижение целевого показателя «отсутствие несанкционированных свалок отходов в регионе» к 2030 году [18], в г. Барнауле к концу 2024 г. – «достижение доли ликвидированных несанкционированных свалок – 100%» [19].

Составной частью Национального проекта «Экология» является федеральный проект «Генеральная уборка», приоритетность ликвидации ОНВОС в котором определяется территориальными организациями Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по итогам оценки воздействия таких объектов на здоровье граждан [20]. В 2022 г. Федеральным научным центром медико-профилактических технологий управления рисками здоровью

населения (Россия, г. Пермь) был разработан методический инструмент оценки воздействия ОНВОС на здоровье граждан и продолжительность их жизни, который предназначен для определения приоритетов ликвидации таких объектов на основе определения показателей риска и категорий по совокупности результатов анализа характеристик местоположения и негативного влияния на окружающую среду [21]. В регионах, в том числе в Воронежской области, апробирование данного инструмента в виде методических указаний в рамках реализации региональных компонент федерального проекта «Генеральная уборка» осуществляется с 2022 года [22, 23].

Цель исследования – оценка неблагоприятного воздействия объектов несанкционированного накопления твердых коммунальных отходов на окружающую среду и здоровье населения.

Материалы и методы. Выполнен анализ результатов обследования 14 ОНВОС – мест несанкционированного накопления твердых коммунальных отходов (далее – МНН ТКО), расположенных на территории Воронежской области и проведенных в рамках реализации региональной компоненты Федерального проекта «Генеральная уборка» за 2022–2023 гг. (рисунок). Общая площадь 14 объектов составляет 91,36 га, общая масса накопленных отходов – 67 883 м³.

Общая численность населения, проживающего в населенных пунктах расположения таких объектов, – 78 042 человека. Расстояние от МНН ТКО до ближайшей территории жилой застройки варьирует от 0 до 1940 м.

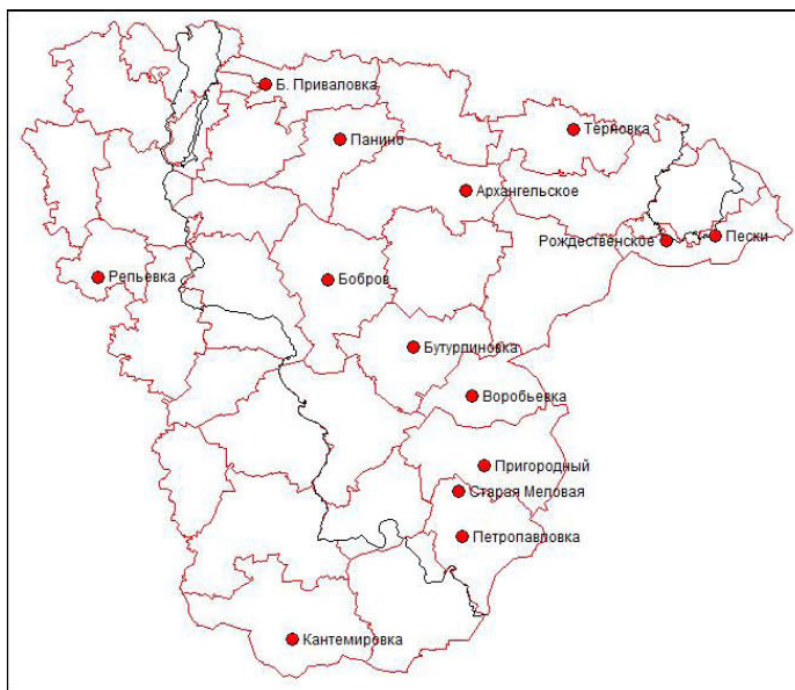


Рисунок. Карта-схема расположения обследованных объектов накопленного вреда окружающей среде – мест несанкционированного накопления твердых коммунальных отходов, находящихся в указанных на карте населенных пунктах на территории Воронежской области

Figure. The map showing location of illegal municipal solid waste dumping sites surveyed in the Voronezh Region

³ Паспорт национального проекта «Экология» (утв. Президиумом совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам (24.12.2018). [Электронный ресурс.] <http://static.government.ru/media/files/pgU5Ccz2iVew3Aoe15vDGSBjbDn4t7FI.pdf.v> (дата обращения: 15.03.2024).

В работе использованы материалы Центрально-Черноземного межрегионального управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», полученные в 2022–2023 гг.

Исследование проводилось в соответствии с требованиями и положениями МР 2.1.10.0273–22⁴ и включало следующие этапы: выездное обследование объекта, сбор и анализ имеющихся материалов по общей характеристике объекта, отбор и анализ проб окружающей среды (атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почвы) непосредственно на объекте и на территории ближайшей жилой застройки, расчет класса опасности отходов, расчет показателя риска вредного воздействия (от 0 до 1, безразмерный) и определение вклада групп факторов в его величину (%), расчет вероятного снижения ожидаемой продолжительности жизни (в днях), оценку уровня общей заболеваемости населения по данным обращаемости за медицинской помощью (в случаях на 10 000 населения), включая инфекционные и паразитарные болезни, новообразования, болезни органов дыхания в ближайшем к объекту населенном пункте в сравнении с территориальными показателями, определение категории риска вредного воздействия от 1 до 5 (низкий, умеренный, средний, высокий, чрезвычайно высокий риск) и приоритетности их ликвидации или рекультивации в соответствии с МР 2.1.10.0273–22.

Для реализации блока показателей «проведение обследований ближайшей жилой застройки с отбором и исследованием проб» в 2022–2023 гг. в 14 населенных пунктах отобраны 638 проб, в том числе 422 пробы атмосферного воздуха, 104 пробы питьевой воды, 28 проб воды из открытых водоемов, 84 пробы почвы.

Результаты. Анализ общих характеристик объектов исследования показал, что период существования несанкционированных свалок – от 1 года до 4 лет, оцениваемый объем накопленных отходов варьирует от 2812 (МНН ТКО с. Воробьевка Воробьевского муниципального района Воронежской области) до 281 327 м³ (МНН ТКО п. Пригородный Калачеевского муниципального района Воронежской области). Площадь МНН ТКО составляла от 1 до 16,7 га. Ни один из объектов не включен в государственный реестр ОНВОС (ГРОНВОС). У двух объектов отсутствуют какие-либо сведения о праве собственности на земельный участок. Доля инертных отходов (грунтов, вскрышных пород, песка, бетона) на объектах составляет от 0,96 до 23,7 %, для биоразлагаемой фракции отходов на МНН ТКО варьирует от 2,3 до 99,0 %. Степень влажности отходов варьировала от 1,14 до 90,67 %. Медицинские необработанные отходы (класс Б, В) на всех МНН ТКО не обнаружены. Морфологический состав отходов на МНН ТКО в доленом отношении представлен по-разному, но практически на всех объектах присутствуют резина, картон, пищевые

отходы, растительные остатки, дерево, текстиль, стекло, кожа, пенопласт, полимеры, каучук, черные металлы, цветные металлы, бой кирпича, грунт.

На основе состава и свойств отходов осуществлено расчетное определение класса опасности отходов. На всех МНН ТКО по расчетным данным Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека – 2-й класс опасности. Класс опасности отходов по классификации Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации на всех МНН ТКО – 4-й.

Анализ основных климатических характеристик показывает, что все объекты размещены в умеренной климатической зоне⁵. Уровень выпадения осадков, по данным регионального Центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, в зависимости от территории, на которой расположен объект, варьирует от 493 до 589 мм/год; повторяемость ветра в направлении ближайшей жилой застройки – от 7,0 до 16,7 %. По данным управления МЧС России по Воронежской области, на территориях размещения МНН ТКО имеется вероятность чрезвычайных ситуаций. Из 14 объектов 4 МНН ТКО, по данным Управления МЧС России по Воронежской области, расположены в зоне опасных природных явлений (возможного подтопления): МНН ТКО п. Пригородный Калачеевского муниципального района Воронежской области; МНН ТКО с. Воробьевка Воробьевского муниципального района Воронежской области; МНН ТКО с. Петропавловка Петропавловского муниципального района Воронежской области; МНН ТКО с. Старая Меловая Петропавловского муниципального района Воронежской области; МНН ТКО с. Архангельское Аннинского муниципального района Воронежской области.

Оценка пространственных характеристик по отношению к ближайшему населенному пункту показывает, что расстояние от ОНВОС до ближайшего поселения составляет от 0 до 1940 м. При этом 3 МНН ТКО расположены непосредственно в жилой застройке: МНН ТКО с. Репьевка Репьевского муниципального района Воронежской области; МНН ТКО с. Пески Поворинского муниципального района Воронежской области; МНН ТКО р. п. Кантемировка Кантемировского муниципального района Воронежской области. Численность населения, проживающего в ближайшем к МНН ТКО населенном пункте, составляет от 0,83 до 23,23 тыс. чел. Расстояние от ОНВОС до ближайшего водного объекта составляет от 195 до 2187 м. При этом 1 объект – МНН ТКО с. Архангельское Аннинского муниципального района Воронежской области – расположен в III поясе зоны санитарной охраны (ЗСО) источников питьевого водоснабжения. Население, проживающее вблизи МНН ТКО, пользуется подземными источниками водоснабжения. Однако при заборе воды подземного источника для хозяйственно-питьевых нужд водоподготовка

⁴ МР 2.1.10.0273–22 «Оценка воздействия объектов накопленного вреда окружающей среде на здоровье граждан и продолжительность их жизни, в том числе с возможностью проведения экспресс-оценки». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. 79 с.

⁵ СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01-99 Строительная климатология». М., 2020. 150 с.

и водоочистка отсутствуют. Расстояние от МНН ТКО до рекреационных зон (скверов, парков) в населенных пунктах составляет от 20 до 700 м, до границ земель сельскохозяйственного назначения – от 0 до 88 м.

Обобщение данных по отбору и анализу проб окружающей среды (атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почвы) непосредственно на территории объектов (на 5 из 14) показывает, что имелись факты превышения ПДК_{мр} от 1,2 до 2,2 раза в атмосферном воздухе по содержанию диоксида азота, сероводорода и аммиака. Зарегистрированы более высокие концентрации загрязняющих веществ по отношению к фоновым значениям по показателям: нефтепродукты, медь (валовое содержание), цинк (валовое содержание), свинец (валовое содержание), кадмий (валовое содержание), марганец (валовое содержание), никель (валовое содержание), нитрат-ион, нитрит-ион.

Установлено, что 14 проб питьевой воды из подземных источников вблизи МНН ТКО не соответствовали гигиеническим нормативам по показателям жесткости, железа (суммарно), мутности, нитратов, сухого остатка; из ближайших водоемов 2 пробы воды не соответствовали нормативу по ХПК, 1 проба почвы – по содержанию нитратов.

Анализ геолого-технологических характеристик МНН ТКО по данным Воронежского регионального отделения РОСГЕО показал, что тип грунта «суглинок» имеет место на 7 объектах, песок мелкозернистый и супесь рыхлая – на 3, супесь плотная – на 2, песок

крупнозернистый – на 1, песок мелкозернистый – на 1. Глубина залегания грунтовых вод на объектах составляла от 1,5 до 55,0 м.

Оценка кратности превышения уровня заболеваемости населения (использованы показатели в случаях на 10 тыс. населения по данным обращаемости за медицинской помощью) в ближайшем к МНН ТКО населенном пункте относительно среднего территориального уровня муниципального образования показала, что по общей заболеваемости она варьирует от 0,9 до 3,4 раза, по инфекционным и паразитарным болезням – от 0,8 до 2,1 раза, новообразованиям – от 0,5 до 1,5 раза, болезням органов дыхания – от 0,9 до 3,5 раза. Наиболее неблагоприятная ситуация отмечена в Большеприваловском сельском поселении Верхнехавского муниципального района Воронежской области.

Проанализированные общие параметры, пространственные, геотехнологические, климатические показатели и характеристики состояния окружающей среды использованы при оценке риска вредного воздействия МНН ТКО, определении вклада этих групп факторов в его величину (%) и расчете вероятного снижения ожидаемой продолжительности жизни населения (таблица).

Результаты анализа показателей, представленных в таблице, по 14 МНН ТКО показывают, что риск вредного воздействия лежит в интервале от 0,41 до 0,57 (величина классифицируется как средний риск) и все объекты в соответствии с МР 2.1.10.0273–22 следует отнести к 3-й категории, т. е.

Таблица. Результаты оценки риска вредного воздействия и вклада групп факторов в его величину для ОНВОС – несанкционированных свалок ТКО

Table. Results of assessing the risk of adverse exposure to illegal municipal solid waste dumping sites and the contribution of the groups of factors to its magnitude

Место расположения МНН ТКО / Illegal dumping site	Риск вредного воздействия / Risk of adverse effect	Основные факторы, формирующие риск, % / Major factors contributing to risk, %					Снижение ожидае- мой продолжитель- ности жизни, дни / Decrease in life expectancy, days
		Простран- ственные / Spatial	Геолого-техноло- гические / Geological and technological	Общие параметры / General parameters	Характеристики среды обитания / Environmental characteristics	Климатические / Climatic conditions	
с. Репьевка / Repyevka village	0,48	46	19	18	12	5	280
с. Пески / Peski village	0,57	39	22	22	9	8	333
п. Пригородный / Prigorodny village	0,52	31	27	24	9	9	303
с. Воробьевка / Vorobyevka village	0,51	28	27	26	10	9	297
с. Петропавловка / Petropravlovka village	0,49	28	26	27	10	9	286
с. Старая Меловая / Staraya Melovaya village	0,49	30	26	25	10	9	286
п. п. Кантемировка / Kantemirovka urban-type settlement	0,44	41,7	18	21	13,6	5,7	255
с. Архангельское / Arkhangelskoye village	0,54	35	26	22	9	8	317
Бобровский муниципальный район / Bobrovsky municipal district	0,53	29,1	26	24	12,5	8,4	309
с. Большая Приваловка / Bolshaya Privalovka village	0,43	34	25	25	9	7	251
п. п. Панино / Panino urban-type settlement	0,46	39	26	21	8	6	268
с. Рождественское / Rozhdestvenskoye village	0,41	40	21	22	13	4	239
с. Терновка / Ternovka village	0,41	36	21	26	10	7	239
г. Бутурлиновка / Buturlinovka town	0,51	40	24	19	12	5	297

объекты подлежат ликвидации в среднесрочной перспективе.

В формировании показателя риска наиболее весомым является вклад пространственных факторов – от 28 до 46 %, далее следуют геолого-технологические характеристики – от 18 до 27 % и общие параметры – от 18 до 27 %. Вклад характеристик среды обитания составляет от 8 до 13,6 %. Вероятное снижение ожидаемой продолжительности жизни от воздействия ОНВОС составляет менее 1 года (от 239 до 333 дней).

Наиболее неблагоприятная ситуация по показателю риска (0,57) сложилась на МНН ТКО с. Пески Поворинского муниципального района Воронежской области, что связано с вкладом в величину данного показателя пространственных характеристик (39 %): непосредственным расположением объекта в населенном пункте и примыканием его территории жилых домов (0 м); близостью сельскохозяйственных угодий (8 м). Существенный вклад в показатель риска оказывают такие частные характеристики, как тип грунта территории накопления ТКО (песок мелкозернистый), крайне малая глубина залегания грунтовых вод (5 м).

Обсуждение. Следует отметить, что при подготовке обзора данных научной литературы наиболее часто употребляемым в научных статьях термином являлся термин «несанкционированная свалка», что само по себе неверно (свалка не может быть санкционирована, и термин «свалка» законодательством Российской Федерации не определен). Статьей 1 Федерального закона № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления»⁶ определены понятия «размещение» и «накопление». Согласно содержанию указанной статьи, единственно верным остается вариант «накопления». Размещение несанкционированным быть не может [24]. В этой связи нами при описании результатов исследования использован термин «места несанкционированного накопления твердых коммунальных отходов».

Наше исследование показало, что проблема негативного воздействия МНН ТКО по совокупности показателей на здоровье населения характеризуется средним риском. Вместе с тем ряд вопросов остается дискуссионным. В частности, при определении класса опасности отходов по классификациям Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации⁷ и Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека⁸ используются разные методики. Министерства природных ресурсов и экологии РФ классифицирует отходы на 5 классов, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека – на 4 класса. Эта проблема известна специалистам-практикам и достаточно часто обсуждается [25–27]. Тем не менее наличие двух классификаций отходов

вносит существенную неопределенность при анализе общих характеристик ОНВОС.

Еще одним аспектом является то, что весовые коэффициенты для групп показателей по алгоритму МР 2.1.10.0273–22 определялись экспертным путем, в этой связи также имеется неопределенность при отношении ОНВОС к конкретному классу [21]. Однако неопределенности результата присущи любой методике и любому исследованию. Как показала наша практика, МР 2.1.10.0273–22 является достаточно надежным инструментом экспресс-оценки влияния ОНВОС на здоровье населения и продолжительность его жизни в рамках реализации программы «Генеральная уборка».

Специфика накопления ТКО в несанкционированных местах состоит в том, что помимо отчуждения земель необходимо принимать во внимание вторичное загрязнение объектов окружающей среды. В этой связи достаточно большое число работ посвящено решению вопросов рекультивации нарушенных земель [8, 12, 14, 15, 20].

Закключение. По результатам оценки неблагоприятного воздействия объектов несанкционированного накопления твердых коммунальных отходов на окружающую среду и здоровье населения, все они отнесены к категории среднего риска для здоровья (3-я категория). По результатам работы обоснована приоритетность их ликвидации. Учитывая, что на территории Воронежской области имеется 17 лицензированных полигонов захоронения твердых коммунальных отходов (в том числе с мусоросортировочными заводами), целесообразным является ликвидация мест их несанкционированного накопления путем их вывоза на специализированные полигоны. При этом должна быть оценена и учтена возможность сортировки части из них для вторичной переработки. Наиболее же перспективным направлением для снижения объемов накопления ТКО является их вторичное использование с организацией санитарной очистки населенных мест с их раздельным сбором.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vinti G, Bauza V, Clasen T, *et al.* Municipal solid waste management and adverse health outcomes: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(8):4331. doi: 10.3390/ijerph18084331
2. Fang W, Huang Y, Ding Y, Qi G, Liu Y, Bi J. Health risks of odorous compounds during the whole process of municipal solid waste collection and treatment in China. *Environ Int*. 2022;158:106951. doi: 10.1016/j.envint.2021.106951
3. Aendo P, Netvichian R, Thiendedsakul P, Khaodhiar S, Tulayakul P. Carcinogenic risk of Pb, Cd, Ni, and Cr and critical ecological risk of Cd and Cu in soil and groundwater around the municipal solid waste open dump in Central Thailand. *J Environ Public Health*. 2022;2022:3062215. doi: 10.1155/2022/3062215

⁶ Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» (ред. 04.08.2023). [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (дата обращения: 15.03.2024).

⁷ Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 04.12.2014 № 536 «Об утверждении Критериев отнесения отходов к I–V классу опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду». [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_192145/ (дата обращения: 15.03.2024)

⁸ СП 2.1.7.1386–03 «Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления» (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 16 июня 2003 г. № 144).

4. Mazzucco W, Costantino C, Restivo V, *et al.* The management of health hazards related to municipal solid waste on fire in Europe: An environmental justice issue? *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(18):6617. doi: 10.3390/ijerph17186617
5. Ma W, Huang Z, Cui J, *et al.* Inhalation health risk assessment of incineration and landfill in the Bohai Rim, China. *Chemosphere*. 2023;314:137588. doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.137588
6. Gujre N, Rangan L, Mitra S. Occurrence, geochemical fraction, ecological and health risk assessment of cadmium, copper and nickel in soils contaminated with municipal solid wastes. *Chemosphere*. 2021;271:129573. doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.129573
7. Etea T, Girma E, Mamo K. Risk perceptions and experiences of residents living nearby municipal solid waste open dumpsite in Ginchi Town, Ethiopia: A qualitative study. *Risk Manag Healthc Policy*. 2021;14:2035-2044. doi: 10.2147/RMHP.S309295
8. Новицкий М.Л. Современные тенденции, состояние и особенности рекультивации полигонов твердых бытовых отходов (обзор) // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2022. № 3 (164). С. 29–42. doi:10.36305/2712-7788-2022-3-164-29-42
9. Кирильчук И.О., Кондратьева О.Е., Локтионов О.А., Юшин В.В. Информационные технологии для оценки риска здоровью населения от выбросов полигона твердых коммунальных отходов // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. № 23 (2). С. 186–201. doi: 10.21869/2223-1560-2019-23-2-186-201
10. Фомина Д.А., Субботина Ю.М. Прогнозируемые факторы влияния полигонов ТКО на окружающую среду и эколого-инженерные методы защиты природы // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2020. № 3 (35). С. 351–358. doi: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202003010
11. Хертек С.Г. Мониторинг состояния почвенного покрова земли в местах размещения твердых коммунальных отходов // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2022. № 6. С. 275–280. doi: 10.33764/2618-981X-2022-6-275-280
12. Бабина Ю.В. Эксплуатация, закрытие и рекультивация полигонов ТКО // Твердые бытовые отходы. 2019. № 12 (162). С. 34–38. EDN: ZHHSPD
13. Олива Т.В., Коновалова Ю.Б., Манохина Л.А. и др. Оценка воздействия объекта твердых коммунальных отходов на окружающую среду // Успехи современного естествознания. 2022. № 11. С. 66–72.
14. Санина Д.В. Особенности воздействия полигонов ТКО на окружающую природную среду и технологические способы ее рекультивации // Форум молодых ученых. 2019. № 4 (32). С. 935–938.
15. Трушин Б.В. Принципы эффективной рекультивации полигонов ТКО // Твердые бытовые отходы. 2019. № 5 (155). С. 19–22. EDN: YVBJDC
16. Маркова А.А., Гришкина Е.А., Попова Е.А. Оценка исполнения национального проекта «Экология» и основные проблемы реализации его федеральных проектов // Сила систем. 2021. № 3 (20). С. 59–64.
17. Бондаренко О.А., Гомалеев А.О. Проблема утилизации твердых коммунальных отходов в Российской Федерации в рамках национального проекта «Экология» // Актуальные вопросы современной экономики. 2022. № 10. С. 475–478.
18. Яковлева Е.Н., Смирнов А.В., Андреева М.В. Реализация национального проекта «Экология»: региональный уровень // Управление устойчивым развитием. 2022. № 5 (42). С. 39–46. doi: 10.55421/2499992X_2022_5_39
19. Королева Е.Н. Решение экологических проблем в рамках национального проекта «Экология» на примере города Барнаула // Актуальные научные исследования в современном мире. 2020. № 9-2 (65). С. 79–85.
20. Алыкова О.И., Арнаут Ю.И., Чуйкова Л.Ю. Ликвидация объектов накопленного вреда окружающей среде в рамках федерального проекта «Генеральная уборка» // Астраханский вестник экологического образования. 2023. № 4 (76). С. 51–58. doi: 10.36698/2304-5957-2023-4-51-58
21. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В. и др. К задаче оценки воздействия объектов накопленного вреда окружающей среде на здоровье граждан и продолжительность их жизни // Анализ риска здоровью. 2022. № 1. С. 4–16. doi: 10.21668/health.risk/2022.1.01
22. Гайфутдинова А.В., Меремьянина Т.Г. Масштабная работа по федеральному проекту «Генеральная уборка» // Отходы разных производств и замкнутые циклы. Материалы Международной студенческой научной конференции. 2022. С. 27–28.
23. Клепиков О.В. Оценка риска для здоровья населения от объектов накопленного вреда окружающей среде – свалок твердых коммунальных отходов // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 12 (138). Электронный журнал. doi: 10.23670/IRJ.2023.138.36
24. Кульнев В.В. Экологическая безопасность эксплуатации полигонов твердых коммунальных отходов // Сборник материалов «Трансграничное сотрудничество в области экологической безопасности и охраны окружающей среды». Гомель: Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины, 2020. С. 54–61.
25. Беляева Н.С. Классификация продолжается // Твердые бытовые отходы. 2021. № 2 (176). С. 16–19. EDN: UZRQQC
26. Самутин Н.М., Жолдакова З.И., Буторина Н.Н. и др. Сравнительная оценка методик российских гигиенических и природоохранных нормативно-методических документов по определению класса опасности отходов // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 6. С. 523–527. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-6-523-527
27. Мухлынина М.М. Законодательные новеллы и перспективы создания единой государственной системы обращения с опасными отходами в России // Аграрное и земельное право. 2019. № 9 (177). С. 30–33. EDN: GDDWIB.
28. Карелин А.О., Агаханянц П.Ф., Ломтев А.Ю., Еремин Г.Б. Проблемы управления ТКО в условиях Крайнего Севера // Твердые бытовые отходы. 2016. № 10. С. 8–10. EDN: XBNOSB.
29. Агаханянц П.Ф., Ломтев А.Ю., Примак Е.А., Выучейская Д.С. Территориальные схемы обращения с отходами в Российской Арктике: повод для дискуссии // Российская Арктика. 2019. № 6. С. 48–54. doi: 10.24411/2658-4255-2019-10067

REFERENCES

1. Vinti G, Bauza V, Clasen T, *et al.* Municipal solid waste management and adverse health outcomes: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(8):4331. doi: 10.3390/ijerph18084331
2. Fang W, Huang Y, Ding Y, Qi G, Liu Y, Bi J. Health risks of odorous compounds during the whole process of municipal solid waste collection and treatment in China. *Environ Int*. 2022;158:106951. doi: 10.1016/j.envint.2021.106951
3. Aendo P, Netvichian R, Thiendedsakul P, Khaodhiar S, Tulayakul P. Carcinogenic risk of Pb, Cd, Ni, and Cr and

- critical ecological risk of Cd and Cu in soil and groundwater around the municipal solid waste open dump in Central Thailand. *J Environ Public Health*. 2022;2022:3062215. doi: 10.1155/2022/3062215
4. Mazzucco W, Costantino C, Restivo V, et al. The management of health hazards related to municipal solid waste on fire in Europe: An environmental justice issue? *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(18):6617. doi: 10.3390/ijerph17186617
 5. Ma W, Huang Z, Cui J, et al. Inhalation health risk assessment of incineration and landfill in the Bohai Rim, China. *Chemosphere*. 2023;314:137588. doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.137588
 6. Gujre N, Rangan L, Mitra S. Occurrence, geochemical fraction, ecological and health risk assessment of cadmium, copper and nickel in soils contaminated with municipal solid wastes. *Chemosphere*. 2021;271:129573. doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.129573
 7. Etea T, Girma E, Mamo K. Risk perceptions and experiences of residents living nearby municipal solid waste open dumpsite in Ginchi Town, Ethiopia: A qualitative study. *Risk Manag Healthc Policy*. 2021;14:2035-2044. doi: 10.2147/RMHP.S309295
 8. Novitsky ML, Asiantseva MV. Modern trends, state and features of reclamation of solid waste polygons (review). *Biologiya Rasteniy i Sadovodstvo: Teoriya, Innovatsii*. 2022;3(164):29-42. (In Russ.) doi: 10.36305/2712-7788-2022-3-164-29-42
 9. Kirilchuk IO, Kondratieva OE, Loktionov OA, Yushin VV. Information technologies for assessing the risk to public health from emissions of municipal solid waste landfills. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2019;23(2):186-201. (In Russ.) doi: 10.21869/2223-1560-2019-23-2-186-201
 10. Fomina DA, Subbotina YuM. Predicted factors of impact of landfills on the environment and environmental engineering methods of nature protection. *Problemy Veterinaroy Sanitarii, Gigieny i Ekologii*. 2020;3(35):351-358. (In Russ.) doi: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202003010
 11. Hertek SG, Tatarenko VI. Creation of 3d model of the object for real estate cadaster purposes. *Interexpo Geo-Sibir*. 2022;6:275-280. (In Russ.) doi: 10.33764/2618-981X-2022-6-275-280
 12. Babina YuV. [Operation, closure and reclamation of municipal solid waste landfills]. *Tverdye Bytovye Otkhody*. 2019;(12(162)):34-38. (In Russ.)
 13. Oliva TV, Konovalova YaB, Manokhina LA, Andreeva NV. Environmental impact assessment of the municipal solid waste. *Uspekhi Sovremennogo Estestvoznaniya*. 2022;(11):66-72. (In Russ.) doi: 10.17513/use.37930
 14. Sanina DV. Peculiar properties of impact of landfills on the environment and technological remediation ways. *Forum Molodykh Uchenykh*. 2019;(4(32)):935-938. (In Russ.)
 15. Trushin BV. [Principles of effective reclamation of municipal solid waste landfills]. *Tverdye Bytovye Otkhody*. 2019;(5(155)):19-22. (In Russ.)
 16. Markova AA, Grishkina EA, Popova EA. Evaluation of the implementation of the national project "Ecology" and the main problems of its federal projects. *Sila Sistem*. 2021;(3(20)):59-64. (In Russ.)
 17. Bondarenko OA, Gomaleev OA. The problem of solid municipal waste disposal in the Russian Federation within the framework of the national project "Ecology". *Aktual'nye Voprosy Sovremennoy Ekonomiki*. 2022;(10):475-478. (In Russ.)
 18. Yakovleva EN, Smirnov AV, Andreeva MV. Implementation of the national project "Ecology": Regional level. *Upravlenie Ustoychivym Razvitiem*. 2022;(5(42)):39-46. (In Russ.) doi: 10.55421/2499992X_2022_5_39
 19. Koroleva EN. Solving environmental problems within the framework of the national project "Ecology" on the example of the city of Barnaul. *Aktual'nye Nauchnye Issledovaniya v Sovremennom Mire*. 2020;(9-2(65)):79-85. (In Russ.)
 20. Alykova OI, Arnaut Yul, Chuikova LYu, Chuikov YuS. Liquidation of objects of accumulated environmental damage within the framework of the Federal Project "General Cleaning". *Astrakhanskiy Vestnik Ekologicheskogo Obrazovaniya*. 2023;(4(76)):51-58. (In Russ.) doi: 10.36698/2304-5957-2023-4-51-58
 21. Zaitseva NV, May IV, Kleyn SV, et al. On assessing impacts exerted by objects of accumulated environmental damage on human health and life expectancy. *Health Risk Analysis*. 2022;(1):4-16. doi: 10.21668/health.risk/2022.1.01.eng
 22. Gayfutdinova AV, Meremyanina TG. [Large-scale work on the General Cleaning Project.] In: *Wastes from Various Industries and Closed Cycles: Proceedings of the International Student Scientific Conference, Maysky, November 28, 2022*. Maysky: V.Ya. Gorin Belgorod State Agricultural University; 2022:27-28. (In Russ.)
 23. Klepikov OV. An evaluation of risk to population's health risk from objects of accumulated environmental harm – solid communal wastes. *Mezhdunarodnyy Nauchno-Issledovatel'skiy Zhurnal*. 2023;(12(138)). (In Russ.) doi: 10.23670/IRJ.2023.138.36
 24. Kul'nev VV. [Ecological safety of operation of solid municipal waste landfills.] In: *Cross-Boundary Cooperation in the Field of Ecological Safety and Environmental Protection: Proceedings of the Fifth International Scientific and Practical Conference, Gomel, June 4-5, 2020*. Gomel: Francisk Skorina Gomel State University; 2020:54-61. (In Russ.)
 25. Belyaeva NS. [Classification continues.] *Tverdye Bytovye Otkhody*. 2021;(2(176)):16-19. (In Russ.)
 26. Samutin NM, Zholdakova ZI, Butorina NN, Ustinov AK. Comparative evaluation of procedures of Russian hygienic and environmental normative-methodical documents on the definition of hazardous waste class. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(6):523-527. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-6-523-527
 27. Mukhlynina MM. Legislative novels and prospects for the creation of a single state system handling hazardous waste in Russia. *Agrarnoe i Zemel'noe Pravo*. 2019;(9(177)):30-33. (In Russ.)
 28. Karelin AO, Agakhanyants PF, Lomtev AYU, Yeremin GB. [Problems of solid municipal waste management in the Far North]. *Tverdye Bytovye Otkhody*. 2016;(10(124)):8-10. (In Russ.)
 29. Agakhanyants PF, Lomtev AYU, Primak EA, Vyucheykaya DS. Strategic schemes of waste management in Russian Arctic as a start point for discussion. *Rossiyskaya Arktika*. 2019;(6):48-54. (In Russ.) doi: 10.24411/2658-4255-2019-10067

Сведения об авторах:

✉ Калашников Юрий Сергеевич – к.м.н., ассистент кафедры медицины катастроф и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Е. Бурденко»; e-mail: fom_710@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1536-6702>.

Клепиков Олег Владимирович – д.б.н., профессор, профессор кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», профессор кафедры промышленной экологии и техносферной

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-5-33-41>
Original Research Article

безопасности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»; e-mail: klepa1967@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9228-620X>.

Куролап Семен Александрович – д.г.н., профессор, заведующий кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»; e-mail: skurolap@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6169-8014>.

Кульнев Вадим Вячеславович – к.г.н., ведущий специалист-эксперт отдела государственного экологического надзора по Воронежской области Центрально-Черноземного межрегионального управления Росприроднадзора; e-mail: kulneff.vadim@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1646-9183>.

Кизеев Алексей Николаевич – к.б.н., с.н.с. отдела социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: a.kizeev@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8689-7327>.

Никанов Александр Николаевич – к.м.н., в.н.с., зав. научным отделением профпатологии ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: a.nikanov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3335-4721>.

Чашин Валерий Петрович – заслуженный деятель науки Российской Федерации, д.м.н., профессор ФГБОУ ВПО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова»; e-mail: valerych05@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2600-0522>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Калашников Ю.С., Куролап С.А.*; литературный обзор: *Клепиков О.В.*; сбор данных: *Кульнев В.В., Калашников Ю.С.*; анализ и интерпретация результатов: *Клепиков О.В., Чашин В.П., Кизеев А.Н., Никанов А.Н.*; подготовка рукописи: *Чашин В.П., Кизеев А.Н., Никанов А.Н.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: соавторы статьи Клепиков О.В. и Чашин В.П. являются членами редакционного совета научно-практического журнала «Здоровье населения и среда обитания», остальные авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности: авторы благодарят главного врача ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», доктора медицинских наук, профессора Степкина Юрия Ивановича за предоставленные для выполнения анализа первичные данные, проявленный интерес к сотрудничеству с кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» и ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» с целью выполнения анализа имеющихся данных и проведения совместной оценки риска для здоровья населения от объектов накопленного вреда окружающей среде – несанкционированных свалок твердых коммунальных отходов.

Статья получена: 31.01.24 / Принята к публикации: 08.05.24 / Опубликовано: 31.05.24

Author information:

✉ Yuriy S. Kalashnikov, Cand. Sci. (Med.), Assistant, Department of Disaster Medicine and Life Safety, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko; e-mail: fom_710@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1536-6702>.

Oleg V. Klepikov, Dr. Sci. (Biol.), Professor; Professor of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University; Professor of the Department of Industrial Ecology and Technosphere Safety, Voronezh State University of Engineering Technologies; e-mail: klepa1967@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9228-620X>.

Semen A. Kurolap, Dr. Sci. (Geogr.), Professor, Head of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University; e-mail: skurolap@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6169-8014>.

Vadim V. Kul'nev, Cand. Sci. (Geogr.), Leading Specialist/Expert, Department of State Environmental Supervision in the Voronezh Region, Central Chernozem Interregional Department of the Federal Service for Supervision of Natural Resources; e-mail: kulneff.vadim@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1646-9183>.

Aleksei N. Kizeev, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Department of Public Health Analysis and Monitoring, North-West Public Health Research Center; e-mail: a.kizeev@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8689-7327>.

Aleksandr N. Nikanov, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Head of the Scientific Department of Occupational Pathology, North-West Public Health Research Center; e-mail: a.nikanov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3335-4721>.

Valerii P. Chashchin, Honored Scientist of the Russian Federation, Dr. Sci. (Med.), Professor, North-Western State Medical University named I.I. Mechnikov; e-mail: valerych05@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2600-0522>.

Author contribution: study conception and design: *Kalashnikov Yu.S., Kurolap S.A.*; data collection: *Kul'nev V.V., Kalashnikov Yu.S.*; analysis and interpretation of results: *Klepikov O.V., Chashchin V.P., Kizeev A.N., Nikanov A.N.*; bibliography compilation and referencing: *Klepikov O.V.*; draft manuscript preparation: *Chashchin V.P., Kizeev A.N., Nikanov A.N.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: This research received no external funding.

Conflict of interest: Klepikov O.V. and Chashchin V.P. are members of the Editorial Council of the scientific and practical journal *Public Health and Life Environment*; other authors have no conflicts of interest to declare.

Acknowledgements: The authors express their sincere gratitude to Professor Yuri I. Stepkin, Dr. Sci. (Med.), Head Doctor of the Center for Hygiene and Epidemiology in the Voronezh Region, for the primary data provided for the analysis, his interest in cooperation with the Department of Geoecology and Environmental Monitoring of the Voronezh State University and the North-West Public Health Research Center in order to analyze available data and conduct a joint assessment of the human health risks posed by such objects of accumulated environmental damage as illegal municipal solid waste dumping sites.

Received: January 31, 2024 / Accepted: May 8, 2024 / Published: May 31, 2024

© Сюрин С.А., 2024

УДК 613.6(470.21)02.05.2024



Профессиональная патология горняков подземных рудников Кольского полуострова (14-летнее лонгитудинальное обсервационное исследование)

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. Особенности профессиональной патологии горняков подземных рудников различных специальностей остаются недостаточно изученными.

Цель исследования: получение данных о времени развития, нозологии и распространенности профессиональной патологии горняков подземных рудников для ее более эффективной профилактики.

Материалы и методы. Началом исследования послужили данные периодического медицинского осмотра 4502 горняков в 2007 г. Далее у них были отслежены все случаи профессиональной патологии в 2008–2021 гг. Для статистического анализа применены программное обеспечение Microsoft Excel 2016 и EpiInfo, v. 6.04d. Определялись критерии Стьюдента и согласия, относительный риск, 95 % доверительный интервал, коэффициенты корреляции Пирсона и аппроксимации.

Результаты. В 2008–2021 гг. диагностировано 995 заболеваний у 393 из 4502 (8,7 %) горняков. Важнейшими причинами развития патологии были повышенная тяжесть труда (60,1 %) и шум (16,6 %), а преобладали в ее структуре радикулопатия (20,7 %), вибрационная болезнь (20,1 %) и нейросенсорная тугоухость (16,6 %). Минимальный период развития заболеваний отмечался у проходчиков (21,2 ± 0,9 года), максимальное число заболеваний у одного работника – у горнорабочих очистного забоя (3,64 ± 0,26 случая). Наибольшие уровни заболеваемости установлены у бурильщиков (625,0 случая / 10 000 работников), люковых (542,9), горнорабочих очистного забоя (522,6). Наибольшая доля работников, у которых сформировались заболевания, определялась у бурильщиков: 32,5 %. Выявлены значительные различия заболеваемости у горняков разных специальностей (до 34,5 раза) и с одинаковым классом условий труда (до 22,9 раза).

Заключение. Получены новые данные для усовершенствования профилактики профессиональных заболеваний на основе учета специальности горняка, исходного состояния здоровья, вида, интенсивности и длительности действия факторов риска. В настоящее время приоритетом является профилактика болезней костно-мышечной системы у горняков с высоким уровнем заболеваемости (более 400 случаев / 10 000 работников).

Ключевые слова: подземные рудники, условия труда, риски здоровью, профессиональные болезни.

Для цитирования: Сюрин С.А. Профессиональная патология горняков подземных рудников Кольского полуострова (14-летнее лонгитудинальное обсервационное исследование) // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 5. С. 42–52. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-5-42-52

Occupational Diseases in Underground Miners of the Kola Peninsula: A 14-Year Longitudinal Observational Study

Sergei A. Syurin

North-West Public Health Research Center, 4, 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

Summary

Introduction: Characteristics of occupational diseases in underground miners of various specialties remain poorly studied.

Objective: To collect data on the latency, types, and incidence of occupational diseases in underground miners to improve their prevention.

Materials and methods: In 2007, 4,502 miners passed periodic medical examinations and were then followed up for occupational diseases in 2008–2021. Microsoft Excel 2016 and Epi Info, v. 6.04d were used for statistical analyses, including Student's *t* and χ^2 tests, calculations of relative risks, 95 % confidence intervals, Pearson correlation and approximation coefficients.

Results: In 2008–2021, 995 occupational diseases were first diagnosed in 393 (8.7 %) out of 4,502 underground miners. Increased physical heaviness of work and noise appeared to be the major workplace risk factors accounting for 60.1 % and 16.6 % of all incident cases, among which those of radiculopathy (20.7 %), vibration disease (20.1 %), and sensorineural hearing loss (16.6 %) prevailed. The shortest latency period of an occupational disease was noted in tunnellers (21.2 ± 0.9 years) while the maximum number of diseases per worker was registered among breakage face miners (3.64 ± 0.26 cases). The highest occupational disease incidence rates were found in drillers (625.0), ore loaders (542.9), and breakage face miners (522.6 cases per 10,000 workers). The largest proportion of workers who developed a work-related disease (32.5 %) was noted among the drillers. Significant differences in incidence rates were established among miners of different specialties (up to 34.5 times) and those with the same class of working conditions (up to 22.9 times).

Conclusion: New data have been obtained to improve occupational disease prevention based on the miner's job, pre-employment health status, type, intensity and duration of exposure to risk factors. Currently, prevention of musculoskeletal disorders in miners with high incidence rates of these diseases (> 400 cases per 10,000 workers) is a priority.

Keywords: underground mines, working conditions, health risks, occupational diseases

Cite as: Syurin SA. Occupational diseases in underground miners of the Kola Peninsula: A 14-year longitudinal observational study. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(5):42–52. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-5-42-52

Введение. Известно, что вредные и опасные условия труда при подземной добыче рудного сырья создают максимально высокие риски здоровью для занятых в этой отрасли работников [1, 2]. Они обусловлены повышенной тяжестью трудовых процессов, воздействием локальной и общей вибрации, шума, аэрозолей преимущественно фиброгенного действия, химических соединений всех классов опасности, неблагоприятными параметрами микроклимата рабочих мест, а также частым неблагоприятным сочетанием этих факторов [3–5]. Как показывают гигиенические исследования, модернизация технологий добычи рудного сырья, а также средств индивидуальной и коллективной защиты работников уменьшает, но не ликвидирует воздействие вышеуказанных вредных производственных факторов [6]. Потенциал медицинских мероприятий оздоровительных и профилактических мероприятий также ограничен и не позволяет пока сохранять здоровье горняков в течение их трудовой карьеры. В результате в Российской Федерации уровень профессиональной заболеваемости при подземной добыче рудного сырья стабильно превышает показатели во всех других видах экономической деятельности¹, включая его добычу открытым способом [3].

В Мурманской области добыча апатит-нефелиновых и медно-никелевых руд, осуществляемая в настоящее время преимущественно подземным способом, является важнейшей отраслью экономики. Несмотря на то что в последние годы в ней было занято только 5–7 тысяч работников из около 400 тыс. трудоустроенного населения области², на них ежегодно приходится более половины всех впервые зарегистрированных в регионе случаев профессиональной патологии [7, 8].

Трудности сохранения здоровья горняков, характерные в целом для горнодобывающей отрасли, в Арктике усугубляются действием на организм человека дополнительных вредных климатических факторов. Это длительные периоды низких температур воздуха, напряженность электромагнитного поля ионосферы, резкие изменения атмосферного давления, нарушения сезонной фотопериодичности и др. Оказывая дополнительную нагрузку на эндокринную, дыхательную, сердечно-сосудистую системы организма [9–11], они способны модифицировать действие вредных производственных факторов [12]. Кроме того, на северных рудниках имеют место худшие условия труда по запыленности, параметрам микроклимата и другим факторам, по сравнению с предприятиями, расположенными в более комфортных климатических условиях [13–16]. Такое комбинированное влияние вредных производственных и неблагоприятных климатических факторов может приводить к более раннему

и частому формированию профессиональной патологии, чем в целом в России [17, 18].

В этой связи все более активное освоение природных богатств Арктики повышает требования к мероприятиям по предупреждению профессиональных заболеваний горняков подземных рудников, особенно учитывая увеличивающийся дефицит трудовых ресурсов в регионе [19, 20]. Новизна данного исследования заключается в установлении временных, нозологических и частотных особенностей профессиональной патологии у горняков различных специальностей при воздействии ряда вредных производственных факторов различной интенсивности.

Цель исследования состояла в получении новых данных о времени развития, нозологии и распространенности профессиональной патологии у горняков подземных рудников различных специальностей для ее более эффективной дальнейшей профилактики.

Материалы и методы. Выполнено 14-летнее лонгитудинальное обсервационное исследование, в котором данные периодического медицинского осмотра 4502 горняков подземных рудников в 2007 г. были приняты за исходную точку исследования. Далее отслежены все впервые выявленные профессиональные заболевания за последующие 14 лет (конечная точка исследования – 2021 г.). Сведения об общих и профессиональных заболеваниях горняков получены в Научно-исследовательской лаборатории ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора (является Мурманским областным центром профессиональной патологии). Эта информация была дополнена данными реестра выписок из карт учета профессионального заболевания³.

Условия труда на рудниках определялись по результатам аттестации рабочих мест⁴ (до 2014 года), специальной оценки условий труда⁵ и внутреннего производственного контроля. Для оценки профессиональной заболеваемости были использованы следующие уровни: менее 100, 100–400 и более 400 случаев / 10 000 работников, учитывая, что показатель 100 случаев / 10 000 работников близок к среднему уровню профессиональной заболеваемости при подземной добыче рудных ископаемых в России в 2013–2017 годах [6].

Для статистического анализа полученных результатов были применены программное обеспечение Microsoft Excel 2016 и программа Epi Info, v. 6.04d. Определялись *t*-критерий Стьюдента, относительный риск (ОР) и 95 % доверительный интервал (95 % ДИ), критерий согласия (χ^2), коэффициент корреляции Пирсона (*r*) с оценкой по шкале Чеддока. Соответствие трендовой модели исходным данным считалось при коэффициенте аппроксимации

¹ 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.

² Мурманская область в цифрах / Федеральная служба государственной статистики, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Мурманской области. Мурманск, 2022. 126 с.

³ в соответствии с Приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 28.05.2001 № 176.

⁴ Постановление Министерства труда и социального развития Российской Федерации от 14 марта 1997 года №12 «О проведении аттестации рабочих мест по условиям труда» (утратил силу по Приказу Минздравсоцразвития РФ от 27.08.2008 № 454Н).

⁵ Федеральный закон № 426-ФЗ от 28 декабря 2013 г. «О специальной оценке условий труда». [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156555/ (дата обращения: 15.03.2024).

(R^2) более 0,500. Числовые данные представлены как абсолютные и процентные значения, среднее арифметическое и его стандартная ошибка ($M \pm m$). Значимость нулевой гипотезы была критической при $p < 0,05$.

Результаты. Все горняки, осуществлявшие подземные работы, подвергались воздействию вредных производственных факторов. Итоговый класс вредности на рабочих местах машиниста буровой установки, проходчика, горнорабочего очистного забоя / горнорабочего подземного определялся как 3.3–3.4. У взрывника, дробильщика, машиниста вибропогрузочной установки, крепильщика условия труда соответствовали классу 3.3. У люковой⁶, машиниста подземного электровоза, погрузочно-доставочной, подземной самоходной машины, раздатчика взрывчатого материала, электрогазосварщика, электрослесаря, слесаря-ремонтника, горного мастера, условия труда оценивались как 3.2, а у стволового, ламповщика, машиниста подъемной машины, горнорабочего на геологических и маркшейдерских работах – как 3.1. Наиболее частыми вредными факторами были тяжесть труда, шум, локальная и общая вибрация, вредные химические вещества и их сочетанное действие. Вследствие сходных геологических и микроклиматических условий апатитовых и медно-никелевых подземных рудников, а также использования сходных марок горной техники, условия труда и класс их вредности при добыче двух видов рудного сырья не имели существенных различий. Класс условий труда горняков всех специальностей, определенный в 2007 г., в течение последующих 14 лет не изменялся.

В 2007 г. средний возраст работников составил $38,1 \pm 0,2$ года, а трудовой стаж в горнодобывающей промышленности – $10,5 \pm 0,2$ года. Среди горняков было 4002 (89,3 %) мужчины и 478 (10,7 %) женщин. Медицинский осмотр прошли 907 (20,1 %) слесарей (электрослесарей), 338 (7,5 %) машинистов подземного электровоза, 274 (6,1 %) взрывника, 253 (5,6 %) проходчика, 245 (5,5 %) электрогазосварщиков, 225 (5,0 %) машинистов погрузочно-доставочной машины, 212 (4,7 %) горнорабочих подземных, 163 (3,6 %) крепильщика, 145 (4,1 %) горных мастеров и еще 1740 работников других специальностей.

По итогам осмотра практически здоровыми были признаны 675 (15,0 %) работников, а у 3827 (85,0 %) горняков были выявлены 11 289 случаев хронических непрофессиональных заболеваний. Их число варьировало у одного работника от одного до тринадцати, составляя $2,95 \pm 0,04$ заболевания. Между возрастом и числом заболеваний существовала умеренная корреляция ($r = 0,430$), между стажем работы на предприятии и числом заболеваний – средняя ($r = 0,504$). Высокая степень корреляции ($r = 0,754$) между возрастом горняков и стажем работы на предприятии позволяла связывать изменения их здоровья именно с условиями труда при добыче рудного сырья.

Выявленные нарушения здоровья распределялись по пятнадцати классам МКБ 10. Те восемь из них, которые могли бы влиять на формирование профессиональной патологии, представлены в табл. 1. Наиболее часто диагностировались болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани. Болезни системы кровообращения, органов дыхания, эндокринной системы выявлялись в 2–6 раз реже. Доли болезней нервной системы, кожи, уха, новообразований были менее 5 % каждая.

Наиболее распространенными нозологическими формами непрофессиональных заболеваний, имевших потенциальную связь с развитием профессиональной патологии, были остеохондроз позвоночника ($n = 551$), остеоартроз ($n = 381$), ожирение ($n = 307$), люмбагия ($n = 303$), варикозная болезнь нижних конечностей ($n = 287$), артралгия ($n = 282$), искривление перегородки носа с нарушением функции дыхания ($n = 277$).

В 2008–2021 гг. у 393 (8,7 %) из 4502 горняков, прошедших медицинский осмотр в 2007 г., были впервые диагностированы 995 профессиональных заболеваний, или $2,53 \pm 0,05$ случая у одного работника. В число этих горняков вошли 390 (99,2 %) мужчин и 3 (0,8 %) женщины. Их средний возраст был $52,1 \pm 0,3$ года, а трудовой стаж на руднике – $25,3 \pm 0,4$ года. Средний годовой показатель профессиональной заболеваемости горняков составил 157,9 на 10 000 работников.

Ежегодное число впервые диагностированных профессиональных заболеваний колебалось в широких границах от 36 (2020 г.) до 132 случаев (2012 г.), а число работников с установленной

Таблица 1. Структура непрофессиональной патологии горняков подземных рудников, случаи (%)

Table 1. The structure of non-occupational diseases in the underground miners, cases (%)

Класс болезней / Disease category	Число и доля (%) / Cases, n (%)
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани / Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue	3545 (31,4)
Болезни системы кровообращения / Diseases of the circulatory system	1389 (12,3)
Болезни органов дыхания / Diseases of the respiratory system	971 (8,6)
Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ / Endocrine, nutritional and metabolic diseases	564 (5,0)
Болезни нервной системы / Diseases of the nervous system	384 (3,4)
Болезни кожи и подкожной клетчатки / Diseases of the skin and subcutaneous tissue	327 (2,9)
Болезни уха и сосцевидного отростка / Diseases of the ear and mastoid process	294 (2,6)
Новообразования / Neoplasms	271 (2,4)

⁶ Люковой – это рабочий, осуществляющий погрузку горной массы из люков и ее перемещение на различных этапах производственного процесса (операции: дробление негабаритов, ликвидация зависаний в выпускных окнах и др.). Подвергается воздействию повышенной тяжести труда, шума, локальной вибрации, химических веществ [3].

профессиональной патологией – от 13 (2020 г.) до 42 (2010 г.) человек (рис. 1). В течение 14 лет наиболее высокие значения обоих показателей отмечались в 2012–2014 гг. Они имели тенденцию к снижению (то есть $R^2 < 0,5000$), более выраженную для числа работников с профессиональной патологией ($R^2 = 0,3972$), чем числа профессиональных заболеваний ($R^2 = 0,2434$).

Ежегодные показатели профессиональной заболеваемости горняков, рассчитанные с учетом уменьшения численности когортной группы, варьировали от 140,6 (2020 г.) до 347,4 (2012 г.) на 10 000 работников, в целом в течение четырнадцати лет они не демонстрировали тенденции ни к снижению, ни к повышению ($R^2 = 0,0447$).

В 60,1 % случаев формирование профессиональных заболеваний было обусловлено повышенной тяжестью трудовых процессов. Значимыми этиологическими факторами (10,9–13,8 %) также были шум, общая и локальная вибрация. Удельный вес химических соединений и аэрозолей фиброгенного действия не превышал 5 %. Важнейшим обстоятельством возникновения профессиональных заболеваний (почти две трети случаев) являлось несовершенство

технологических процессов. Меньшее значение имели несовершенство рабочих мест и конструктивные недостатки различного оборудования. Несовершенство санитарно-технических установок, отступление от технологического регламента и нарушения правил техники безопасности признавались обстоятельствами развития профессиональной патологии только в единичных случаях.

Изучены особенности влияния отдельных вредных производственных факторов на формирование профессиональной патологии. Повышенная тяжесть трудовых процессов вызвала преимущественно (76,0 %) нарушения костно-мышечной системы. Наиболее распространенными из них были радикулит (n = 189) и остеоартроз суставов (n = 158). Остальные 24,0 % приходились на долю болезней нервной системы, а именно – моно- и полинейропатии (n = 144). Экспозиция к шуму (n = 138) была причиной нейросенсорной тугоухости, а к аэрозолям фиброгенного действия (n = 4) – хронического бронхита. Общая и локальная вибрация главным образом (85,6 %) обуславливала развитие вибрационной болезни (n = 201) и значительно реже – болезней нервной и костно-мышечной систем (по 7,2 %). Аэрозоли

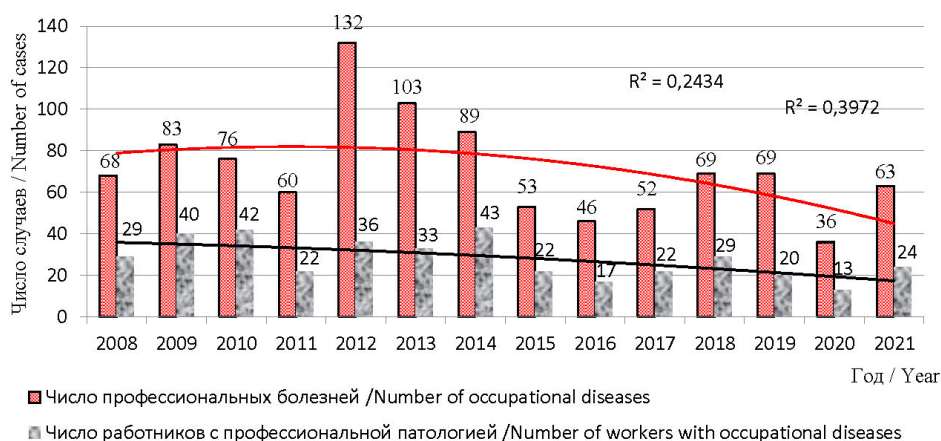


Рис. 1. Ежегодное число впервые установленных профессиональных заболеваний и работников с профессиональной патологией в 2008–2021 гг.

Fig. 1. Annual numbers of incident occupational diseases and workers with occupational diseases in 2008–2021

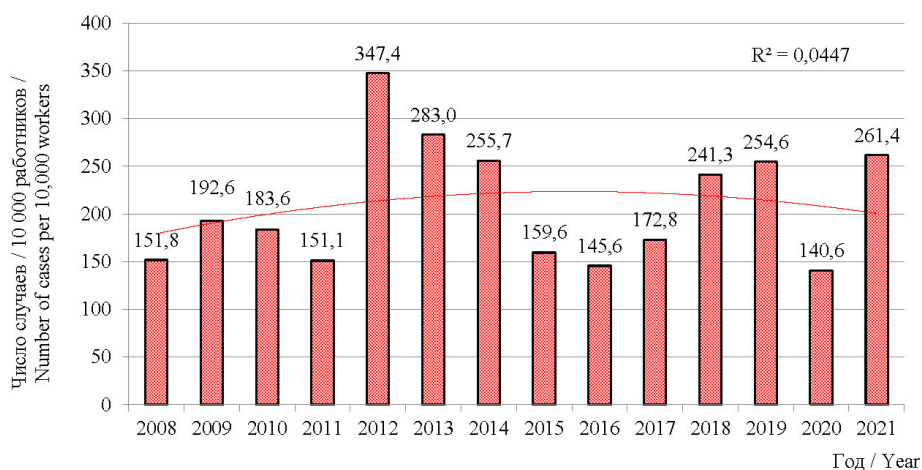


Рис. 2. Ежегодная профессиональная заболеваемость в 2008–2021 гг. с учетом изменения численности наблюдаемой группы

Fig. 2. Annual occupational disease rates in 2008–2021 given changes in the size of the observed cohort

вредных химических веществ в 72,7 % случаев вызывали болезни органов дыхания, среди которых были хронический бронхит ($n = 10$), бронхиальная астма ($n = 4$) и хронический ринофарингит ($n = 2$). В 6 (27,3 %) случаях при экспозиции к химическим факторам диагностировалась острая (оксид или диоксид углерода) или хроническая (марганец и его соединения) формы интоксикации.

В 63 % случаев профессиональные заболевания горняков формировались при классе действующего вредного фактора 3.2. В 3,2 раза реже патология развивалась при классе 3.3, в 6,8 раза – при классе 3.1 и в 9,8 раза реже – при классе 3.4. В экстремальных условиях труда к развитию нарушений здоровья в девяти случаях приводила локальная вибрация (более 12 дБ), в двух – шум (более 35 дБА) и в двух – острые отравления окисью углерода.

Заболевания костно-мышечной системы были наиболее распространенным классом профессиональной патологии, на который приходилась почти половина выявленных болезней. В 2,5 раза реже диагностировались заболевания, относимые к классу «Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин», ведущим факторов развития которых была промышленная вибрация. В 3 раза реже выявлялись болезни нервной системы, в 4,5 раза реже – болезни уха и в отдельных случаях – болезни органов дыхания. В 2 (0,2 %) случаях выявлялись хронические отравления вредными веществами. Один из них был обусловлен диоксидом азота, а второй – соединениями марганца, содержащимися в сварочных аэрозолях. В структуре нозологических форм профессиональной патологии наибольшие доли

Таблица 2. Условия развития профессиональной патологии и ее структура в 2008–2021 гг.

Table 2. Conditions for the development of occupational diseases and ranking of the latter for 2008–2021

Показатель / Indicator	Число и доля (%) / n, %
Вредные производственные факторы / Occupational hazards	
Повышенная тяжесть труда / Increased physical heaviness of work	598 (60,1)
Шум / Noise	137 (13,8)
Общая вибрация / Whole-body vibration	125 (12,6)
Локальная вибрация / Hand-arm vibration	108 (10,9)
Химические вещества I–IV классов опасности / Chemicals of hazard classes I–IV	22 (2,2)
Аэрозоли фиброгенного действия / Fibrogenic aerosols	5 (0,4)
Обстоятельства / Circumstances	
Несовершенство технологических процессов / Imperfection of technological processes	609 (61,2)
Несовершенство рабочих мест / Imperfection of workplaces	244 (24,5)
Конструктивные недостатки машин, механизмов, инструментов и другого оборудования / Design flaws of machines, mechanisms, and equipment	123 (12,4)
Несовершенство санитарно-технических установок / Imperfection of sanitary installations	9 (0,9)
Отступление от технологического регламента / Breach of technological production regimes	6 (0,6)
Нарушение правил техники безопасности / Violation of safety regulations	4 (0,4)
Класс условий труда / Class of working conditions	
3.1	92 (9,3)
3.2	629 (63,2)
3.3	197 (19,8)
3.4	64 (6,4)
4	13 (1,3)
Класс профессиональных болезней / Occupational disease category	
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани / Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue	451 (45,3)
Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин / Injury, poisoning and certain other consequences of external causes	207 (20,8)
Болезни уха и сосцевидного отростка / Diseases of the ear and mastoid process	159 (16,0)
Болезни нервной системы / Diseases of the nervous system	158 (15,9)
Болезни органов дыхания / Diseases of the respiratory system	20 (2,0)
Профессиональные болезни, случаи (%) / Occupational diseases, cases (%)	
Радиклопатия / Radiculopathy	206 (20,7)
Вибрационная болезнь / Vibration disease	200 (20,1)
Нейросенсорная тугоухость / Sensorineural hearing loss	160 (16,1)
Деформирующий остеоартроз / Deforming osteoarthritis	138 (13,9)
Моно- и полиневропатия / Mono- and polyneuropathy	134 (13,5)
Эпикондилит плечевых костей / Epicondylitis humeri	56 (5,6)
Миофиброз предплечий / Myofibrosis of the forearm	42 (4,2)
Прочие болезни / Other diseases	59 (5,9)

занимали радикулопатия, вибрационная болезнь, нейросенсорная тугоухость, остеоартроз, моно- и полиневропатия, на которые приходились 84,2 % нарушений здоровья (табл. 2).

Ретроспективный анализ связи случаев профессиональной патологии с результатами периодического медицинского осмотра 2007 года показал, что при ранее выявленной артралгии повышался риск формирования артроза суставов верхних и нижних конечностей ($OR = 4,01$; 95 % ДИ 3,26–4,91; $p < 0,001$) и вибрационной болезни ($OR = 3,05$; 95 % ДИ 1,00–9,31; $p = 0,032$). Риск возникновения радикулопатии возрастал при наличии остеохондроза позвоночника в сочетании с вертеброгенной цервикалгией ($OR = 4,60$; 95 % ДИ 2,82–7,50; $p < 0,001$) и вертеброгенной люмбалгией ($OR = 3,15$; 95 % ДИ 2,39–4,15; $p < 0,001$). У лиц с признаками неблагоприятного воздействия производственного шума на внутреннее ухо (Z57.0) увеличивалась вероятность профессиональной нейросенсорной тугоухости ($OR = 2,69$; 95 % ДИ 1,85–3,91; $p < 0,001$). Алиментарное ожирение повышало риск формирования артрозов и радикулопатии ($OR = 1,85$; 95 % ДИ 1,10–3,10; $p = 0,024$). Существенно увеличивался риск развития профессиональной патологии у работников в возрасте 50 лет и старше по сравнению с лицами более молодого возраста ($OR = 2,34$; 95 % ДИ 1,93–2,84; $p < 0,001$). У курящих лиц с экспозицией к табачному дыму ≥ 10 пачка / лет возрастала вероятность возникновения профессионального хронического бронхита ($OR = 4,85$; 95 % ДИ 1,01–23,27; $p = 0,029$).

В течение 14 лет профессиональные заболевания были впервые диагностированы у работников 29 специальностей, прежде всего непосредственно занятых добычей и транспортировкой рудного сырья в условиях труда классов 3.2–3.4. Не было установлено заболеваний в ряде таких распространенных специальностей, как горнорабочий на геологических и маркшейдерских работах, оператор по приготовлению взрывчатых материалов, ствольной, ламповщик и других, имеющих условия труда класса 3.1–3.2. Особенности развития профессиональной патологии проанализированы у работников 16 специальностей, имевших не менее 10 случаев заболеваний каждая. Изучены такие показатели, как итоговая оценка класса условий труда, число и доля заболевших работников, стаж на момент первичного установления заболевания, число нозологических форм заболеваний общее и у одного работника, уровень профессиональной заболеваемости.

При оценке уровней профессиональной заболеваемости обратила на себя внимание выраженная вариабельность этого важнейшего показателя: от 18,1 случая / 10 000 слесарей-ремонтников до 625,0 случая / 10 000 машинистов буровой установки, или 34,5 раза. Тем не менее при большом разбросе данных можно было четко выделить три группы специалистов. В первой ($n = 42$) заболеваемость не превышала 100 случаев / 10 000 работников, во второй ($n = 152$) находилась в пределах 100–400 случаев / 10 000 работников и в третьей ($n = 152$)

была выше 400 случаев / 10 000 работников. Далее был проведен анализ трех выделенных групп по классу условий труда, специальности работников, числу и доле заболевших лиц от их общей численности, числу профессиональных заболеваний у одного работника.

Установлено, что в третью группу наиболее подверженных развитию профессиональной патологии горняков вошли бурильщики, люковые, горнорабочие очистного забоя, взрывники и машинисты самоходных подземных машин, имевших итоговые условия труда классов 3.3–3.4. У этих специалистов заболеваемость превышала 400 случаев / 10 000 работников, а профессиональные заболевания за 14 лет возникли у более, чем 20 % здоровых в 2007 году горняков (или более чем у 1,5 % работников ежегодно). Вторую группу по распространенности профессиональной патологии составили машинисты погрузочно-доставочной машины, вибропогрузочной установки и электровоза, а также проходчики, крепильщики и дробильщики. По итоговым классам условий труда (3.2–3.4) они не отличались от горняков первой группы, но имели уровень профессиональной заболеваемости в диапазоне 100–400 случаев / 10 000 работников, а долю заболевших в течение 14 лет – от 10 до 20 % (или 0,3–1,5 % работников ежегодно). Условно низкая распространенность профессиональной патологии в первой группе (ниже 100 случаев / 10 000 работников) отмечалась у водителей автомобиля, горных мастеров, горнорабочих подземных, электрогазосварщиков и слесарей, у которых доля заболевших в 2008–2021 гг. горняков была меньше 10 % (или меньше 0,3 % ежегодно). Условия труда у них были более благоприятными, чем в первой и второй группах (класс вредности 3.2–3.3).

Риск развития профессиональной патологии в третьей группе специалистов был выше, чем во второй ($OR = 1,48$; 95 % ДИ 1,22–1,80; $p < 0,001$) и в первой ($OR = 9,37$; 95 % ДИ 6,75–13,03; $p < 0,001$), а во второй – выше, чем в первой ($OR = 6,32$; 95 % ДИ 4,55–8,77). Кроме того, в третьей группе риск возникновения профессиональной патологии у бурильщиков превосходил его уровень у горнорабочих очистного забоя ($OR = 1,56$; 95 % ДИ 1,05–2,32; $p = 0,029$) и у взрывников ($OR = 1,46$; ДИ 1,04–2,05; $p = 0,032$). В группе со средним уровнем заболеваемости различий между специалистами не отмечалось, а в группе с условно низкой заболеваемостью риск развития профессиональной патологии у водителей автомобиля, электрогазосварщиков, горнорабочих подземных и горных мастеров был выше, чем у слесарей: $OR = 3,29$; 95 % ДИ 1,18–9,16; $p = 0,017$; $OR = 10,9$; 95 % ДИ 5,85–20,7; $p < 0,001$; $OR = 3,21$; 95 % ДИ 1,37–7,52; $p = 0,005$ и $OR = 3,13$; 95 % ДИ 1,19–8,20; $p = 0,015$ соответственно.

Число нозологических форм профессиональных заболеваний у одного работника в третьей группе было больше, чем во второй ($2,98 \pm 0,11$ и $2,31 \pm 0,09$ случая, $t = 4,71$; $p < 0,001$) и в первой группах ($2,98 \pm 0,11$ и $2,05 \pm 0,17$ случая, $t = 4,59$; $p < 0,001$). Существенных различий по этому показателю между

второй и первой группами не отмечалось ($2,31 \pm 0,09$ и $2,05 \pm 0,17$ случая, $t = 1,35$; $p = 0,178$).

Продолжительность трудового стажа, при которой впервые диагностировалась профессиональная патология, каких-либо закономерных изменений в трех группах не демонстрировала. Она была ниже во второй группе по сравнению с третьей ($26,0 \pm 0,5$ и $27,7 \pm 0,6$ года, $t = 2,18$; $p = 0,030$), но каких-либо других значимых различий не отмечалось (табл. 3).

В структуре профессиональной патологии в трех группах с разными уровнями заболеваемости имелись значимые различия. В третьей группе, по сравнению со второй были больше доли болезней костно-мышечной ($\chi^2 = 20,7$; $p < 0,001$) и нервной ($\chi^2 = 14,5$; $p < 0,001$) систем, а меньше – вибрационной болезни ($\chi^2 = 45,6$; $p < 0,001$). В третьей группе по сравнению с первой также была больше доля болезней костно-мышечной системы ($\chi^2 = 16,0$; $p < 0,001$) и меньше – вибрационной болезни ($\chi^2 = 6,28$; $p < 0,001$). Отличительной чертой первой группы явилась большая доля болезней органов дыхания, превышавшая показатели в третьей ($\chi^2 = 42,3$; $p < 0,001$) и второй ($\chi^2 = 21,9$; $p < 0,001$) группах (табл. 4).

Обсуждение. Проведенное исследование позволило установить ряд фактов, заслуживающих анализа и обсуждения. Прежде всего обращает на себя внимание уровень профессиональной заболеваемости изученной группы горняков Кольского полуострова ($157,9 / 10\,000$ работников), превысивший в 1,5–1,7 раза средние российские показатели при добыче полезных ископаемых подземным способом [21]. Вероятно, этот факт можно объяснить, во-первых, худшими условиями труда на северных рудниках по сравнению с предприятиями, расположенными в более комфортных климатических условиях [13–16]. Во-вторых, это климатические условия Арктики, способные модифицировать действие вредных производственных факторов [12], приводя к более раннему и частому формированию профессиональной патологии, чем в целом в России [17, 18].

Требуют объяснения значительные различия в уровнях профессиональной заболеваемости горняков различных специальностей (до 34,5 раза), осуществляющих трудовую деятельность при условиях труда классов 3.2–3.4. В ряд специалистов с более высокой заболеваемостью (более 400 случаев / 10 000 работников) вошли буровики, люковые,

Таблица 3. Ранжирование горняков по уровню профессиональной заболеваемости

Table 3. Ranking of the miners by occupational disease rates

Специальность / Job title	Итоговый класс условий труда / Class of working conditions	Общее число работников / Total number of workers	Число и доля (%) работников с профессиональной патологией / Workers with occupational diseases, n (%)	Число профессиональных заболеваний, случаи / Cases of occupational diseases, n	Число профессиональных заболеваний у одного работника, случаи, работник / Occupational diseases per worker, cases/ worker	Стаж при установлении профессионального заболевания / Duration of employment by the time of diagnosis	Профессиональная заболеваемость, случаи / 10,000 работников / Occupational disease rate, per 10,000 workers
Первая группа / Group 1							
Слесарь / Repairman	3.2	907	12 (1,3)	23	$1,92 \pm 0,32$	$29,7 \pm 1,6$	18,1
Мастер горный / Mining foreman	3.2	145	6 (4,1)	10	$1,67 \pm 0,49$	$28,3 \pm 2,7$	49,3
Горнорабочий подземный / Underground miner	3.2	212	9 (4,2)	19	$2,11 \pm 0,42$	$25,4 \pm 2,4$	64,0
Электрогазосварщик / Welder	3.3	245	10 (4,1)	15	$1,50 \pm 0,40$	$29,7 \pm 1,6$	72,4
Водитель автомобиля / Truck driver	3.2	115	5 (4,3)	14	$2,80 \pm 0,54$	$23,4 \pm 2,6$	87,0
Вторая группа / Group 2							
Машинист вибропогрузочной установки / Vibration loading machine operator	3.3	44	6 (13,6)	10	$1,67 \pm 0,46$	$26,7 \pm 1,3$	162,3
Машинист электровоза / Locomotive driver	3.2	338	55 (16,3)	106	$1,93 \pm 0,20$	$26,8 \pm 1,1$	224,0
Машинист погрузочно-доставочной машины / Loading and delivery machine operator	3.2	225	38 (16,9)	84	$2,21 \pm 0,18$	$26,2 \pm 0,9$	266,7
Дробильщик / Crusher	3.2	48	5 (10,4)	18	$3,60 \pm 0,40$	$26,2 \pm 2,4$	267,9
Проходчик / Tunneller	3.4	253	45 (17,8)	108	$2,40 \pm 0,15$	$21,2 \pm 0,9$	304,9
Крепильщик / Timberman	3.2	163	26 (16,0)	79	$3,04 \pm 0,25$	$26,0 \pm 1,4$	346,2
Третья группа / Group 3							
Машинист подземной самоходной машины / Operators of underground self-propelled machine	3.2	50	12 (24,0)	29	$2,42 \pm 0,29$	$25,1 \pm 1,83$	414,3
Взрывник / Blaster	3.3	274	61 (22,3)	180	$2,95 \pm 0,18$	$29,6 \pm 0,9$	469,2
Горнорабочий очистного забоя / Breakage face miner	3.3	158	33 (20,9)	120	$3,64 \pm 0,26$	$29,1 \pm 1,0$	522,6
Люковой / Ore loader	3.3	25	7 (28,0)	19	$2,71 \pm 0,63$	$31,2 \pm 1,8$	542,9
Машинист буровой установки / Driller	3.4	120	39 (32,5)	105	$2,69 \pm 0,23$	$23,8 \pm 1,0$	625,0

Таблица 4. Структура профессиональной патологии у горняков с разным уровнем заболеваемости, случаев (%)**Table 4. Distribution of occupational diseases in the miners by incidence rates, cases (%)**

Класс болезней / Disease category	Заболеваемость, случаи / 10 000 работников / Incidence, cases per 10,000 workers (%)		
	> 400	100–400	< 100
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани / Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue	319 (70,9)	230 (56,0) ¹	42 (48,8) ²
Вибрационная болезнь / Vibration disease	35 (7,8)	101 (24,6) ¹	14 (16,3) ²
Нейросенсорная тугоухость / Sensorineural hearing loss	62 (13,8)	66 (16,1)	18 (20,9)
Болезни нервной системы / Diseases of the nervous system	32 (7,1)	7 (1,7) ¹	2 (2,3)
Болезни органов дыхания / Diseases of the respiratory system	2 (0,4)	7 (1,7)	10 (11,6) ^{2,3}

Примечание: ¹ – различия ($p < 0,05$) между первой и второй группами; ² – различия ($p < 0,05$) между первой и третьей группами; ³ – различия ($p < 0,05$) между второй и третьей группами.

Notes: differences between ¹ the first and second groups; ² the first and third groups; ³ the second and third groups ($p < 0.05$).

горнорабочие очистного забоя, взрывники и машинисты подземных самоходных машин. Важно, что у них отмечается не только высокое число профессиональных заболеваний у одного работника, но и большая доля горняков (более 1,5 % ежегодно) с впервые диагностированной профессиональной патологией. Также для этих специалистов характерна максимальная доля заболеваний костно-мышечной системы и меньшая доля вибрационной болезни в структуре профессиональной патологии.

Привлекают внимание значительные отличия уровней заболеваемости у специалистов, имеющих одинаковый итоговый класс условий труда. Так, при классе 3.4 это различие составляет 2,05 раза (между бурильщиками и проходчиками), при классе 3.3 – 7,50 раза (между люковыми и электрогазосварщиками), при классе 3.2 – 22,89 раза (между машинистами подземных самоходных машин и слесарями). Полученные данные показывают, что итоговый класс условий труда, используемый для определения уровня риска развития профессиональных заболеваний⁷ [22], не всегда может служить таким критерием. С этой целью, вероятно, предпочтительнее ориентироваться на уровень профессиональной заболеваемости горняков той или иной специальности, для каждой из которых характерны свои конкретные изменяющиеся комбинации видов и интенсивности воздействия вредных производственных факторов. Кроме того, использование реального уровня заболеваемости для определения риска развития профессиональной патологии в будущем позволяет избежать влияния методических недостатков, характерных для специальной оценки условий труда [23].

Нужно отметить значительные различия в структуре нозологических форм профессиональной патологии у обследованной группы горняков и горняков подземных рудников России в 2010–2019 гг. Так, у горняков Кольского полуострова доля вибрационной болезни составила 20,1 %, а в среднем в России – 37,5 % [1, 4], что пока не имеет убедительного объяснения. Еще более существенные различия отмечаются в долях болезней бронхолегочной системы:

0,4 % у горняков подземных рудников Кольского полуострова и 20,2–30,1 % у горняков России [1, 4]. Высокая влажность микроклимата подземных рудников Кольского полуострова, являющаяся естественной системой пылеподавления, может, по крайней мере частично, служить объяснением данного феномена [24]. Также обращают на себя внимание различия в определении причин развития профессиональных заболеваний у горняков, занятых подземной добычей рудного сырья. На месторождениях Кольского полуострова основная причина – повышенная тяжесть трудового процесса (60,1 % случаев), а в других регионах России – вибрация, шум и аэрозоли преимущественно фиброгенного действия [1, 4, 6], что свидетельствует о методических трудностях решения этой задачи.

Нами установлены резкие ежегодные изменения показателей профессиональной заболеваемости горняков. В частности, непонятны причины регистрации в 2012–2014 гг. наибольшего числа профессиональных заболеваний. Такая динамика показателей может быть обусловлена многими причинами. Это недостаточное качество медицинских осмотров, неполное и позднее выявление патологии, различные трактовки врачами установленных нарушений здоровья, административное вмешательство в результаты медицинских и экспертных заключений [21].

Представляется недооцененной роль охлаждающего микроклимата подземных рудников Кольского полуострова, так как с его воздействием не было связано ни одного случая профессиональных заболеваний. Вероятно, это следствие, как недостатков методики оценки, так и неполного представления экспертов-профпатологов о негативном действии локального и общего охлаждения на организм человека, в том числе костно-мышечную систему [25, 26]. Кроме того, это и особенность национального перечня профессиональных заболеваний, который был в 2012 году сокращен как раз по данному разделу.

Ограничения исследования. В качестве ограничений выполненного исследования можно отметить невозможность исключения случаев выхода из группы

⁷ Р 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда». М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005. 142 с.

наблюдения работников в связи с ухудшением самочувствия до наступления пенсионного возраста. Не все из них хотят и могут доказать связь состояния их здоровья с влиянием вредных производственных факторов. В таких случаях увольнение происходит «по собственному желанию», а медицинская причина этого желания остается неизвестной.

Заключение. Установлены новые данные об особенностях развития, нозологии и распространенности профессиональной патологии у горняков различных специальностей подземных рудников Кольского полуострова. Практическое применение полученных данных позволит повысить эффективность мер профилактики профессиональных заболеваний, построенных с учетом специальности горняка, исходного состояния его здоровья, вида, интенсивности и длительности действия факторов риска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бухтияров И.В., Чеботарев А.Г., Курьеров Н.Н., Сокур О.В. Актуальные вопросы улучшения условий труда и сохранения здоровья работников горнорудных предприятий // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 1. № 7. С. 424–429. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-7-424-429
2. Чеботарев А.Г., Лескина Л.М., Головкина Н.Л. Условия труда и профессиональный риск нарушения здоровья рабочих рудных карьеров // Горная промышленность. 2020. № 5. С. 115–119. doi: 10.30686/1609-9192-2020-5-115-119
3. Скрипаль Б.А. Состояние здоровья и заболеваемость рабочих подземных рудников горнохимического комплекса Арктической зоны Российской Федерации // Медицина труда и промышленная экология. 2016. № 6. С. 22–26.
4. Чеботарев А.Г., Семенцова Д.Д. Комплексная оценка условий труда и состояния профессиональной заболеваемости работников горно-металлургических предприятий // Горная промышленность. 2021. № 1. С. 114–119. doi: 10.30686/1609-9192-2021-1-114-119
5. Rabiei H, Malakoutikah M, Vaziri MH, Sahlabadi AS. The prevalence of musculoskeletal disorders among miners around the world: A systematic review and meta-analysis. *Iran J Public Health*. 2021;50(4):676-688. doi: 10.18502/ijph.v50i4.5992
6. Чеботарев А.Г. Состояние условий труда и профессиональной заболеваемости работников горнодобывающих предприятий // Горная промышленность. 2018. Т. 137. № 1. С. 92–95. doi: 10.30686/1609-9192-2018-1-137-92-95
7. Дударев А.А., Талыкова Л.В. Профессиональная заболеваемость и производственный травматизм в России (с акцентом на регионы Крайнего Севера, 1980–2010) // Биосфера. 2012. Т. 4. № 3. С. 343–363.
8. Сюрин С.А., Ковшов А.А. Условия труда и профессиональная заболеваемость на предприятиях горнодобывающей и металлургической промышленности Мурманской области // Здоровье населения и среда обитания. 2020. Т. 322. № 1. С. 34–38. doi: 10.35627/2219-5238/2020-322-1-34-38
9. Хаснулин В.И., Хаснулин П.В. Современные представления о механизмах формирования северного стресса у человека в высоких широтах // Экология человека. 2012. № 1. С. 4–11. doi: 10.17816/humeco17512
10. Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р. Медико-физиологические аспекты жизнедеятельности в Арктике // Арктика: экология и экономика. 2015. Т. 17. № 1. С. 70–75.
11. 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
12. 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. Т. 21. № 1. С. 3–12. doi: 10.17816/humeco17269
13. Бухтияров И.В. Проблемы медицины труда на горнодобывающих предприятиях Сибири и Крайнего Севера // Горная промышленность. 2013. Т. 110. № 4. С. 77–80.
14. Чеботарев А.Г. Риски развития профессиональных заболеваний пылевой этиологии у работников горнорудных предприятий // Горная промышленность. 2018. Т. 139. № 3. С. 66–70. doi: 10.30686/1609-9192-2018-3-139-66-70.
15. Gendler SG, Rudakov ML, Falova ES. Analysis of the risk structure of injuries and occupational diseases in the mining industry of the Far North of the Russian Federation. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2020;(3):81-85. doi: 10.33271/nvngu/2020-3/081
16. Горяев Д.В., Фадеев А.Г., Шур П.З., Фокин В.А., Зайцева Н.В. Гигиеническая оценка условий труда и профессиональной заболеваемости работников горнодобывающей промышленности в Арктической зоне Норильского промышленного района // Анализ риска здоровью. 2023. № 2. С. 88–94. doi: 10.21668/health.risk/2023.2.08
17. 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
18. Syurin SA, Kovshov AA, Odland JØ, Talykova LV. Retrospective assessment of occupational disease trends in Russian Arctic apatite miners. *Int J Circumpolar Health*. 2022;81(1):2059175. doi: 10.1080/22423982.2022.2059175
19. Говорова Н.В. Человеческий капитал – ключевой актив хозяйственного освоения арктических территорий // Арктика и Север. 2018. № 31. С. 52–61. doi: 10.17238/issn2221-2698.2018.31.52
20. Каранатова Л.Г., Кулев А.Ю. Социально-экономическое развитие Арктики: современные вызовы и приоритеты // Управленческое консультирование. 2022. № 2. С. 49–62. doi: 10.22394/1726-1139-2022-2-49-62
21. Бухтияров И.В., Чеботарев А.Г. Гигиенические проблемы улучшения условий труда на горнодобывающих предприятиях // Горная промышленность. 2018. Т. 141. № 5. С. 33–35. doi: 10.30686/1609-9192-2018-5-141-33-35
22. Отарбаева М.Б., Сакиев К.З., Гребенева О.В. Профессиональный риск – оценка и управление // Гигиена труда и медицинская экология. 2016. Т. 52. № 3. С. 19–30.
23. Чеботарев А.Г. Специальная оценка условий труда работников горнодобывающих предприятий // Горная промышленность. 2019. Т. 143. № 1. С. 42–44. doi: 10.30686/1609-9192-2019-1-143-42-44
24. Горбанев С.А., Сюрин С.А. Особенности формирования нарушений здоровья у горняков подземных рудников

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-5-42-52>
Original Research Article

Кольского Заполярья // Профилактическая и клиническая медицина. 2017. № 4. С. 12–18.

25. Anttonen H, Pekkarinen A, Niskanen J. Safety at work in cold environments and prevention of cold stress. *Ind Health*. 2009;47(3):254–261. doi: 10.2486/indhealth.47.254
26. Farbu EH, Skandfer M, Nielsen C, Brenn T, Stubhaug A, Höper AC. Working in a cold environment, feeling cold at work and chronic pain: A cross-sectional analysis of the Tromsø Study. *BMJ Open*. 2019;9(11):e031248. doi: 10.1136/bmjopen-2019-031248

REFERENCES

1. Bukhtiyarov IV, Chebotarev AG, Courierov NN, Sokur OV. Topical issues of improving working conditions and preserving the health of employees of mining enterprises. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2019;59(7):424–429. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-7-424-429
2. Chebotarev AG, Leskina LM, Golovkova NL. Working conditions and occupational health risks of workers in open-pit ore mines. *Gornaya Promyshlennost'*. 2020;(5):115–119. (In Russ.) doi: 10.30686/1609-9192-2020-5-115-119
3. Skripal' BA. Health state and morbidity of underground mines in mining chemical enterprise in Arctic area of Russian Federation. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2016;(6):22–26. (In Russ.)
4. Chebotarev AG, Sementsova DD. Comprehensive assessment of working conditions and occupational disease rates at mining and metallurgical enterprises. *Gornaya Promyshlennost'*. 2021;(1):114–119. (In Russ.) doi: 10.30686/1609-9192-2021-1-114-119
5. Rabiei H, Malakoutikhah M, Vaziri MH, Sahlabadi AS. The prevalence of musculoskeletal disorders among miners around the world: A systematic review and meta-analysis. *Iran J Public Health*. 2021;50(4):676–688. doi: 10.18502/ijph.v50i4.5992
6. Chebotarev AG. [The state of working conditions and occupational disease rates in miners.] *Gornaya Promyshlennost'*. 2018;(1(137)):92–95. (In Russ.) doi: 10.30686/1609-9192-2018-1-137-92-95
7. Dudarev AA, Talykova LV. Occupational morbidity and occupational accidents in Russia with emphasis on Arctic regions, 1980–2010. *Biosfera*. 2012;4(3):343–363. (In Russ.)
8. Syurin SA, Kovshov AA. Working conditions and occupational morbidity at mining and metallurgical enterprises of the Murmansk Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(1(322)):34–38. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-322-1-34-38
9. Hasnulin VI, Hasnulin PV. Modern concepts of the mechanisms forming northern stress in humans in high latitudes. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2012;(1):3–11. (In Russ.)
10. Solonin YuG, Boyko ER. Medical and physiological aspects of vital activity in the Arctic. *Arktika: Ekologiya i Ekonomika*. 2015;(1(17)):70–75. (In Russ.)
11. 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
12. ChashchinVP, 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;21(1):3–12. (In Russ.) doi: 10.17816/humeco17269
13. Bukhtiyarov IV, Chebotarev AG. [Problems of occupational medicine at mining enterprises in Siberia and the Far North.] *Gornaya Promyshlennost'*. 2013;(5(111)):77–82. (In Russ.)
14. Chebotarev AG. [Risks of developing occupational dust diseases in miners.] *Gornaya Promyshlennost'*. 2018;(3(139)):66–70. (In Russ.) doi: 10.30686/1609-9192-2018-3-139-66-70
15. Gendler SG, Rudakov ML, Falova ES. Analysis of the risk structure of injuries and occupational diseases in the mining industry of the Far North of the Russian Federation. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2020;(3):81–85. doi: 10.33271/nvngu/2020-3/081
16. Goryaev DV, Fadeev AG, Shur PZ, Fokin VA, Zaitseva NV. Hygienic assessment of working conditions and occupational incidence among mining workers in the Arctic Zone of the Norilsk industrial area. *Health Risk Analysis*. 2023;(2):88–94. doi: 10.21668/health.risk/2023.2.08.eng
17. 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
18. Syurin SA, Kovshov AA, Odland JØ, Talykova LV. Retrospective assessment of occupational disease trends in Russian Arctic apatite miners. *Int J Circumpolar Health*. 2022;81(1):2059175. doi: 10.1080/22423982.2022.2059175
19. Govorova NV. Human capital – a key factor of the Arctic economic development. *Arktika i Sever*. 2018;(31):52–61. (In Russ.) doi: 10.17238/issn2221-2698.2018.31.52
20. Karanatova LG, Kulev AYU. Socio-economic development of the Arctic: Modern challenges and priorities. *Upravlencheskoe Konsul'tirovanie*. 2022;(2(158)):49–62. (In Russ.) doi: 10.22394/1726-1139-2022-2-49-62
21. 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
22. Otambaeva MB, Sakiev KZ, Grebeneva OV. [Occupational risk – Assessment and management.] *Gigiena Truda i Meditsinskaya Ekologiya*. 2016;(3(52)):19–30. (In Russ.)
23. Chebotarev AG. [Special assessment of miners' working conditions.] *Gornaya Promyshlennost'*. 2019;(1(143)):42–44. (In Russ.) doi: 10.30686/1609-9192-2019-1-143-42-44
24. Gorbanyov SA, Syurin SA. Formation of health conditions in underground miners in the polar regions of the Kola Peninsula. *Profilakticheskaya i Klinicheskaya Meditsina*. 2017;(4(65)):12–19. (In Russ.)
25. Anttonen H, Pekkarinen A, Niskanen J. Safety at work in cold environments and prevention of cold stress. *Ind Health*. 2009;47(3):254–261. doi: 10.2486/indhealth.47.254
26. Farbu EH, Skandfer M, Nielsen C, Brenn T, Stubhaug A, Höper AC. Working in a cold environment, feeling cold at work and chronic pain: A cross-sectional analysis of the Tromsø Study. *BMJ Open*. 2019;9(11):e031248. doi: 10.1136/bmjopen-2019-031248

Сведения об авторе:

✉ **Сюрин** Сергей Алексеевич – д.м.н., главный научный сотрудник отдела социально-гигиенического анализа и мониторинга; e-mail: kola.reslab@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0275-0553>.

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

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

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 04.03.24 / Принята к публикации: 08.05.24 / Опубликовано: 31.05.24

Author information:

✉ Sergei A. Syurin, Dr. Sci. (Med.), Chief Researcher, Department of Public Health Analysis and Monitoring; e-mail: kola.reslab@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0275-0553>.

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

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: This research received no external funding.

Conflict of interest: The author has no conflicts of interest to declare.

Received: March 4, 2024 / Accepted: May 8, 2024 / Published: May 31, 2024



**Столетнему юбилею ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены
и общественного здоровья» посвящается**

**Влияние электромагнитных полей радиочастотного диапазона
на репродуктивную систему женского организма (обзор)**

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. Воздействие электромагнитных полей радиочастотного диапазона на репродуктивную систему женского организма глубоко изучалось в комплексных экспериментальных и клинико-гигиенических исследованиях в нашей стране в XX веке. Полученные результаты учитывались при разработке методологии гигиенического нормирования.

Цель исследования: ретроспективный анализ научных данных о влиянии электромагнитных полей радиочастотного диапазона на репродуктивную систему женского организма.

Материалы и методы. Выполнен обзор научных отечественных и зарубежных исследований с использованием библиографических баз данных Scopus, Web of Science, PubMed. Поиск осуществлялся по ключевым словам: электромагнитные поля, репродуктивная система, женский организм. Из 89 научных статей было отобрано 56 публикаций, которые соответствовали цели исследования и подтверждали неблагоприятное влияние электромагнитного фактора на состояние репродуктивной системы женского организма.

Результаты. Выполненные отечественные клинико-гигиенические исследования состояния здоровья женщин, подвергающихся воздействию электромагнитных полей радиочастотного диапазона в производственных условиях, экспериментальные исследования на животных свидетельствуют о негативном влиянии электромагнитных излучений на женскую репродуктивную систему. В настоящее время в основном представлены работы по экспериментальному изучению влияния электромагнитных полей радиочастотного диапазона со сложными характеристиками радиочастотного сигнала на репродуктивную систему самок лабораторных животных. В зарубежных эпидемиологических исследованиях основное внимание уделяется изучению влияния мобильных телефонов. В нормативно-методических документах наблюдается снижение требований к условиям труда женщин в период беременности.

Заключение. Исследование показало, что у женщин, работающих с источниками электромагнитных полей радиочастотного диапазона не тепловой интенсивности, репродуктивные эффекты могут проявляться нарушениями менструального цикла, токсикозами беременности, преждевременными родами и выкидышами. В экспериментальных исследованиях на животных подтверждено влияние электромагнитных полей радиочастотного диапазона нетепловой интенсивности на репродуктивную систему.

Ключевые слова: электромагнитные поля, репродуктивная система, женский организм.

Для цитирования: Никитина В.Н., Калинина Н.И., Дубровская Е.Н., Плеханов В.П. Влияние электромагнитных полей радиочастотного диапазона на репродуктивную систему женского организма (обзор) // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 5. С. 53–65. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-5-53-65

Dedicated to the Centenary of the North-West Public Health Research Center

**Influence of Radiofrequency Electromagnetic Fields
on Female Reproductive Health: A Review**

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

North-West Public Health Research Center, 4, 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

Summary

Introduction: Effects of radiofrequency electromagnetic fields on the female reproductive system were the focus of comprehensive experimental, clinical, and epidemiologic studies in Russia in the 20th century. Their findings were taken into account when developing health regulations.

Objective: To analyze research data on the harmful impact of radiofrequency electromagnetic fields on the female reproductive system.

Materials and methods: We reviewed domestic and foreign publications found in Scopus, Web of Science, and PubMed bibliographic databases using the following keywords: electromagnetic fields, reproductive system, and female. Of 89 papers originally selected, 56 proved adverse effects of the electromagnetic factor on the female reproductive system and were eligible for inclusion in the review.

Results: Both Russian clinical and epidemiologic studies of women exposed to radiofrequency electromagnetic fields in the occupational setting and experimental animal studies give evidence of negative effects of electromagnetic radiation on the female reproductive system. At present, experimental studies of reproductive effects of radiofrequency electromagnetic fields with complex characteristics of a radio frequency signal in female laboratory animals are mainly presented. Foreign epidemiologic studies mainly focus on effects of mobile phone usage. Requirements for working conditions of pregnant women have been reduced in guidelines and regulations.

Conclusions: Reproductive effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields in women include menstrual disorders, toxicosis during pregnancy, premature birth, and miscarriages. Animal testing also demonstrated their detrimental impact on reproductive health.

Keywords: electromagnetic fields, female, reproductive system.

Cite as: Nikitina VN, Kalinina NI, Dubrovskaya EN, Plekhanov VP. Influence of radiofrequency electromagnetic fields on female reproductive health: A review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(5):53–65. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-5-53-65

Введение. Изучение влияния факторов среды обитания на репродуктивную систему женского и мужского организма имеет особое значение, так как функционирование ее связано не только со здоровьем ныне живущих, но и будущих поколений. Недостаточная информированность работников, подвергающихся воздействию электромагнитных полей (далее – ЭМП) в процессе профессиональной деятельности, населения и врачей по вопросам влияния неблагоприятных факторов среды на репродуктивную функцию затрудняет практическое решение демографических проблем и задач по защите организма человека от неблагоприятного воздействия факторов^{1,2}. Электромагнитные поля радиочастотного диапазона (далее – ЭМП РЧ) техногенного происхождения являются наиболее распространенным неблагоприятным фактором среды обитания. В условиях интенсивного развития телекоммуникационных систем и цифровой экономики число беспроводных устройств различного назначения, создающих в окружающем пространстве ЭМП РЧ, лавинообразно нарастает. Воздействию радиочастотных ЭМП человек подвергается в условиях профессиональной деятельности, в быту, на открытой территории и на транспорте. В зонах пребывания людей возрастает интенсивность излучения. Человек может подвергаться одновременному воздействию многочастотных, модулированных и импульсных электромагнитных излучений (далее – ЭМИ), обладающих повышенной биологической активностью [1–4]. Воздействие радиочастотных излучений приобретает все более агрессивный характер и прогнозирование отдаленных последствий, к которым относится влияние ЭМП РЧ на репродуктивную систему, столь масштабного загрязнения среды обитания человека радиочастотными ЭМП, становится одной из актуальнейших проблем современности. Изучение влияния ЭМП РЧ на женскую репродуктивную систему было одним из направлений деятельности Ленинградского научно-исследовательского института гигиены труда и профзаболеваний (с 1997 г. ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены общественного здоровья»). В 2024 г. научному учреждению исполняется 100 лет.

Цель исследования: ретроспективный анализ научных данных о влиянии электромагнитных полей радиочастотного диапазона на репродуктивную систему женского организма.

Материалы и методы. Выполнен обзор данных отечественных научных исследований за период 1963–2023 гг., представленных в научных журналах, монографиях, сборниках научных трудов, базе электронной библиотеки научных публикаций eLibrary.ru, а также данных зарубежных исследований за период 1990–2023 гг. с использованием библиографических баз данных Scopus, Web of

Science, PubMed. Поиск осуществлялся по ключевым словам: электромагнитные поля, радиочастоты, репродуктивная система, женский организм. Из 89 научных статей было отобрано 56 публикаций, которые соответствовали цели исследования. В статье представлен исторический анализ за период 1970–2021 гг. 13 отечественных нормативно-методических документов санитарного законодательства в области защиты женского организма от неблагоприятного воздействия ЭМП радиочастотного диапазона. Документы были утверждены Главными санитарными врачами СССР, Постановлениями Госкомсанэпиднадзора России, Постановлениями Главного государственного санитарного врача Российской Федерации, Минздравом РФ.

Результаты. В период 1960–1990 гг. в СССР научными учреждениями гигиенического профиля при государственном финансировании активно проводились клинико-гигиенические исследования по изучению влияния ЭМП РЧ на организм лиц, подвергающихся воздействию фактора в различных отраслях промышленности. Исследования носили комплексный характер. В процессе клинико-гигиенических исследований детально изучались дозы воздействия ЭМП (интенсивность и время облучения за рабочую смену), режимы воздействия, локализация облучения, сопутствующие факторы рабочей среды. Тщательно выбирались контрольные группы, в том числе по сопоставимым характеристикам условий труда, за исключением электромагнитного фактора. На основании таких исследований в 1955 г. впервые были установлены временные предельно допустимые уровни (далее – ПДУ) ЭМП на рабочих местах при эксплуатации установок высокочастотного нагрева диапазона средних и длинных волн (разработаны Ленинградским НИИ гигиены труда и профзаболеваний Минздрава РФ³). В 1958 г. были утверждены временные ПДУ ЭМП при работе с генераторами сантиметровых волн (разработаны НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР⁴). Документы были подготовлены на основе клинико-гигиенических наблюдений за состоянием здоровья работающих основной и контрольной групп в динамике профессионального стажа. Такой комплексный подход к проведению исследований позволял изучать причинно-следственные связи между воздействием ЭМП и изменениями состояния здоровья работающих, механизмы действия фактора, в том числе на репродуктивную систему женского организма, разрабатывать предельно допустимые уровни ЭМП РЧ. В дальнейшем (1990–2023 гг.) отечественные клинико-гигиенические и эпидемиологические исследования по изучению влияния ЭМП РЧ на здоровье работающих практически прекратились.

¹ Рябышева Л.В., Макарова О.Н. Влияние репродуктивного здоровья на демографическую ситуацию в стране // Медицина и здравоохранение: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Уфа, май 2014 г.). – Уфа: Лето, 2014. С. 3–7.

² Стародубов В.И., Суханова Л.П., Сыченков Ю.Г. Репродуктивные потери как медико-социальная проблема демографического развития России // Электронный научный журнал «Социальные аспекты здоровья населения». 2012. С. 1–26. <http://vestnik.mednet.ru/content/view/367/30/>.

³ Временные санитарные правила для работы с промышленными ламповыми установками высокочастотного нагрева. Утв. гл. Госсанэпидинспектором СССР 15.01.1955 № 180-55. 5 с.

⁴ Временные санитарные правила при работе с генераторами сантиметровых волн. Утв. гл. Госсанэпидинспектором СССР 26.11.1958 № 273-58. 7 с.

Отечественные исследования по изучению влияния ЭМП РЧ на репродуктивную систему женского организма. Активно исследования по изучению влияния ЭМП РЧ на репродуктивную систему женского организма начали проводиться в 70-е годы прошлого столетия. В этот период времени разрабатывалась методология гигиенического нормирования ЭМП РЧ. Изменения репродуктивной функции при воздействии ЭМП РЧ тепловой и нетепловой интенсивности изучались в экспериментальных исследованиях на животных^{5,6,7}. При клиническом обследовании женщин, подвергающихся в процессе профессиональной деятельности воздействию ЭМП РЧ, авторы обратили внимание на наличие у них жалоб на изменение функции репродуктивной системы. В методических рекомендациях по научному обоснованию предельно допустимых уровней облучения электромагнитными полями радиочастот было указано на необходимость изучения в экспериментах на животных эстрального цикла, микроструктуры яичников, воспроизводительной способности самок⁸. Целью данных рекомендаций было способствовать получению однородных материалов, поддающихся сравнению и обобщению для использования при обосновании ПДУ в условиях работы с электромагнитными волнами диапазона радиочастот (100 кГц – 300 ГГц). В документе давались подробные рекомендации по гигиенической оценке условий труда работающих с источниками ЭМП РЧ, сопоставлению условий труда и состояния здоровья работающих, экспериментальным исследованиям по обоснованию ПДУ ЭМП радиочастот.

В Ленинградском научно-исследовательском институте гигиены труда и профзаболеваний проводились клинко-гигиенические исследования и изучение заболеваемости с временной нетрудоспособностью женщин, подвергающихся в процессе профессиональной деятельности воздействию ЭМП СВЧ и УВЧ диапазонов. При изучении состояния здоровья женщин – испытательниц электронных приборов, источников ЭМП СВЧ диапазона, были обследованы: 101 человек – основная группа и 103 человека – контрольная в возрасте до 40 лет и стаже свыше 5 лет. У женщин основной группы наблюдались статистически значимые по сравнению с контролем расстройства менструального цикла типа гипополименореи. Имели место нарушения

детородной функции в виде токсикоза беременности, самопроизвольных выкидышей, патологии родов. Гигиенические исследования показали, что уровни ЭМП на рабочих местах испытательниц составляли от 2 до 850 мкВт/см² и преимущественно не превышали предельно допустимых значений. Характерной особенностью режима облучения является его прерывистость, с различными соотношениями времени облучения и пауз. Общее время воздействия фактора при различных операциях колебалось в пределах от минут до 3–4 ч за смену. Показатели других факторов на рабочих местах (микроклимат, шум, освещенность) соответствовали гигиеническим нормативам. Исследования показали, что ведущее место в клинической картине воздействия ЭМП СВЧ занимали функциональные нарушения центральной нервной системы (ЦНС) и органов кровообращения. Функциональные нарушения ЦНС не имели специфического характера и протекали по типу вегетативной дисфункции, неврастенического и астенического синдромов, причем последний сочетался с явлениями вегетативной дисфункции. Патология системы кровообращения проявлялась в виде нейроциркуляторной дистонии гипертонического типа. На основании данных исследования были разработаны методические рекомендации по клинике и профилактике патологии, обусловленной воздействием электромагнитных полей СВЧ диапазона малой интенсивности^{9,10,11}.

Изучалось состояние заболеваемости с временной нетрудоспособностью женщин за 4 года, работающих с УВЧ устройствами диэлектрического нагрева (30–40 МГц). Было установлено, что в основной группе по сравнению с контролем наблюдалось увеличение числа болевших лиц и случаев нетрудоспособности в группе «Болезни женской половой сферы». Среди работающих при воздействии УВЧ число лиц, длительное и многократно болевших, было больше, чем в контроле. По числу случаев нетрудоспособности в основной группе второе место занимает гипертоническая болезнь, в контрольной же группе она на седьмом месте. Гигиенические исследования показали, что суммарное время воздействия ЭМП УВЧ при автоматизированной сварке изделий за рабочую смену составляло от 40 до 50 мин. Воздействие носило интермиттирующий характер (имело место

⁵ Березницкая А.Н. Влияние сантиметровых волн малой интенсивности на плодовитость самок мышей // О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот. Труды лаборатории электромагнитных полей радиочастот НИИ гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН. Выпуск 2. М.: Академия медицинских наук СССР, 1964. С. 132–141.

⁶ Городецкая С.Ф., Лобова М.А. Некоторые отдаленные результаты биологического действия СВЧ-полей // Гигиена труда и биологическое действие электромагнитных волн радиочастот. Сборник материалов Третьего Всесоюзного симпозиума 24–28 июня 1968 г. М.: Институт гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР, 1968. С. 41–42.

⁷ Березницкая А.Н., Рысина Т.З. Эмбриотропное действие микроволн // О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот. Труды лаборатории электромагнитных полей радиочастот Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. Выпуск 3. М.: Академия медицинских наук СССР 1973. С. 160–164.

⁸ Рекомендации к проведению гигиенических и экспериментальных исследований для научного обоснования предельно допустимых уровней облучения электромагнитными полями радиочастот. Утв. председателем Проблемной комиссии «Научные основы гигиены труда и профпатологии» Н.Ф. Измеровым 23 апреля 1974 г. М., 1974. 40 с.

⁹ Макарова Л.В. Заболеваемость с временной утратой трудоспособности некоторых категорий работающих в условиях воздействия электромагнитных волн радиочастот // Физические факторы производственной среды и их влияние на состояние здоровья работающих: сборник научных трудов. М.: МНИИГ им. Ф.Ф. Эрисмана, 1973. С. 72–77.

¹⁰ Артамонова В.Г., Каляда Т.В., Хаймович М.Л. и др. Клинко-гигиенические аспекты воздействия на работающих СВЧ поля малой интенсивности // Физические факторы производственной среды и их влияние на состояние здоровья работающих: сборник научных трудов. М.: МНИИГ им. Ф.Ф. Эрисмана, 1979. С. 71–77.

¹¹ Методические рекомендации «Клиника и профилактика патологии, обусловленной воздействием электромагнитных полей СВЧ диапазона малой интенсивности». Утв. Зам. Министра здравоохранения РСФСР Н.Н. Трубиным 21 октября 1982 г. Л.: Министерство здравоохранения РСФСР, 1982. 13 с.

различное соотношение периодов облучения и пауз). Интенсивность облучения в области рук составляла 5–50 В/м, общее облучение – 15–20 В/м¹².

Проведенные в институте экспериментальные исследования на животных при воздействии ЭМП СВЧ диапазона подтвердили вероятность развития нарушений в женской репродуктивной системе. Эксперименты на самках крыс показывают, что механизм нарушений менструального цикла связан с усилением процессов атрезии в яичниках, кистозным перерождением фолликулов и угнетением гонадотропной функции гипофиза, преимущественно лютеинизирующего гормона¹³. Изучалось влияние ЭМП СВЧ диапазона на половую систему животных в возрастном аспекте. У молодых 3-месячных половозрелых крыс-самок исследовалось состояние гипофизарно-гонадного звена нейроэндокринной системы при облучении в течение 4 недель ЭМП частотой 460 и 2750 МГц, ППЭ 100 мкВт/см² в дальней зоне облучения. Первая группа животных была с нормальным половым созреванием, вторая группа – с запоздалым половым созреванием. Исследования показали, что у крыс самок с запоздалым половым созреванием облучение вызывало изменения, несколько отличающиеся от наблюдавшихся у крыс с нормальным половым созреванием. Это свидетельствует о том, что разный исходный эндокринный статус организма обуславливает различную адаптационную перестройку функциональных систем¹⁴.

Проводились исследования по изучению окислительно-восстановительных процессов в организме экспериментальных животных при воздействии высокочастотных электромагнитных полей¹⁵. В эксперименте использовались биохимические тесты, характеризующие состояние некоторых звеньев антиоксидантной системы (АОС) организма. У животных оценивалось состояние тиол-дисульфидной системы, определялась концентрация аскорбиновой кислоты. В эритроцитах определялась активность антиперекисных ферментов, оценивалась проницаемость мембран эритроцитов. Две группы животных в течение месяца подвергались воздействию непрерывных и прерывистых ЭМП частотой 13 МГц напряженностью 500 В/м. Динамика исследованных показателей в крови экспериментальных животных указывает на наличие биоэффектов ЭМП. Мобилизация АОС свидетельствует об изменении неспецифической

резистентности организма при воздействии ЭМП прерывистого и непрерывного режимов генерации. Ответная реакция организма на воздействие прерывистых ЭМП проявилась раньше и носила более выраженный фазный характер. Данные о влиянии ЭМП РЧ на репродуктивную функцию женского организма приводятся в работах других авторов¹⁶.

При воздействии на беременных крыс (с 1-го по 19-й день беременности) ЭМИ 10-см диапазона интенсивностью 1500 мкВт/см² выявлены достоверные изменения генеративной функции. Воздействие ЭМИ приводило к снижению плодовитости самок, что свидетельствует о повреждающем действии во внутриутробном периоде. Вследствие высокой предимплантационной гибели зародышей существенно выше, чем в контроле, была общая эмбриональная смертность. Была снижена масса тела плодов. Полученные данные свидетельствуют об эмбриотропном действии СВЧ. Наиболее чувствительным периодом эмбрионального развития является первый день беременности¹⁷.

Проводились исследования по моделированию в биологическом эксперименте воздействия на лабораторных животных импульсно-прерывистого электромагнитного поля 857 МГц и изучению состояния физиологических, гематологических, иммунологических, биохимических и репродуктивных показателей функционального статуса организма белых крыс. Общая продолжительность облучения составила 4 месяца при плотности потока энергии 20, 100 и 500 мкВт/см², продолжительность облучения 16 ч/сутки. Исследование показало, что уровень фактора 20 мкВт/см² является недействующим. ППЭ ЭМП 100 и 500 мкВт/см² вызывают однонаправленные по характеру сдвиги в функциональном состоянии организма животных, которые достаточно длительное время сохраняются в процессе воздействия. Результаты изучения генеративной функции самок свидетельствуют о снижении у крыс способности к зачатию при спаривании с интактными самцами, выраженной тенденции к увеличению общей эмбриональной смертности с возрастанием интенсивности воздействия. Данные свидетельствуют о снижении плодовитости животных¹⁸.

В экспериментальном исследовании на самках мышей линии SHK изучалось воздействие ЭМП частотой 24 МГц напряженностью 500 В/м, продолжительность ежедневных сеансов облучения

¹² Каляда Т.В., Никитина В.Н., Кунина В.В. Состояние заболеваемости с временной нетрудоспособностью женщин, работающих с источниками радиоволн // Физические факторы производственной среды и их влияние на состояние здоровья работающих. Сборник научных трудов под редакцией Т.В. Каляды. М.: МНИИГ им. Ф.Ф. Эрисмана, 1980. С. 27–34.

¹³ Чернова С.А. Некоторые эндокринно-биохимические аспекты при воздействии ЭМП СВЧ диапазона на молодых и стареющих крыс // Биологическое действие электромагнитных полей: Тезисы докладов Всесоюзного симпозиума, Пущино, 1982 г. М.: Академия наук СССР, 1982. С. 30–32.

¹⁴ Чернова С.А. Влияние ЭМП СВЧ диапазона на гонады самок крыс с разным гормональным статусом // Эндокринная система организма и вредные факторы внешней среды: Тезисы докладов II Всесоюзной конференции 21–23 сентября 1983 г. М.: Академия наук СССР, 1983. С. 215.

¹⁵ Мастерова И.Ю., Макарова И.Н., Родионова Л.П. Состояние окислительно-восстановительных процессов в организме экспериментальных животных при воздействии высокочастотных электромагнитных полей // Гигиенические аспекты и биологическое действие модулированных электромагнитных диапазонов радиочастот: сборник научных трудов / под ред. профессора Т.В. Каляды. М.: МНИИГ им. Ф.Ф. Эрисмана, 1990. С. 52–55.

¹⁶ Лысина Г.Г., Никонова К.В. Профессиональная патология при воздействии электромагнитной энергии сверхвысокой частоты. Киев: Здоровье, 1986. 92 с.

¹⁷ Руднев М.И., Леонская Г.И., Шеметун А.М. Влияние микроволн на эмбриональное развитие крыс // Гигиена населенных мест: Республиканский межведомственный сборник. Выпуск 26. Киев, 1987. С. 33–37.

¹⁸ Солдатченков В.Н., Думашевский Ю.Д., Томашевская Л.А. и др. Результаты изучения биологического действия импульсно-прерывистого магнитного поля 857 МГц // Матер. 5-го Советско-Американского раб. совещ. по проблеме «Изучение биологического действия физических факторов окружающей среды». Ялта, 1985. С. 41–53.

0,25; 1 и 4 ч, 5 дней в неделю. Авторы считают, что 0,25-часовые экспозиции ЭМП напряженностью 500 В/м следует рассматривать как своего рода критические (пороговые) воздействия: активация функции репродуктивных органов сопровождалась рассогласованием метаболических процессов в них. Воздействие ЭМП с большей длительностью ежедневного сеанса (1 и 4 ч) приводило к угнетению метаболизма и развитию деструктивных изменений во всех тканях яичника, и в первую очередь в фолликулярном эпителии, что может послужить причиной нарушения течения эстрального цикла, процессов овуляции, снижения длительности репродуктивного периода, преждевременного старения организма¹⁹.

Из работ экспериментального плана последних лет можно отметить исследование, выполненное в Южно-Уральском государственном гуманитарно-педагогическом университете. Исследование проводили с использованием мышей инбредной линии СВА: половозрелые самцы и самки ($n = 30$), беременные самки и их потомство ($n = 182$). В качестве источника электромагнитного воздействия использовали лабораторную исследовательскую СВЧ-установку, предназначенную для изучения влияния модулированного ЭМП РЧ диапазона на биологические системы. Животных опытных групп подвергали воздействию ЭМИ РЧ диапазона (частота 925 ± 3 МГц, длительность импульса СВЧ 570 ± 10 мкс, длительность экспозиции 10 мин) в течение 5 суток. Воздействию ЭМП РЧ подвергались беременные самки мышей 10–11-недельного возраста, разделенные на контрольную и опытную группы. ЭМП РЧ воздействует на репродуктивную способность самцов и самок мышей СВА, что проявляется снижением численности и сохранности потомства при двух моделях их спаривания, однако степень выраженности эффектов на репродуктивную функцию самок выше, чем у самцов. Более выраженные цитогенетические эффекты (частота встречаемости полихроматофильных и нормохроматофильных эритроцитов с микроядрами) выявлены у облученных самок по сравнению с самцами и у потомства облученных животных по сравнению с контролем²⁰.

В другой работе половозрелых самок крыс Вистар (возраст 3,5 месяца, масса тела 230 ± 10 г) после верификации у них беременности подвергали воздействию хронического облучения в безэховой камере в условиях климатического комфорта в зоне сформированной волны источника электромагнитного излучения. При этом использовали два режима СВЧ-облучения, отличающихся частотным диапазоном, которые создавались блоком из 10 генераторов, а именно: 1–2 ГГц с шагом несущей

частоты 0,1 ГГц (режим 1) или 2–4 ГГц с шагом 0,2 ГГц (режим 2). Длительность импульса составила 25 мс с суммарной пиковой мощностью до 1000 мкВт/см² при равном вкладе несущих. Частота следования импульсов была в пределах ведущих частот электроэнцефалограммы (≤ 6 Гц), что обеспечивало значение средней плотности потока энергии не выше 100 мкВт/см². Облучение или ложное облучение проводили ежедневно по 2 ч в течение всего периода беременности (20 дней). Эффекты многократного действия ЭМП тестировали по критериям внутриутробной гибели плода, динамики массы тела и жизнеспособности крысят в раннем пострадиационном онтогенезе и по другим показателям. Несмотря на разнонаправленность изменений, выявленных в физическом состоянии в пострадиационном онтогенезе, следует отметить сам факт их наличия в отдаленные сроки после низкоэнергетического СВЧ-воздействия [5].

В эксперименте опытную группу самцов и самок мышей линии СВА подвергали воздействию ЭМП СВЧ диапазона интенсивностью 1,2 мВт/см² по 10 мин в течение 5 дней. По окончании облучения проводили спаривание животных двух экспериментальных групп. В ходе анализа результатов исследования было выявлено снижение количества родивших самок, наличие выкидышей и мертворождения. Воздействие ЭМП РЧ диапазона оказывает негативное влияние на течение беременности самок мышей, проявившееся в снижении количества нормальных родов на 20 % и сокращении общей численности потомства на 18 % по отношению к контрольной группе животных. Коэффициент сохранности потомства к 30-суточному возрасту составил в контрольной группе 72,6 % и в экспериментальной группе – 56,5 % ($p \leq 0,05$) соответственно. Эффект воздействия ЭМИ РЧ на морфометрические показатели потомства 1-го поколения от облученных самцов и самок экспериментальных животных не проявился²¹. Обращает на себя внимание, что во всех вышеизложенных работах отсутствует указание, в какой зоне излучения находились животные – сформированной или несформированной волны.

Проводились экспериментальные исследования, в ходе которых 15 самцов и 32 самки крыс Вистар подвергали немодулированному непрерывному ЭМИ (несущая частота диапазона мобильной связи 1800 МГц, плотность потока энергии 85 мкВт/см², зона сформированной волны на расстоянии 130 см от источника). Животных облучали в решетчатых контейнерах на 16 особей в безэховой камере по 1 ч в день, 5 дней в неделю в течение 4 недель. Использовали генератор сигналов серии PSG: E82257D (США). Самцы и самки из

¹⁹ Мурашова Е.В., Манохина М.С., Соколова И.П. Гистологические и гистознзимологические характеристики состояния яичников мышей при систематическом воздействии ЭМП частотой 24 МГц // Биологическое действие и гигиеническое нормирование ЭМИ КВ диапазона: сборник научных трудов под ред. Б.М. Савина. Выпуск 36. М.: Институт гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР, 1988. С. 106–117.

²⁰ Шибкова Д.З., Шилкова Т.В., Ефимова Н.В. Адаптивные ответы биологических систем на воздействие электромагнитного излучения радиочастотного диапазона // Актуальные проблемы естественных наук: Материалы IX международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора Н.П. Белецкой. Сургут – Петропавловск. Сургут: Сургутский государственный педагогический университет, 2021. С. 111–114.

²¹ Овчинникова А.В., Шилкова Т.В., Шибкова Д.З. Воздействие электромагнитного излучения на репродуктивную функцию экспериментальных животных и их потомство // Актуальные проблемы экологии и природопользования: сборник научных трудов конференции 10–12 апреля 2014 г., Москва. М.: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2014. С. 352–355.

контрольной группы подвергались ложному облучению в безэховой камере в таких же решетчатых контейнерах при выключенном источнике. Через 2 недели после последнего сеанса облучения животных из подопытной группы спарили между собой из расчета один самец на две самки. Аналогичным образом поступили и с контрольными животными. Негативных последствий хронического воздействия электромагнитного излучения диапазона мобильной связи на течение и исход беременности облученных самок крыс, а также на раннее постнатальное развитие их потомства в ходе исследования выявлено не было [6]. Положительным в отечественных экспериментальных работах является детальное описание стендовой базы и модели эксперимента. Проблема воздействия ЭМП на женскую репродуктивную систему рассматривается в работах других авторов [7, 8].

Зарубежные исследования по изучению влияния ЭМП РЧ на репродуктивную систему женского организма. В доступных нам зарубежных публикациях имеются данные о влиянии ЭМП микроволнового диапазона на течение и исходы беременности у врачей физиотерапевтов. В работе показано, что работающие с источниками излучения в период зачатия и ранних сроков беременности подвержены более высокому риску спонтанных аборт, составляющему 1,3 по сравнению с контролем. В группе же с более продолжительной экспозицией (более 20 сеансов в месяц) было отмечено 1,6-кратное возрастание вероятности выкидышей [9]. В Израиле проводились эпидемиологические исследования о возможной связи между использованием коротковолновой диатермии беременными физиотерапевтами и неблагоприятным исходом беременности. Путем анкетирования и телефонных интервью были собраны индивидуальные данные о воздействии коротких волн, ультразвука и подъеме тяжестей. Из 434 обследованных женщин было 930 беременностей: 175 закончились самопроизвольными абортами, 45 имели пороки развития плода, 47 родились преждевременно, 33 ребенка имели низкую массу тела при рождении. Остальные 630 нормальных беременностей составили контрольную группу. Однофакторный анализ показал, что воздействие коротких волн ассоциировалось со значительным повышением шансов (ОР) для врожденных пороков развития (ОР-2,24, доверительный интервал 1,27–4,83, $p = 0,006$) и низкой массы тела при рождении (ОР-2,99, доверительный интервал 1,32–6,79, $p = 0,006$). Этот эффект усиливался в зависимости от дозы [10].

Целью исследования случай – контроль было выяснить, связано ли профессиональное воздействие ультразвука, коротких волн и физических нагрузок на физиотерапевтов со спонтанным аборт или врожденным пороком развития у потомства. Информация об исходах беременности основывалась на данных медицинских регистров. В исследование были включены все зарегистрированные физиотерапевты в Финляндии, которые забеременели в течение периода исследования 1972–1983 гг. Окончательная популяция исследования составила 204 случая и 483 человека контрольной группы

в исследовании спонтанного аборта; 46 случаев и 187 человек в контрольной группе в исследовании врожденных пороков развития. Информация о воздействии факторов была собрана с помощью анкет 1329 женщин, отправленных по почте. Частота ответов составила 92 % в исследовании спонтанного аборта и 89 % в исследовании врожденных пороков развития. Полученные данные позволили авторам высказать гипотезу о потенциальном вредном влиянии коротких волн и ультразвука на беременность, в то же время справедливо отмечается, что на основании только этих результатов нельзя сделать однозначный вывод [11].

Надо отметить, что абсолютное большинство работ посвящено попыткам авторов изучить влияние мобильных телефонов (МТ) на женскую репродуктивную систему. В качестве иллюстрации приведем некоторые из них. Так, целью данного исследования была оценка связи между использованием мобильных телефонов беременными женщинами и развитием плода во время беременности. Для анализа было изучено 1378 медицинских карт, из которых 1368 матерей (99,3 %) использовали мобильные телефоны во время беременности. Среднее время разговора по телефону составляло 29,8 мин (диапазон от 0,0–240,0 мин) в день. Результаты показали, что более частое использование мобильных телефонов беременными женщинами (≥ 30 мин в день) было связано, по мнению авторов, с более высокой частотой задержки роста детей при рождении. Эта связь имела пограничную значимость для телефонного времени от 15 до 30 мин в день ($p = 0,0508$), становясь значимой для телефонного времени не менее 30 мин в день ($p = 0,0374$). Авторы указывают, что для подтверждения результатов необходимо провести проспективное исследование с использованием данных мобильного приложения или телефонных операторов, чтобы получить достоверные данные об использовании телефона [12].

В другой работе авторы, используя данные о 55 507 беременных женщинах и их детях из Дании (1996–2002 гг.), Нидерландов (2003–2004 гг.), Испании (2003–2008 гг.) и Южной Кореи (2006–2011 гг.), исследовали связь использования матерью сотового телефона с продолжительностью беременности и ростом плода. На основе самооценки количества звонков по сотовым телефонам в день воздействие ЭМП было классифицировано как нулевое, низкое, среднее или высокое. Изучались продолжительность беременности (гестационный возраст при рождении, преждевременные/переношенные роды), рост плода (соотношение массы тела при рождении, маленький/большой размер для гестационного возраста) и переменные массы тела при рождении (масса тела при рождении, низкая/высокая масса тела при рождении), а также проанализированы оценки для конкретных когорт. Группа промежуточного облучения имела более высокий риск родов в более низком гестационном возрасте (отношение рисков = 1,04, 95 % доверительный интервал: 1,01; 1,07), и были обнаружены взаимосвязи между экспозицией и более короткой продолжительностью беременности ($p < 0,001$) и преждевременными родами

($p = 0,003$). По мнению авторов, использование матерью сотового телефона во время беременности может быть связано с более короткой продолжительностью беременности и повышенным риском преждевременных родов, но эти результаты следует интерпретировать с осторожностью, поскольку они могут отражать стресс во время беременности, а не прямой эффект воздействия сотового телефона [13].

Исследовалась связь между воздействием электромагнитного поля и выкидышем у женщин. В лонгитюдном исследовании приняли участие 462 беременные женщины с гестационным возрастом менее 12 недель из семи основных районов Тегерана со схожим социальным и культурным статусом. Для сбора данных женщины были опрошены лично (очное собеседование). Репродуктивная информация была собрана с использованием медицинской карты, зарегистрированной в тех больницах, в которых у испытуемых были роды. Специально подготовленные акушерки провели личные собеседования для сбора демографических данных, выявленных факторов риска выкидыша, истории репродуктивных и медицинских проблем, а также подробной информации о беременности в каждом из триместров. Измерителем Narda проводились измерения уровней ЭМП, создаваемых передатчиками радиовещания, телевидения, базовой станцией мобильной связью стандартов GSM, UMTS, W-LAN/WiFi у входной двери домов проживания женщин. Плотность мощности ЭМП возле входной двери дома составила 16 мкВт/см². Исследование не позволило авторам получить убедительные доказательства того, что воздействие электромагнитного поля вызывает выкидыши, поскольку значительным было влияние некоторых других факторов (возраст матери, семейный брак и межличностные конфликты). Авторы указывают на необходимость проведения исследований по изучению профессионального воздействия ЭМП и исходом родов, предлагаются другие исследования, связанные с беспроводными устройствами. Можно согласиться с авторами, что более четкие результаты могут быть получены при изучении воздействия ЭМП РЧ в условиях профессионального воздействия фактора [14].

В когортном исследовании оценивалась связь между пренатальным использованием МТ и воздействия свинца на нервно-психическое состояние ребенка. В Корее была обследована группа женщин и детей в утробе матери, а также в возрасте 6, 12, 24 и 36 месяцев. Индивидуальным дозиметром в жилых помещениях выполнялись измерения ЭМП РЧ. Дозиметр регистрировал 10 различных частот от 88 МГц до 2,17 ГГц, таких как FM, TV7, TETRA, TV47, восходящая и нисходящая линии связи CDMA, восходящая и нисходящая линии связи IMT-2000 с напряженностью электрического поля в диапазоне от 0,05 до 5,0 В/м. Уровень воздействия записывался каждые 15 с в течение 24 ч (всего 5760 измерений). Для каждого человека рассчитывалось среднее арифметическое значение по каждой полосе частот. Общий индекс воздействия каждого испытуемого был определен как сумма квадратов

среднего арифметического значения для каждой полосы частот, деленная на безопасный уровень, рекомендуемый Министерством науки Кореи. Среднее количество звонков в день и среднее время разговора во время беременности определялось путем анкетирования. В результате исследования авторы делают вывод, что состояние психомоторного и умственного развития детей в возрасте 6, 12, 24 и 36 месяцев не было значимо связано с использованием матерью мобильного телефона во время беременности. Однако существовал риск снижения умственного развития в возрасте до 36 месяцев в связи с увеличением среднего времени звонков или количества звонков во время беременности. Среди детей, подвергшихся в утробе матери воздействию высокого уровня свинца в материнской крови, наблюдался также значительно повышенный риск более низкого психомоторного развития в возрасте до 36 месяцев по сравнению с увеличением среднего времени вызова мобильного телефона. Таким образом, на связь между использованием мобильного телефона во время беременности и риском снижения умственного развития ребенка значительно влияет содержание уровня свинца в крови матери. Использование индивидуальной дозиметрии выделяет данное исследование среди других [15].

Целью другого исследования было определение связи частого использования мобильных телефонов с состоянием здоровья младенцев. Данные были получены в ходе исследования окружающей среды и здоровья детей (JECS) в Кумамото (Япония). В работе анализировалась выборка из 461 пары матери и ребенка. Опрос включал данные по характеристике здоровья матери и информацию об использовании МТ во время беременности. У ребенка при рождении исследовались масса тела, рост, окружность головы, окружность грудной клетки. Учитывались также экстренная транспортировка ребенка и преждевременные роды. По результатам исследования авторы сделали вывод, что в Японии беременные женщины, как правило, чрезмерно пользуются МТ. Сделан вывод о том, что частое использование мобильного телефона во время беременности может быть фактором риска снижения массы тела при рождении и высокой частоты экстренной транспортировки младенцев [16].

Проспективное исследование исходов беременности после воздействия электромагнитных излучений сотового телефона на родителей выполнено в Норвегии. В исследовании участвовали беременные женщины на 15-й неделе беременности перед проведением ультразвукового исследования. Они отвечали на вопросы анкеты, затем повторно примерно на 30-й неделе беременности. Будущему отцу также было предложено ответить на вопросы анкеты. Анкеты содержали вопросы, касающиеся использования сотовых телефонов. Данные об исходах беременности были получены из Медицинского регистра родов Норвегии. Авторы не смогли выявить какую-либо связь между использованием сотового телефона матерью во время беременности, а также между использованием сотового телефона отцом до

зачатия и каким-либо исходом беременности [17]. Изучалось влияние ЭМП на беременность и риск выкидышей. Результаты исследования показали, что беременные женщины, подвергшиеся воздействию высоких уровней ЭМП, имели повышенный риск выкидыша [18].

Если говорить об экспериментальных исследованиях на животных по изучению влияния ЭМП РЧ на репродуктивную систему, то анализ имеющихся в нашем распоряжении 88 литературных источников за хронологический период 2015–2024 гг. показал, что абсолютное большинство работ посвящено изучению влияния мобильных телефонов и преимущественно на мужскую репродуктивную систему. Исследования на самцах носят много плановых характер. Изучалось влияние ЭМП РЧ на различных видах биологических объектов, модулированных и немодулированных излучений различных частотных характеристик *in vivo* и *in vitro*. Идет поиск фармакологических препаратов, снижающих негативное воздействие ЭМП РЧ на сперматогенез [19–35]. Исследованию влияния радиочастотных ЭМП на репродуктивную систему самок посвящено ограниченное число работ. Так, изучалось влияние модулированного ЭМП частотой 900 МГц на количество примордиальных фолликулов в яичниках. Тип модуляции: импульсная, частота следования импульсов 217 Гц. Продолжительность облучения – 15 дней в течение 15 мин ежедневно в экранированной камере. Удельный коэффициент поглощения энергии (SAR) варьировал от 0,018 до 4 Вт/кг для всего тела. Для облучения животных использовалось экспериментальное устройство, воспроизводящее ЭМП РЧ мобильного телефона, работающего на постоянной частоте. В эксперименте облучалась непосредственно брюшная полости крысы. Сравнение средних значений количества фолликулов в правом и левом яичниках и средних значений общего количества фолликулов в яичниках между основной и контрольной группами показало, что в основной группе было значительно меньше фолликулов ($p < 0,001$, $p = 0,011$ и $p = 0,002$ соответственно). Это исследование выявило значительное уменьшение количества фолликулов яичников у крыс, подвергшихся воздействию ЭМП. Авторы подчеркивают, что необходимы дальнейшие клинические исследования, чтобы выявить влияние ЭМП на овариальный резерв и бесплодие [36].

В другой работе гистологическими и биохимическими методами изучалось влияние на самок крыс в среднем и позднем подростковом возрасте электромагнитного поля частотой 900 МГц. Двадцать четыре 34-дневные самки крыс Спраг-Дуули были распределены поровну в контрольную, фиктивную и ЭМП-группы. Во время воздействия ЭМП крысам разрешалось свободно перемещаться внутри. Это было сделано для устранения потенциального стресса из-за иммобилизации. Крыс также подвергали 1-часовому непрерывному воздействию ЭМП. Средняя напряженность электрического поля, измеренная в девяти отдельных точках на

внутреннем дне клетки, составила $8,64 \pm 1,13$ В/м, средняя напряженность электрического поля под полом клетки составляла $7,36 \pm 0,53$ В/м. Суммарное воздействие ЭМП частотой 900 МГц, применяемое в среднем и позднем подростковом возрасте, может вызвать изменения в морфологии и биохимии яичников крыс. Гистопатологическое исследование ткани яичников группы, подвергавшейся ЭМП, выявило истончение гранулезной зоны и слоев теки, сокращение клеток гранулезной оболочки, снижение митотической активности и лейкоцитарную инфильтрацию фолликулов и стромы. Количество вторичных фолликулов в группе было значительно ниже, чем в других группах. Значения общего окислительного статуса и индекса окислительного стресса в группе ЭДС были значительно выше по сравнению с фиктивной и контрольной группами [37].

Исследовалось влияние радиочастотного излучения GSM-модуляцией 1800 МГц (RFR) на овариальные резервы самок крыс, а также оценить влияние на уровень антимюллерова гормона (АМН). Группу, подвергшуюся воздействию RFR, держали на расстоянии десяти см от рупорной антенны (условия ближнего поля). Контрольную группу содержали в тех же условиях без какого-либо радиочастотного воздействия. Период воздействия составлял 20 минут в течение пяти дней в неделю в течение одного месяца. Уровни электромагнитного поля, полученные для частоты 1800 МГц, составили $4,54 \pm 0,41$ В/м. Результаты этого исследования показали, что радиочастотное излучение 1800 МГц не оказало существенного влияния на соотношение атретических фолликулов в тканях яичников крыс по сравнению с контрольной группой ($p > 0,05$). Однако были обнаружены статистически значимо более высокие уровни АМГ в группах, подвергшихся воздействию ЭМП РЧ ($p < 0,005$) [38]. Имеются другие экспериментальные исследования, в которых изучалось влияние ЭМП на репродуктивную систему самок животных [39–42].

Анализ нормативно-методических документов санитарного законодательства по защите репродуктивного здоровья женщин от неблагоприятного воздействия ЭМП РЧ. В разделе рассмотрена динамика изменения документов в период 1970–2021 гг. Обязательные требования к условиям труда женщин представлены в санитарных правилах и нормах. Согласно СанПиН № 848–70²², женщины в период беременности и кормления должны переводиться на другую работу, не связанную с воздействием ЭМП радиочастотного диапазона. Включение в санитарные нормы и правила в области электромагнитных полей РЧ специальных требований к условиям труда беременных женщин было обосновано клинико-гигиеническими исследованиями женщин, работающих с источниками ЭМП РЧ и экспериментальными исследованиями на самках крыс, в которых моделировались реальные условия облучения, существующие в производственных условиях. Принимались также во внимание данные зарубежных исследований.

²² СанПиН № 848–70 «Санитарные нормы и правила при работе с источниками электромагнитных полей высоких, ультравысоких и сверхвысоких частот» (утв. Главным санитарным врачом СССР 30 марта 1970 г. № 848–70).

В СанПиН 2.2.4/2.1.8.055–96²³ указано, что женщины в состоянии беременности допускаются к работе на установках, являющихся источниками ЭМИ РЧ, только в случаях, когда интенсивность ЭМИ РЧ на рабочих местах не превышает предельно допустимые уровни, установленные для населения. Согласно СанПиН 2.2.0.555–96²⁴, при оценке параметров производственной среды на рабочих местах беременных следует руководствоваться гигиеническими показателями оптимальных условий производственной среды. При этом представленные в документе гигиенические критерии оптимальных условий производственной среды по электромагнитному фактору вызывают недоумение, поскольку такие показатели никогда научно не были обоснованы. В СанПиН 2.2.4.1191–03²⁵ в разделе «Лечебно-профилактические мероприятия» указано, что женщины в состоянии беременности допускаются к работе в условиях воздействия ЭМП на рабочих местах только в случаях, когда интенсивность ЭМП на рабочих местах не превышает ПДУ, установленные для населения. В СанПиН 2.2.4.3359–16²⁶ представлены только ПДУ физических факторов и требования к проведению контроля. Мероприятия по профилактике воздействия неблагоприятного воздействия физических факторов на организм работающих отсутствуют. Все вышеперечисленные документы отменены. В настоящее время в действующем документе СП 2.2.3670–20²⁷ указано, что условия труда женщин в период беременности и кормления ребенка должны соответствовать допустимым условиям труда, которые не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест. Дифференцированные по времени ПДУ ЭМП РЧ устанавливает СанПиН 1.2.3685–21²⁸. Анализ динамики изменения положений санитарных норм и правил, касающихся трудоустройства беременных женщин, подвергающихся воздействию ЭМП РЧ, показывает, что обязательные к их выполнению требования постепенно снижались.

Рекомендации к трудоустройству беременных женщин были представлены в методических документах. В развитие СанПиН № 848-70 были разработаны методические рекомендации МР № 2049-79²⁹, в которых внесено уточнение положения санитарных правил и норм. В МР сказано, что запрещается работа, связанная с воздействием

электромагнитных полей сверхвысоких частот СВЧ (миллиметровые, сантиметровые, дециметровые волны), ультравысоких частот (УВЧ), высоких частот (ВЧ), низких частот (НЧ), сверхнизких частот (СНЧ), статических электрических и магнитных полей с момента установления беременности. Следует подчеркнуть важность исключения воздействия ЭМП именно на раннем этапе, с момента установления беременности. Начальные этапы репродуктивного процесса, с одной стороны, являются ключевыми, во многом определяющими судьбу потомства, а с другой – самыми критическими, т. е. наиболее чувствительными к воздействию вредных агентов, МР № 18-8/182-09³⁰.

В настоящее время действуют методические рекомендации Минздрава РФ от 23.12.1993³¹. В рекомендациях говорится, что беременные женщины не допускаются к работе на установках и сооружениях, являющихся источниками электромагнитных излучений, параметры которых выходят за пределы оптимальных значений, установленных для жилых помещений. В то же время ПДУ для жилых помещений не разрабатывались (разработаны ПДУ для населения). Приведенные в рекомендациях ПДУ ЭМП не соответствуют гигиеническим нормативам, установленным для населения, документ устарел. К действующим документам относятся МР № 11-8/240-09³², были разработаны в развитие СанПиН 2.2.0.555–96. В документе обосновываются порядок установления связи выявленных нарушений репродуктивного здоровья с воздействием на организм определенных вредных производственных факторов и получения таких доказательств, а также анализа другой информации, относящейся к оценке репродуктивного здоровья населения при осуществлении социально-гигиенического мониторинга, что позволяет определять степень репродуктивной опасности предприятия или экологически неблагоприятной территории в целом. В МР № 11-8/240-09 представлен перечень вредных производственных факторов, опасных для репродуктивного здоровья человека, электромагнитные поля в перечне отсутствуют. Документ требует пересмотра.

Обсуждение. В своей работе мы попытались обобщить отечественные и зарубежные данные клинико-гигиенических, эпидемиологических и экспериментальных исследований влияния

²³ СанПиН 2.2.4/2.1.8.055–96 «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона» (утв. Постановлением Государственного комитета санитарно-эпидемиологического надзора Российской Федерации от 8 мая 1996 г. № 9).

²⁴ СанПиН 2.2.0.555–96 «Гигиенические требования к условиям труда женщин» (утв. и введены в действие Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 28 октября 1996 года № 32).

²⁵ СанПиН 2.2.4.1191–03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» (утратили силу с 1 января 2017 г. в связи с утверждением новых СанПиН 2.2.4.3359–16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»).

²⁶ СанПиН 2.2.4.3359–16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» (утратили силу с 1 марта 2021 года на основании постановления Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 года № 2).

²⁷ СП 2.2.3670–20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 2 декабря 2020 г. №40).

²⁸ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. 668 с.

²⁹ МР № 2049-79 «Гигиенические рекомендации к рациональному трудоустройству беременных женщин» от 29.08.1979.

³⁰ МР № 18-8/182-09 «Методы оценки нарушений репродуктивного здоровья населения в связи с факторами среды обитания, оказывающими вредное воздействие на человека» от 31.05.2001.

³¹ МР «Гигиенические рекомендации по рациональному трудоустройству беременных женщин» от 23.12.1993.

³² МР № 11-8/240-09 «Гигиеническая оценка вредных производственных факторов и производственных процессов, опасных для репродуктивного здоровья человека» от 12.07.2002.

электромагнитных полей радиочастотного диапазона на репродуктивную систему женского организма. Актуальность данной проблемы очевидна. Многочисленный контингент женщин подвергается воздействию ЭМП РЧ в условиях производства, в медицинских учреждениях, в офисах, где на рабочих местах с персональными компьютерами источниками ЭМП РЧ микроволнового диапазона являются беспроводной интернет, средства корпоративной связи и активной защиты информации, беспроводная мышь и клавиатура. Это список может быть продолжен. Из всего спектра нормируемых ЭМП воздействие электромагнитных радиочастотного диапазона на женскую репродуктивную систему наиболее изучено. В нашей стране в 70–80-е годы исследования по данному научному направлению выполнялись институтами гигиенического профиля с привлечением научных учреждений Академии наук. В результате клинико-гигиенических исследований и изучения состояния заболеваемости женщин, подвергающихся воздействию ЭМП РЧ в производственных условиях, а также экспериментальных исследований на животных при воздействии фактора нетепловой интенсивности было установлено негативное влияние электромагнитных излучений нетепловой интенсивности на женскую репродуктивную систему. Было показано, что репродуктивные эффекты проявляются в виде нарушения менструального цикла, токсикозов беременности, преждевременных родов и выкидышей. В исследованиях экспериментального и клинического плана одновременно изучались многие системы организма, что позволило проследить механизмы действия ЭМП РЧ малой интенсивности. Комплексные исследования показали, что нарушения женской репродуктивной системы связаны прежде всего с изменением регуляции ее со стороны нейроэндокринной системы. Свою роль играют и изменения антиоксидантной системы организма. Проведенные исследования позволили разработать научно обоснованные рекомендации по условиям труда беременных женщин, подвергающихся воздействию ЭМП РЧ. В последующие годы клинико-гигиенические исследования по влиянию ЭМП РЧ на женскую репродуктивную систему не проводились. Анализ результатов экспериментов по изучению влияния ЭМП РЧ на репродуктивную систему самок показывает, что в работах исследовалось влияние ЭМП СВЧ диапазона различной продолжительности, нетепловой интенсивности со сложными характеристиками радиочастотного сигнала. Результаты исследований зависели от параметров воздействующего фактора. К сожалению, в работах не указаны области применения используемых в экспериментах источников ЭМП, то есть отсутствует связь с практикой применения излучающей техники в реальных условиях. (В настоящее время исследования выполняются зачастую

на базе учебных заведений и научных учреждений негигиенического профиля.)

Зарубежные исследования влияния ЭМП РЧ на женскую репродуктивную систему человека носят разноплановый характер. Это когортные исследования, случай – контроль, анкетные опросы, анализ медицинских карт и экспериментальные исследования. Имеющиеся в доступной нам литературе данные по влиянию ЭМП РЧ на репродуктивную систему женского организма в условиях профессиональной деятельности касались только физиотерапевтов и подтвердили изменения в репродуктивной системе женского организма, установленные в отечественных клинико-гигиенических исследованиях. В большинстве работ эпидемиологического плана авторы пытались оценить влияние мобильных телефонов на репродуктивную систему. При этом при характеристике воздействия МТ ориентировались на количество звонков и их продолжительность. В анкетных опросах учитывается наличие других источников ЭМП. По нашему мнению, при проведении эпидемиологических исследований невозможно вычленить влияние ЭМП МТ от воздействия ЭМП, создаваемых другими многочисленными источниками в среде обитания человека, установить дозу ЭМП РЧ различного назначения, учесть характеристики радиочастотных сигналов и сформировать контрольную группу из лиц, не подвергающихся воздействию ЭМП РЧ. Поэтому неслучайно авторы в своих заключениях по результатам эпидемиологических исследований используют сочетания слов: «вероятно связано», «требуются дополнительные исследования», «результаты следует интерпретировать с осторожностью» и т. д. В экспериментах при изучении воздействия ЭМП РЧ нетепловой интенсивности зарубежные авторы констатировали нарушения в репродуктивной системе самок животных. Нельзя не отметить, что число работ по изучению влияния ЭМП РЧ нетепловой интенсивности на репродуктивную систему самок весьма ограничено. Авторы проявляют большую заинтересованность к изучению влияния фактора на репродуктивную систему мужского организма.

Исторический анализ положений нормативно-методических документов, направленных на предупреждение неблагоприятного воздействия ЭМП РЧ на беременных женщин, свидетельствует о снижении требований к трудоустройству беременных женщин, подвергающихся в процессе профессиональной деятельности воздействию электромагнитных полей радиочастотного диапазона. В своей работе мы не ставили задачу рассмотреть проблему «Электромагнитные поля и репродуктивное здоровье женщин» в целом, а ограничились лишь анализом влияния на организм электромагнитных полей радиочастотного диапазона. Однако нельзя не отметить, что имеются данные о влиянии и других

³³ Иванов А.В. Кожухин А.А. Репродуктивная функция женщин, работающих в условиях комбинированного действия магнитных полей // Медицина труда и промышленная экология. 1999. № 3. С. 26–29.

³⁴ Мизюк М.И. Магнитное поле промышленной частоты и его влияние на организм // Гигиена населенных мест. Выпуск 34. Киев. 1999. С. 33–37.

³⁵ Портнов А.С., Израилет А.И., Бриедис Ю.Э., Попов В.В., Непомнящий П.И., Каминский Ю.М. Особенности структуры заболеваемости у лиц, работающих в сфере действия статических электрических полей // Гигиена и биологическое действие электромагнитных волн радиочастотного диапазона: сборник материалов 3-го Всесоюзного симпозиума, Москва, 24–28 июня 1968 г. М., 1968. С. 128–129.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-5-53-65>
Review Article

электромагнитных полей на репродуктивную систему женского организма, и это также необходимо принимать во внимание^{33,34,35}.

Заключение. Исследованиями установлено, что у женщин, подвергающихся воздействию ЭМП РЧ, репродуктивные эффекты проявляются в виде нарушения менструального цикла, токсикозов беременности, преждевременных родов и выкидышей. Таким образом, необходимо усилить контроль за условиями труда беременных женщин, подвергающихся в условиях профессиональной деятельности воздействию ЭМП, проводить санитарно-просветительную работу о возможном отрицательном влиянии воздействия электромагнитных полей на репродуктивную систему женского организма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Jalilian H, Eeftens M, Ziaei M, Rösli M. Public exposure to radiofrequency electromagnetic fields in everyday microenvironments: An updated systematic review for Europe. *Environ Res*. 2019;176:108517. doi: 10.1016/j.envres.2019.05.048
- McCredden JE, Cook N, Weller S, Leach V. Wireless technology is an environmental stressor requiring new understanding and approaches in health care. *Front Public Health*. 2022;10:986315. doi: 10.3389/fpubh.2022.986315
- Koppel T, Ahonen M, Carlberg M, Hardell L. Very high radiofrequency radiation at Skeppsbron in Stockholm, Sweden from mobile phone base station antennas positioned close to pedestrians' heads. *Environ Res*. 2022;208:112627. doi: 10.1016/j.envres.2021.112627
- Koppel T, Hardell L. Measurements of radiofrequency electromagnetic fields, including 5G, in the city of Columbia, SC, USA. *World Acad Sci J*. 2022;4(3):22. doi: 10.3892/wasj.2022.157
- Измestьева О.С., Павлова Л.Н., Жаворонков Л.П. Экспериментальная оценка последствий хронического воздействия электромагнитного излучения диапазона мобильной связи в антеннатальном периоде развития крыс // Радиационная биология. Радиозкология. 2020. Т. 60. № 1. С. 63–70. doi:10.31857/S0869803120010099 Izmetieva OS, Pavlova LN, Zhavoronkov LP. Experimental evaluation of the consequences of the chronic influence of electromagnetic radiation of the mobile communication range in antenatal rat development period. *Radiatsionnaya Biologiya. Radioekologiya*. 2020;60(1):63–70. (In Russ.) doi: 10.31857/S0869803120010099
- Панфилова В.В., Колганова О.И., Чибисова О.Ф. Влияние хронического электромагнитного облучения на эмбриогенез и раннее постнатальное развитие потомства облученных животных // Радиация и риск. Бюллетень национального радиационно-эпидемиологического регистра. 2021. Т. 30. № 4. С. 61–68. doi:10.21870/0131-3878-2021-30-4-61-68 Panfilova VV, Kolganova OI, Chibisova OF. Effect of chronic electromagnetic radiation on embryogenesis and early postnatal development of the offspring of irradiated animals. *Radiatsiya i Risk. Byulleten' Natsional'nogo Radiatsionno-Epidemiologicheskogo Registra*. 2021;30(4):61–68. (In Russ.) doi: 10.21870/0131-3878-2021-30-4-61-68
- Бабанов С.А., Стрижаков Л.А., Агаркова И.А. и др. Производственные факторы и репродуктивное здоровье: каузация и оценка профессиональных рисков // Гинекология. 2019. № 21 (4). С. 33–43. doi: 10.26442/20795696.2019.1.190227 Babanov SA, Strizhakov LA, Agarkova IA, Tezikov YuV, Lipatov IS. Workplace factors and reproductive health: Causation and occupational risk assessment. *Ginekologiya*. 2019;21(4):33–43. (In Russ.) doi: 10.26442/20795696.2019.1.190227
- Наумов А.Д. Влияние электромагнитных излучений на репродуктивную функцию // Охрана материнства и детства. 2019. № 2 (34). С. 58–61. Navumau AD. Effect of electromagnetic radiation on reproductive functions. *Okhrana Materinstva i Detstva*. 2019;(2(34)):58–61. (In Russ.)
- Ouellet-Hellstrom R, Stewart WF. Miscarriages among female physical therapists who report using radio- and microwave-frequency electromagnetic radiation. *Am J Epidemiol*. 1993;138(10):775–786. doi: 10.1093/oxford-journals.aje.a116781
- Gubéran E, Campana A, Faval P, et al. Gender ratio of offspring and exposure to shortwave radiation among female physiotherapists. *Scand J Work Environ Health*. 1994;20(5):345–348. doi: 10.5271/sjweh.1387
- Taskinen H, Kyyrönen P, Hemminki K. Effects of ultrasound, shortwaves, and physical exertion on pregnancy outcome in physiotherapists. *J Epidemiol Community Health*. 1990;44(3):196–201. doi: 10.1136/jech.44.3.196
- Boileau N, Marguerite F, Gauthier T, et al. Mobile phone use during pregnancy: Which association with fetal growth? *J Gynecol Obstet Hum Reprod*. 2020;49(8):101852. doi: 10.1016/j.jogoh.2020.101852
- Tsarna E, Reedijk M, Birks LE, et al. Associations of maternal cell-phone use during pregnancy with pregnancy duration and fetal growth in 4 birth cohorts. *Am J Epidemiol*. 2019;188(7):1270–1280. doi: 10.1093/aje/kwz092
- Abad M, Malekafzali H, Simbar M, Seyed Mosaavi H, Merghati Khoei E. Association between electromagnetic field exposure and abortion in pregnant women living in Tehran. *Int J Reprod Biomed*. 2016;14(5):347–354.
- Choi KH, Ha M, Ha EH, et al. Neurodevelopment for the first three years following prenatal mobile phone use, radio frequency radiation and lead exposure. *Environ Res*. 2017;156:810–817. doi: 10.1016/j.envres.2017.04.029
- Lu X, Oda M, Ohba T, Mitsubuchi H, Masuda S, Katoh T. Association of excessive mobile phone use during pregnancy with birth weight: An adjunct study in Kumamoto of Japan Environment and Children's Study. *Environ Health Prev Med*. 2017;22(1):52. doi: 10.1186/s12199-017-0656-1
- Baste V, Oftedal G, Møllerlækken OJ, Mild KH, Moen BE. Prospective study of pregnancy outcomes after parental cell phone exposure: The Norwegian Mother and Child Cohort Study. *Epidemiology*. 2015;26(4):613–621. doi: 10.1097/EDE.0000000000000293
- Irani M, Aradmehr M, Ghorbani M, Baghani R. Electromagnetic field exposure and abortion in pregnant women: A systematic review and meta-analysis. *Malays J Med Sci*. 2023;30(5):70–80. doi: 10.21315/mjms2023.30.5.6
- Gautam R, Pardhiya S, Nirala JP, Sarsaiya P, Rajamani P. Effects of 4G mobile phone radiation exposure on reproductive, hepatic, renal, and hematological parameters of male Wistar rat. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2024;31(3):4384–4399. doi: 10.1007/s11356-023-31367-x
- Demirbağ B, Aktaş S, Çömelekoğlu Ü, Kara İ, Yildirim M, Yildirim DD. Protective effect of paricalcitol in rat testicular damage induced by subchronic 1800 MHz radiofrequency radiation. *Biochem Biophys Res Commun*. 2023;680:42–50. doi: 10.1016/j.bbrc.2023.09.024
- Özgen M, Take G, Kaplanoğlu İ, Erdoğan D, Seymen CM. Therapeutic effects of melatonin in long-term exposure to 2100MHz radiofrequency radiation on rat sperm

- characteristics. *Rev Int Androl.* 2023;21(4):100371. doi: 10.1016/j.androl.2023.100371
22. Chu KY, Khodamoradi K, Blachman-Braun R, et al. Effect of radiofrequency electromagnetic radiation emitted by modern cellphones on sperm motility and viability: An in vitro study. *Eur Urol Focus.* 2023;9(1):69-74. doi: 10.1016/j.euf.2022.11.004
 23. Yan S, Ju Y, Dong J, et al. Paternal radiofrequency electromagnetic radiation exposure causes sex-specific differences in body weight trajectory and glucose metabolism in offspring mice. *Front Public Health.* 2022;10:872198. doi: 10.3389/fpubh.2022.872198
 24. Dong VNK, Tantisuwat L, Setthawong P, Tharasanit T, Sutayatram S, Kijawornrat A. The preliminary chronic effects of electromagnetic radiation from mobile phones on heart rate variability, cardiac function, blood profiles, and semen quality in healthy dogs. *Vet Sci.* 2022;9(5):201. doi: 10.3390/vetsci9050201
 25. Gur FM, İkinci Keles A, Erol HS, et al. The effect of 900-MHz radiofrequency electromagnetic fields during the adolescence on the histological structure of rat testis and its androgen and estrogen receptors localization. *Int J Radiat Res.* 2021;19(1):135-144. doi: 10.29252/ijrr.19.1.135
 26. Hasan I, Amin T, Alam MR, Islam MR. Hematobiochemical and histopathological alterations of kidney and testis due to exposure of 4G cell phone radiation in mice. *Saudi J Biol Sci.* 2021;28(5):2933-2942. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.02.028
 27. Alkis ME, Akdag MZ, Dasdag S, Yegin K, Akpolat V. Single-strand DNA breaks and oxidative changes in rat testes exposed to radiofrequency radiation emitted from cellular phones. *Biotechnol Biotechnol Equip.* 2019;33(1):1733-1740. doi: 10.1080/13102818.2019.1696702
 28. Houston BJ, Nixon B, McEwan KE, et al. Whole-body exposures to radiofrequency-electromagnetic energy can cause DNA damage in mouse spermatozoa via an oxidative mechanism. *Sci Rep.* 2019;9(1):17478. doi: 10.1038/s41598-019-53983-9
 29. Gautam R, Singh KV, Nirala J, Murmu NN, Meena R, Rajamani P. Oxidative stress-mediated alterations on sperm parameters in male Wistar rats exposed to 3G mobile phone radiation. *Andrologia.* 2019;51(3):e13201. doi: 10.1111/and.13201
 30. Fatehi D, Anjomshoa M, Mohammadi M, Seify M, Rostamzadeh A. Biological effects of cell-phone radiofrequency waves exposure on fertilization in mice; an in vivo and in vitro study. *Middle East Fertil Soc J.* 2018;23(2):148-153. doi: 10.1016/j.mefs.2017.10.002
 31. Hanci H, Kerimoğlu G, Mercantepe T, Odaci E. Changes in testicular morphology and oxidative stress biomarkers in 60-day-old Sprague Dawley rats following exposure to continuous 900-MHz electromagnetic field for 1 h a day throughout adolescence. *Reprod Toxicol.* 2018;81:71-78. doi: 10.1016/j.reprotox.2018.07.002
 32. Oh JJ, Byun SS, Lee SE, Choe G, Hong SK. Effect of electromagnetic waves from mobile phones on spermatogenesis in the era of 4G-LTE. *Biomed Res Int.* 2018;2018:1801798. doi: 10.1155/2018/1801798
 33. Jamaludin N, Razak SSA, Jaffar FHF, Osman K, Ibrahim SF. The effect of smartphone's radiation frequency and exposure duration on NADPH oxidase 5 (NOX5) level in sperm parameters. *Sains Malays.* 2017;46(9):1597-1602. doi: 10.17576/jsm-2017-4609-31
 34. Parsanezhad ME, Mortazavi SMJ, Doohandeh T, et al. Exposure to radiofrequency radiation emitted from mobile phone jammers adversely affects the quality of human sperm. *Int J Radiat Res.* 2017;15(1):63-70. doi: 10.18869/acadpub.ijrr.15.1.63
 35. Kamali K, Atarod M, Sarhadi S, et al. Effects of electromagnetic waves emitted from 3G+wi-fi modems on human semen analysis. *Urologia.* 2017;84(4):209-214. doi: 10.5301/uj.5000269
 36. Bakacak M, Bostanci MS, Attar R, et al. The effects of electromagnetic fields on the number of ovarian primordial follicles: An experimental study. *Kaohsiung J Med Sci.* 2015;31(6):287-292. doi: 10.1016/j.kjms.2015.03.004
 37. Okatan DÖ, Kaya H, Aliyazicioğlu Y, Demir S, Çolakoğlu S, Odaci E. Continuous 900-megahertz electromagnetic field applied in middle and late-adolescence causes qualitative and quantitative changes in the ovarian morphology, tissue and blood biochemistry of the rat. *Int J Radiat Biol.* 2018;94(2):186-198. doi: 10.1080/09553002.2018.1420924
 38. Yuvaci HU, Uysal S, Haltaş H, et al. The effect of non-ionizing radiation on the ovarian reserves of female rats. *Clin Exp Obstet Gynecol.* 2017;44(4):605-610. doi: 10.12891/ceog3594.2017
 39. Calis P, Seymen M, Soykan Y, et al. Does exposure of smart phones during pregnancy affect the offspring's ovarian reserve? A rat model study. *Fetal Pediatr Pathol.* 2021;40(2):142-152. doi: 10.1080/15513815.2019.1692112
 40. Shahin S, Singh SP, Chaturvedi CM. Mobile phone (1800MHz) radiation impairs female reproduction in mice, *Mus musculus*, through stress induced inhibition of ovarian and uterine activity. *Reprod Toxicol.* 2017;73:41-60. doi: 10.1016/j.reprotox.2017.08.001
 41. Suzuki S, Okutsu M, Suganuma R, et al. Influence of radiofrequency-electromagnetic waves from 3rd-generation cellular phones on fertilization and embryo development in mice. *Bioelectromagnetics.* 2017;38(6):466-473. doi: 10.1002/bem.22063
 42. Türedi S, Hanci H, Çolakoğlu S, Kaya H, Odaci E. Disruption of the ovarian follicle reservoir of prepubertal rats following prenatal exposure to a continuous 900-MHz electromagnetic field. *Int J Radiat Biol.* 2016;92(6):329-337. doi: 10.3109/09553002.2016.1152415

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: *Калинина Н.И., Дубровская Е.Н.*; анализ и интерпретация результатов: *Никитина В.Н.*; литературный обзор: *Плеханов В.П.*; подготовка рукописи: *Никитина В.Н., Калинина Н.И., Дубровская Е.Н.* 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: 08.04.24 / Принята к публикации: 08.05.24 / Опубликовано: 31.05.24

Author information:

✉ Valentina N. **Nikitina**, Dr. Sci. (Med.), Senior Researcher, Head of the Department of Electromagnetic Radiation Research; e-mail: v.nikitina@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8314-2044>.

Nina I. **Kalinina**, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Department of Electromagnetic Radiation Research; e-mail: n.kalinina@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9475-0176>.

Ekaterina N. **Dubrovskaya**, Researcher, Department of Electromagnetic Radiation Research; e-mail: nikanorushka@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4235-378X>.

Vladimir P. **Plekhanov**, Researcher, Department of Electromagnetic Radiation Research; 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: *Kalinina N.I., Dubrovskaya E.N.*; analysis and interpretation of results: *Nikitina V.N.*; bibliography compilation and referencing: *Plekhanov V.P.*; draft manuscript preparation: *Nikitina V.N., Kalinina N.I., Dubrovskaya E.N.* 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 8, 2024 / Accepted: May 8, 2024 / Published: May 31, 2024



Профессиональная патология работников различных специальностей при пирометаллургическом рафинировании никеля

А.Н. Никанов¹, Д.В. Винников², С.А. Сюрин¹, Е.Д. Шитикова³

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

² Казахский национальный университет имени аль-Фараби, пр. аль-Фараби, д. 71, г. Алма-Ата, 050040, Республика Казахстан

³ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический университет» Минздрава России, ул. Литовская, д. 2, г. Санкт-Петербург, 194100, Российская Федерация

Резюме

Введение. Условия труда при пирометаллургическом рафинировании никеля создают повышенный риск профессиональной патологии работников более чем 60 специальностей.

Цель исследования: изучить общие и отличительные черты профессиональных заболеваний у работников различных специальностей, осуществляющих переработку сульфидных медно-никелевых руд пирометаллургическим способом.

Материалы и методы. Проведен анализ данных об условиях труда и состоянии здоровья 1429 работников цеха пирометаллургического рафинирования никеля. Исследование имело ретроспективный когортный характер с начальной и конечной точками в 2007 и 2021 гг. На 1-м этапе исследования основное внимание было уделено условиям труда и профессиональной патологии работников, занятых в пирометаллургическом производстве никеля, на 2-м этапе – особенностям профессиональной патологии работников 13 специальностей, в каждой из которых было диагностировано не менее 5 профессиональных заболеваний. Использовали программное обеспечение Microsoft Excel 2016, программу Epi Info, v. 6.04d.

Результаты. Условия труда при пирометаллургическом рафинировании никеля соответствуют классам 3.2–4. Основным вредным производственным фактором являются аэрозоли преимущественно фиброгенного действия, включающие мелкодисперсную пыль различных соединений никеля. В течение 2008–2021 гг. из 1429 работников цеха у 129 (9,0 %) диагностированы 300 профессиональных заболеваний, из которых самыми распространенными были болезни органов дыхания и костно-мышечной системы. Ежегодно профессиональные заболевания выявлялись у 0,23–1,60 % работников. Наибольшее число профессиональных заболеваний было выявлено у плавильщиков ($n = 80$), машинистов крана ($n = 50$) и слесарей-ремонтников ($n = 21$). Профессиональная полиморбидность (2–6 заболеваний) отмечалась у 91 (70,5 %) работника. Особенностью патологии металлургов была значительная вариабельность показателей заболеваемости: от 56,8 случая у электромонтеров до 464,3 на 10 000 работников у разлильщиков металла. Структура патологии у разлильщиков металла отличалась доминированием болезней костно-мышечной системы (61,5 %), тогда как у рабочих других специальностей преобладали болезни органов дыхания (47,4–80,0 %). У электромонтеров наиболее часто выявлялась нейросенсорная тугоухость (41,7 %).

Выводы. Знание особенностей развития и клинических проявлений профессиональной патологии при пирометаллургическом рафинировании никеля позволит дифференцировать методы ее профилактики у работников различных специальностей.

Ключевые слова: пирометаллургическое рафинирование никеля, условия труда, риски здоровью, профессиональная патология.

Для цитирования: Никанов А.Н., Винников Д.В., Сюрин С.А., Шитикова Е.Д. Профессиональная патология работников различных специальностей при пирометаллургическом рафинировании никеля // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 5. С. 66–75. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-5-66-75

Occupational Diseases in Pyrometallurgical Nickel Refining Workers of Various Specialties

Aleksandr N. Nikanov,¹ Denis V. Vinnikov,² Sergei A. Syurin,¹ Elizaveta D. Shitikova³

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

² Al-Farabi Kazakh National University, 71 Al-Farabi Avenue, Almaty, 050040, Republic of Kazakhstan

³ St. Petersburg State Pediatric Medical University, 2 Litovskaya Street, Saint Petersburg, 194100, Russian Federation

Summary

Introduction: Working conditions pose high risks of occupational diseases for employees of over 60 specialties engaged in pyrometallurgical refining of nickel.

Objective: To study common and distinctive features of occupational diseases in workers of various specialties involved in pyrometallurgical nickel processing.

Materials and methods: We have analyzed data on working conditions and health in a cohort of 1,429 workers of the pyrometallurgical nickel refining shop. The study was conducted retrospectively with start and end points in the years 2007 and 2021. At the first stage, we focused on working conditions and occupational diseases in pyrometallurgical nickel refining workers and at the second stage – specifically on workers of 13 specialties, in whom at least five occupational diseases were diagnosed. Microsoft Excel 2016 and Epi Info, v. 6.04d, were used for data analysis.

Results: Working conditions in pyrometallurgical nickel production fall within hazard classes 3.2–4. Fibrogenic aerosols containing respirable particles of nickel compounds are the main occupational risk factor. In 2008–2021, 300 cases of occupational diseases (mainly of the respiratory and musculoskeletal systems) were diagnosed in 129 of 1,429 workers (9.0 %). Occupational diseases were detected in 0.23 to 1.60 % of the workers annually. The highest number of occupational diseases was registered in smelters ($n = 80$), crane operators ($n = 50$), and repairmen ($n = 21$). Occupational

multimorbidity (2 to 6 diseases) was observed in 91 (70.5 %) workers. We established a significant variance in incidence rates between the metallurgists of different specialties ranging from 56.8 cases per 10,000 workers in electricians to 464.3 in metal pourers. Musculoskeletal diseases prevailed in the latter (61.5 %), while respiratory diseases were more common in other core personnel (47.4–80.0 %). Sensorineural hearing loss was a more frequent finding in electricians (41.7 %).

Conclusion: Knowledge of the features of development and clinical manifestations of occupational diseases in workers of various specialties engaged in pyrometallurgical nickel refining can help differentiate methods of their prevention.

Keywords: pyrometallurgical nickel refining, working conditions, health risks, occupational diseases.

Cite as: Nikanov AN, Vinnikov DV, Syurin SA, Shitikova ED. Occupational diseases in pyrometallurgical nickel refining workers of various specialties. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(5):66–75. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-5-66-75

Введение. Пирометаллургическое рафинирование никеля – это сложная совокупность технологических операций, в которых участвуют работники более чем 60 специальностей. Условия их труда определяют высокий риск формирования профессиональных заболеваний [1–3]. Пирометаллургическая переработка сульфидных медно-никелевых руд (плавка на штейн, конвертирование штейнов, обжиг никелевого файнштейна и восстановительная плавка оксида никеля на огневой металл) сопровождается выбросом в воздух производственных помещений пылегазовых аэрозолей с высоким содержанием соединений серы и многокомпонентной пыли, состоящей из соединений кремния, металлического никеля, оксидов и сульфидов никеля, меди, кобальта, железа, мышьяка, хрома, кадмия, свинца [4–6]. Кроме того, при выполнении производственных заданий в процессе пирометаллургического рафинирования никеля работники подвергаются воздействию производственного шума, общей и локальной вибрации, физических перегрузок в условиях нагревающего микроклимата на рабочих местах [7, 8]. Экспозиция к сочетанному действию нескольких вредных производственных факторов приводит к формированию у металлургов профессиональных заболеваний разных классов, в том числе в форме коморбидной патологии [9–13].

Так как добыча и переработка медно-никелевых руд в Российской Федерации осуществляется на предприятиях, расположенных на территории Арктической зоны, влияние на состояние здоровья работников металлургических предприятий оказывает не только микроклимат производственных помещений, но и суровые климатические условия Арктики [14–16]. Доказано, что вредные производственные и климатические факторы при их сочетанном действии могут ускорять развитие и изменять течение профессиональных заболеваний [17, 18].

Таким образом, проблема сохранения здоровья работников, занятых в пирометаллургическом производстве никеля, по-прежнему не теряет своей актуальности. Однако применяемые технологические, организационные и медико-профилактические мероприятия не всегда приводят к ее решению. В течение 2008–2021 гг. осуществлявшаяся модернизация технологических процессов не приводила к изменению класса вредности условий труда работников пирометаллургического производства.

Цель исследования заключалась в изучении общих и отличительных черт профессиональных заболеваний у работников различных специальностей, осуществляющих пирометаллургическое рафинирование никеля.

Материалы и методы. Исследование носило ретроспективный наблюдательный характер в когортной группе из 1429 работников, занятых в пирометаллургическом производстве никеля. Результаты периодического медицинского осмотра в 2007 г. были его начальной точкой. В последующие 14 лет отслеживались все случаи профессиональных заболеваний с конечной точкой в 2021 г. Сведения о профессиональных заболеваниях (ПЗ) за период 2008–2021 гг. получены в архиве клиники профпатологии филиала ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» (г. Кировск Мурманской области). Оценка условий труда проводилась на основе анализа результатов, представленных в санитарно-гигиенических характеристиках работников, пострадавших вследствие ПЗ. На первом этапе исследования основное внимание было уделено условиям труда и профессиональной патологии работников, занятых в пирометаллургическом производстве никеля, а на втором этапе – особенностям профессиональной патологии работников 13 специальностей, в каждой из которых было диагностировано не менее 5 профессиональных заболеваний.

Программа Epi Info, v. 6.04d и программное обеспечение Microsoft Excel 2016 применены для анализа полученных результатов. Определялись t -критерий Стьюдента для независимых выборок, критерий согласия χ^2 , относительный риск (ОР) и 95 % доверительный интервал (ДИ). Числовые показатели даны как абсолютные значения, процентная доля, среднее арифметическое, стандартная ошибка среднего арифметического ($M \pm m$). Критическим считался уровень значимости нулевой гипотезы менее 0,05.

Результаты. По данным санитарно-гигиенических характеристик условий труда наибольшую опасность здоровью работников пирометаллургического рафинирования никеля представляют аэрозоли, обладающие канцерогенным эффектом и фиброгенным действием. Аэрозоли, образующиеся при пирометаллургическом производстве никеля, характеризуются преимущественным содержанием его нерастворимых соединений (сульфиды и оксиды никеля), в том числе сульфидов никеля – до 50,0 %. Они существуют в виде мелкодисперсной пыли с высоким удельным весом (до 95 %) частиц респираторных фракций при среднесменной концентрации никеля в воздухе производственных помещений 12,5–46,1 мг/м³. Меньшее гигиеническое значение имеет загрязнение воздуха производственных помещений пирометаллургических цехов технологическими газами, образующихся за счет

протекания химических реакций, – диоксид серы, углекислый газ, оксид углерода.

Среди вредных производственных факторов физической природы наиболее распространенным является шум. Реже на рабочих местах регистрируются повышенные уровни неионизирующих электромагнитных полей и излучений, вибрации, инфракрасного излучения. К характерным условиям при пирометаллургическом производстве никеля также относятся повышенная тяжесть трудового процесса и неблагоприятный микроклимат производственных помещений. В целом все эти факторы, как правило, соответствуют классам вредности 3.1–3.2. Гигиеническая оценка условий труда показала, что наибольшему воздействию вредных производственных факторов подвергаются плавильщики, конвертерщики, обжигальщики, машинисты мельниц, разливыщики металла с итоговой оценкой класса условий труда 3.3–4. У работников других основных специальностей класс условий труда составлял 3.2–3.4 (табл. 1).

В 2007 г. периодическим медицинским осмотром были охвачены 1429 работников 54 специальностей, в том числе 1254 (87,8 %) мужчины и 175 (12,2 %) женщин. Их средний возраст составил $39,7 \pm 0,3$ года, а трудовой стаж в производстве никеля – $14,9 \pm 0,2$ года. В число обследованных лиц входили 212 (14,8 %) плавильщиков, 209 (14,6 %) слесарей-ремонтников, 151 (10,6 %) электромонтер, 128 (9,0 %) машинистов крана, 122 (8,5 %) обжигальщика, 70 (4,9 %) электрогазосварщиков, 43 (3,0 %) чистильщика металла, 39 (2,7 %) дробильщиков и еще 432 работника других специальностей.

В дальнейшем течение 2008–2021 гг. у 129 (9,0 %) из 1429 работников были впервые выявлены 300 случаев ПЗ или $2,33 \pm 0,14$ случая на одного работника с ПЗ. В числе этих лиц были 110 мужчин и 19 женщин, то есть 8,8 % работников-мужчин и 10,9 % работников-женщин, что свидетельствовало об отсутствии гендерных различий в риске развития ПЗ: ОР 1,23; ДИ 0,78–1,23; $p = 0,783$. Средний возраст работников на момент установления ПЗ составил $49,7 \pm 0,5$ года, а стаж на предприятии – $23,4 \pm 0,6$ года.

Одна нозологическая форма ПЗ выявлена у 38 (29,5 %) работников. У 91 (70,5 %) работника отмечалась профессиональная полиморбидность: два ПЗ – у 48 (37,2 %), три ПЗ – у 19 (14,7 %), четыре ПЗ – у 15 (11,6 %), пять ПЗ – у 6 (4,7 %) и шесть ПЗ – у 3 (2,3 %) работников. Сочетание двух ПЗ состояло преимущественно из болезни органов дыхания и нейросенсорной тугоухости (40,0 %) или двух разных болезней органов дыхания (33,3 %). В случае трех ПЗ чаще возникали сочетание двух разных болезней органов дыхания и нейросенсорной тугоухости (33,3 %) или двух разных болезней костно-мышечной системы и органов дыхания (27,8 %). В случае четырех ПЗ чаще в сочетание входили по две болезни органов дыхания и костно-мышечной системы или три болезни костно-мышечной системы и нейросенсорная тугоухость (по 28,6 %). Сочетания пяти и шести ПЗ у одного работника были редкими, анализ их компонентов не проводился. За 14-летний период наблюдения из 300 случаев ПЗ половина приходится на 3 рабочие специальности из 54 обследованных в 2007 году: плавильщики ($n = 80$),

Таблица 1. Условия труда работников наиболее распространенных специальностей пирометаллургического производства никеля

Table 1. Working conditions of the core personnel of pyrometallurgical nickel production

Факторы производственной среды и трудового процесса / Work environment and labor process factors	Специальность / Класс условий труда Specialty / Class of working conditions							
	Плавильщик / Smelter	Слесарь-ремонтник / Fitter	Электромонтер / Electrician	Обжигальщик / Kiln operator	Машинист крана / Crane operator	Электросварщик / Welder	Дробильщик / Crusher operator	Чистильщик / Cleaner
Вредные химические вещества I–IV классов опасности / Chemicals of hazard classes I–IV	3.3–3.4	3.1–3.3	3.1–3.3	3.3–3.4	3.1–3.3	3.3	3.3	3.2–3.4
Аэрозоли фиброгенные / Fibrogenic aerosols	3.3–3.4	3.1–3.3	3.1–3.3	3.3–3.4	3.3	3.2–3.3	3.3	3.2
Шум / Noise	3.1–3.2	2–3.3	3.1–3.3	3.1–3.2	3.2	3.1	3.2	3.1–3.2
Вибрация локальная / Hand-arm vibration	3.1–3.3	2	2	3.1–3.3	2	2	2	2–3.1
Вибрация общая / Whole-body vibration	2	2	2	2	2	2	3.1	2
Инфракрасное излучение / Infrared radiation	3.2	2	2	3.2	2	2	2	2
Микроклимат / Microclimate	3.1–3.3	2–3.2	3.1–3.2	3.1–3.2	2	3.1	3.1	3.1–3.3
Неионизирующие электромагнитные поля и излучения / Non-ionizing electromagnetic fields and radiation	3.1	2	3.1	3.1	3.1	2	3.1	3.1
Тяжесть труда / Physical heaviness of work	3.1–3.2	2–3.2	3.1	3.1–3.3	3.1	3.1–3.2	3.2	3.2
Итоговый класс условий труда / Resulting class of working conditions	3.3–4	3.2–3.4	3.2–3.4	3.3–4	3.3	3.3	3.3	3.4

машинисты крана ($n = 50$) и слесари-ремонтники ($n = 21$).

Ежегодное число случаев ПЗ и количество пострадавших работников вследствие ПЗ колебалось в широких границах от 6 случаев и 2 человек (2018 г.) до 61 случая и 22 человек (2008 г.). За период наблюдения максимальные показатели отмечались в первые три года (2008–2010 гг.) с волнообразными периодами снижения и подъема в последующие годы. Каждый год ПЗ диагностировались у 0,23–1,60 % работников. Уровень профессиональной заболеваемости в обследованной группе работников пирометаллургического рафинирования никеля в 2008–2021 гг. составил 149,96 случая на 10 000 работников.

Из шести классов ПЗ наибольшую долю имели заболевания органов дыхания (53,7 %), включая заболевания верхних дыхательных путей (11,0 %), бронхов и легких (42,7 %). Второе и третье места занимали болезни костно-мышечной системы (26,3 %) и уха (16,0 %). В единичных случаях диагностировались злокачественные новообразования (1,7 %), болезни нервной системы (1,3 %) и болезни класса «Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин» (1,0 %). Наиболее распространенным ПЗ являлся хронический бронхит ($n = 69$). В число часто выявляемых ПЗ входили нейросенсорная тугоухость ($n = 47$), хроническая обструктивная болезнь легких ($n = 26$) и бронхиальная астма ($n = 21$). Реже диагностировались радикулопатия ($n = 14$), рефлекторные синдромы ($n = 13$) и плечелопаточный периартроз ($n = 12$)¹.

В соответствии с целью исследования был проведен дополнительный анализ особенностей

формирования профессиональной патологии у работников 13 специальностей, в каждой из которых было диагностировано не менее 5 ПЗ (табл. 2).

На момент развития ПЗ средний возраст работников варьировал от $45,7 \pm 2,3$ (слесари-ремонтники) до $54,1 \pm 2,4$ года (разливщики металла), а продолжительность стажа – от $20,6 \pm 3,3$ (стропальщики) до $28,3 \pm 4,6$ года (сменные мастера), но без статистически значимых различий между группами специалистов. Доля заболевших работников (от их общего числа в 2007 г.) в каждой специальности колебалась от 4,9 (обжигальщики) до 20,0 % (разливщики металла). Число ПЗ, диагностированных у одного работника в специальностях разливщика металла и шихтовщика, было больше по сравнению с электромонтерами ($t = 2,66$; $p = 0,026$ и $t = 2,29$; $p = 0,048$ соответственно), а у разливщика металла больше, чем у слесаря-ремонтника ($t = 2,36$; $p = 0,033$).

Наиболее высокий уровень профессиональной заболеваемости выявлен у разливщиков металла, который в 1,7–2,0 раза выше по сравнению с машинистами кранов, шихтовщиками, плавильщиками, стропальщиками, машинистами мельницы и в 2,0–6,5 раза – с операторами пылегазоулавливающей установки, сменными мастерами, конвертерщиками, обжигальщиками, дробильщиками и слесарями-ремонтниками. Минимальный уровень профессиональной заболеваемости зарегистрирован у работников в специальности электромонтер – в 8,17 раза ниже, чем у разливщиков металла.

У разливщиков металла, машинистов кранов, плавильщиков, стропальщиков и сменных мастеров выявлен повышенный относительный риск развития профессиональной патологии по сравнению

Таблица 2. Характеристика профессиональной патологии у работников различных специальностей
Table 2. Characteristics of occupational diseases in workers of different specialties

Специальность / Specialty	Показатели / Indices						
	Возраст средний, лет / Mean age, yrs	Стаж средний, лет / Mean work duration, yrs	Число заболевших работников / Workers with incident occupational diseases, n	Доля заболевших, % / Workers with incident occupational diseases, %	Число заболеваний, случаев / Number of diseases, cases	Число заболеваний у одного работника, случаи / Number of diseases per worker, cases	Заболеваемость, 10 000 работников / год / Annual incidence per 10,000 workers
Разливщик металла / Metal pourer	$54,4 \pm 2,4$	$25,5 \pm 1,9$	4	20,0	13	$3,3 \pm 0,6$	464,3
Машинист крана / Crane operator	$49,6 \pm 1,5$	$22,6 \pm 1,0$	17	13,3	50	$2,9 \pm 0,3$	279,0
Плавильщик / Smelter	$48,8 \pm 0,9$	$24,3 \pm 1,1$	34	16,0	80	$2,4 \pm 0,2$	269,5
Шихтовщик / Batcher	$50,0 \pm 2,3$	$21,5 \pm 4,3$	4	11,1	13	$3,3 \pm 0,7$	257,9
Стропальщик / Slinger	$50,0 \pm 2,2$	$20,6 \pm 3,3$	7	18,4	13	$1,9 \pm 0,3$	244,4
Машинист мельницы / Mill operator	$49,1 \pm 2,5$	$20,9 \pm 3,6$	4	19,0	7	$1,8 \pm 0,3$	238,1
Оператор пылегазоулавливающей установки / Operator of dust and gas collection plant	$53,0 \pm 1,0$	$28,3 \pm 4,6$	3	17,6	5	$1,67 \pm 0,29$	210,1
Мастер сменный / Shift foreman	$51,1 \pm 1,9$	$24,5 \pm 0,7$	7	18,9	11	$1,57 \pm 0,64$	196,4
Конвертерщик / Converter operator	$50,4 \pm 2,7$	$22,3 \pm 3,6$	3	9,7	8	$2,67 \pm 0,68$	184,3
Обжигальщик / Kiln operator	$48,0 \pm 4,6$	$21,5 \pm 4,5$	6	4,9	19	$3,17 \pm 0,75$	111,2
Дробильщик / Crusher operator	$48,9 \pm 4,4$	$21,8 \pm 4,6$	4	7,9	5	$1,25 \pm 0,25$	89,3
Слесарь-ремонтник / Fitter	$45,7 \pm 2,3$	$21,6 \pm 2,0$	13	6,2	21	$1,62 \pm 0,28$	71,8
Электромонтер / Electrician	$52,4 \pm 1,6$	$23,6 \pm 1,5$	8	5,3	12	$1,50 \pm 0,19$	56,8

¹ Более полные сведения об общей и профессиональной патологии данной группы работников представлены в статье: Сюрин С.А., Полякова Е.М., Кизеев А.Н. Управление рисками развития профессиональной патологии в системе охраны труда работников никелевой промышленности // Металлург. 2023. № 4. С. 115–124. doi: 10.52351/00260827_2023_05_115

с обжигальщиками, слесарями-ремонтниками и электромонтерами. Иных существенных различий между группами работников различных специальностей выявлено не было (табл. 3).

У работников двенадцати из тринадцати специальностей наибольший удельный вес в структуре профессиональной патологии занимали болезни органов дыхания от 47,4 % у обжигальщиков до 80,0 % у операторов пылегазоулавливающей установки (табл. 4).

Разливщиков металла отличала низкая доля болезней органов дыхания, которая была ниже, чем у машинистов крана ($\chi^2 = 9,15$; $p = 0,003$), плавильщиков ($\chi^2 = 6,31$; $p = 0,012$), стропальщиков ($\chi^2 = 1,84$; $p = 0,175$), сменных мастеров ($\chi^2 = 8,32$; $p = 0,004$), слесарей-ремонтников ($\chi^2 = 12,95$; $p < 0,001$) и электромонтеров ($\chi^2 = 4,89$; $p = 0,028$). В то же время у разливщиков металла удельный вес болезней костно-мышечной системы превышал показатели у плавильщиков ($\chi^2 = 4,92$; $p = 0,027$), стропальщиков ($\chi^2 = 5,85$; $p = 0,016$), сменных мастеров ($\chi^2 = 4,61$; $p = 0,032$), машинистов мельницы ($\chi^2 = 4,11$; $p = 0,043$), слесарей-ремонтников ($\chi^2 = 16,89$; $p < 0,001$) и электромонтеров ($\chi^2 = 10,6$; $p < 0,001$). Для электромонтеров была характерна высокая доля нейросенсорной тугоухости, которая

превышала показатели у разливщиков металла ($\chi^2 = 6,77$; $p = 0,010$), машинистов крана ($\chi^2 = 10,95$; $p < 0,001$), шихтовщиков ($\chi^2 = 3,95$; $p = 0,047$), плавильщиков ($\chi^2 = 4,93$; $p = 0,027$) и обжигальщиков ($\chi^2 = 4,08$; $p = 0,047$).

Полученные результаты обусловили необходимость объяснения различий в риске развития и структуре профессиональной патологии работников разных специальностей. Степень вредности условий труда частично давала ответ на вопрос о риске, так как в целом он был выше у работников с классом условий труда 3.3–4 по сравнению с классом 3.2–3.4.

Однако степень вредности условий труда не объясняла различий в структуре профессиональной патологии у обжигальщиков и электромонтеров. Поэтому был проведен углубленный анализ демографических данных и исходного состояния здоровья работников вышеуказанных тринадцати специальностей в 2007 г. с учетом структуры заболеваний, способных приобрести профессиональную этиологию (табл. 5).

Критерию «практически здоровый» (отсутствие хронических заболеваний) отвечали 210 (14,6 %) человек. У остальных 1219 (85,3 %) работников было выявлено 2949 хронических непрофессиональных

Таблица 3. Относительный риск развития профессиональных заболеваний у работников разных специальностей

Table 3. The relative risk of occupational diseases in workers of different specialties

Специальность / Specialty	Риск по сравнению со специалистами, ОР, ДИ, p / Relative risk, RR, CI, p		
	Обжигальщик / Kiln operator	Слесарь-ремонтник / Fitter	Электромонтер / Electrician
Разливщик металла / Metal pourer	4,07; 1,26–13,15; 0,015	3,22; 1,16–8,94; 0,025	5,52; 1,25–11,41; 0,017
Мастер сменный / Shift foreman	3,85; 1,38–10,74; 0,007	3,04; 1,30–7,11; 0,009	3,57; 1,38–9,22; 0,006
Стропальщик / Slinger	3,75; 1,34–10,47; 0,008	2,96; 1,26–6,94; 0,012	3,48; 1,34–8,99; 0,008
Плавильщик / Smelter	3,26; 1,41–7,54; 0,003	2,58; 1,40–4,74; 0,001	3,03; 1,44–6,35; 0,002
Машинист крана / Crane operator	2,70; 1,10–6,62; 0,022	4,87; 1,07–4,25; 0,027	2,51; 1,12–5,62; 0,020

Таблица 4. Распространенность профессиональной патологии у работников разных специальностей, случаев (%)

Table 4. Prevalence of occupational diseases in workers of different specialties, cases (%)

Специальность / Specialty	Класс профессиональных болезней / Occupational disease category				
	Болезни органов дыхания / Respiratory diseases	Болезни костно-мышечной системы / Musculoskeletal diseases	Болезни уха / Ear diseases	Злокачественные новообразования / Malignant neoplasms	Болезни нервной системы / Nervous diseases
Разливщик металла / Metal pourer	30,8	61,5	0	7,7	0
Машинист крана / Crane operator	60,0	34,0	6,0	0	0
Шихтовщик / Batcher	53,8	38,5	7,7	0	0
Плавильщик / Smelter	51,3	30,0	15,0	2,5	1,2
Стропальщик / Slinger	61,5	15,4	23,1	0	0
Машинист мельницы / Mill operator	57,1	14,3	14,3	0	14,3
Оператор пылегазоулавливающей установки / Operator of dust and gas collection plant	80,0	20,0	0	0	0
Мастер сменный / Shift foreman	72,7	18,2	9,1	0	0
Конвертерщик / Converter operator	50,0	25,0	25,0	0	0
Обжигальщик / Kiln operator	47,4	31,6	15,8	5,2	0
Дробильщик / Crusher operator	60,0	20,0	20,0	0	0
Слесарь-ремонтник / Fitter	77,2	0	20,0	0	2,8
Электромонтер / Electrician	58,3	0	41,7	0	0

заболеваний в количестве от одной до одиннадцати нозологических форм у одного работника, или в среднем $2,42 \pm 0,17$ случая. Наибольший удельный вес в структуре нарушений здоровья занимали болезни костно-мышечной системы (27,8 %), глаза (22,3 %), органов дыхания (15,9 %), системы кровообращения (13,2 %), органов пищеварения (9,8 %), эндокринной системы (6,8 %).

Чаще других диагностировались следующие болезни: миопия ($n = 391$), остеохондроз позвоночника ($n = 242$), артериальная гипертензия ($n = 240$), хронический бронхит без эндоскопической верификации ($n = 191$), вертеброгенная люмбагия ($n = 145$), искривление перегородки носа с нарушением функции дыхания ($n = 142$), ожирение ($n = 134$), варикозная болезнь нижних конечностей ($n = 116$), язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки ($n = 97$) и вертеброгенная цервикалгия ($n = 80$).

Установлены значительные гендерные различия между группами. Так, в семи специальностях женский труд не применялся совсем (в том числе у обжигальщиков). В четырех группах женщины составляли меньшинство (в том числе у электромонтеров), а в двух (машинисты крана и шихтовщики) – большинство работников. У обжигальщиков возраст был

минимальным среди всех групп специалистов. Он был ниже, чем у операторов пылегазоулавливающей установки ($t = 5,23$; $p < 0,001$), мастеров ($t = 3,83$; $p < 0,001$), дробильщиков ($t = 3,78$; $p < 0,001$), машинистов крана ($t = 3,13$; $p = 0,002$), стропальщиков ($t = 2,84$; $p = 0,005$) и плавильщиков ($t = 2,32$; $p = 0,021$). Максимальный возраст отмечался у операторов пылегазоулавливающей установки, но превышал он только показатели у сменных мастеров ($t = 1,45$; $p = 0,152$). Самый короткий по продолжительности стаж имели разлильщики металла, но значимо его превышал только стаж сменных мастеров ($t = 2,32$; $p = 0,024$). Максимально продолжительный стаж отмечался у операторов пылегазоулавливающей установки. Таким образом, гендерные и возрастно-стажевые характеристики не объясняли различия в структуре профессиональной патологии.

Анализ исходного состояния здоровья металлургов показал, что, основываясь на доле здоровых лиц и числе ПЗ, выявляемых у одного работника, его наиболее низкий уровень был у дробильщиков (5,3 % и $2,95 \pm 0,32$ случая) и операторов пылегазоулавливающей установки (6,7 % и $3,00 \pm 0,43$ случая). Лучшие показатели имели обжигальщики (24,6 % и $1,76 \pm 0,14$ случая) и разлильщики металла (20,0 %

Таблица 5. Демографические данные и показатели непрофессиональной патологии работников пирометаллургического производства никеля

Table 5. Demographics and non-occupational diseases in pyrometallurgical nickel production workers

Специальность / Specialty	Мужчины, чел. / Men, n	Женщины, чел. / Women, n	Возраст средний, лет / Mean age, yrs	Стаж средний, лет / Mean work duration, yrs	Число здоровых работников, чел. / Healthy workers, n	Число непрофессиональных заболеваний у одного работника, случаи / Occupational diseases per worker, cases	Структура непрофессиональных болезней, случаев / Structure of non-occupational diseases, cases			
							Болезни костно-мышечной системы / Musculoskeletal diseases	Болезни органов дыхания / Respiratory diseases	Болезни уха / Ear diseases	Болезни нервной системы / Nervous diseases
Разлильщик металла / Metal pourer	20	0	$40,4 \pm 2,5$	$12,7 \pm 2,1$	4 (20,0)	$2,35 \pm 0,46$	20 (42,6)	12 (25,5)	2 (4,3)	0
Машинист крана / Crane operator	52	78	$40,1 \pm 0,7$	$16,6 \pm 0,7$	20 (15,4)	$2,61 \pm 0,16$	112 (33,0)	27 (8,0)	3 (0,9)	2 (0,5)
Плавильщик / Smelter	222	0	$39,3 \pm 0,7$	$16,1 \pm 0,6$	31 (14,0)	$2,65 \pm 0,14$	185 (31,5)	78 (13,3)	18 (0,6)	2 (0,3)
Шихтовщик / Batcher	15	21	$40,6 \pm 1,8$	$13,1 \pm 1,4$	7 (19,4)	$2,28 \pm 0,31$	31 (37,8)	9 (11,0)	1 (1,2)	1 (1,2)
Стропальщик / Slinger	38	0	$41,7 \pm 1,5$	$16,8 \pm 1,3$	6 (15,8)	$3,05 \pm 0,36$	45 (38,8)	11 (9,5)	9 (7,8)	1 (0,9)
Машинист мельниц / Mill operator	19	0	$39,1 \pm 2,9$	$16,4 \pm 2,5$	2 (10,5)	$2,89 \pm 0,50$	16 (29,1)	7 (12,7)	1 (1,8)	1 (1,8)
Оператор пылегазоулавливающей установки / Operator of dust and gas collection plant	9	6	$47,1 \pm 1,8$	$23,0 \pm 2,0$	1 (6,7)	$3,00 \pm 0,43$	7 (15,6)	11 (24,4)	0	0
Мастер сменный / Shift foreman	42	1	$43,0 \pm 1,4$	$18,3 \pm 1,2$	5 (11,6)	$2,67 \pm 0,26$	18 (15,7)	20 (17,4)	1 (0,9)	0
Конвертерщик / Converter operator	31	0	$39,7 \pm 2,2$	$15,5 \pm 2,0$	5 (16,1)	$2,65 \pm 0,34$	33 (40,2)	9 (11,0)	5 (6,1)	0
Обжигальщик / Kiln operator	122	0	$37,0 \pm 0,7$	$15,0 \pm 0,6$	30 (24,6)	$1,76 \pm 0,14$	18 (8,4)	43 (20,0)	5 (2,3)	2 (0,9)
Дробильщик / Crusher operator	29	9	$43,6 \pm 1,6$	$15,6 \pm 1,3$	2 (5,3)	$2,95 \pm 0,32$	22 (19,6)	9 (8,0)	1 (0,9)	0
Слесарь-ремонтник / Fitter	209	0	$39,3 \pm 0,7$	$14,9 \pm 0,6$	26 (12,4)	$2,53 \pm 0,12$	92 (17,4)	64 (12,1)	12 (2,3)	0
Электромонтер / Electrician	149	2	$37,8 \pm 0,9$	$14,8 \pm 0,8$	17 (11,3)	$2,41 \pm 0,15$	53 (14,6)	55 (15,1)	8 (2,2)	2 (0,5)

и $2,35 \pm 0,46$ случая). В структуре непрофессиональной патологии разлильщиков металла обращала на себя внимание самая высокая среди всех специалистов доля заболеваний костно-мышечной системы (42,6 %). Структура непрофессиональных заболеваний электромонтеров особенностей не имела.

Обсуждение. Реализация программы оздоровительных мероприятий по охране труда в 2011–2015 гг. на предприятиях цветной металлургии в Арктике по профилактике производственно-обусловленных заболеваний среди работников пирометаллургического производства способствовала снижению распространенности и профессиональной обусловленности многих заболеваний, связанных с условиями труда. Комплексная оценка потерь здоровья методом DALY-анализа продемонстрировала существенное сокращение бремени болезней среди работников пирометаллургического рафинирования никеля на 15,6 %, в том числе среди мужчин – на 12,5 %, среди женщин – на 28,3 % [6]. В то же время, несмотря на предпринимаемый комплекс профилактических мер, у работников всех специальностей пирометаллургического рафинирования никеля сохраняется повышенный риск развития профессиональной патологии [1, 2]. В ее структуре, как и ранее [8, 13], продолжают преобладать заболевания органов дыхания (54,3 %), и прежде всего хронический бронхит. Также продолжают выявляться характерные для экспозиции к соединениям никеля злокачественные новообразования [10, 12, 19], уровень заболеваемости которыми (2,51 случая на 10 000 работников) имеет тенденцию за последние годы к снижению [20].

В обследованной группе работников пирометаллургического производства никеля обращает на себя внимание более высокий уровень профессиональной заболеваемости по сравнению с общероссийскими показателями при производстве металлов (превышение в 13,2 раза²). Последний факт можно объяснить не только сочетанным влиянием вредных производственных факторов и вредных климатических условий Арктики [14–16], но и, вероятно, более точными результатами исследований в когортной группе работников. Также заслуживает внимания факт одновременного формирования у 70,5 % металлургов двух и более профессиональных заболеваний, что можно трактовать как прогностически неблагоприятную профессиональную полиморбидность [13, 21–23].

Требуют объяснения выраженные волнообразные колебания числа профессиональных заболеваний и больных с профессиональной патологией, занятых в производстве никеля. Этот феномен может быть связан с неполным выявлением патологии или ее диагностикой на поздних стадиях развития, различными подходами врачей к трактовке выявленных нарушений здоровья [24–26].

Помимо вышеперечисленных общих положений, касающихся рисков здоровью работников

пирометаллургического рафинирования никеля, установлены новые данные об особенностях ПЗ у металлургов различных специальностей. Прежде всего, выявлена значительная вариабельность показателей заболеваемости: от 56,8 случая (на 10 000 работников) у электромонтеров до 464,3 случая (на 10 000 работников) у разлильщиков металла, то есть в 8,17 раза. По сравнению со всеми другими специалистами у разлильщиков металла отмечались низкие показатели, характеризующие профессиональное здоровье: доля заболевших работников, риск развития патологии, уровень заболеваемости. Структура профессиональной патологии у разлильщиков металла отличалась преобладанием болезней костно-мышечной системы, тогда как у других специалистов доминировали болезни органов дыхания. Последний факт можно объяснить исходным высоким удельным весом заболеваний костно-мышечной системы непрофессиональной этиологии по данным медицинского осмотра в 2007 г. Более высокая выявляемость профессиональной нейросенсорной тугоухости у электромонтеров, в сравнении с работниками других специальностей, связана с экспозицией к производственному шуму (класс условий труда 3.1–3.3). В целом различия в структуре профессиональных заболеваний работников пирометаллургического производства никеля требуют дальнейших исследований.

Важно отметить, что класс условий труда, используемый как основной критерий для определения степени риска развития профессиональной патологии³, в обследованной группе металлургов не всегда является таким надежным инструментом. Например, класс вредности у крановщиков менее значительный по сравнению с обжигальщиками, а уровень заболеваемости в 2,49 раза выше. Также у сменных мастеров условия труда более благоприятные, чем у электромонтеров, а уровень заболеваемости в 3,46 раза выше. Эти данные свидетельствуют о необходимости учета особенностей конкретной специальности на конкретном предприятии, которые не отражаются в степени класса условий труда. Прежде всего, при определении категории риска нужно учитывать одновременно уровень профессиональной заболеваемости и удельный вес заболевших работников среди лиц данной специальности, а не на предприятии в целом. На практике эти показатели могут давать противоречивые результаты в случаях диагностики нескольких заболеваний у немногих работников или диагностики одного заболевания у многих работников.

Ограничения исследования. В качестве ограничения исследования следует рассматривать малое число случаев профессиональных заболеваний в некоторых профессиональных группах, что не позволяет получить статистически подтвержденные результаты.

Выводы

1. В 2008–2021 гг. среднегодовой уровень профессиональной заболеваемости при

² Россия в цифрах. 2018. Краткий статистический сборник. Росстат. М., 2018.

³ Р 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда». М., 2005.

пирометаллургическом рафинировании никеля составил 149,96 случая на 10 000 работников, ежегодно у 0,23–1,60 % работников регистрировались ПЗ.

2. Установлены особенности нарушений здоровья у работников различных профессиональных групп. Так, структура профессиональной патологии у разлильщиков металла отличалась преобладанием болезней костно-мышечной системы, тогда как у рабочих других специальностей доминировали болезни органов дыхания. Установлена более высокая выявляемость профессиональной нейросенсорной тугоухости у электромонтеров в сравнении с работниками других специальностей.

3. У работников всех профессиональных групп пирометаллургического рафинирования никеля выявлена значительная вариабельность показателей заболеваемости: у электромонтеров от 56,8 случая (на 10 000 работников) до 464,3 случая (на 10 000 работников) у разлильщиков металла, то есть в 8,2 раза.

4. Знание особенностей развития и клинических проявлений профессиональной патологии при пирометаллургическом рафинировании никеля позволит дифференцировать методы ее профилактики у работников различных профессиональных групп, подвергающихся воздействию вредных производственных факторов с различной экспозиционной нагрузкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никанов А.Н., Чашин В.П., Дардынская И. и др. Риск-ориентированный подход к сохранению профессионального здоровья работников на предприятиях цветной металлургии в Арктической зоне Российской Федерации // *Экология человека*. 2019. Т. 26. № 2. С. 12–20. doi: 10.33396/1728-0869-2019-2-12-20
2. Шур П.З., Редько С.В., Фадеев А.Г., Горяев Д.В., Фокин В.А. Оценка условий труда и состояния здоровья работников предприятий цветной металлургии // *Медицина труда и промышленная экология*. 2023. Т. 63. № 8. С. 537–544. doi: 10.31089/1026-9428-2023-63-8-537-544
3. Чашин В.П., Никанов А.Н., Фролова Н.М. и др. Оценка риска для здоровья работников приророметаллургического производства никеля при проведении основных технологических процессов // *Материалы IV международной научно-практической конференции «Проблемы сохранения здоровья и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия в Арктике»*, СПб.: ИПК «Коста», 2023. С. 275–281. EDN: AAGXDA
4. Wippich C, Koppisch D, Pitzke K, Breuer D. Estimating nickel exposure in respirable dust from nickel in inhalable dust. *Int J Hyg Environ Health*. 2021;238:113838. doi: 10.1016/j.ijheh.2021.113838
5. 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.
6. 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
7. Sunarsih S, Jayadipraja EA. Factors related to occupational diseases in smelter employees PT. Virtue Dragon nickel industry site Morosi. *Waluya Int Sci Health J*. 2023;2(1):151-155. doi: 10.54883/wish.v2i1.29
8. 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
9. 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. Т. 331. №10. С. 22–27. doi:10.35627/2219-5238/2020-331-10-22-27
10. 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. Т. 58. № 9. С. 9–15. doi: 10.31089/1026-9428-2018-9-9-15
11. Ahlström MG, Thyssen JP, Wennervaldt M, Menné T, Johansen JD. Nickel allergy and allergic contact dermatitis: A clinical review of immunology, epidemiology, exposure, and treatment. *Contact Dermatitis*. 2019;81(4):227-241. doi: 10.1111/cod.13327
12. 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):204-216. doi: 10.1080/19338244.2016.1199532
13. Syurin S, Vinnikov D. Occupational multimorbidity in the nickel industry workers. *Int J Circumpolar Health*. 2023;82(1):2231618. doi: 10.1080/22423982.2023.2231618
14. Гакова Е.И., Гакова А.А., Бессонова М.И., Каюмова М.М., Акимов А.М., Петелина Т.И. Основные факторы риска развития сердечно-сосудистых заболеваний у мужчин, работающих вахтовым методом на Крайнем Севере // *Профилактическая медицина*. 2022. Т. 25. № 11. С. 61–67. doi: 10.17116/profmed2022511161
15. Гудков А.Б., Дегтева Г.Н., Шепелева О.А. Экологические проблемы на Арктических территориях интенсивной промышленной деятельности (обзор) // *Общественное здоровье*. 2021. Т. 1. № 4. С. 49–55. doi: 10.21045/2782-1676-2021-1-4-49-55
16. Кульнев В.В., Кизеев А.Н., Борисова Д.С., Бурова Д.В., Чашин В.П., Никанов А.Н. Метеоиндикация состояния рудных районов // *Проблемы региональной экологии*. 2023. № 1. С. 87–97. doi: 10.24412/1728-323X-2023-1-87-97
17. Горбанев С.А. Никанов А.Н., Чашин В.П. Актуальные проблемы медицины труда в Арктической зоне Российской Федерации // *Медицина труда и промышленная экология*. 2017. № 9. С. 50–51. EDN: ZFQIXR.
18. 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
19. 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
20. Сюрин С.А. Риск злокачественных новообразований при добыче и переработке никелевых руд в Арктике // *Врач*. 2020. Т. 31. № 12. С. 33–37. doi: 10.29296/25877305-2020-12-07
21. Syurin S, Vinnikov D. Occupational disease claims and non-occupational morbidity in a prospective cohort observation of nickel electrolysis workers. *Sci Rep*. 2022;12(1):7092. doi: 10.1038/s41598-022-11241-5

22. Истомин А.В., Сааркоппель Л.М., Яцына И.В. Гигиенические проблемы коррекции фактора питания у работающих во вредных условиях / под ред. академика РАН, профессора В.Н. Ракитского. М.: Издательство: «Дашков и К^о», 2015. 186 с. EDN: THIGBN
 23. Яцына И.В., Сухова А.В., Преображенская Е.А., Егорова А.М. Оценка прогнозирования и управления рисками для здоровья работающих (обзор литературы) // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 10. С. 1249–1254. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1249-1254
 24. Бабанов С.А., Будащ Д.С., Байкова А.Г., Бараева Р.А. Периодические медицинские осмотры и профессиональный отбор в промышленной медицине // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 5. С. 48–53. doi: 10.35627/2219-5238/2018-302-5-48-53
 25. Чашин В.П. Особенности применения принципов доказательности при проведении гигиенических исследований, экспертиз и оценок // Здравоохранение Российской Федерации. 2008. № 1. С. 17–18. EDN: IJAALV
 26. Vinnikov D, Rybina T, Strizhakov L, Babanov S, Mukatova I. Occupational burden of chronic obstructive pulmonary disease in the Commonwealth of Independent States: Systematic review and meta-analysis. *Front Med (Lausanne)*. 2021;7:614827. doi: 10.3389/fmed.2020.614827
- REFERENCES**
1. Nikanov AN, Chashchin VP, Dardynskaia I, et al. Risk-based approach to improve workplace health in non-ferrous metallurgy located in the Arctic Zone of Russian Federation. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2019;(2):12–20. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2019-2-12-20
 2. Shur PZ, Redko SV, Fadeev AG, Goryaev DV, Fokin VA. Assessment of working conditions and health conditions of employees of non-ferrous metallurgy enterprises. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2023;63(8):537–544. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2023-63-8-537-544
 3. Chashchin VP, Nikanov AN, Frolova NM, et al. [Health risk assessment for workers in pyrometallurgical nickel production during the main technological processes.] In: *Issues of Maintaining Health and Ensuring Sanitary and Epidemiological Welfare of the Population in the Arctic: Proceedings of the Fourth International Scientific and Practical Conference, St. Petersburg, October 19–20, 2023*. St. Petersburg: Kosta Publ.; 2023:275–281. (In Russ.)
 4. Wippich C, Koppisch D, Pitzke K, Breuer D. Estimating nickel exposure in respirable dust from nickel in inhalable dust. *Int J Hyg Environ Health*. 2021;238:113838. doi: 10.1016/j.ijheh.2021.113838
 5. 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.)
 6. 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
 7. Sunarsih S, Jayadipraja EA. Factors related to occupational diseases in smelter employees PT. Virtue Dragon nickel industry site Morosi. *Waluya Int Sci Health J*. 2023;2(1):151–155. doi: 10.54883/wish.v2i1.29
 8. 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
 9. 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
 10. 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
 11. Ahlström MG, Thyssen JP, Wennervaldt M, Menné T, Johansen JD. Nickel allergy and allergic contact dermatitis: A clinical review of immunology, epidemiology, exposure, and treatment. *Contact Dermatitis*. 2019;81(4):227–241. doi: 10.1111/cod.13327
 12. 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):204–216. doi: 10.1080/19338244.2016.1199532
 13. Syurin S, Vinnikov D. Occupational multimorbidity in the nickel industry workers. *Int J Circumpolar Health*. 2023;82(1):2231618. doi: 10.1080/22423982.2023.2231618
 14. Gakova EI, Gakova AA, Bessonova VI, Kayumova MM, Akimov AM, Petelina TI. Primary risk factors for cardiovascular diseases in men working on a rotational basis in the Far North. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2022;25(11):61–67. (In Russ.) doi: 10.17116/profmed2022511161
 15. Gudkov AB, Degteva GN, Shepeleva OA. Ecological and hygienic problems in the Arctic territories of intensive industrial activity (review). *Obshchestvennoe Zdorov'e*. 2021;1(4):49–55. (In Russ.) doi: 10.21045/2782-1676-2021-1-4-49-55
 16. Kulnev VV, Kizeev AN, Borisova DS, Burova DV, Chashchin VP, Nikanov AN. Meteo-indication of the condition of ore areas. *Problemy Regional'noy Ekologii*. 2023;(1):87–97. (In Russ.) doi: 10.24412/1728-323X-2023-1-87-97
 17. Gorbanev SA, Nikanov AN, Chashchin VP. Occupational medicine challenges in the Russian Arctic area. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2017;(9):50–51. (In Russ.)
 18. 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
 19. 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
 20. Syurin SA. The risk of malignant tumors in mining and processing of nickel ores in the Arctic. *Vrach*. 2020;31(12):33–37. (In Russ.) doi: 10.29296/25877305-2020-12-07
 21. Syurin S, Vinnikov D. Occupational disease claims and non-occupational morbidity in a prospective cohort observation of nickel electrolysis workers. *Sci Rep*. 2022;12(1):7092. doi: 10.1038/s41598-022-11241-5
 22. Istomin AV, Saarkoppel LM, Yatsyna IV. [Hygienic Problems of Correcting the Nutritional Factor in Workers Exposed to Occupational Hazards.] Moscow: Dashkov & Co Publ.; 2015. (In Russ.)
 23. Yatsyna IV, Sukhova AV, Preobrazhenskaya EA, Egorova AM. Scientific and methodological aspects of assessment, forecasting and risk management for the health of workers (literature review). *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(10):1249–1254. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1249-1254
 24. Babanov SA, Budash DS, Baikova AG, Barayeva RA. Periodic medical examinations and professional selection in industrial medicine. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda*

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-5-66-75>
Original Research Article

- Obitaniya*. 2018;(5(302)):48-53. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2018-302-5-48-53
25. Chashchin VP. The specific features of using the evidence-based principles during hygienic, examinations, and evaluations. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*. 2008;(1):17-18. (In Russ.)
26. Vinnikov D, Rybina T, Strizhakov L, Babanov S, Mukatova I. Occupational burden of chronic obstructive pulmonary disease in the Commonwealth of Independent States: Systematic review and meta-analysis. *Front Med (Lausanne)*. 2021;7:614827. doi: 10.3389/fmed.2020.614827

Сведения об авторах:

✉ **Никанов** Александр Николаевич – к.м.н., заведующий научным отделением профпатологии ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, главный внештатный специалист-профпатолог Минздрава Мурманской области; e-mail: a.nikanov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0335-4721>.

Винников Денис Владимирович – д.м.н., заведующий научно-исследовательской лабораторией здоровья и окружающей среды Казахского национального университета им. аль-Фараби; e-mail: denisvinnikov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0991-6237>.

Сюрин Сергей Алексеевич – д.м.н., главный научный сотрудник отдела социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: kola.reslab@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0275-0553>.

Шитикова Елизавета Денисовна – студентка 6 курса ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический университет» Минздрава России; e-mail: sv3341015@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1882-686X>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Сюрин С.А.*; сбор и обработка данных, написание текста: *Сюрин С.А., Винников Д.В., Никанов А.Н., Шитикова Е.Д.* 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 проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 05.03.24 / Принята к публикации: 08.05.24 / Опубликовано: 31.05.24

Author information:

✉ **Aleksandr N. Nikanov**, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Head of the Scientific Department of Occupational Pathology, North-West Public Health Research Center; Chief Freelance Occupational Pathologist of the Ministry of Health of the Murmansk Region; e-mail: a.nikanov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3335-4721>.

Denis V. Vinnikov, Dr. Sci. (Med.), Head of the Environmental Health Laboratory, Al-Farabi Kazakh National University; e-mail: denisvinnikov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0991-6237>.

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

Elizaveta D. Shitikova, student, St. Petersburg State Pediatric Medical University; e-mail: sv3341015@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0008-1882-686X>

Author contributions: study conception and design: *Syurin S.A.*; data collection and analysis, draft manuscript preparation: *Syurin S.A., Vinnikov D.V., Nikanov A.N., Shitikova E.D.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: This research received no external funding.

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

Received: March 5, 2024 / Accepted: May 8, 2024 / Published: May 31, 2024



Длительность заболевания COVID-19 в разном возрасте и при разной профессиональной физиологической нагрузке работников промышленности и здравоохранения

Г.А. Сорокин, Н.Д. Чистяков, М.Н. Кирьянова

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

Резюме

Введение. Исследование возрастной уязвимости человека к воздействию вирусных инфекций является одним из ключевых моментов изучения возрастной динамики здоровья человека и его долголетия.

Цель исследования: проанализировать связь продолжительности заболевания COVID-19 с возрастом работника и его профессиональной физиологической нагрузкой.

Материалы и методы. Анализировалась продолжительность заболевания COVID-19 у 2831 работника промышленных предприятий и здравоохранения за 2021–2023 годы. В качестве физиологического эквивалента общей профессиональной физиологической нагрузки использовался показатель продолжительности (часов) состояния усталости за рабочую неделю. Для статистической обработки данных использовалась программа SPSS 11.5.

Результаты. Установлено, что средняя длительность заболеваний COVID-19 женщин и мужчин, работающих на предприятиях промышленности, – $22,27 \pm 1,52$ и $18,08 \pm 0,67$ дня и в организациях здравоохранения – $22,37 \pm 0,92$ и $21,15 \pm 1,43$ дня соответственно. Зависимость длительности заболеваний COVID-19 от возраста выявлена только у работников в возрасте 20–49 лет, годовой прирост продолжительности заболевания COVID-19 составил 0,25 дня у женщин и 0,20 дня у мужчин. У работников, болевших COVID-19 более 22 дней, продолжительность нахождения в состоянии усталости повышена. При наличии сопутствующих заболеваний (артериальная гипертензия, ожирение и диабет) продолжительность заболевания COVID-19 увеличивается на 1,3–6,4 дня.

Выводы. Выявлено повышение длительности заболеваний COVID-19 с возрастом у работников от 20 до 49 лет. У лиц, болевших COVID-19 более 22 дней, повышена физиологическая стоимость профессиональной нагрузки в виде более продолжительного нахождения в состоянии усталости, что следует рассматривать как важнейшую характеристику постковидного синдрома.

Ключевые слова: продолжительность заболевания COVID-19, возрастной фактор, продолжительность усталости, физиологическая стоимость работы.

Для цитирования: Сорокин Г.А., Чистяков Н.Д., Кирьянова М.Н. Длительность заболевания COVID-19 в разном возрасте и при разной профессиональной физиологической нагрузке работников промышленности и здравоохранения // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 5. С. 76–82. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-5-76-82

COVID-19 Duration in Industrial and Healthcare Workers of Different Age and with Varied Physiological Workload

Gennady A. Sorokin, Nikolay D. Chistyakov, Marina N. Kir'yanova

North-West Public Health Research Center, 4, 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

Summary

Introduction: Establishing age-specific human vulnerability to viral infections is one of the key issues in studying the age dynamics of human health and longevity.

Objective: To analyze relationships between the age and occupational physiological load of workers and the duration of COVID-19 infection.

Materials and methods: We have analyzed duration of the coronavirus disease 2019 in 2,831 cases registered among industrial and healthcare workers in 2021 to 2023 using SPSS 11.5. The duration (hours) of fatigue per working week was considered as a physiological cost of work.

Results: The mean duration of the disease in female and male industrial workers was 22.27 ± 1.52 days and 18.08 ± 0.67 , respectively. In healthcare, it was 22.37 ± 0.92 days in women and 21.15 ± 1.43 days in men. The link between age and COVID-19 duration was found only in workers aged 20 to 49 years; the annual increment in duration was 0.25 days in women and 0.20 days in men. The disease lasting for more than 22 days was associated with the increased duration of the state of fatigue. Concomitant diseases, such as arterial hypertension, obesity and diabetes, prolonged the course of COVID-19 infection by 1.3 to 6.4 days.

Conclusion: The findings showed increased COVID-19 duration in workers aged 20 to 49 years. Those who had been sick for more than 22 days had a higher physiological cost of occupational stress manifested by a longer state of fatigue, which should be considered as the most important symptom of post-COVID syndrome.

Keywords: COVID-19 duration, age, fatigue, physiological cost of work.

Cite as: Sorokin GA, Chistyakov ND, Kir'yanova MN. COVID-19 duration in industrial and healthcare workers of different age and with varied physiological workload. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(5):76–82. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-5-76-82

Введение. Актуальность рассматриваемой темы характеризует наличие в мире сотен научных учреждений, занимающихся исследованиями возрастной динамики здоровья человека и его долголетия¹ [1–5]. Центральной проблемой изучения возрастной динамики работоспособности и здоровья человека является определение его уязвимости к факторам среды обитания²: шуму [6], загрязнителям воздуха [7], неблагоприятному климату [8], электромагнитному излучению [9], токсическим веществам [10], а также к вирусным инфекциям. «Природный эксперимент» – всемирная эпидемия COVID-19 показала первостепенное значение этого фактора для здоровья всего населения и одновременно увеличила возможности углубленного исследования возрастной уязвимости человека к вирусным инфекциям [11]. Среди индивидуальных характеристик человека возраст является наиболее существенным и всеобщим параметром, который необходимо учитывать в первую очередь при изучении экологической уязвимости человека. Для обеспечения сохранения здоровья работников старших возрастов необходимо установление и использование закономерностей их уязвимости к факторам среды обитания. Возрастной популяционный риск исследуемого нарушения здоровья количественно характеризуется тремя взаимосвязанными показателями – повышением частоты изучаемого заболевания, увеличением его продолжительности и степени выраженности по мере увеличения возраста человека. В публикации [12], используя показатель «время удвоения» (doubling time, DT, лет), приводят данные о возрастной динамике риска смерти при различных заболеваниях. Для COVID-19 DT составляет 7 лет (для болезни Альцгеймера DT ≈ 3 года; для астмы DT ≈ 12 лет). Ранее в нашей публикации [11], посвященной возрастному аспекту частоты заболеваний COVID-19, установлено, что при средней и тяжелой степени заболевания возрастной тренд риска COVID-19 у врачей и медсестер составляет 0,23 % в год, а для работников промышленных предприятий – 0,14 % в год.

Группа ученых из ряда университетов и медицинских институтов установила, что ухудшение когнитивных функций через один год после тяжелого COVID-19 эквивалентно старению мозга за 20 лет [13].

Вопрос о росте продолжительности случаев COVID-19 с увеличением возраста и профессиональной нагрузки работников не изучен, что и было целью настоящей работы.

Материал публикации собран в ходе выполнения НИР «Прогнозирование возрастной динамики индивидуальных и популяционных рисков под воздействием производственных факторов» науч-

но-исследовательской программы Роспотребнадзора на 2021–2025 гг.

Материалы и методы. Анализировались данные медицинского осмотра работников предприятий промышленности (197 женщин и 1309 мужчин) и организаций здравоохранения (1115 женщин и 210 мужчин), проведенного согласно приказу Минздрава РФ от 28.01.2021 № 29н³. Использовались данные о наличии у работников заболеваний артериальной гипертензией, ожирением и диабетом, которые, как установлено [14], влияют на уязвимость человека к заболеванию COVID-19. Исследование одобрено на заседании ЛЭК ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» № 2021/30.4 от 16.03.2021. От участников исследования получено добровольное информированное согласие на участие в исследовании и обработке персональных данных.

У обследованных работников, болевших в 2021–2023 гг. COVID-19, характеристики заболевания COVID-19 и его длительность были установлены в специализированных медицинских учреждениях согласно утвержденным методическим рекомендациям⁴. Степень выраженности и продолжительность заболевания регистрировалась в выданной работнику справке.

В качестве физиологического эквивалента общей профессиональной физиологической нагрузки (ПФН) использовался показатель продолжительности (часов) состояния усталости за рабочую неделю (ЧУнед., час. [15]) – данные получены на основании анализа результатов стандартизированного медико-экологического опроса. Величина ЧУнед. рассчитывалась:

$$\text{ЧУ}_{\text{нед}} (\text{час.}) = \text{ПРН} (\text{час.}) \times K_{\text{cy}} \times K_{\text{чy}}, \quad (1)$$

где ПРН (час.) – фактическая продолжительность рабочей недели.

K_{cy} (час.) – коэффициент, учитывающий степень усталости: 0,53 – небольшая усталость; 1 – умеренная усталость; 1,63 – большая усталость.

$K_{\text{чy}}$ – коэффициент, учитывающий частоту усталости: $K_{\text{чy}} = 1$ при ежедневной усталости; 0,6 – частой усталости (2–3 раза в неделю); 0,3 – усталость иногда (несколько раз в месяц); 0,15 – редко.

Рассчитывались средние значения показателей и их статистическая ошибка ($M \pm m$). Для оценки результатов использовался порог уровня значимости $p < 0,05$. Рассчитывались показатели линейной регрессии. В качестве независимой переменной использовался возраст, зависимая – ДЗК. Определялись коэффициенты регрессии, 95 % доверительные интервалы, изменение R^2 и согласие модели. Статистическая значимость увеличения ДЗК у работников при наличии сопутствующих

¹ Институты в старении. Available at: <https://openlongevity.org/institutes>. (дата обращения: 12.02.2024).

² Гигиеническое нормирование факторов производственной среды и трудового процесса / Под ред. Н.Ф. Измерова и А.А. Каспарова. М.: Медицина, 1986. 239 с.

³ Приказ Минздрава России от 28.01.2021 № 29н «Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры».

⁴ Временные методические рекомендации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 17 (14.12.2022)».

заболеваний оценивалась по критерию знаков. Для статистической обработки данных использовалась программа SPSS 11.5.

Результаты. Из 2831 работника, прошедшего медосмотр, 1775 человек не болели COVID-19, 841 имел легкую форму заболевания, 176 и 39 человек имели соответственно умеренную и тяжелую форму заболевания. В 87 % случаев длительность заболевания COVID-19 (ДЗК) составила менее 31 дня; 6,9 и 3,6 % случаев имели длительность ДЗК 31–50 и 51–70 дней; в 1,1 % случаев ДЗК > 70 дней. Распределение длительности заболевания COVID-19 (ДЗК) имело вид: 18,3 % – длительность 4–12 дней; 26,8 % – 14 дней (две недели); 18,5 % – 15–21 день; 18,2 % – 22–37 дней; 8,2 % – более 37 дней.

Физиологическая профессиональная нагрузка, характеризующая продолжительностью состояния усталости в течение недели (ЧУнед.), находилась у всех обследованных работников в диапазоне 12–17 часов в неделю. У работников, не болевших COVID-19, ЧУнед. достоверно меньше, чем у болевших.

В табл. 1 представлены данные индивидуальной профессиональной физиологической нагрузки работников, не болевших и болевших COVID-19. Средний возраст в обследованных группах работников составил 43–44 года.

В табл. 2 помещены данные о длительности заболеваний COVID-19 (ДЗК) женщин и мужчин, работающих на предприятиях промышленности и здравоохранения.

Зависимость длительности заболевания COVID-19 от возраста характеризуется двумя особенностями. В диапазоне 20–49 лет с увеличением возраста ДЗК возрастает. Это возрастание аппроксимируется линейными регрессиями 2 и 3:

$$\text{женщины ДЗК (дни)} = 0,25 \times (B-20) + 15,81, \quad (2)$$

$$\text{мужчины ДЗК (дни)} = 0,20 \times (B-20) + 13,54, \quad (3)$$

где B (лет) возраст работников.

Статистически достоверная зависимость ДЗК от возраста работников (формулы 2 и 3) выявлена у работников только для диапазона возраста 20–49 лет. Согласно формулам 2 и 3 годовой прирост ДЗК составляет 0,25 дня у женщин и 0,20 дня у мужчин.

Статистические ошибки коэффициентов в регрессиях 1 и 2 составили 0,06 и 0,09. При увеличении возраста на 10 лет длительность заболевания COVID-19 возрастает у женщин на 1,1 дня, а у мужчин – на 1,5 дня. В диапазоне 50–70 лет длительность заболевания COVID-19, являясь высокой, варьирует в диапазоне 20–22 дня, но статистически достоверной положительной связи ДЗК с возрастом не установлено.

В целом для всего диапазона возраста 20–70 лет зависимость ДЗК аппроксимируется регрессией:

$$\text{ДЗК (дни)} = 0,054 \times (B-20) + 5,10 \quad (4)$$

Статистическая ошибка коэффициента в регрессии 3 составила 0,011.

В табл. 3 представлены данные о длительности заболеваний при различной тяжести COVID-19 среди работников, занятых в сфере промышленности и здравоохранения.

При легкой форме COVID-19 длительность заболевания работников промышленности и здравоохранения практически совпадает: 17,98 и 17,70 дня. При умеренной тяжести COVID-19 длительность заболевания работников здравоохранения несколько выше – 29,95 против 25,55 дня у промышленных работников, но эти различия статистически не достоверны.

Длительность заболеваний тяжелой формой COVID-19 у работников здравоохранения на 13,9 дня больше, чем у работников промышленности, однако эти различия также статистически не достоверны.

Данные табл. 4 и 5 показывают связь длительности заболеваний COVID-19 с профессиональной физиологической нагрузкой, оцениваемой по длительности нахождения работника в состоянии усталости в течение недели (ЧУ_{нед.}, час).

Таблица 1. Профессиональная физиологическая нагрузка у работников, не болевших и болевших COVID-19

Table 1. Occupational physiological load in workers who were/were not sick with COVID-19

Тяжесть COVID-19 / COVID-19 severity	Количество обследованных работников / Number of workers surveyed	Физиологическая нагрузка, ЧУ _{нед.} / Physiological load, hours of fatigue per week, $M \pm m$
Не болел / None	1775	12,21 ± 0,32
Легкая форма / Mild	841	14,13 ± 0,49
Среднетяжелая форма / Moderate	176	17,06 ± 1,40
Тяжелая форма / Severe	39	16,07 ± 1,40

Таблица 2. Длительность заболеваний COVID-19 у женщин и мужчин, работающих на предприятиях промышленности и здравоохранения

Table 2. Sex-specific COVID-19 duration in industrial and healthcare workers

Сфера деятельности / Field of activity	Пол / Sex	N	Возраст, лет / Age, years, $M \pm m$	ДЗК (дни) / COVID-19 duration (days), $M \pm m$
Промышленность / Industry	Женщины / Female	72	50,75 ± 1,50	22,27 ± 1,52
	Мужчины / Male	260	44,41 ± 0,74	18,08 ± 0,67
Здравоохранение / Healthcare	Женщины / Female	345	50,73 ± 0,70	22,37 ± 0,92
	Мужчины / Male	83	47,91 ± 1,35	21,15 ± 1,43

Примечание: N – количество работников, болевших COVID-19.

Note: N is the number of workers who were sick with COVID-19.

Таблица 3. Продолжительность заболеваний COVID-19 различной тяжести у работников промышленности и здравоохранения
Table 3. Severity-specific COVID-19 duration in industrial and healthcare workers

Сфера занятости / Field of activity	Тяжесть заболевания COVID-19 / COVID-19 severity					
	Легкая форма / Mild		Средней тяжести / Moderate		Тяжелая форма / Severe	
	N*	ДЗК (дни) / COVID-19 duration, days, M ± m	N*	ДЗК (дни) / COVID-19 duration, days, M ± m	N*	ДЗК (дни) / COVID-19 duration, days, M ± m
Промышленность / Industry	303	17,61 ± 0,57	29	25,55 ± 3,02	10	39,67 ± 6,14
Здравоохранение / Healthcare	351	17,98 ± 0,59	100	29,95 ± 1,72	24	53,57 ± 7,87
Всего / Total	654	17,70 ± 0,39	129	28,91 ± 1,50	34	49,40 ± 5,87

Примечание: N – количество работников, болевших COVID-19.

Note: N is the number of workers who were sick with COVID-19.

Видно, что у работников с профессиональной нагрузкой ЧУ_{нед.} от 2,37 до 14,25 часа в неделю ДЗК составляла 18,10–20,77 дня; статистически достоверных различий ДЗК не отмечалось. Однако у заболевших COVID-19 работников с высокой (ЧУ_{нед.} 35,81) профессиональной нагрузкой ДЗК была до-

стоверно увеличена (табл. 4). При профессиональной нагрузке, превышающий физиологически допустимый уровень (ЧУ_{нед.} ≥ 20 часов [15]), длительность заболевания COVID-19 увеличена на 15 % по сравнению с ДЗК работников с меньшей профессиональной нагрузкой (ЧУ_{нед.} < 20 часов, табл. 5).

В табл. 6 представлены результаты анализа влияния на ДЗК наличия у работников сопутствующих заболеваний (артериальная гипертензия, ожирение, диабет), которые в соответствии с концепцией P. Zimmermann и N. Curtis [14] увеличивают тяжесть COVID-19.

Статистическую достоверность увеличения ДЗК у работников при наличии артериальной гипертензии, ожирения и диабета можно оценить по критерию знаков [16]. Так, увеличение ДЗК при наличии у работника диабета наблюдается в 6 случаях из 6, что согласно критерию знаков указывает на 95 % достоверность этого явления. У работников с артериальной гипертензией, а также при ожирении увеличение ДЗК наблюдается в 6 случаях из 7, что свидетельствует о недостатке статистической достоверности явления (менее 95 %). Однако при

Таблица 4. Продолжительность заболеваний COVID-19 при различной профессиональной физиологической нагрузке (ЧУ_{нед.})
Table 4. COVID-19 duration in workers with various occupational physiological loads (hours of fatigue per week)

N	ЧУ _{нед.} / Fatigue, hrs per week	ДЗК (дни) / COVID-19 duration, days, M ± m
180	2,37	18,10 ± 0,77
208	5,51	19,36 ± 0,95
171	9,31	20,77 ± 0,105
229	14,25	19,62 ± 0,92
252	35,81	23,12 ± 1,12

Примечание: N – количество работников, болевших COVID-19.

Note: N is the number of workers who were sick with COVID-19.

Таблица 5. Продолжительность заболеваний COVID-19 при длительности состояния усталости (ЧУ_{нед.}) менее и более 20 часов в неделю**Table 5. COVID-19 duration in cases of fatigue lasting less/more than 20 hours per week**

ЧУ _{нед.} (час.) / Fatigue, hrs per week	N	Возраст, лет / Age, years, M ± m	ДЗК (дни) / COVID-19 duration, days, M ± m
< 20	762	45,86 ± 0,50	19,52 ± 0,48
≥ 20	278	43,74 ± 0,82	22,57 ± 1,03*

Примечание: N – количество работников, болевших COVID-19; * – статистически значимое (p < 0,05) повышение ДЗК при ЧУ_{нед.} ≥ 20 часов в неделю.

Notes: N is the number of workers who were sick with COVID-19; * a statistically significant increase in disease duration in cases of fatigue lasting ≥ 20 hours per week (p < 0.05).

Таблица 6. Продолжительность заболевания COVID-19 при артериальной гипертензии, ожирении и диабете
Table 6. COVID-19 duration in patients with hypertension, obesity and diabetes

Возраст, лет / Age, years	Сопутствующие хронические заболевания / Concomitant chronic diseases					
	Артериальная гипертензия / Hypertension		Ожирение / Obesity		Диабет / Diabetes	
	–	+	–	+	–	+
Продолжительность заболевания COVID-19 (дни, M ± m) / COVID-19 duration (days, M ± m)						
20–29	7,11 ± 0,77	8,33 ± 2,68	7,16 ± 0,80	9,13 ± 2,43	7,34 ± 0,77	12,00 ± 12,00
30–39	6,65 ± 0,45	9,00 ± 1,59	7,44 ± 0,49	7,38 ± 1,55	7,45 ± 0,47	9,00 ± 6,61
40–49	8,81 ± 0,66	9,81 ± 1,31	8,95 ± 0,68	10,38 ± 1,54	9,24 ± 0,63	9,75 ± 4,24
50–59	9,89 ± 0,85	9,52 ± 0,82	9,57 ± 0,72	10,36 ± 1,15	9,59 ± 0,61	13,92 ± 3,77
60–69	9,10 ± 1,21	10,23 ± 1,04	9,39 ± 0,88	10,67 ± 1,15	9,62 ± 0,82	11,23 ± 3,80
70–79	8,35 ± 2,18	9,62 ± 2,47	8,14 ± 1,26	10,80 ± 7,43	–	–

совместном рассмотрении случаев артериальной гипертензии и ожирения увеличение ДЗК наблюдается в 12 случаях из 14, что свидетельствует о статистической значимости этого явления.

Обобщая данные всех возрастных групп, можно заключить, что при наличии у работника артериальной гипертензии ДЗК = $9,7 \pm 0,5$ дня, у работников без гипертензии ДЗК = $8,0 \pm 0,3$ дня (значимость различий 95 %, $p < 0,05$). При диабете ДЗК составляет $11,1 \pm 1,8$ дня, без диабета – $8,8 \pm 0,2$ (менее 95 %). При ожирении ДЗК = $10,2 \pm 0,7$ дня, без ожирения – $8,5 \pm 0,3$ (значимость различий 95 %, $p < 0,05$). При наличии одного из указанных сопутствующих заболеваний ДЗК увеличивается на 1,3 дня, двух заболеваний – на 2,1 дня; трех – на 6,4 дня.

Как следует из табл. 7, в пяти возрастных группах работников, болевших COVID-19, возрастает длительность нахождения работников в состоянии усталости по сравнению с работниками, не болевшими COVID-19. В целом по всем возрастным группам работников, не болевших COVID-19, длительность состояния усталости составила $12,2 \pm 0,3$ часа в неделю, а у работников, болевших COVID-19, $14,7 \pm 0,5$ часа в неделю. Из приведенных данных следует, что достоверность увеличения продолжительности усталости у болевших COVID-19 в возрасте 20–39 лет и старше 70 лет составляет более 95 %.

Обсуждение. Физиологическую интерпретацию полученных данных о связи длительности заболевания COVID-19 с возрастом человека целесообразно проводить в свете концепции P. Zimmermann и N. Curtis о предполагаемых механизмах, способствующих возрастным различиям в тяжести COVID-19 [14]. У работающих людей факторы, которые подвергают их более высокому риску COVID-19 с увеличением возраста, связаны с увеличением опасности наличия коморбидных заболеваний – артериальной гипертензии, ожирения и диабета. Эти заболевания, с одной стороны, нарушают рецепторы ACE2 (angiotensin-converting enzyme 2), через которые в организм проникают вирусы инфекций, с другой стороны, повреждается эндотелий (возникает гиперкоагуляционное состояние). В обзоре [14] приводится анализ наиболее исследованных возрастных различий механизмов врожденного и приобретенного иммунитета к заболеванию COVID-19. У работников с диагнозами «гипертензия» и «ожирение» средние по всем возрастным группам ДЗК в 1,14 и 1,16 раза

больше, чем среди работников, не имеющих этих заболеваний (табл. 6). У работников с диабетом длительность заболевания превышает ДЗК в среднем в 1,3 раза по всем возрастным группам.

Статистически достоверная зависимость ДЗК от возраста работников выявлена у работников только для диапазона возраста 20–49 лет, годовой прирост ДЗК составляет 0,25 дня у женщин и 0,20 дня у мужчин. Эти значения ДЗК близки к ранее установленным значениям среднего годового увеличения длительности заболеваний работников – 0,18 дня за 1 год [16]. В возрасте работников свыше 50 лет установленные средние значения длительности заболеваний COVID-19 являются высокими – 20–23 дня, однако у этих работников статистически достоверной закономерности увеличения ДЗК не выявлено. Увеличение возрастной уязвимости человека к действию вирусной инфекции связано с ослаблением иммунной системы («старение иммунной системы») [17].

Ранее нами было установлено, что физиологическая «допустимая доза усталости» составляет 20–25 часов в неделю [18]. После заболевания COVID-19 возрастание продолжительности нахождения работников в состоянии усталости более 20 часов в неделю (табл. 4 и 5) указывает на предельное физиологическое напряжение работников в условиях постковидного падения их работоспособности. Последнее является одним из ключевых признаков постковидного синдрома [19–22]. В публикации [23] отмечается, что утомление и умственные расстройства являются наиболее общими и ослабляющими человека постковидными симптомами COVID-19.

Как следует из данных таблиц 2 и 3, частота заболеваемости COVID-19 мужчин и женщин, занятых в различных сферах деятельности – промышленности и здравоохранении, статистически достоверно не различается, хотя у работников здравоохранения наблюдались более частые случаи COVID-19 средней и тяжелой формы (табл. 3).

Выводы

1. Статистически достоверная зависимость длительности заболеваний COVID-19 от возраста выявлена только у работников в возрасте 20–49 лет, у которых годовой прирост длительности заболеваний COVID-19 составляет 0,25 дня у женщин и 0,20 дня у мужчин.

Таблица 7. Длительность нахождения в состоянии усталости работников, болевших и не болевших COVID-19
Table 7. Duration of being in a state of fatigue in workers who were/were not sick with COVID-19

Возраст, лет / Age, years	Не болевшие COVID-19 / Workers who were not sick with COVID-19		Болевшие COVID-19 / COVID-19 patients	
	N	ЧУ _{нед} (час.) / Fatigue, hrs per week	N	ЧУ _{нед} (час.) / Fatigue, hrs per week
20–29	148	$10,4 \pm 0,8$	88	$18,6 \pm 0,2^*$
30–39	451	$11,0 \pm 0,5$	230	$15,1 \pm 0,9^*$
40–49	392	$15,4 \pm 0,9$	223	$14,4 \pm 0,9$
50–59	382	$13,5 \pm 0,7$	239	$15,6 \pm 1,0$
60–69	268	$9,9 \pm 0,6$	154	$11,3 \pm 0,8$
70–79	61	$7,8 \pm 1,2$	44	$12,3 \pm 1,8^*$

Примечание: N – количество обследованных работников; * – значимые различия ЧУнед в возрастной группе работников ($p < 0,05$).

Notes: N, the number of workers surveyed; *significant differences in the hours of fatigue per week observed within the age group ($p < 0.05$).

2. У работников статистически достоверно увеличена продолжительность случая заболевания COVID-19, когда у них повышена продолжительность состояния усталости, более 20 часов в неделю.

3. После заболевания COVID-19 возрастает продолжительность нахождения работников в состоянии усталости, что указывает на повышение физиологического напряжения работников в условиях постковидного падения их работоспособности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельническая А.А., Мачехина Л.В., Ткачева О.Н. и др. RUSS-AGE: протокол исследования для создания российских калькуляторов биологического возраста // Российский журнал гериатрической медицины. 2023. Т. 16. № 4. С. 239–247. doi: 10.37586/2686-8636-4-2023-239-247
2. Barja G, Pamplona R. Introduction to special issue on 'physiological and evolutionary mechanisms of aging'. *Exp Gerontology*. 2023;184:112324. doi: 10.1016/j.exger.2023.112324
3. Steptoe A, Zaninotto P. Lower socioeconomic status and the acceleration of aging: An outcome-wide analysis. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2020;117(26):14911–14917. doi: 10.1073/pnas.1915741117
4. Lua CZB, Gao Y, Li J, et al. Influencing factors of healthy aging risk assessed using biomarkers: A life course perspective. *China CDC Wkly*. 2024;6(11):219–224. doi: 10.46234/ccdcw2024.044
5. Cao X, Ma C, Zheng Z, et al. Contribution of life course circumstances to the acceleration of phenotypic and functional aging: A retrospective study. *EClinicalMedicine*. 2022;51:101548. doi: 10.1016/j.eclinm.2022.101548
6. 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
7. Kan H, London SJ, Chen G, et al. Season, sex, age, and education as modifiers of the effects of outdoor air pollution on daily mortality in Shanghai, China: The Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA) Study. *Environ Health Perspect*. 2008;116(9):1183–1188. doi: 10.1289/ehp.10851
8. 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
9. 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.
10. Трахтенберг И.М., Поляков А.А. Очерки физиологии и гигиены труда пожилого человека. Киев: Издательский дом «Авиценна», 2007. 272 с.
11. 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: 10.35627/2219-5238/2023-31-5-78-84
12. Sasson I. Age and COVID-19 mortality: A comparison of Gompertz doubling time across countries and causes of death. *Demogr Res*. 2021;44:379–396. doi: 10.4054/DemRes.2021.44.16
13. Hampshire A, Trender W, Chamberlain S, et al. Cognitive deficits in people who have recovered from COVID-19. *EClinicalMedicine*. 2021;39:101044. doi: 10.1016/j.eclinm.2021.101044
14. Zimmermann P, Curtis N. Why does the severity of COVID-19 differ with age? Understanding the mechanisms

underlying the age gradient in outcome following SARS-CoV-2 infection. *Pediatr Infect Dis J*. 2022;41(2):e36–e45. doi: 10.1097/INF.0000000000003413

15. Сорокин Г.А. Работа, утомление и профессиональный риск. СПб.: Изд. Политехнического университета, 2016. 456 с.
16. Сорокин Г.А. Динамика ЗВУТ как показатель профессионального риска // Гигиена и санитария. 2007. № 4. С. 43–46.
17. Парахонский А.П. Старение иммунной системы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2011. № 6. С. 73–74.
18. Сорокин Г.А. Хронофизиологическое исследование профессионально обусловленной усталости // Физиология человека. 2008. № 6. С. 70–77.
19. Асфандиярова Н.С. Постковидный синдром // Клиническая медицина. 2021. № 99. С. 7–8. doi: 10.30629/0023-2149-2021-99-7-8-429-435
20. Montani D, Savale L, Noel N, et al. Post-acute COVID-19 syndrome. *Eur Respir Rev*. 2022;31(163):210185. doi: 10.1183/16000617.0185-2021
21. Davis HE, McCorkell L, Vogel JM, Topol EJ. Long COVID: Major findings, mechanisms and recommendations. *Nat Rev Microbiol*. 2023;21(3):133–146. doi: 10.1038/s41579-022-00846-2
22. Aiyegbusi OL, Hughes SE, Turner G, et al. Symptoms, complications and management of long COVID: A review. *J R Soc Med*. 2021;114(9):428–442. doi: 10.1177/01410768211032850
23. Ceban F, Ling S, Lui LMW, et al. Fatigue and cognitive impairment in Post-COVID-19 Syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Brain Behav Immun*. 2022;101:93–135. doi: 10.1016/j.bbi.2021.12.020

REFERENCES

1. Melnitskaia AA, Matchekhina LV, Tkacheva ON, et al. RUSS-AGE: Developed research protocol for the creation of Russian biological age calculators. *Rossiyskiy Zhurnal Geriatricheskoy Meditsiny*. 2023;4(16):239–247. (In Russ.) doi: 10.37586/2686-8636-4-2023-239-247
2. Barja G, Pamplona R. Introduction to special issue on 'physiological and evolutionary mechanisms of aging'. *Exp Gerontology*. 2023;184:112324. doi: 10.1016/j.exger.2023.112324
3. Steptoe A, Zaninotto P. Lower socioeconomic status and the acceleration of aging: An outcome-wide analysis. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2020;117(26):14911–14917. doi: 10.1073/pnas.1915741117
4. Lua CZB, Gao Y, Li J, et al. Influencing factors of healthy aging risk assessed using biomarkers: A life course perspective. *China CDC Wkly*. 2024;6(11):219–224. doi: 10.46234/ccdcw2024.044
5. Cao X, Ma C, Zheng Z, et al. Contribution of life course circumstances to the acceleration of phenotypic and functional aging: A retrospective study. *EClinicalMedicine*. 2022;51:101548. doi: 10.1016/j.eclinm.2022.101548
6. 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
7. Kan H, London SJ, Chen G, et al. Season, sex, age, and education as modifiers of the effects of outdoor air pollution on daily mortality in Shanghai, China: The Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA) Study. *Environ Health Perspect*. 2008;116(9):1183–1188. doi: 10.1289/ehp.10851
8. 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
9. 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.
10. Trakhtenberg IM, Polyakov AA. [Essays on Physiology and Occupational Health of the Elderly.] Kiev: "Avicenna" Publ.; 2007. (In Russ.)
 11. 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: 10.35627/2219-5238/2023-31-5-78-84
 12. Sasson I. Age and COVID-19 mortality: A comparison of Gompertz doubling time across countries and causes of death. *Demogr Res.* 2021;44:379-396. doi: 10.4054/DemRes.2021.44.16
 13. Hampshire A, Trender W, Chamberlain S, et al. Cognitive deficits in people who have recovered from COVID-19. *EClinicalMedicine.* 2021;39:101044. doi: 10.1016/j.eclinm.2021.101044
 14. Zimmermann P, Curtis N. Why does the severity of COVID-19 differ with age? Understanding the mechanisms underlying the age gradient in outcome following SARS-CoV-2 infection. *Pediatr Infect Dis J.* 2022;41(2):e36-e45. doi: 10.1097/INF.0000000000003413
 15. Sorokin GA. [Work, Fatigue and Occupational Risk.] St. Petersburg: Polytechnic University Publ.; 2016. (In Russ.)
 16. Sorokin GA. [Dynamics of sickness absence as an indicator of occupational risk.] *Hygiene and Sanitation.* 2007;4(4):43-46. (In Russ.)
 17. Parakhonsky AP. [Aging of the immune system.] *Mezhdunarodnyy Zhurnal Prikladnykh i Fundamental'nykh Issledovaniy.* 2011;6(1):73-74. (In Russ.)
 18. Sorokin GA. [Chronophysiological study of occupational fatigue.] *Fiziologiya Cheloveka.* 2008;34(6):70-77. (In Russ.)
 19. Asfandiyarova NS. Post-COVID-19 syndrome. *Klinicheskaya Meditsina.* 2021;99(7-8):429-435. (In Russ.) doi: 10.30629/0023-2149-2021-99-7-8-429-435
 20. Montani D, Savale L, Noel N, et al. Post-acute COVID-19 syndrome. *Eur Respir Rev.* 2022;31(163):210185. doi: 10.1183/16000617.0185-2021
 21. Davis HE, McCorkell L, Vogel JM, Topol EJ. Long COVID: Major findings, mechanisms and recommendations. *Nat Rev Microbiol.* 2023;21(3):133-146. doi: 10.1038/s41579-022-00846-2
 22. Aiyegbusi OL, Hughes SE, Turner G, et al. Symptoms, complications and management of long COVID: A review. *J R Soc Med.* 2021;114(9):428-442. doi: 10.1177/01410768211032850
 23. Ceban F, Ling S, Lui LMW, et al. Fatigue and cognitive impairment in Post-COVID-19 Syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Brain Behav Immun.* 2022;101:93-135. doi: 10.1016/j.bbi.2021.12.020

Сведения об авторах:

Сорокин Геннадий Александрович – д.б.н., ведущий научный сотрудник отдела гигиены; e-mail: sorgen50@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1297-5476>.

Чистяков Николай Дмитриевич – к.м.н., врач-дерматовенеролог медицинского центра; e-mail: ndvision@yandex.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1881-3432>.

✉ **Кириянова** Марина Николаевна – к.м.н., старший научный сотрудник отдела гигиены; e-mail: mm@ro.ru; ORCID: <http://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., Кириянова М.Н.; анализ полученных данных: Чистяков Н.Д.; редактирование материала: Кириянова М.Н.; обзор публикаций по теме статьи: Кириянова М.Н.; написание текста рукописи: Сорокин Г.А.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено на заседании ЛЭК ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» № 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: 28.03.24 / Принята к публикации: 08.05.24 / Опубликовано: 31.05.24

Author information:

Gennady A. Sorokin, Dr. Sci. (Biol.), Leading Researcher, Department of Hygiene; e-mail: sorgen50@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1297-5476>.

Nikolay D. Chistyakov, Cand. Sci. (Med.), Dermatovenereologist, Clinical Research Department; e-mail: ndvision@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1881-3432>.

✉ Marina N. Kir'yanova, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Department of Hygiene; e-mail: mm@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: Kir'yanova M.N.; bibliography compilation and referencing: Kir'yanova M.N.; draft manuscript preparation: Sorokin G.A. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Study approval was provided by the Ethics Committee of the North-West Public Health Research Center (protocol No. 2021/30.4 of March 16, 2021). Voluntary informed consent to personal data processing was obtained from the 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: March 28, 2024 / Accepted: May 8, 2024 / Published: May 31, 2024



Особенности эпидемического процесса сальмонеллезной инфекции среди жителей Санкт-Петербурга

Р.В. Кицбашвили¹, А.В. Любимова², Н.В. Сатосова², Д.В. Азаров², О.Я. Любимова³

¹ ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора,
Варшавское ш., д. 19а, г. Москва, 117105, Российская Федерация

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

³ ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет
имени академика И.П. Павлова», ул. Льва Толстого, д. 6-8, г. Санкт-Петербург, 197022, Российская Федерация

Резюме

Введение. В Санкт-Петербурге заболеваемость сальмонеллезом остается на одном из самых высоких уровней в Российской Федерации.

Цель исследования: выявить особенности эпидемического процесса сальмонеллеза среди жителей Санкт-Петербурга, в том числе среди амбулаторных пациентов.

Материалы и методы. Исследование проводилось с 2020 по 2023 год и состояло из ретроспективного эпидемиологического анализа по данным базы учета и регистрации инфекционных и паразитарных заболеваний ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербурге и Ленинградской области» за 2017–2021 гг., анализа амбулаторных карт пациентов, обратившихся за амбулаторной помощью в медицинский центр города Санкт-Петербурга в 2018–2019 годах. Выявление факторов риска проводилось в исследовании «случай – контроль»: случай ($N = 120$), контроль ($N = 146$). Для каждого фактора риска рассчитаны отношение шансов (OR), доверительные интервалы, уровень значимости (p), хи-квадрат.

Результаты. По данным ретроспективного анализа среднесуточный показатель кумулятивной инцидентности в 2017–2021 гг. составил $31,9 \pm 3$ на 100 тыс. населения, удельный вес *S. Enteritidis* – 87,5 %, госпитализировано 65 % пациентов с подтвержденным сальмонеллезом. Группой риска являются дети до 7 лет. Заболеваемость неорганизованных детей (198,0; 95 % ДИ 175,1–223,9) была выше, чем у организованных (122,2; 95 % ДИ 108,5–136,1). Сезонный подъем к у неорганизованных детей и взрослых начинался в летний период и заканчивался в ноябре, у организованных детей – только в августе-сентябре. В исследовании случай – контроль выявлено, что питание в образовательных организациях и на предприятиях общественного питания снижает риск заражения сальмонеллезом (OR = 0,57; 95 % ДИ 0,36–0,90; $p = 0,016$ и OR = 0,52; 95 % ДИ 0,32–0,86; $p = 0,016$ соответственно). Факторами риска инфицирования сальмонеллами явились «Наличие контакта с амфибиями, рептилиями» (OR = 6,85; 95 % ДИ 0,81–57,6; $p = 0,041$), «Наличие симптомов острой кишечной инфекции у членов семьи» (OR = 51,0; 95 % ДИ 6,88–378; $p = 0,001$).

Заключение. Высокая заболеваемость сальмонеллезом в Санкт-Петербурге, которая в основном представлена «спорадическими» случаями, требует совершенствования системы эпидемиологического надзора.

Ключевые слова: сальмонеллез, дети, факторы риска, помесечная динамика, пути передачи.

Для цитирования: Кицбашвили Р.В., Любимова А.В., Сатосова Н.В., Азаров Д.В., Любимова О.Я. Особенности эпидемического процесса сальмонеллезной инфекции среди жителей Санкт-Петербурга // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 5. С. 83–92. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-5-83-92

Characteristics of the Epidemic Process of Salmonella Infection among the Residents of Saint Petersburg

Ramaz V. Kitsbabashvili,¹ Anna V. Lubimova,² Nadezhda V. Satosova,² Daniil V. Azarov,² Olga Ya. Lubimova³

¹ Federal Center for Hygiene and Epidemiology, 19A Varshavskoe Avenue, Moscow, 117105, Russian Federation

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

³ First St. Petersburg State Medical University named after Academician I. P. Pavlov, 6-8 Lev Tolstoy Street, Saint Petersburg, 197022, Russian Federation

Summary

Introduction: The incidence of salmonellosis in St. Petersburg remains at one of the highest levels in the Russian Federation.

Objective: To establish features of the epidemic process of Salmonella infection among the residents of St. Petersburg, including those in outpatients.

Materials and methods: The study was conducted in the years 2020 to 2023 and consisted of a retrospective epidemiological analysis of data retrieved from the register of infectious and parasitic diseases kept by the Center for Hygiene and Epidemiology in the city of St. Petersburg and the Leningrad Region for 2017–2021 and from medical records of cases receiving outpatient care at a health center of St. Petersburg in 2018–2019. Risk factors were established in a case-control study with 120 cases and 142 controls. We calculated the odds ratio (OR), confidence intervals, significance level (p), and Chi-square for each risk factor.

Results: Our findings showed that the long-term incidence rate of salmonellosis in 2017–2021 was 31.9 ± 3 per 100,000 population, with most cases (87.5 %) induced by *S. Enteritidis* and 65 % of the confirmed cases hospitalized. The risk group included children under 7 years of age. The incidence in children not attending preschools/schools (198.0; 95 % CI: 175.1–223.9) was higher than in their organized peers (122.2; 95 % CI: 108.5–136.1). The seasonal rise in the former and adults started in summer and ended in November, while in the latter it was noted only in August and September. Results of the case-control study demonstrated that eating in school canteens and catering facilities reduced the risk of Salmonella infection (OR = 0.57; 95 % CI: 0.36–0.90; $p = 0.016$ and OR = 0.52; 95 % CI: 0.32–0.86; $p = 0.016$, respectively). Contacts with amphibians and/or reptiles (OR = 6.85; 95 % CI: 0.81–57.6; $p = 0.041$) and acute intestinal infection symptoms in family members (OR = 51.0; 95 % CI: 6.88–378; $p = 0.001$) were found to be the risk factors for salmonellosis.

Conclusion: High incidence of salmonellosis in St. Petersburg with the majority of sporadic cases requires improvement of the epidemiological surveillance system.

Keywords: salmonellosis, children, risk factors, monthly dynamics, transmission routes.

Cite as: Kitsbabashvili RV, Lubimova AV, Satosova NV, Azarov DV, Lubimova OYa. Characteristics of the epidemic process of Salmonella infection among the residents of Saint Petersburg. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(5):83–92. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-5-83-92

Введение. На коллегии Роспотребнадзора (5 декабря 2023 года) было отмечено, что сальмонеллез является одной из самых распространенных зоонозных бактериальных инфекций¹. В Российской Федерации, так же как и в странах Евросоюза, число случаев сальмонеллеза выросло в 2022 году после значительного снижения числа случаев в 2020 году на фоне пандемии COVID-19^{2,3}. В Санкт-Петербурге заболеваемость сальмонеллезом остается на одном из самых высоких уровней в Российской Федерации, в 2022 году она превышала показатель по Российской Федерации в 2,54 раза и составила 43,51 на 100 тыс. населения².

По данным референс-центра по мониторингу сальмонеллезов в 2022 году на основании данных опорных баз на долю трех основных серотипов (*Enteritidis*, *Typhimurium* и *Infantis*) приходилось 87,34 % от общего числа изолятов сальмонелл, выделенных от людей в учреждениях Роспотребнадзора. При этом на долю *S. Enteritidis* приходилось 77,98 % выделенных сальмонелл². Сальмонеллез, вызванный *S. Enteritidis*, явился следствием появления в конце 1960-х годов особого клона данного микроба, ассоциированного с птицей, который заполнил нишу, оставшуюся после элиминации специфических птичьих патогенов – *S. Pullorum* и *S. Gallinarum*. В исследовании Ф.Н. Шубина выявлено, что на птицефабриках циркулируют гетерогенные популяции *S. Enteritidis*, представленные типами микроба, выявляемыми у больных. Штаммы микроба с плазмидами типа 38:1,4 Mda, выделенные в 21 птицефабрике, доминировали среди изученных культур (на их долю пришлось 51,1 %), а его распространение на птицефабриках носит трансконтинентальный характер (в азиатской и европейской частях России). Также были обнаружены плазмидные типы микроба, ответственные за региональную заболеваемость населения [1].

Сальмонеллез сохраняет свою актуальность при формировании вспышечной заболеваемости и занимает третье место (после ОКИ вирусной этиологии) в структуре очагов кишечных инфекций. В 2022 г. в 22 субъектах страны было зарегистрировано 27 (в 2021 г. – 24) очагов групповой заболеваемости сальмонеллезом с общим количеством пострадавших 1204 (в 2021 г. – 659) человек². Только в одной вспышке серотип сальмонеллы был не определен, все остальные были обусловлены *S. Enteritidis*. В 2022 году в EpiPulse зарегистрировано 39 вспышек сальмонеллезной инфекции. Двадцать четыре вспышки произошли в нескольких странах, с их началом в двенадцати странах ЕС/ЕЭЗ (32 вспышки) и в двух странах, не входящих в ЕС (Великобритания и США) (семь вспышек). Большинство вспышек были вызваны *S. Enteritidis* (восемь), монофазным *S. Typhimurium* (семь) и *S. Typhimurium* (шесть)³. Однако и другие серовары сальмонелл приобретают все большее значение как возбудители вспышек. При этом в роли факторов передачи выступают не только продукты птицеводства (табл. 1).

Также в EpiPulse в 2022 году сообщалось о вспышках, вызванных *S. Ajioibo*, *S. Ball*, *S. Blockley*, *S. Pomona*, *S. Schwarzengrund*, *S. enterica* subsp. II (*salamae*), *S. Chester*³. Во всех этих вспышках факторами передачи были не продукты птицеводства. В исследовании, проведенном Калининой Ю.С. и соавт., также в качестве факторов передачи выявлены многие пищевые продукты: яйца (в том числе перепелиные) – 38,2 %, фрукты – 28,4 %; молочные продукты – 9,9 %; мясо куриное – 9,9 %; тушеные овощи – 7,4 %; рыба соленая, суши – 3,7 %; колбасные изделия – 2,5 % случаев [3].

Во всем мире группой риска являются дети раннего возраста (0–4 лет) – 81,5 случая на 100 000 населения, что в десять раз выше, чем у взрослых (25–64 года)³. При анализе заболеваемости на отдельных

Таблица 1. Многострановые вспышки сальмонеллеза, вызванного сероварами не *S. Enteritidis* в странах ЕС/ЕЭЗ в 2022 году

Table 1. Multi-country outbreaks of salmonellosis caused by non-*S. Enteritidis* serovars in EU/EEA countries in 2022

Возбудитель / Pathogen	Количество стран / Countries, n	Количество пострадавших / Cases, n	Фактор передачи / Transmission factor
<i>S. Typhimurium</i> ST34	17	455	Шоколад / Chocolate [2]
<i>S. Mbandaka</i> ST413	7	196	Готовые к употреблению куриные продукты и/или свежее куриное мясо / Ready-to-eat chicken products and/or fresh chicken meat ⁴
<i>S. Senftenberg</i> ST14	11	92	Помидоры черри / Cherry-like tomatoes ⁵
<i>S. Virchow</i> ST16	5	210	Куриный шашлык / Chicken kebab ⁶
<i>S. Agona</i>	3	100	Огурцы / Cucumbers ⁷

¹ https://www.rospotrebnadzor.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=26570

² Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году». <https://rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/b50/t4kqksh4b12a2iwnha29922vu7naki5/GD-SEB.pdf>

³ European Centre for Disease Prevention and Control. Salmonellosis. In: ECDC. Annual Epidemiological Report for 2022. Stockholm: ECDC; 2024.

⁴ European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC), European Food Safety Authority (EFSA), 2022. Multi-country outbreak of *Salmonella* Mbandaka ST413, possibly linked to consumption of chicken meat in the EU/EEA, Israel and the UK – 30 November 2022. <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/multi-country-outbreak-salmonella-mbandaka-st413possibly-linked-consumption>

⁵ European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC), European Food Safety Authority (EFSA), 2023. Multi-country outbreak of *Salmonella* Senftenberg ST14 infections, possibly linked to cherry-like tomatoes – 27 July 2023. <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/multi-country-outbreaksalmonella-senftenberg-st14-infections>

⁶ European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC), European Food Safety Authority (EFSA), 2023. Multi-country outbreak of *Salmonella* Virchow ST16 infections linked to the consumption of meat products containing chicken meat – 30 March 2023. <https://www.ecdc.europa.eu/en/publicationsdata/salmonella-virchow-st16-chicken-meat>

⁷ Food Safety News. Cucumbers linked to multi-country *Salmonella* outbreak. Food Safety News [Internet]. December 21, 2022 [cited 2023 December 4]. Cucumbers linked to multi-country *Salmonella* outbreak | Food Safety News.

территориях Российской Федерации показано, что группу наибольшего риска составляют дети от 0 до 2 лет [4]. Специалисты Всемирной организации здравоохранения объясняют это более высокой долей симптоматических инфекций среди детей раннего возраста, большей вероятностью того, что родители обращались за медицинской помощью в случае болезни, а также что врачи брали кал на посев. Однако это не объясняет путь инфицирования детей, так как основными факторами передачи являются недостаточно термически обработанные продукты птицеводства, а основными пищевыми продуктами для детей раннего возраста – грудное молоко или молочные смеси, прикормы, чаще промышленного производства. Кроме того, большинство случаев сальмонеллеза имеет спорадический характер, при которых чаще всего источник инфекции / фактор передачи остаются не выясненными, особенно когда пациенты лечатся амбулаторно.

Цель исследования: выявить особенности эпидемического процесса сальмонеллезной инфекции среди жителей Санкт-Петербурга, в частности среди лиц, обратившихся за амбулаторной помощью.

Материалы и методы. Исследование проводилось с 2020 по 2023 год и состояло из ретроспективного эпидемиологического анализа по данным базы учета и регистрации инфекционных и паразитарных заболеваний ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербурге и Ленинградской области» САУ «Инфекция» за период с января 2017 по декабрь 2021 года. Для описания проявлений эпидемического процесса использовались дескриптивные методы. Типовая сезонная кривая рассчитывалась по среднему количеству случаев сальмонеллеза для каждого месяца по данным за 5 лет. Ординарный уровень заболеваемости определялся как среднее значение за 6 месяцев с наименьшей заболеваемостью плюс среднеквадратичное отклонение.

Изучение особенностей эпидемического процесса сальмонеллеза среди пациентов, обратившихся за амбулаторной помощью, проводилось на базе лечебно-профилактической медицинской организации АНО «Медицинский центр XXI век», в которую за период с 2018 по 2019 год обратились 951 взрослый и 2631 ребенок с симптомами острой кишечной инфекции (рвота, диарея) или для обследования по контакту в семейных очагах сальмонеллезом, анализ проводился ретроспективно по данным амбулаторных карт. Пациенты были обследованы согласно нормативно-правовым актам^{8,9}. Посев

проб испражнений, выделение и идентификацию штаммов *Salmonella* spp. до серологического варианта проводили в соответствии с МУ 4.2.2723–10 «Лабораторная диагностика сальмонеллезом, обнаружение сальмонелл в пищевых продуктах и объектах окружающей среды» в лаборатории амбулаторной сети. Реидентификация серологического варианта проводилась в референс-лаборатории кишечных инфекций НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера.

Опрос родителей / доверенных лиц заболевших детей проводился по телефону в 2020–2023 годах с использованием специально разработанных анкет-опросников. Случаи отбирались из базы данных учета и регистрации инфекционных и паразитарных заболеваний ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербурге и Ленинградской области» посредством анализа регистрационных карточек. К группе «случаев» была подобрана контрольная группа, которая была сформирована случайным образом выгрузкой из той же базы данных по дате рождения и наличию номера телефона. В контрольную группу были включены лица, не болевшие острыми кишечными инфекциями за последние полгода по данным официальной регистрации (табл. 2).

В анкету-опросник были включены следующие вопросы: социальные факторы – посещение образовательных учреждений, питание в образовательном учреждении, предприятиях общественного питания; пищевой анамнез (в группе случаев – за 3 дня до появления симптомов заболевания, в контрольной группе – за 3 дня до опроса); наличие у членов семьи симптомов ОКИ (в группе случаев – за 7 дней до появления симптомов заболевания, в контрольной группе – за 7 дней до опроса); частота употребления продуктов: мясо птицы, свинина, говядина, фрукты, овощи; способ мытья фруктов и овощей; наличие и контакт с домашними животными; наличие хронических заболеваний; прием лекарственных препаратов (всего 29 вопросов). Для детей в возрасте до 1 года были включены еще 13 вопросов: условия проживания, приобретение продуктов в частных фермерских хозяйствах, способ вскармливания, употребление прикормов, срок гестации при рождении ребенка, госпитализация ребенка в анамнезе, прием антибиотиков ребенком, прием антибиотиков и гормональных препаратов матерью во время беременности. Для каждого фактора были рассчитаны отношение шансов (Odds Ratio – OR), доверительные интервалы (95 % ДИ), уровень значимости (p), различия считались значимыми при $p < 0,05$, хи-квадрат. Расчет

Таблица 2. Количество опрошенных/доверенных лиц, по возрастным группам

Table 2. Age distribution of the study participants

Возрастная группа, лет / Age group, years	Случай / Case	Контроль / Control	Всего / Total
< 1	20	21	41
1 – 2	18	21	39
3 – 6	65	71	136
7 – 17	17	33	50
Всего / Total	120	146	266

⁸ СП 3.1.1.3108–13 «Профилактика острых кишечных инфекций».

⁹ Постановление № 7 от 22.09.2014 Главного государственного санитарного врача по г. Санкт-Петербургу.

статистических показателей проводился с помощью Microsoft Excel 2019 и EpiInfo. От всех опрошенных/доверенных лиц было получено информированное добровольное согласие на участие в исследовании и обработку персональных данных. Организация и проведение исследования одобрены локальным этическим комитетом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (протокол № 4 от 12.04.2023).

Результаты. Среди жителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области было зарегистрировано 8500 лабораторно-подтвержденных случаев сальмонеллеза с января 2017 по декабрь 2021 года. Средний возраст заболевших составил $22,2 \pm 0,2$ года. Лица мужского и женского пола болели с сопоставимой частотой – соотношение М:Ж – 1:0,9. Среднемноголетний показатель (СМП) кумулятивной инцидентности в 2017–2021 годах составил $31,9 \pm 3$ на 100 тыс. населения.

Наименьший показатель заболеваемости наблюдался в 2020 году (21,6 на 100 тыс. населения), что, вероятно, связано с ограничительными мероприятиями в период пандемии COVID-19.

В среднем 87,5 % заболеваний сальмонеллезом были обусловлены *S. Enteritidis*.

Выявлены значительные различия в интенсивности эпидемического процесса сальмонеллеза, вызванного *S. Enteritidis* и другими сероварами, в разных возрастных группах (рис. 1). В период пандемии COVID-19 снижение показателя кумулятивной инцидентности сальмонеллеза произошло за счет снижения частоты сальмонеллеза, обусловленного *S. Enteritidis* во всех возрастных группах, однако статистически значимое снижение не наблюдалось среди детей в возрасте от 0 до 2 лет. Интенсивность эпидемического процесса, вызванного как *S. Enteritidis*, так и другими сероварами в этой возрастной группе, была идентичной в разные годы, тогда как для других возрастных групп такой закономерности не наблюдалось. В 2021 году произошел рост заболеваемости

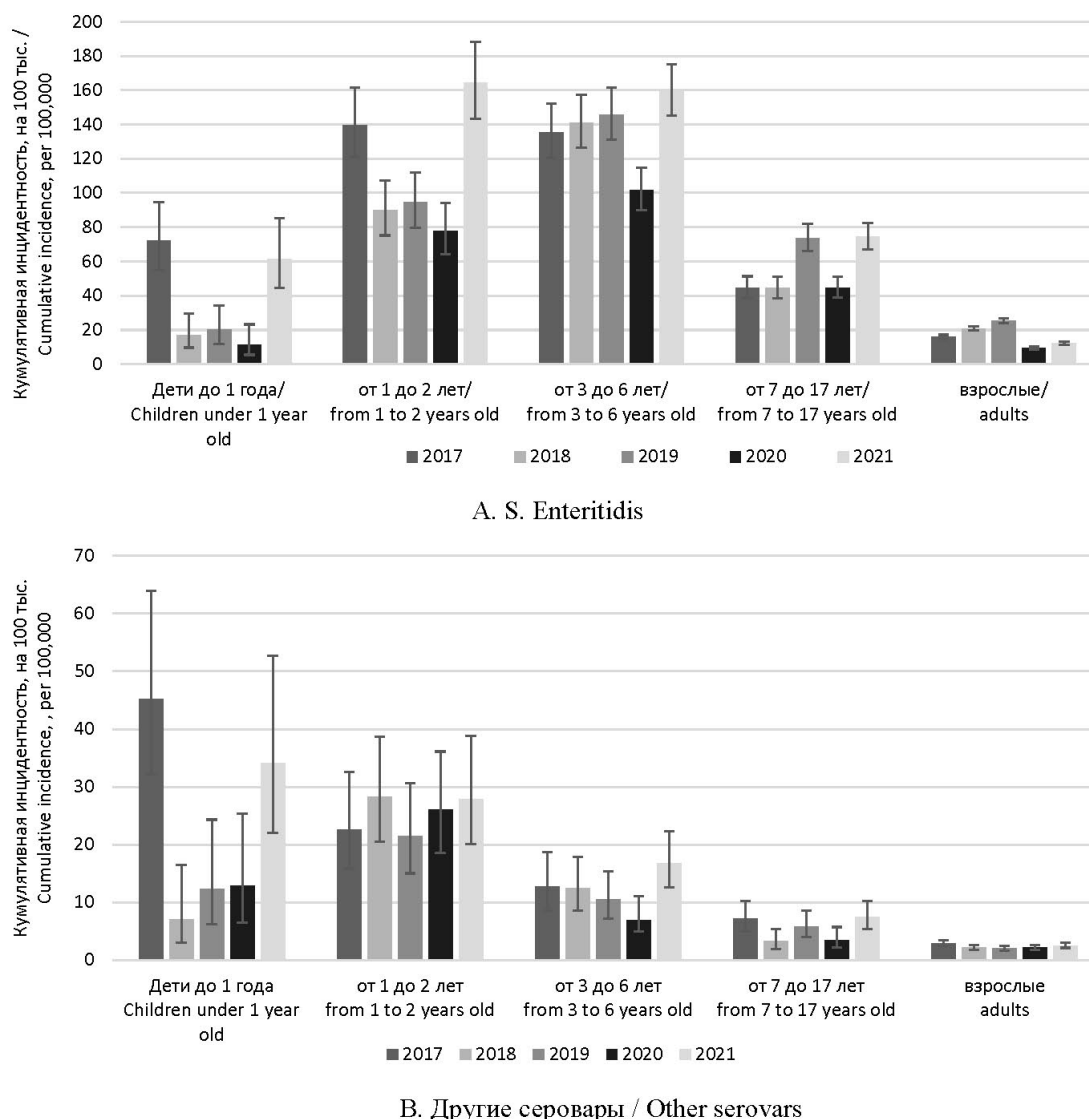


Рис. 1. Кумулятивная инцидентность сальмонеллезной инфекции (с 95 % ДИ) в 2017–2021 гг. по возрастным группам
Fig. 1. Cumulative incidence of Salmonella infection (with a 95% CI) in 2017–2021 by age group

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-5-83-92>
Original Research Article

сальмонеллезом, обусловленным *S. Enteritidis*, во всех возрастных группах и, наоборот, снижение интенсивности эпидемического процесса сальмонеллеза, вызванного другими сероварами, за исключением детей до года детей от 3 до 6 лет.

Сезонность была идентичной для сальмонеллеза, вызванного сероваром *S. Enteritidis* и другими сероварами, с началом подъема заболеваемости в апреле – мае и спадом в ноябре. Однако выявлены отличия в сезонности для организованных и неорганизованных детей. Если сезонный подъем для неорганизованных детей начинался в летний период и заканчивался в ноябре, то для организованных детей наблюдались увеличение заболеваемости в августе – сентябре (рис. 2, 3). При этом заболеваемость сальмонеллезом среди неорганизованных детей была выше, чем среди организованных – СМП 198 (95 % ДИ 175,1–223,9) и 122,2 (95 % ДИ 108,5–136,1) на 100 тысяч соответственно.

За период 2017–2021 гг. было госпитализировано 65 % пациентов с подтвержденным сальмонеллезом, при этом наблюдается рост удельного веса пациентов, получающих амбулаторную помощь (рис. 4).

Был проведен анализ проявлений эпидемического процесса сальмонеллеза, выявленного у пациентов, обратившихся за амбулаторной помощью. Сальмонеллез лабораторно был подтвержден у 5,58 % на 100 обратившихся. Другие бактериальные возбудители в этиологической структуре

острых кишечных инфекций (ОКИ) составили 0,67 на 100 обратившихся, а вирусной этиологии – 21,75 на 100 обратившихся за амбулаторной помощью.

S. Enteritidis был лидирующим сероваром, удельный вес его выявления составил 83 %, *S. Typhimurium* – 7,5 %, *S. Infantis* – 1,5 %, других сероваров – 8 %. В целом по Санкт-Петербургу в этих годах удельный вес этих сероваров был 78,9; 3,4; 1,3 и 16,5 % соответственно. В отдельных возрастных группах также преобладал серовар *S. Enteritidis* (рис. 4). Однако в меньшей степени он был представлен у детей 0–2 года (62 %), у которых, в отличие от других возрастных групп, сальмонеллез был вызван 12 сероварами сальмонелл. По данным ретроспективного анализа удельный вес *S. Enteritidis* у детей в возрастной группе от 0 до 2 лет составил 67,5 %, тогда как в других возрастных группах – 81,3 %.

По данным ретроспективного анализа в этой возрастной группе выявлены различия в сезонности сальмонеллеза, вызванного *S. Enteritidis* и другими сероварами. Для сальмонеллеза, вызванного *S. Enteritidis*, наблюдался характерный сезонный подъем с апреля по ноябрь, тогда как для сальмонеллеза, вызванного другими сероварами, наблюдался незначительный подъем заболеваемости в этот же период времени с тремя характерными пиками: февраль – март, июнь – июль, сентябрь – октябрь с последующим снижением в ноябре и подъемам в декабре (рис. 5). Это может быть связано

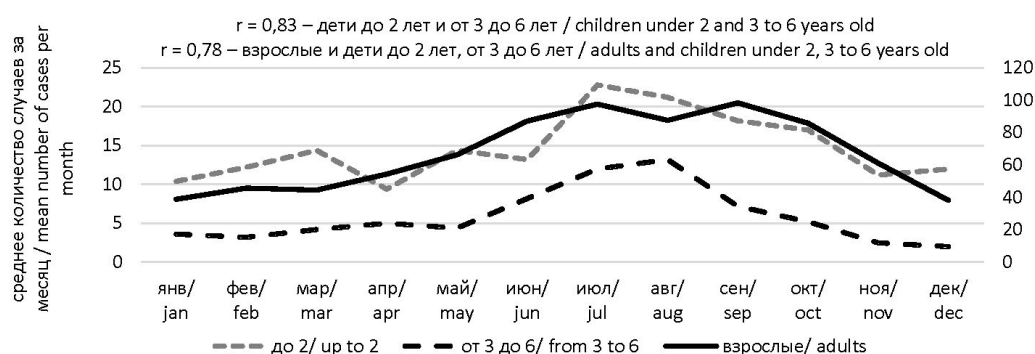


Рис. 2. Типовые сезонные кривые сальмонеллеза у взрослых и неорганизованных детей в возрастных группах 0–2 и 3–6 лет

Fig. 2. Typical seasonal curves for salmonellosis in adults and children aged 0–2 and 3–6 years not attending preschools

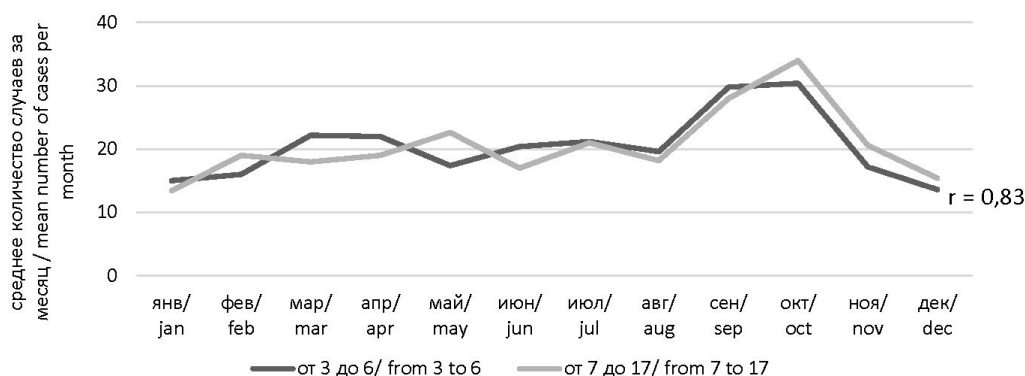


Рис. 3. Типовые сезонные кривые сальмонеллеза организованных детей в возрастных группах 3–6 лет и 7–17 лет

Fig. 3. Typical seasonal curves for salmonellosis in children attending preschools and schools (aged 3–6 years and 7–17 years, respectively)

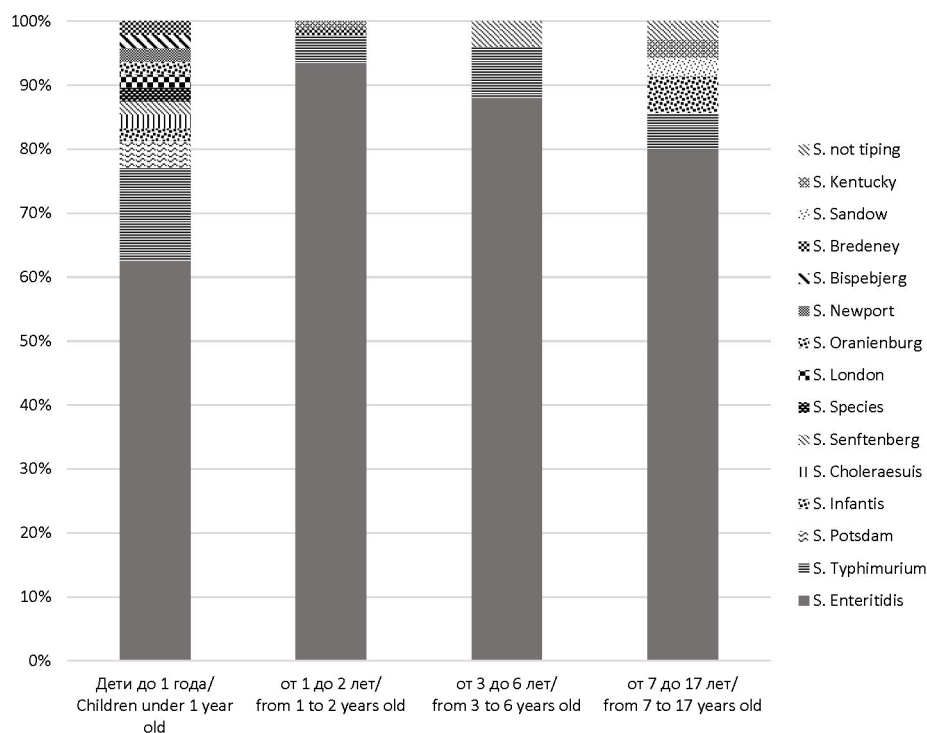


Рис. 4. Структура сальмонеллеза по сероварам в разных возрастных группах пациентов, обратившихся за амбулаторной помощью

Fig. 4. Distribution of salmonellosis by serovars in different age groups of pediatric outpatients

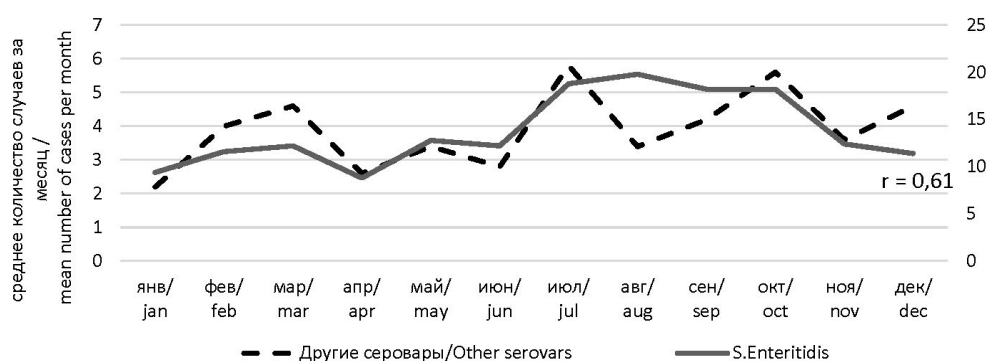


Рис. 5. Типовая сезонная кривая сальмонеллеза, вызванного *S. Enteritidis* и другими сероварами, у детей от 0 до 2 лет

Fig. 5. Typical seasonal curves for salmonellosis caused by *S. Enteritidis* and other serovars in children aged 0 to 2 years

с различиями в основных путях передачи для *S. Enteritidis* и других сероваров сальмонелл.

Для выявления факторов риска сальмонеллеза, вызванного *S. Enteritidis* и другими сероварами, было проведено исследование случай – контроль. В группу случаев были включены 20 детей в возрасте от 3 до 14 месяцев. У 11 был подтвержден сальмонеллез, вызванный *S. Enteritidis*, и у 9 – сальмонеллез, вызванный другими сероварами сальмонелл (*S. Dahlem* – 1, *S. Heidelberg* – 1, *S. Infantis* – 1, *S. Muenster* – 1, *S. Norton* – 1, *Salmonella spp.* – 4). При анкетировании 9 из 11 (81,8 %) родителей заболевших сальмонеллезом детей, вызванным *S. Enteritidis*, отметили, что в течение 7 дней до заболевания ребенка среди членов семьи наблюдались симптомы острой кишечной инфекции (тошнота, рвота, диарея), тогда как только 1 из родителей

детей с сальмонеллезом, вызванным другими сероварами, отметил этот фактор ($p = 0,04$). По результатам опроса родственников детей раннего возраста, заболевших сальмонеллезом, вызванным другими сероварами, в трех случаях родственники признались, что во время приготовления пищи (разделка сырого мяса, приготовление яичницы), не помыв руки, давали какие-либо пищевые продукты ребенку. В одном случае имел место контакт с членом семьи с симптомами ОКИ, в 6 случаях дети ели детское питание промышленного производства в течение 3 дней до появления симптомов, в шести случаях имелся контакт домашними животными, в том числе с черепахой (табл. 3).

Таким образом, можно предположить, что при инфицировании *S. Enteritidis* детей раннего возраста источником инфекции является больной человек из

Таблица 3. Результаты опроса родственников детей раннего возраста, заболевших сальмонеллезом, вызванным другими сероварами**Table 3. Results of interviewing relatives of the babies with salmonellosis caused by other serovars**

Возраст (месяцев) / Age (months)	Сколько человек проживает в одной квартире? / How many people live in the apartment?	Первичный диагноз / Primary diagnosis	Возбудитель / Pathogen	Перечислите, какие продукты ел ребенок за три дня до заболевания? / What foods did the baby eat three days before the disease onset?	Контакт в семье / Family contact	У вас есть домашнее животное? / Have you got a pet?	По вашему мнению, что стало причиной заболевания ребенка? / In your opinion, what was the cause of the baby's disease?
3	3	Гастроэнтерит / Gastroenteritis	S. dahlem	Грудное молоко / Breast milk	Да / Yes	Нет / No	Несоблюдение гигиены рук / Poor hand hygiene
13	5	COVID-19	S. heidelberg + ротавирус / rotavirus	Детское питание промышленного производства, творог, омлет / Commercially produced baby food, cottage cheese, omelet	Нет / No	Нет / No	Не знает / No idea
2	3	Гастроэнтерит / Gastroenteritis	S. infantis	Грудное молоко / Breast milk	Нет / No	Собака / Dog	Не знает / No idea
12	5	Дисфункция кишечника / Bowel dysfunction	S. muenster	Грудное молоко, детское питание промышленного производства / Breast milk, commercially produced baby food	Нет / No	Черепаха / Turtle	Не знает / No idea
6	2	Гастроэнтерит / Gastroenteritis	S. norton	Грудное молоко, детское питание промышленного производства, банан, яблоко / Breast milk, commercially produced baby food, banana, apple	Нет / No	Кошка / Cat	Несоблюдение гигиены рук / Poor hand hygiene
9	3	Гастроэнтерит / Gastroenteritis	Salmonella spp. не тип. / atypical	Детское питание промышленного производства, куриные котлеты / Commercially produced baby food, chicken cutlets	Нет / No	Нет / No	Котлета куриная на пару / Steamed chicken cutlet
8	5	Гастроэнтерит / Gastroenteritis	Salmonella spp. не тип. / atypical	Детское питание промышленного производства / Commercially produced baby food	Нет / No	Кошка / Cat	Несоблюдение гигиены рук / Poor hand hygiene
8	3	Гастроэнтерит / Gastroenteritis	Salmonella spp. не тип. / atypical	Детское питание промышленного производства, перепелиные яйца / Commercially produced baby food, quail eggs	Нет / No	Кошка / Cat	Перепелиные яйца / Quail eggs
13	4	Гастроэнтерит / Gastroenteritis	Salmonella gp E. не тип. / serogroup E, atypical	Овощи, творог, каша на козьем молоке / Vegetables, cottage cheese, goat milk porridge	Нет / No	Нет / No	Каша на козьем молоке / Goat milk porridge

совместно проживающих с ребенком членов семьи с реализацией контактно-бытового пути передачи. Инфицирование другими сероварами сальмонелл также происходит контактно-бытовым путем с неустановленным фактором передачи.

Обсуждение. Несмотря на более высокую заболеваемость в Санкт-Петербурге, чем в целом по Российской Федерации, общие закономерности эпидемического процесса сальмонеллеза имеют классический характер. Большинство случаев сальмонеллеза обусловлены сероваром *S. Enteritidis*. Сезонный подъем заболеваемости начинается в апреле, достигает максимума в июле – сентябре и со спадом в октябре. Такая же внутригодовая динамика сальмонеллеза характерна для всего европейского региона. Одной из причин сезонного подъема может быть повышение температуры в весенне-летний период времени. В исследованиях, проведенных в разных странах, было установлено, что количество случаев сальмонеллеза увеличивается на 3,4–6,2 % с повышением среднемесячной температуры на 1 °C [5–7]. Группой риска являются дети от 1 года до 7 лет. Однако в эпидемический

процесс активно вовлекаются и дети до 1 года. Выявлена корреляция между внутригодовой динамикой сальмонеллеза у взрослых и неорганизованных детей. Возможной причиной может являться употребление в домашних условиях общего контактированного продукта. В пользу этой гипотезы свидетельствует то, что фактором, снижающими риск заражения сальмонеллами, явилось преимущественное питание в школе и детском саду, что неудивительно, так как контроль за качеством пищевых продуктов и приготовлением пищи в детских учреждениях находится на более высоком уровне по сравнению с домашними условиями. Несмотря на то что организованные дети традиционно считаются группой риска заражения ОКИ, нами была выявлена обратная зависимость – заболеваемость среди неорганизованных детей была достоверно выше. Кроме того, сезонность сальмонеллеза у организованных детей не совпадала с сезонностью сальмонеллеза у взрослых и неорганизованных детей. В исследовании «случай – контроль» нами было выявлено, что в семьях, где были «спорадические» случаи сальмонеллеза в 12 % у других

членов семьи имелись симптомы ОКИ, что может свидетельствовать как о контактно-бытовом, так и о пищевом пути передачи инфекции. По данным Роспотребнадзора несоответствие проб пищевой продукции гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям от числа проведенных исследований в 2022 году составило в 3,09 %. Это означает, что каждый 32-й покупаемый продукт может оказаться загрязненным².

Наличие члена семьи с симптомами ОКИ также может свидетельствовать о контактно-бытовой передаче сальмонеллеза между членами семьи, которая была описана и в других исследованиях, проведенных в разных странах [8–12]. Также была найдена связь между распространением сальмонеллы на объектах внешней среды дома и заражением младенцев и детей [13]. При реализации контактно-бытового пути передачи может происходить передача возбудителя через пищевые продукты, которые были загрязнены в «домашних условиях» [14–16]. Источниками инфекции могут служить как невыявленные случаи среди окружающих заболевших (носители или случаи инфекции в легкой форме, которые не обращались за медицинской помощью), а также домашние животные, такие как кошки и собаки, рептилии [17–23]. Передача может осуществляться от лиц, ухаживающих за детьми, при несоблюдении гигиены рук, через контаминацию пищевых продуктов, особенно при их повторном использовании (хранении остатков после вскрытия упаковки). Возбудитель может попадать с домашней одежды и с пылью. Важным фактором является несоблюдение гигиены рук при контакте с ребенком во время приготовления пищи, этот фактор для спорадической заболеваемости отметили и другие исследователи [24]. Особенно это актуально для детей раннего возраста, которые обладают большей восприимчивостью к сальмонеллезной инфекции. Эпидемиологическими особенностями сальмонеллеза в этой возрастной группе являются: вовлечение в эпидемический процесс сальмонелл редких сероваров, при этом наблюдаются единичные «спорадические» случаи инфекции, идентичность многолетней динамики у детей до года сальмонеллеза, вызванного *S. Enteritidis* и другими сероварами, отсутствие выраженной сезонности сальмонеллеза, вызванного сероварами не *S. Enteritidis*. По-видимому, это связано с множественными факторами передачи данных сероваров и различиями в индивидуальной восприимчивости среди детей.

Заключение. Высокая заболеваемость сальмонеллезом в Санкт-Петербурге, которая в большинстве случаев представлена «спорадическими» случаями, требует совершенствования системы эпидемиологического надзора за этой инфекцией, а именно эпидемиологического расследования семейных очагов и спорадических случаев заболевания среди неорганизованных детей до двух лет с бактериологическим исследованием продуктов, которые ел ребенок последние три дня, и бактериологическим обследованием взрослых, проживающих совместно с заболевшими, с целью установления источников инфекции для данной когорты детей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шубин Ф.Н. Зоонозный сальмонеллез в России: основные аспекты проблемы // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2015. Т. 14. № 5. С. 28–30. doi: 10.31631/2073-3046-2015-14-1-28-30
2. Larkin L, Pardos de la Gandara M, Hoban A, et al. Investigation of an international outbreak of multidrug-resistant monophasic *Salmonella* Typhimurium associated with chocolate products, EU/EEA and United Kingdom, February to April 2022. *Euro Surveill.* 2022;27(15):2200314. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2022.27.15.2200314
3. Тихонова Е.П., Кузьмина Т.Ю., Миноранская Н.С. и др. Сальмонеллез у взрослых: клиника-эпидемиологические особенности, оптимизация терапии // Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение. 2020. Т. 9. № 4. С. 98–102. doi: 10.33029/2305-3496-2020-9-4-98-102
4. Рожнова С.Ш., Акулова Н.К., Христюхина О.А. Этиологическая структура сальмонеллезов у детей раннего возраста // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2015. Т. 14. № 5. С. 56–58.
5. Davis BPF, Amin J, Graham PL, Beggs PJ. Climate variability and change are drivers of salmonellosis in Australia: 1991 to 2019. *Sci Total Environ.* 2022;843:156980. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.156980
6. Kynčl J, Špačková M, Fialová A, Kyselý J, Malý M. Influence of air temperature and implemented veterinary measures on the incidence of human salmonellosis in the Czech Republic during 1998–2017. *BMC Public Health.* 2021;21(1):55. doi: 10.1186/s12889-020-10122-8
7. Aik J, Heywood AE, Newall AT, Ng LC, Kirk MD, Turner R. Climate variability and salmonellosis in Singapore – A time series analysis. *Sci Total Environ.* 2018;639:1261–1267. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.05.254
8. Мартынова А.А. Клинико-эпидемиологическая характеристика сальмонеллезов у детей первого года жизни г. Минска в 2013–2015 гг. Сборник материалов конференции студентов и молодых ученых, посвященной 100-летию со дня рождения А.З. Нечипоренко. 2016. С. 180–181.
9. Vilca LM, Bartolomé R, de Arquer M, Alberio I, Ribes C, Campins-Martí M. Mother as a vector of *Salmonella* enterica serotype Newport outbreak in a neonatal unit. *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 2015;33(8):536–538. doi: 10.1016/j.eimc.2014.10.012
10. Chen CJ, Wu FT, Hsiung CA, et al. Risk factors for salmonella gastroenteritis in children less than five years of age in Taiwan. *Pediatr Infect Dis J.* 2012;31(12):e239–e243. doi: 10.1097/INF.0b013e31826ff592
11. Delarocque-Astagneau E, Desenclos JC, Bouvet P, Grimont PA. Risk factors for the occurrence of sporadic *Salmonella* enterica serotype enteritidis infections in children in France: A national case-control study. *Epidemiol Infect.* 1998;121(3):561–567. doi: 10.1017/s0950268898001460
12. Delarocque-Astagneau E, Bouillant C, Vaillant V, Bouvet P, Grimont PA, Desenclos JC. Risk factors for the occurrence of sporadic *Salmonella* enterica serotype typhimurium infections in children in France: A national case-control study. *Clin Infect Dis.* 2000;31(2):488–492. doi: 10.1086/313990
13. Schutze GE, Sikes JD, Stefanova R, Cave MD. The home environment and salmonellosis in children. *Pediatrics.* 1999;103(1):E1. doi: 10.1542/peds.103.1.e1
14. Williams S, Markey P, Harlock M, Binns P, Gaggin J, Patel M. Individual and household-level risk factors for sporadic salmonellosis in children. *J Infect.* 2016;72(1):36–44. doi: 10.1016/j.jinf.2015.09.014
15. Middleton D, Savage R, Tighe MK, et al. Risk factors for sporadic domestically acquired *Salmonella* serovar

- enteritidis infections: A case-control study in Ontario, Canada, 2011. *Epidemiol Infect.* 2014;142(7):1411-1421. doi: 10.1017/S0950268813001945
16. Thomson RM, Henderson HJ, Smith-Palmer A. An outbreak of Salmonella Saintpaul in a Scottish childcare facility: The influence of parental under-reporting. *BMC Infect Dis.* 2019;19(1):847. doi: 10.1186/s12879-019-4516-z
 17. Vilca LM, Bartolomé R, de Arquer M, Albero I, Ribes C, Campins-Martí M. Mother as a vector of Salmonella enterica serotype Newport outbreak in a neonatal unit. *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 2015;33(8):536-538. doi: 10.1016/j.eimc.2014.10.012
 18. Van Immerseel F, Pasmans F, De Buck J, et al. Cats as a risk for transmission of antimicrobial drug-resistant Salmonella. *Emerg Infect Dis.* 2004;10(12):2169-2174. doi: 10.3201/eid1012.040904
 19. Elnageh HR, Hiblu M, Abbassi MS, Abouzeed YM, Ahmed MO. Prevalence and antimicrobial resistance of Salmonella serotypes isolated from cats and dogs in Tripoli, Libya. *Vet Ital.* 2021;57(2):10.12834/VetIt.1998.10744.4. doi: 10.12834/VetIt.1998.10744.4
 20. Wei L, Yang C, Shao W, et al. Prevalence and drug resistance of Salmonella in dogs and cats in Xuzhou, China. *J Vet Res.* 2020;64(2):263-268. doi: 10.2478/jvetres-2020-0032
 21. Yang C, Shao W, Wei L, Chen L, Zhu A, Pan Z. Subtyping Salmonella isolated from pet dogs with multilocus sequence typing (MLST) and clustered regularly interspaced short palindromic repeats (CRISPRs). *AMB Express.* 2021;11(1):60. doi: 10.1186/s13568-021-01221-9
 22. Shimi A, Barin A. Salmonella in cats. *J Comp Pathol.* 1977;87(2):315-318. doi: 10.1016/0021-9975(77)90020-2
 23. Waltenburg MA, Perez A, Salah Z, et al. Multistate reptile- and amphibian-associated salmonellosis outbreaks in humans, United States, 2009–2018. *Zoonoses Public Health.* 2022;69(8):925-937. doi: 10.1111/zph.12990
 24. EFSA BIOHAZ Panel (EFSA Panel on Biological Hazards), Koutsoumanis K, Allende A, Alvarez-Ordóñez A, et al. Scientific opinion on the Salmonella control in poultry flocks and its public health impact. *EFSA J.* 2019;17(2):5596. doi: 10.2903/j.efsa.2019.5596
- ### REFERENCES
1. Shubin FN. Zoonotic salmonellosis in Russia: Key points. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika.* 2015;14(1):28-30. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2015-14-1-28-30
 2. Larkin L, Pardos de la Gandara M, Hoban A, et al. Investigation of an international outbreak of multidrug-resistant monophasic Salmonella Typhimurium associated with chocolate products, EU/EEA and United Kingdom, February to April 2022. *Euro Surveill.* 2022;27(15):2200314. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2022.27.15.2200314
 3. Tikhonova EP, Kuzmina TYu, Minoranskaya NS, et al. Salmonella in adults: Clinical and epidemiological features, optimization of therapy. *Infektsionnye Bolezni: Novosti, Mneniya, Obuchenie.* 2020;9(4):98–102. (In Russ.) doi: 10.33029/2305-3496-2020-9-4-98-102
 4. Rozhnova SSh, Akulova NK, Khristyukhina OA. Etiological structure salmonellosis in toddlers. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika.* 2015;14(1):56-58. (In Russ.)
 5. Davis BPF, Amin J, Graham PL, Beggs PJ. Climate variability and change are drivers of salmonellosis in Australia: 1991 to 2019. *Sci Total Environ.* 2022;843:156980. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.156980
 6. Kynčl J, Špačková M, Fialová A, Kyselý J, Malý M. Influence of air temperature and implemented veterinary measures on the incidence of human salmonellosis in the Czech Republic during 1998–2017. *BMC Public Health.* 2021;21(1):55. doi: 10.1186/s12889-020-10122-8
 7. Aik J, Heywood AE, Newall AT, Ng LC, Kirk MD, Turner R. Climate variability and salmonellosis in Singapore – A time series analysis. *Sci Total Environ.* 2018;639:1261–1267. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.05.254
 8. Martynova AA. [Clinical and epidemiological characteristics of salmonellosis in children of the first year of life in Minsk in 2013–2015.] In: Snezhitskiy VA, ed. *Proceedings of the Conference of Students and Young Scientists Dedicated to the Centenary of Birth of A.Z. Nechiporenko, Grodno, April 21–22, 2016.* Grodno: Grodno State Medical University; 2016:180-181. (In Russ.)
 9. Vilca LM, Bartolomé R, de Arquer M, Albero I, Ribes C, Campins-Martí M. Mother as a vector of Salmonella enterica serotype Newport outbreak in a neonatal unit. *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 2015;33(8):536-538. doi: 10.1016/j.eimc.2014.10.012
 10. Chen CJ, Wu FT, Hsiung CA, et al. Risk factors for salmonella gastroenteritis in children less than five years of age in Taiwan. *Pediatr Infect Dis J.* 2012;31(12):e239-e243. doi: 10.1097/INF.0b013e31826ff592
 11. Delarocque-Astagneau E, Desenclos JC, Bouvet P, Grimont PA. Risk factors for the occurrence of sporadic Salmonella enterica serotype enteritidis infections in children in France: A national case-control study. *Epidemiol Infect.* 1998;121(3):561-567. doi: 10.1017/S0950268898001460
 12. Delarocque-Astagneau E, Bouillant C, Vaillant V, Bouvet P, Grimont PA, Desenclos JC. Risk factors for the occurrence of sporadic Salmonella enterica serotype typhimurium infections in children in France: A national case-control study. *Clin Infect Dis.* 2000;31(2):488-492. doi: 10.1086/313990
 13. Schutze GE, Sikes JD, Stefanova R, Cave MD. The home environment and salmonellosis in children. *Pediatrics.* 1999;103(1):E1. doi: 10.1542/peds.103.1.e1
 14. Williams S, Markey P, Harlock M, Binns P, Gaggin J, Patel M. Individual and household-level risk factors for sporadic salmonellosis in children. *J Infect.* 2016;72(1):36-44. doi: 10.1016/j.jinf.2015.09.014
 15. Middleton D, Savage R, Tighe MK, et al. Risk factors for sporadic domestically acquired Salmonella serovar enteritidis infections: A case-control study in Ontario, Canada, 2011. *Epidemiol Infect.* 2014;142(7):1411-1421. doi: 10.1017/S0950268813001945
 16. Thomson RM, Henderson HJ, Smith-Palmer A. An outbreak of Salmonella Saintpaul in a Scottish childcare facility: The influence of parental under-reporting. *BMC Infect Dis.* 2019;19(1):847. doi: 10.1186/s12879-019-4516-z
 17. Vilca LM, Bartolomé R, de Arquer M, Albero I, Ribes C, Campins-Martí M. Mother as a vector of Salmonella enterica serotype Newport outbreak in a neonatal unit. *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 2015;33(8):536-538. doi: 10.1016/j.eimc.2014.10.012
 18. Van Immerseel F, Pasmans F, De Buck J, et al. Cats as a risk for transmission of antimicrobial drug-resistant Salmonella. *Emerg Infect Dis.* 2004;10(12):2169-2174. doi: 10.3201/eid1012.040904
 19. Elnageh HR, Hiblu M, Abbassi MS, Abouzeed YM, Ahmed MO. Prevalence and antimicrobial resistance of Salmonella serotypes isolated from cats and dogs in Tripoli, Libya. *Vet Ital.* 2021;57(2):10.12834/VetIt.1998.10744.4. doi: 10.12834/VetIt.1998.10744.4
 20. Wei L, Yang C, Shao W, et al. Prevalence and drug resistance of Salmonella in dogs and cats in Xuzhou, China. *J Vet Res.* 2020;64(2):263-268. doi: 10.2478/jvetres-2020-0032
 21. Yang C, Shao W, Wei L, Chen L, Zhu A, Pan Z. Subtyping Salmonella isolated from pet dogs with multilocus sequence typing (MLST) and clustered regularly interspaced

- short palindromic repeats (CRISPRs). *AMB Express*. 2021;11(1):60. doi: 10.1186/s13568-021-01221-9
22. Shimi A, Barin A. Salmonella in cats. *J Comp Pathol*. 1977;87(2):315-318. doi: 10.1016/0021-9975(77)90020-2
23. Waltenburg MA, Perez A, Salah Z, et al. Multistate reptile- and amphibian-associated salmonellosis outbreaks in humans, United States, 2009–2018. *Zoonoses Public Health*. 2022;69(8):925-937. doi: 10.1111/zph.12990
24. EFSA BIOHAZ Panel (EFSA Panel on Biological Hazards), Koutsoumanis K, Allende A, Alvarez-Ordóñez A, et al. Scientific opinion on the *Salmonella* control in poultry flocks and its public health impact. *EFSA J*. 2019;17(2):5596. doi: 10.2903/j.efsa.2019.5596

Сведения об авторах:

✉ **Кицбашвили** Рамаз Важаевич – врач-эпидемиолог отдела обеспечения эпидемиологического надзора ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора; e-mail: kitsbabashvili@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4101-2668>.

Любимова Анна Викторовна – д.м.н., профессор, профессор кафедры эпидемиологии, паразитологии и дезинфектологии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России; e-mail: lubimova@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2275-9475>.

Сатосова Надежда Викторовна – к.м.н., ассистент кафедры эпидемиологии, паразитологии и дезинфектологии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России; e-mail: satosovanv@mc21.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5270-5119>.

Азаров Даниил Валерьевич – к.м.н., ассистент кафедры эпидемиологии, паразитологии и дезинфектологии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России; e-mail: denazarov@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2483-5144>.

Любимова Ольга Ярославовна – студентка 6 курса ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова»; e-mail: lubimova@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4309-8982>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Кицбашвили Р.В., Любимова А.В.*; сбор данных: *Кицбашвили Р.В.*; анализ и интерпретация результатов, подготовка проекта рукописи: *Кицбашвили Р.В., Любимова А.В., Сатосова Н.В., Азаров Д.В.*; обзор литературы: *Любимова О.Я.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: организация и проведение исследования одобрены Локальным этическим комитетом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (протокол № 7 от 07.10.2020).

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 24.04.24 / Принята к публикации: 08.05.24 / Опубликовано: 31.05.24

Author information:

✉ **Ramaz V. Kitsbabashvili**, epidemiologist, Epidemiological Surveillance Department, Federal Center for Hygiene and Epidemiology; e-mail: kitsbabashvili@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4101-2668>.

Anna V. Lubimova, Dr. Sci. (Med.), Professor, Professor of the Department of Epidemiology, Parasitology and Disinfectology, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; e-mail: lubimova@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6765-5122>.

Nadezhda V. Satosova, Cand. Sci. (Med.), Teaching Assistant of the Department of Epidemiology, Parasitology and Disinfectology, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; e-mail: satosovanv@mc21.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5270-5119>.

Daniil V. Azarov, Cand. Sci. (Med.), Teaching Assistant of the Department of Epidemiology, Parasitology and Disinfectology, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; e-mail: denazarov@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2483-5144>.

Olga Ya. Lubimova, student, First St. Petersburg State Medical University named after Academician I.P. Pavlov; e-mail: lubimova@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4309-8982>.

Author contributions: study conception and design: *Kitsbabashvili R.V., Lubimova A.V.*; data collection: *Kitsbabashvili R.V.*; analysis and interpretation of results, draft manuscript preparation: *Kitsbabashvili R.V., Lubimova A.V., Satosova N.V., Azarov D.V.*; bibliography compilation and referencing: *Lybimova O.Ya.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Study approval was provided by the Ethics Committee of the North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov of the Russian Ministry of Health (protocol No. 7 of October 7, 2020).

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 24, 2024 / Accepted: May 8, 2024 / Published: May 31, 2024