

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



ЗНисО

ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ И СРЕДА ОБИТАНИЯ

Том 29 · 2021

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya ZNiSO

Volume 29 · 2021

№ 9

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
Основан в 1993 г.

16+

Учредитель

Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии»
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
(ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора)

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 Ульрихском международном каталоге периодики (Uirich's Periodicals Directory), входит в коллекцию Национальной медицинской библиотеки (США).

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

полные тексты научных публикаций журнала индексируются
в поисковой системе Академия Google (Google Scholar).

Москва · 2021

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

Учредитель: Федеральное
бюджетное учреждение здра-
воохранения «Федеральный
центр гигиены и эпидемиоло-
гии» Федеральной службы по
надзору в сфере защиты прав
потребителей и благополучия
человека

Цель: публикация основных
результатов научных исследова-
ний и практических достижений
в области гигиены, эпидемио-
логии, общественного здоровья
и здравоохранения, медицины
труда, социологии медицины,
медико-социальной экспертизы
и медико-социальной реабили-
тации на российском и между-
народном уровне.

Задачи журнала:

- ✦ Освещать новые научные
результаты, имеющие суще-
ственное значение в области
обеспечения санитарно-эпиде-
миологического благополучия
человека.
- ✦ Обеспечивать обмен опытом
отечественных и зарубежных
авторитетных ученых, работаю-
щих в предметных областях
общественного здоровья и
профилактической медицины.
- ✦ Создавать среду открытости
и доступности для широкого
освещения результатов научных
работ аспирантов, соискателей,
претендующих на защиту
диссертаций и получение
ученых степеней.

Для публикации в журнале:

статьи в электронном виде должны
быть отправлены через личный
кабинет автора на сайте [https://
zniso.fcgi.ru/](https://zniso.fcgi.ru/)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор А.Ю. Попова

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

Заместитель главного редактора В.Ю. Ананьев

К.м.н.; Главный врач ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора; доцент кафедры организации санитарно-эпидемиологической службы ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)

Заместитель главного редактора Г.М. Трухина

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

Ответственный секретарь Н.А. Горбачева

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

В.Г. Акимкин д.м.н., проф., академик РАН, Заслуженный врач Российской Федерации; директор ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора; заведующий кафедрой дезинфектологии ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет) (г. Москва, Российская Федерация)

Е.В. Ануфриева д.м.н., доц.; доцент кафедры общественного здоровья и здравоохранения, декан медико-профилактического факультета ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, 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)

П.Ф. Кики д.м.н., к.т.н., проф.; директор департамента общественного здоровья и профилактической медицины, Школа биомедицины ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» Минобрнауки России (г. Владивосток, Российская Федерация)

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

Н.В. Рудаков д.м.н., проф., акад. РАЕН; директор ФБУН «Омский НИИ природно-очаговых инфекций» Роспотребнадзора; заведующий кафедрой микробиологии и вирусологии с курсом 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

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

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)

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

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

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

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

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

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

С.Н. Киселев д.м.н., проф.; декан лечебного факультета, профессор кафедры общественного здоровья и организации здравоохранения ФГАОУ 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; 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.; заведующий зоолого-паразитологическим отделом ФКУЗ «Иркутский ордена Трудового Красного Знамени НИИ противочумный институт Сибири и Дальнего Востока» Роспотребнадзора (г. Иркутск, Российская Федерация)
Е.А. Кузьмина	к.м.н.; заместитель главного врача ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора (г. Москва, Российская Федерация)
В.В. Кутырев	д.м.н., проф., акад. РАН; директор ФКУЗ «Российский научно-исследовательский противочумный институт “Микроб”» Роспотребнадзора (г. Саратов, Российская Федерация)
Н.А. Лебедева-Несевря	д.социол.н., доц.; заведующий лабораторией методов анализа социальных рисков ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора (г. Пермь, Российская Федерация)
А.В. Мельцер	д.м.н., проф.; проректор по медико-профилактическому направлению ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России (г. Санкт-Петербург, 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.; главный научный сотрудник 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. Рамзеева» Роспотребнадзора (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)
В.Ю. Семенов	д.м.н., проф.; заместитель директора по организационно-методической работе Института кардиохирургии 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.; 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, 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 и биотехнологии» (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 Института общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН (г. Москва, Российская Федерация)
Д.А. Шпилев	д.социол.н., доц.; профессор кафедры общей социологии и социальной работы 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 лабораторией экологии микроорганизмов с Международным научно-образовательным Центром биологической безопасности Школы биомедицины Дальневосточного федерального университета, заведующий лабораторией вирусологии ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН (г. Владивосток, Российская Федерация)
В.О. Щепин	д.м.н., проф., членкор РАН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации; заведующий отделом стратегического анализа в здравоохранении ФГБНУ «Национальный НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко» (г. Москва, Российская Федерация)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

М.К. Амрин	к.м.н., доц.; заведующий кафедрой общей гигиены и экологии Азербайджанского медицинского университета (г. Алматы, Республика Казахстан)
К. Баждарич	доктор психологии; старший научный сотрудник кафедры медицинской информатики медицинского факультета Университета Риеки (г. Риека, Хорватия)
М.А. оглы Казимов	д.м.н., проф.; заведующий кафедрой общей гигиены и экологии Азербайджанского медицинского университета (г. Баку, Азербайджан)
И. Томассен	Cand. real. (аналит. химия), старший советник Национального института гигиены труда (г. Осло, Норвегия); ведущий ученый лаборатории арктического биомониторинга Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова (САФУ) (г. Архангельск, Российская Федерация)
А.М. Цацакис	доктор философии (органическая химия), доктор наук (биофармакология), профессор, иностранный член Российской академии наук, полноправный член Всемирной академии наук, почётный 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)
С.И. Сычик	к.м.н., доц.; директор Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» (г. Минск, Беларусь)
Ю.О. Удланд	доктор философии (мед.), профессор глобального здравоохранения, Норвежский университет естественных и технических наук (г. Тронхейм, Норвегия); председатель Группы по оценке состояния здоровья человека Программы арктического мониторинга и оценки (АМАП), Университет Тромсё (г. Тромсё, Норвегия)
Г. Ханн	доктор философии (мед.), профессор; президент Медицинского общества им. Р. Коха (г. Берлин, Германия)

**Здоровье населения и
среда обитания – ЗНиСО**
Рецензируемый
научно-практический журнал
Том 29 № 9 2021
Основан в 1993 г.

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

При использовании материалов ссылка на журнал ЗНиСО обязательна.

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

Контакты редакции:

Адрес редакции:
117105, Москва, Варшавское шоссе, д. 19А
ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора
E-mail: zniso@fcgi.ru
Сайт журнала: <https://zniso.fcgi.ru/>
Тел.: (495) 633-1817 доб. 240
факс: (495) 954-0310

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 на сайте:
<https://www.elibrary.ru>

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

Опубликовано 30.09.2021
Формат издания 60х84/8
Печ. л. 11,5
Периодичность – 12 раз в год
Плановый тираж 1000 экз.
Цена свободная

Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 9. С. 7–92.
Статьи индексируются с помощью идентификатора цифрового объекта (DOI).
Префикс DOI: 10.35627

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

© ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора, 2021

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 highlight new scientific results that are of significant importance for securing sanitary and epidemiological wellbeing of the population;
- ✦ To ensure experience exchange between domestic and foreign scientists working in the subject areas of public health and preventive medicine;
- ✦ To create an environment of openness and to provide access to research results of postgraduates and applicants defending dissertations to obtain academic degrees.

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

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

Vasilii Yu. Ananyev, Deputy Editor-in-Chief

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

Galina M. Trukhina, Deputy Editor-in-Chief

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

Vasilii 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	Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Public Health and Health Care, Dean of the Faculty of Preventive Medicine, Ural State Medical University; 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
Pavel F. Kiku	Dr. Sci. (Med.), Cand. Sci. (Tech.), Professor; Director of the Department of Public Health and Preventive Medicine, School of Biomedicine, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russian Federation
Olga Yu. Milushkina	Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Vice-Rector for Academic Affairs, 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 and Virology with a Course in 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; Scientific Director of Gabrichevsky Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Moscow, Russian Federation
Alexander V. Alekhovich	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., Department of Hygiene, Pediatric Faculty, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation
Evgeniy L. Borshchuk	Dr. Sci. (Med.), Professor; Head of the First Department of Public Health and Health Care, Orenburg State Medical University, Orenburg, Russian Federation
Nikolai I. Briko	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Director of F.F. Erisman Institute of Public Health; Head of the Department of Epidemiology and Evidence-Based Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation
Vladimir B. Gurvich	Dr. Sci. (Med.), Honored Doctor of the Russian Federation; Scientific Director, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, Russian Federation
Tamara K. Dzagurova	Dr. Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Hemorrhagic Fevers, Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immunobiological Preparations (Institut of Polyomielitis), Moscow, Russian Federation
Sergey N. Kiselev	Dr. Sci. (Med.), Professor; Dean of the Faculty of Medicine, Professor of the Department of Public Health and Health Care Organization, 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; Head of the Laboratory of Disease Vectors, Gamaleya Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Moscow, Russian Federation
Vladimir M. Korzun	Dr. Sci. (Biol.); 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. Kuttyrev	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-Neseyeva	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 Preventive Medicine, I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, Saint Petersburg, Russian Federation
Natalia V. Polunina	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Head of Yu.P. Lisitsyn Department of Public Health and Health Care, Pediatric Faculty, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation
Lyudmila V. Prokopenko	Dr. Sci. (Med.), Professor; Chief Researcher, Department for the Study of Hygienic Problems in Occupational Health, N.F. Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, Russian Federation
Ivan K. Romanovich	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Director of St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene named after Professor P.V. Ramzaev, Saint Petersburg, Russian Federation
Vladimir Yu. Semenov	Dr. Sci. (Med.), Professor; Deputy Director for Organizational and Methodological Work, V.I. Burakovskiy Institute of Cardiac Surgery, A.N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, Russian Federation
Sergey A. Sudyin	Dr. Sci. (Sociol.); Head of the Department of General Sociology and Social Work, Faculty of Social Sciences, National Research Lobachevsky State University, Nizhny Novgorod, Russian Federation
Alexey V. Surov	Dr. Sci. (Biol.), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences; Deputy Director of A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Head of the Laboratory for Comparative Ethology of Biocommunication, 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
Valery P. Chashchin	Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation; Chief Researcher, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, Russian Federation
Alexey B. Shevelev	Dr. Sci. (Biol.); Chief Researcher, Biotechnology and Genomic Editing Group, N.I. Yavilov 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, 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 Laboratory of Ecology of Microorganisms with the International Scientific and Educational Center for Biological Safety, School of 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; Head of the Department of Strategic Analysis in Health Care, 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 General Hygiene and Ecology, Azerbaijan Medical University, Almaty, Republic of Kazakhstan
Ksenia Bazhdarich	PhD, Senior Researcher, Medical Informatics Department, Faculty of Medicine, University of Rijeka, Rijeka, Croatia
Mirza A. Kazimov	Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Health and Environment, Azerbaijan Medical University, Baku, Azerbaijan
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, 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

**Zdorov'e Naseleniya i Sreda
Obitaniya – ZNiSO**
**Public Health and Life
Environment – PH&LE**
**Russian monthly peer-reviewed
scientific and practical journal**
Volume 29, Issue 9, 2021
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

Address of the editorial office:

19A Varshavskoe Shosse, Moscow, 117105, Russian Federation

FBHI Federal Center for Hygiene and Epidemiology

E-mail: zniso@fcgie.ru

Website: <https://zniso.fcgie.ru/>

Tel.: +7 495 633-1817 Ext. 240

Fax: +7 495 954-0310

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: September 30, 2021

Publication format: 60x84/8

Printed sheets: 11.5

Planned circulation: 1,000 copies

Publication frequency: 12 issues per year

Free price

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.

2021;29(9):7–92.

Articles are assigned digital object identifiers (DOI numbers).

DOI prefix: 10.35627

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

СОДЕРЖАНИЕ

ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ И
СОЦИАЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ

Никанов А.Н., Горбанев С.А., Дорофеев В.М., Чашин В.П., Лагхайн Б., Федоров В.Н., Новикова Ю.А. Демографический профиль населения, проживающего в районах размещения предприятий горно-металлургического комплекса в европейской части Арктической зоны Российской Федерации... 7

Носков С.Н., Головина Е.Г., Ступишина О.М., Еремин Г.Б., Крутикова Н.Н. Оценка природно-климатических факторов (магнитного поля Земли) на выбранных территориях. Сообщение 1 16

Ковшов А.А., Новикова Ю.А., Федоров В.Н., Тихонова Н.А., Историю О.А. Анализ заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Ленинградской области 23

КОММУНАЛЬНАЯ ГИГИЕНА

Новикова Ю.А., Федоров В.Н., Тихонова Н.А., Алентьева О.С., Мясников И.О. Качество питьевой воды: временные отступления от гигиенических нормативов 33

Ганичев П.А. О влиянии частиц микропластика в питьевой воде на здоровье населения. Обзор 40

Петрова М.Д., Малькова Н.Ю. Негативное воздействие лазерного излучения видимой области спектра на население. Обзор 44

Смирнов В.В. Разработка методических подходов для организации мониторинга акустического воздействия от автотранспорта на население 50

Никитина В.Н., Калинина Н.И., Ляшко Г.Г., Дубровская Е.Н., Плеханов В.П. Электромагнитные поля промышленной частоты электроустановок, размещенных в зданиях 56

ГИГИЕНА ТРУДА

Маркова О.Л., Зарицкая Е.В., Кирьянова М.Н., Иванова Е.В. Определение приоритетных загрязнителей воздушной среды закрытых помещений 62

Полякова Е.М., Сюрин С.А. Профессиональные риски здоровью сварщиков при сочетанном влиянии сварочного аэрозоля и охлаждающего микроклимата 69

МЕДИЦИНА ТРУДА

Малькова Н.Ю., Петрова М.Д. Методы и аппаратура на основе низкоинтенсивного лазерного излучения для профилактики профессионально обусловленных заболеваний у работников прецизионного труда 78

Логинова Н.Н. Оценка степени выраженности профессиональной патологии и коморбидного статуса у больных с профессиональной полинейропатией верхних конечностей 84

ЮБИЛЕИ И ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

Валерий Петрович Чашин (к 75-летию со дня рождения)..... 91

CONTENTS

ISSUES OF MANAGEMENT AND
PUBLIC HEALTH

Nikanov A.N., Gorbanev S.A., Dorofeev V.M., Chashchin V.P., Lachein B., Fedorov V.N., Novikova Yu.A. Demographic profile of the population residing in the metals and mining areas in the European part of the Arctic Zone of the Russian Federation..... 7

Noskov S.N., Golovina E.G., Stupishina O.M., Yermine G.B., Krutikova N.N. Assessment of natural and climatic factors (the Earth's magnetic field) in selected territories: Report 1 16

Kovshov A.A., Novikova Yu.A., Fedorov V.N., Tikhonova N.A., Istoriy O.A. Analysis of cancer incidence in the population of the Leningrad Region 23

COMMUNAL HYGIENE

Novikova Yu.A., Fedorov V.N., Tikhonova N.A., Alenteva O.S., Myasnikov I.O. Drinking water quality: Temporary deviations from hygienic standards 33

Ganichev P.A. Human health effects of microplastics in drinking water: A review 40

Petrova M.D., Mal'kova N.Yu. Adverse health effects of exposure to visible laser radiation in the general population: A review 44

Smirnov V.V. Development of methodological approaches to organizing monitoring of road traffic noise exposure of the population 50

Nikitina V.N., Kalinina N.I., Lyashko G.G., Dubrovskaya E.N., Plekhanov V.P. Power frequency electromagnetic fields of electrical installations in buildings 56

OCCUPATIONAL HEALTH

Markova O.L., Zaritskaya E.V., Kir'yanova M.N., Ivanova E.V. Identification of priority air pollutants in confined spaces 62

Polyakova E.M., Syurin S.A. Occupational health risks from combined exposure to welding fumes and cold environment for welders 69

OCCUPATIONAL MEDICINE

Mal'kova N.Yu., Petrova M.D. Low-level laser therapy techniques and equipment for occupational disease prevention in precision workers 78

Loginova N.N. Assessment of disease severity and comorbidity status in patients with occupational polyneuropathy of upper extremities 84

ANNIVERSARIES AND COMMEMORATIONS

On the occasion of the 75th anniversary of Dr. Valery Chashchin..... 91



Уважаемые коллеги, дорогие ветераны!

С чувством глубокой признательности, от всей души поздравляю вас с 99-летием государственной санитарно-эпидемиологической службы!

История хранит множество страниц, в которые навечно вписаны подвиги наших с вами коллег и сослуживцев. За почти вековую историю сотрудники санитарной службы с достоинством и стойкостью преодолевали все трудности и вызовы, которые им ставила сама жизнь.

Наш опыт показывает, что специалисты санитарно-эпидемиологической службы всегда достигают поставленных целей и готовы решать самые сложные задачи. В основу государственного характера нашей деятельности заложены не только принципы профилактической медицины, но и забота о человеке, его здоровье, благополучии и его правах как потребителя.

Плодотворное наследие наших наставников и учителей, энергия молодых специалистов и ученых научно-исследовательских организаций Роспотребнадзора дали нам возможность отразить атаку невидимого врага, встать буквально грудью на его пути и защитить страну и людей от нового коронавируса.

Все вместе, как одно единое целое, мы продолжаем круглосуточно трудиться и вдохновлять коллег на новые свершения. Хочу подчеркнуть, что мы достойно прошли испытание пандемией – нам удалось избежать взрывного роста заболеваемости, сохранить здоровье россиян, поддержать и восстановить экономику.

Наши точки научно-технического роста — это более 30 научных организаций, которые разрабатывают новейшие диагностические системы, вакцины, системы эпидпрогнозирования и анализа, мобильные лабораторные комплексы и цифровые решения.

Специалисты Роспотребнадзора востребованы не только в нашей стране. Особенно это стало очевидно с началом пандемии. Наши эпидемиологи, вирусологи, санитарные врачи выезжали за пределы Российской Федерации для работы в очагах и помощи людям в других государствах, чтобы сохранить безопасность единого эпидемиологического пространства.

В этот важный для нас день – день образования государственной санитарно-эпидемиологической службы – хочется еще раз напомнить, что мы сопровождаем человека с первых дней жизни, защищаем и детей, и взрослых от опасных заболеваний, сохраняем и укрепляем здоровье людей!

Дорогие ветераны службы! Хочу еще раз поблагодарить всех вас и подчеркнуть, что все, чем мы сейчас гордимся, используем в ежедневной работе, – прежде всего ваша заслуга! Именно вы строили и формировали авторитет нашей службы, накапливали и развивали достижения, приумножали кадровый потенциал, научную и лабораторную базу. Мы гордимся вами, мы помним и любим вас, мы бесконечно благодарны вам за бесценный практический и жизненный опыт!

Дорогие коллеги! Ни для кого не секрет, что с тех, кто много работает с людьми и много делает для людей, всегда высокий спрос. Мы с вами выбрали профессию, в которой необходимо быть требовательными прежде всего к самим себе, каждый день подтверждать на деле свой профессионализм и компетенции, проверять на прочность характер и тренировать волю. Кроме этого, наша работа полна милосердия, сопереживания, эмпатии, сочувствия и любви к людям.

Каждый из вас своим трудолюбием и верностью заветам наших предшественников вносит колоссальный вклад в сохранение качества жизни, здоровья и благополучия людей нашей большой страны!

Искренне желаю всем коллективам территориальных органов и подведомственных учреждений Роспотребнадзора, санитарно-эпидемиологическим службам министерств и ведомств плодотворной работы, творческих, практических и научных успехов, преданности делу, которому мы служим!

Руководитель Федеральной службы по надзору
в сфере защиты прав потребителей
и благополучия человека,
Главный государственный
санитарный врач Российской Федерации



А.Ю. Попова

Demographic Profile of the Population Residing in the Metals and Mining Areas in the European Part of the Arctic Zone of the Russian Federation

Alexandr N. Nikanov,¹ Sergey A. Gorbanev,¹ Vitaliy M. Dorofeev,¹ Valery P. Chashchin,^{1,2,3}
Barbara Lachein,⁴ Vladimir N. Fedorov,¹ Yuliya A. Novikova¹

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

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

³National Research University Higher School of Economics,
20 Myasnitskaya Street, Moscow, 101000, Russian Federation

⁴University of Duisburg-Essen, 2 Forsthausweg, Duisburg, 47057, Germany

Summary

Introduction: The relevance of the study is determined by the national goals of strategic development providing for sustainable population growth and an increase in active life expectancy, primarily in demographically disadvantaged areas to which most of the regions of the Russian Arctic Zone belong.

Objective: To assess changes in the demographic structure of the Murmansk Region, one of the most industrially developed regions of the Russian Arctic, and the loss of its labor potential in 1989–2019 in order to substantiate the necessity to consider these changes for better planning of health care and adjusting the resource provision of the regional health care system.

Materials and methods: We studied demographic characteristics of the population residing in administrative areas of the Murmansk Region with the main town-forming metals and mining enterprises by comparing data for 1989 with those for the years 1999, 2009, and 2015–2019 to establish trends in medical demography situation. The average age of the population was estimated as the arithmetic mean based on distribution of the population by age groups.

Results: We established a significant decrease in the size of population of the Murmansk Region in 1989–2019 (by 34.8 %) accompanied by changes in the demographic profile. The increase in the average age of the population was attributed to the sharp decline in the child population, a decrease in the number of people of working age (16–59 years), and a significant increase in the population of older age groups. Changes in the age structure of the population had a significant effect on the old age dependency ratio, which demonstrated a 2.7 and 3.2-fold increase over the three 1989-to-2019 decades in the region and its industrial monotowns, respectively.

Conclusion: The negative structural demographic trend resulted in a pronounced regressive regional age and sex pyramid, which by 2019 had a characteristic unstable shape with a relatively narrow base and a slope of its top to the left due to the significant predominance of the female population in the older age group. The observed changes in the demographic profile of the population suggest the need to consider this trend when planning local social policy including the volume and resource provision of health care services.

Keywords: Russian Arctic, labor potential, ageing coefficient, working-age population.

For citation: Nikanov AN, Gorbanev SA, Dorofeev VM, Chashchin VP, Lachein B, Fedorov VN, Novikova YuA. Demographic profile of the population residing in the metals and mining areas in the European part of the Arctic Zone of the Russian Federation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(9):7–15. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-7-15>

Author information:

Alexandr N. Nikanov, Cand. Sci. (Med.), Head of the Clinical Research Department, Norwest Public Health Research Center; e-mail: a.nikanov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3335-4721>.

Sergey A. Gorbanev, Dr. Sci. (Med.), Director of the Norwest Public Health Research Center; e-mail: s-znc@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5840-4185>.

Vitaliy M. Dorofeev, Cand. Sci. (Med.), Head of Organizational and Methodological Office, Clinical Research Department, Norwest Public Health Research Center; e-mail: v.dorofeev@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8240-1761>.

✉ Valery P. Chashchin, Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Chief Researcher, Norwest Public Health Research Center; chief researcher National Research University «Higher School of Economics»; professor North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; e-mail: valerych05@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2600-0522>.

Barbara Lachein, Professor, University of Duisburg-Essen, Germany; e-mail: b-m.lachein@t-online.de.

Vladimir N. Fedorov, Research Assistant, Analysis, Evaluation and Forecasting Section, Arctic Environmental Health Department, Norwest Public Health Research Center; e-mail: v.fedorov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1378-1232>.

Yuliya A. Novikova, Head of the Analysis, Evaluation and Forecasting Section, Arctic Environmental Health Department, Norwest Public Health Research Center; e-mail: j.novikova@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4752-2036>.

Author contributions: Nikanov A.N. analyzed data and drafted the manuscript; Gorbanev S.A. developed the study conception and design; Dorofeev V.M. did statistical data processing; Chashchin V.P. made a significant contribution to the analysis and interpretation of the results and prepared the final version of the article in English; Lachein B. wrote and edited the manuscript; Fedorov V.N. did statistical data processing; Novikova Yu.A. did a literature review. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

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

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

Received: June 2, 2021 / Accepted: August 20, 2021 / Published: September 30, 2021

Демографический профиль населения, проживающего в районах размещения предприятий горно-металлургического комплекса в европейской части Арктической зоны Российской Федерации

А.Н. Никанов¹, С.А. Горбанев¹, В.М. Дорофеев¹, В.П. Чашчин^{1,2,3},
Б. Лагхайн⁴, В.Н. Федоров¹, Ю.А. Новикова¹

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

²ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России,
Кирочная ул., 41, г. Санкт-Петербург, 191015, Российская Федерация

³Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
Мясницкая ул., д. 20, г. Москва, 101000, Российская Федерация

⁴Университет Дуйсбурга-Эссена, ул. Форстхаусвег, д. 2, Дуйсбург, 47057, Германия

Резюме

Введение. Актуальность исследования определяется национальными целями стратегического развития, предусматривающими устойчивый рост численности населения и увеличение продолжительности активной жизни, в первую очередь на территориях демографического неблагополучия, к которым относится большинство районов Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ).

Целью исследования являлась оценка изменений демографической структуры одного из наиболее промышленно развитых регионов АЗРФ – Мурманской области и потерь его трудового потенциала за период 1989–2019 гг. для обоснования необходимости учета этих изменений при совершенствовании планирования объемов оказания медицинской помощи населению и корректировки ресурсного обеспечения региональной системы здравоохранения.

Объекты и методы. В качестве объектов исследования были изучены демографические характеристики населения административно-территориальных образований Мурманской области, где размещены основные градообразующие предприятия горнодобывающего и горно-металлургического комплексов (ГДМК). Сравнение проводилось от исходных показателей, полученных при переписи населения 1989 года с показателями 1999 и 2009 гг., а также с 2015 по 2019 г. с целью уточнения изменений медико-демографической ситуации. Средний возраст населения вычислялся как среднее арифметическое значение, исходя из распределения населения по возрастным группам.

Результаты. Анализ полученных результатов показал, что в период 1989–2019 гг. произошло значительное сокращение (на 34,8%) численности населения Мурманской области с изменениями его структуры. Увеличение среднего возраста населения обусловлено резким сокращением численности детского населения, снижением количества лиц трудоспособного возраста, значительным ростом населения старших возрастных групп. Изменение возрастной структуры населения также существенным образом повлияло на динамику коэффициента общей демографической нагрузки на население трудоспособного возраста (16–59), уровень которого в 2019 году превысил показатель 1989 года в целом по области в 2,7 раза, а на территориях размещения градообразующих предприятий горнодобывающего и металлургического комплекса – в 3,2 раза.

Заключение. Итогом негативных структурных демографических изменений явилась резко выраженная регрессивная половозрастная пирамида, которая к 2019 году на всех изучаемых территориях имеет характерную неустойчивую форму с относительно узким основанием и наклоном ее вершины влево за счет значительного преобладания женского населения в старшей возрастной группе. Наблюдаемые существенные изменения демографического профиля населения предполагают необходимость учета этой тенденции в планировании социальной политики в изучаемых районах, в том числе объемов и ресурсного обеспечения оказания медицинской помощи.

Ключевые слова: Арктическая зона Российской Федерации, численность населения, коэффициенты старости и старения, население в трудоспособном возрасте.

Для цитирования: Никанов А.Н., Горбанев С.А., Дорофеев В.М., Чашин В.П., Лагхайн Б., Федоров В.Н., Новикова Ю.А. Демографический профиль населения, проживающего в районах размещения предприятий горно-металлургического комплекса в европейской части Арктической зоны Российской Федерации // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 9. С. 7–15. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-7-15>

Сведения об авторах:

Никанов Александр Николаевич – к.м.н., руководитель отдела клинических исследований ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, e-mail: a.nikanov@s-znc.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3335-4721>.

Горбанев Сергей Анатольевич – д.м.н., директор ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, e-mail: s-znc@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5840-4185>.

Дорофеев Виталий Михайлович – канд. мед. наук, заведующий организационно-методическим кабинетом отдела клинических исследований ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, e-mail: v.dorofeev@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8240-1761>.

✉ **Чашин Валерий Петрович** – д.м.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, главный научный сотрудник Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»; профессор ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России; e-mail: valerych05@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2600-0522>.

Lachhein Barbara (Лагхайн Барбара) – профессор, Университет Дуйсбург-Эссен, ФРГ; e-mail: b-m.lachhein@t-online.de.

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

Новикова Юлия Александровна – заведующая отделением анализа оценки и прогнозирования отдела исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, e-mail: j.novikova@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4752-2036>.

Информация о вкладе авторов: Никанов А.Н. – первичный анализ данных и подготовил первый вариант статьи; Горбанев С.А. – разработал концепцию и дизайн исследования; Дорофеев В.М. – осуществлял обработку статистических данных; Чашин В.П. – внес существенный вклад в анализ и интерпретацию результатов, подготовил окончательный вариант статьи; Лагхайн Б. – участие в написании статьи; Федоров В.Н. – осуществлял обработку статистических данных; Новикова Ю.А. – участие в написании статьи.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 02.07.21 / Принята к публикации: 20.08.21 / Опубликована: 30.09.21

The relevance of the study is determined by the strategic task of sustainable population growth in the Russian Federation set by Presidential Decree No. 474, *On the National Goals and Strategic Objectives of the Development of the Russian Federation up to 2030*, issued on July 21, 2020. This task is of special importance for demographically disadvantaged areas including a vast majority of regions, which are part of the Arctic Zone.

At present, the issues of environmental monitoring in the Arctic territories and responding to human health and safety challenges in the changing Arctic climate, problems of human adaptation, especially of the indigenes, to these changes are being actively solved. Yet, the structure of risk factors, as well as climatic, geographic, and socio-economic conditions of the European and Asian parts of the Arctic differ significantly [1–7].

The Arctic Zone of the Russian Federation (AZRF) is fully or partially represented by administrative districts of nine northern constituent entities of the federation. Most minerals of strategic national importance are mined on the territory of the northern regions of Russia. The Murmansk Region situated on the Kola Peninsula is one of the most developed AZRF areas distinguished by its advantageous geographical location with the non-freezing water area of the seaport and large deposits of copper and nickel, rare earth, iron, apatite and nepheline ores and other minerals [8–15].

As in the vast majority of other AZRF districts of economic development, over 90 % of the population of the Murmansk Region live in towns and almost 30 % of townspeople are employed at such town-forming enterprises of the metals and mining sector as Apatite JSC, Kola Mining and Smelting JSC, Kovdorsky Mining and Processing Plant JSC, Olenegorsk

Mining and Processing Plant, and Lovozersky Mining and Processing Plant JSC. Despite introduction of new technologies, high performance equipment and machinery, a significant part of mining and smelting workers are exposed to occupational risk factors, such as physical overload, noise, vibration, cold environment, dust and gas aerosols, and to hazardous working conditions, all contributing to high incidence of work-related and occupational diseases. It has established elsewhere [16–19] that adverse health effects of industrial pollution are usually observed in the general population residing in the vicinity of major industries.

The Murmansk Region is notorious for significantly higher mortality rates from the diseases potentially related to adverse occupational factors at core enterprises among the working-age male population and a more pronounced rising trend in the overall population mortality rate in metals and mining areas compared to other regions [20–22].

The **objective** of our study was to assess changes in the demographic structure of the Murmansk Region and the loss of its labor potential in 1989–2019 in order to substantiate the necessity to consider these changes for better planning of health care and adjusting the resource provision of the regional health care system.

Materials and methods

We studied demographic characteristics of the population residing in administrative areas of the Murmansk Region formed by metals and mining enterprises including the towns of Apatity, Kirovsk, Monchegorsk, and Olenegorsk, Kovdorsky, Lovozersky and Pechengsky districts.

We conducted a comparative analysis of data on the size and composition of the population in the study districts from the All-Union census of 1989 and those for the years 1999, 2009, and 2015–2019, to establish trends in medical demography situation. The average age of the population was estimated as the weighted arithmetic mean based on distribution of the population by age groups. We also estimated the share of old age population (60 years and over)

in the total population (ratio of elderly), the ratio of old age population aged 60 and over to the population aged 0–59 years (aging rate), the ratio of elderly population to population aged 0–59 growth rates (aging index), and the dependency ratio for 1989–2019. The obtained research data were processed in Microsoft Excel 2010 and the independent samples t-test was conducted.

Results

As of January 1, 2019, the size of population of the metals and mining areas (MMA) was 235.0 thousand people or 30.1 % of the total population in the Murmansk Region. If in 1989 the proportion of MMA population was 32.3 %, then in the early 1990s it gradually declined and equaled 29.5 % in the beginning of 1996. The rising trend was then registered in early 2000s resulting in 30.5 % in 2009, while in 2015–2019, the proportion of MMA population stabilized at 30.1 % of the total regional population (Table 1).

In 1989–2019, the size of population in the Murmansk Region decreased by 398.5 thousand people (–34.8 %) while in the MMA areas the population change amounted to –39.2 % ranging from –36.5 % to –50.1 % in certain administrative areas (Table 2). It should be taken into consideration that the maximum size of population in the Murmansk Region and in all MMA areas under study was registered in 1991, with the exception of Monchegorsk and Pechengsky Districts, where the decline was observed already in 1990. Thus, from 1991 to 2019, the size of population in the Murmansk Region and MMA areas decreased by 411 and 148 thousand people (–35.5 % and –39.7 %), respectively.

Over the past 30 years, the most intensive population decline in the metals and mining areas was observed in the 1990s with the annual rate of –1.87 % in 1989–1998, which was 67 % higher than the regional average. The most pronounced decline was registered in the Kovdorsky (–2.38 %), Pechengsky (–2.25 %) and Lovozersky (–2.22 %) Districts, in the towns of Kirovsk (–1.98 %), and

Table 1. The size of population in select administrative areas of the Murmansk Region as of January 1 of the specified year (thousands of people)

Таблица 1. Динамика численности населения отдельных административных территорий Мурманской области на начало соответствующего года (тысяч человек)

Administrative area / Административная территория	Years / Годы							
	1989	1999	2009	2015	2016	2017	2018	2019
Murmansk Region / Мурманская область	1146.5	1018.1	842.5	766.3	762.2	757.6	753.6	748.1
Apatity / Апатиты	87.0	70.2	61.6	57.4	56.7	56.4	55.7	55.2
Kirovsk / Кировск	49.1	39.4	32.8	29.5	29.2	28.9	28.7	28.3
Monchegorsk / Мончегорск	73.2	63.8	51.3	46.4	46.2	46.0	45.6	45.1
Olenegorsk / Оленегорск	46.1	39.2	31.9	29.5	29.7	29.8	29.9	30.0
Kovdorsky District / Ковдорский район	36.8	28.0	22.1	19.5	19.2	18.9	18.6	18.4
Lovozersky District / Ловозерский район	18.3	14.2	12.9	11.0	10.9	10.9	11.0	10.9
incl. Revda / в т. ч. Ревда	14.2	10.0	9.4	7.9	7.8	7.8	8.0	7.9
Pechengsky District / Печенгский район	59.5	46.1	44.6	37.5	37.2	37.2	37.2	37.1
incl. Zapolyarny / в т. ч. Заполярный	22.2	19.6	17.7	15.3	15.2	15.2	15.0	14.9
incl. Nikel / в т. ч. Никель	20.4	17.5	15.0	12.3	12.1	12.1	11.9	11.7
Total for MMA / Итого по ГДМК	369.9	300.9	257.2	230.8	229.1	228.1	226.7	225.0
MMA to regional population ratio / Удельный вес населения ГДМК в общей численности населения области, %	32.3	29.6	30.5	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1

Note: MMA, metals and mining areas.

Примечание: ГДМК, горнодобывающий и горно-металлургический комплексы.

Table 2. The absolute and relative population decline in select administrative areas of the Murmansk Region compared to the year 1989**Таблица 2. Абсолютное снижение численности населения отдельных административных территорий Мурманской области по сравнению с 1989 годом и его темп**

Administrative subdivision / Административная территория	Absolute decline / Абсолютное снижение			Relative decline / Темп снижения		
	1999	2009	2019	1999	2009	2019
Murmansk Region / Мурманская область	-128464	-304073	-398469	-11.2 %	-26.5 %	-34.8 %
Apatity / Апатиты	-16771	-25382	-31771	-19.3 %	-29.2 %	-36.5 %
Kirovsk / Кировск	-9732	-16238	-20742	-19.8 %	-33.1 %	-42.3 %
Monchegorsk / Мончегорск	-9420	-21891	-28157	-12.9 %	-29.9 %	-38.5 %
Olenegorsk / Оленегорск	-6944	-14214	-16138	-15.1 %	-30.8 %	-35.0 %
Kovdorsky District / Ковдорский район	-8781	-14692	-18426	-23.9 %	-39.9 %	-50.1 %
Lovozersky District / Ловозерский район	-4061	-5387	-7350	-22.2 %	-29.5 %	-40.2 %
incl. Revda / в т. ч. Ревда	-4246	-4815	-6326	-29.8 %	-33.8 %	-44.4 %
Pechengsky District / Печенгский район	-13362	-14936	-22378	-22.5 %	-25.1 %	-37.6 %
incl. Zapolyarny / в т. ч. Заполярный	-2558	-4493	-7298	-11.5 %	-20.2 %	-32.9 %
incl. Nikel / в т. ч. Никель	-2927	-5423	-8728	-14.3 %	-26.6 %	-42.8 %
Total for MMA / Итого по ГДМК	-69071	-112740	-144962	-18.7 %	-30.5 %	-39.2 %

Apatity (-1.93 %). In the following decade, from 1999 to 2008, the annual decline rate in the study areas was, on the contrary, 16 % lower than the regional average, constituting -1.45 %, with the highest rates in the Kovdorsky District (-2.1 %) and in the towns of Monchegorsk (-1.96 %) and Olenegorsk (-1.86 %). In 2015–2019, the annual rate of population decline in the Murmansk Region generally increased but did not change significantly in the metals and mining areas ($t = 1.68$). In 2017–2018, the regional and local decline rates were almost similar while in 2019, the decline was 21 % lower in MMA compared to the Murmansk Region (Fig. 1).

The population decline in the Murmansk Region was accompanied by significant changes in its structure as shown by the average age. In 2019, the population average age in metals and mining areas was 38.5 years: slightly higher (0.8 %) than in the Murmansk Region and 1.9 % lower than that in the Russian Federation. In 1989, however, this indicator was 2.8 % and 15.9 % lower than the regional and national ones, respectively. In 2015–2019, the average age in MMA and the Russian Federation was not significantly different ($t = 1.79$). Compared to the Murmansk Region, the difference decreased as well (Fig. 2).

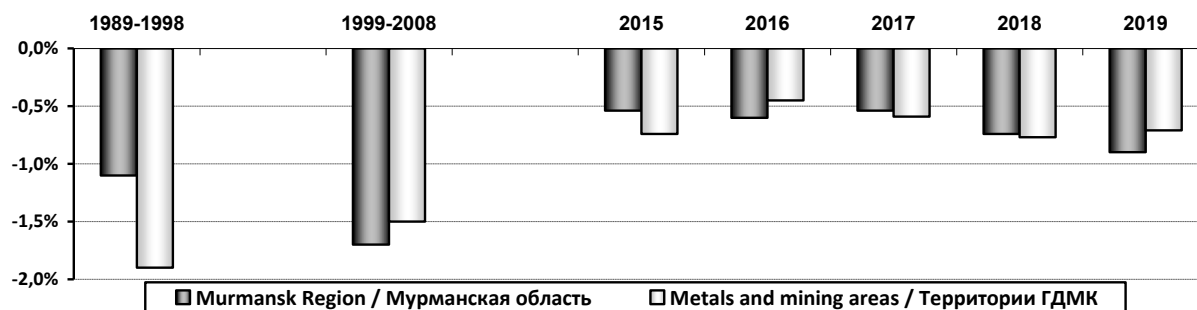
**Fig. 1. Average annual rates of population decline (%), 1989–2019**

Рис. 1. Динамика среднего ежегодного темпа прироста (снижения) населения (%) в 1989–2019 гг.

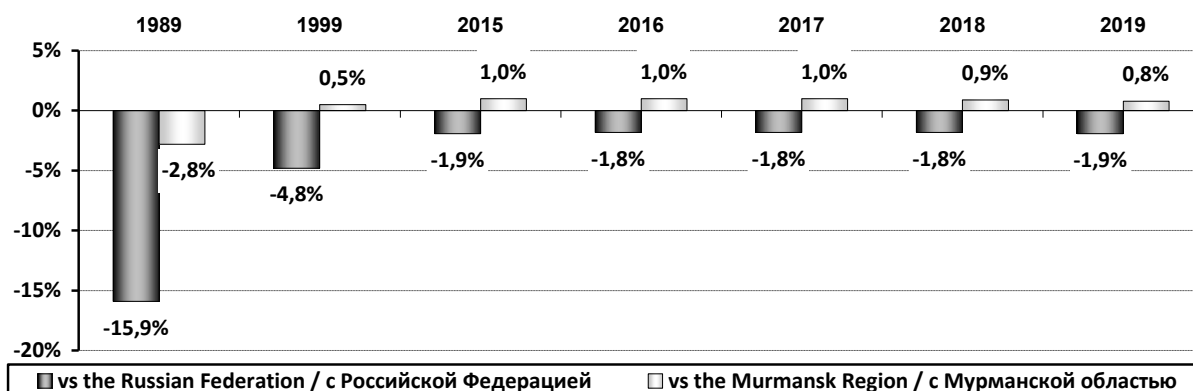
**Fig. 2. Comparison of the population average age in metals and mining areas with those in the Russian Federation and the Murmansk Region (%), 1989–2019**

Рис. 2. Динамика различий среднего возраста населения территорий ГДМК со средними в Российской Федерации и Мурманской области в 1989–2019 гг. (%)

In absolute terms, from 1989 to 2019 the average age of the population of metals and mining areas increased by 9.5 years (+32.8 %) from 29.0 to 38.5 years: by 7.7 years (+28.0 %) in men and by 11.1 years (+36.5 %) in women. The average age of the general population in the Murmansk Region and the Russian Federation over the same period increased by 28.1 % and 13.8 %, respectively. In 1989–2019, the highest growth rates were registered in the Kovdorsky (+41.7 %) and Lovozersky Districts (+39.1 %), the towns of Apatity (+33.4 %) and Monchegorsk (+33.1 %).

In 1989, in all the metals and mining areas, with the exception of the town of Kirovsk, the average age of the population did not exceed the regional value while 30 years later, in 2019, it was already higher in most of these territories, except the Pechengsky District and the town of Olenegorsk. The average age of the population in 2019 was higher than that in the Russian Federation in the Kovdorsky (40.3 years) and Lovozersky (39.4) districts, the towns of Apatity (39.5 years), Kirovsk (39.4 years), and Monchegorsk (39.3 years).

The reported increase in the median age of the population of the Murmansk Region between 1989 and 2019 resulted from a sharp decline in the child population, a decrease in the number of working-age people, and a significant growth in old age population. Structural changes in the population of the Murmansk Region were more evident than in the Russian Federation. We established that the decrease in the number of minors aged 0–16 by 31.0 % in the Russian Federation in 1989–2019 was accompanied by the decrease already by 55 % in the same age group of the Murmansk Region. An insignificant drop in the number of working-age people in the Russian Federation during this period (–2.9 %) was accompanied by a fall by 35 % in the Murmansk Region while the number of elderly increased by 40 % and 66 %, respectively. Between 1989 and 2019, the changes in the age structure were even more pronounced in the population of metals and mining areas where the number of minors and working-age people decreased by 64.0 % and 49 %, respectively, and old age population increased by 66 %. Besides, the decline rates in minors and elderly in the study areas exceeded the corresponding regional rates.

Dramatic aging of the population of the Murmansk Region is evidenced by dynamics and levels of old age and aging rates. In 1989–2019, the ratio of elderly

in the Murmansk Region demonstrated a 2.8-fold increase and amounted to 18.5 % in 2019. The highest annual growth rate of this ratio in the Murmansk Region and MMA was in the 1990s: +5.2 % and +10.1 %, respectively. During the first decade of the 2000s, its annual growth rate dropped to +2.6 % and +1.6 % in the Murmansk Region and the metals and mining areas, respectively. In 2015–2019, the annual growth rate of the share of old age population in the Murmansk Region remained at the level of the first decade of the 2000s (+2.6 %) while in MMA it rose to +2.4 %. Over the whole study period of 1989–2019, a 2.8-fold increase in the ratio of elderly in the Murmansk Region was accompanied by a 3.3-fold increase in all metals and mining areas and exceeded the average regional growth rate in all MMA except the town of Monchegorsk (+2.6 times). In 2019, the share of old age population in the Murmansk Region in general and the metals and mining areas was below the average for the Russian Federation. On the whole, the ratio of elderly in MMA in 2019 was 6 % higher than that in the Murmansk Region (Table 3).

In 1989–2019, the aging rate in all metals and mining areas except the town of Monchegorsk also grew much faster than the average for the Murmansk Region. All major trends related to the increase in the regional and national aging rates and particularly that in the study areas matched changes in the share of old age population but were more vivid in the latter due to a simultaneous decrease in proportion of people under 60.

From 1989 to 2019, the average aging index amounted to 3.9 (range: 3.5–6.5) in the metals and mining areas against 3.1 in the Murmansk Region. The only exception was the industrial town of Monchegorsk, where this index equaled the regional average of 3.1. This finding means that from 1989 to 2019 the size of elderly population (aged 60 and over) in the metals and mining areas grew 3.9 times quicker than the size of population under 60.

The increase in the share of old age population and the corresponding decrease in the child population by 2019 resulted in a pronounced regressive age-sex pyramid in all territories under consideration. Changes in the age and sex distribution of the population of the Murmansk Region and the metals and mining areas as a whole and separately followed a similar pattern and differed only in their degree. Moreover, if in 1989 the age of the majority of working-age

Table 3. Population ageing: proportion of old age population (60 years and older), %

Таблица 3. Динамика старения населения, коэффициент старости, %

Administrative area / Административная территория	1989	1999	2015	2016	2017	2018	2019	Growth rate, times / Темп прироста, раз 1989–2019
Russian Federation / Российская Федерация	15.3	18.0	19.9	20.3	20.8	21.3	21.8	42.5 %
Murmansk Region / Мурманская область	6.7	10.5	16.4	17.0	17.5	18.0	18.5	+ 2.8
Apatity / Апатиты	5.9	12.7	19.3	19.9	20.4	21.0	21.7	+ 3.7
Kirovsk / Кировск	7.3	14.4	19.9	20.3	20.7	21.0	21.7	+ 3.0
Monchegorsk / Мончегорск	8.0	13.5	17.8	18.7	19.3	20.1	21.1	+ 2.6
Olenegorsk / Оленегорск	5.1	11.4	15.1	15.6	16.0	16.5	17.3	+ 3.4
Kovdorsky District / Ковдорский район	4.4	11.0	20.2	21.3	22.0	22.9	22.7	+ 5.2
Lovozersky District / Ловозерский район	5.9	11.4	18.9	19.6	20.4	20.9	19.5	+ 3.3
Pechengsky District / Печенгский район	4.0	11.4	12.1	12.4	12.6	12.8	13.3	+ 3.3
Total for MMA / Итого по ГДМК	5.9	12.5	17.5	18.0	18.5	19.0	19.6	+ 3.3

people ranged from 25 to 39 in all MMA, then in 2019, the proportion of people in the age groups of 25–59 years was almost similar for both sexes. The exception was the Pechengsky District, in which young working-age people still prevailed among the male population in 2019. The result of the above changes is the characteristic shape of age-sex pyramids of the Murmansk Region and its metals and mining areas with a relatively narrow base and a top tilted to the left due to a significant prevalence of old age female population in the general structure (Figs. 3, 4).

Changes in the age structure of population from 1989 to 2019 had a significant effect on the dependency ratio in the region. During the 1990s, the demographic burden of the working-age population was influenced by a dramatic decline in the child population while in the 2000s it was mostly affected by a continuous growth of the ratio of elderly. Compared to the year 1989, in 1999 the dependency ratio decreased in the Murmansk Region and all its metals and mining areas except the town of Kirovsk, where this indicator remained stable ($t = 0.53$), but in 2019 the dependency ratio increased both in the Murmansk Region (+23.8 %) and in all MMA from 9 % to 46 %. In 2019, this ratio exceeded the national average in the towns of Kirovsk, Monchegorsk, and

in the Kovdorsky District, and the regional average in all metals and mining areas (from 1 % in Olenegorsk to 22 % in the Kovdorsky District), except for the Pechengsky District where the dependency ratio was 17 % lower and the Lovozersky District, where the difference from the regional average was not statistically significant ($t = 0.39$). The old-age dependency ratio grew very fast and in 2019 exceeded that of the year 1989 by 2.7 times in the region and by 2.7 to 5.3 times in the industrial areas (Table 4).

Discussion

We established an intensive population decline in the Murmansk Region and its metals and mining areas. From 1991 (the year when the number of regional residents was the highest) to 2019, the size of population decreased by 411 thousand people (–36 %) in the Murmansk Region and by 148 thousand people (–40 %) in its towns and districts with the developed metals and mining industry. In the latter, the population decline was most prominent in the 1990s, when its rate was 67 % higher than the average for the Murmansk Region and resulted in the drop of the percentage of the local population from 32.3 % in the year 1989 to 29.6 % in 1999. In the following 10 years, the decline rate in MMA slowed down and was

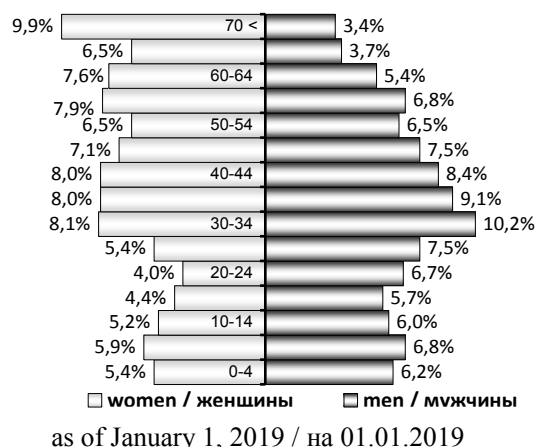
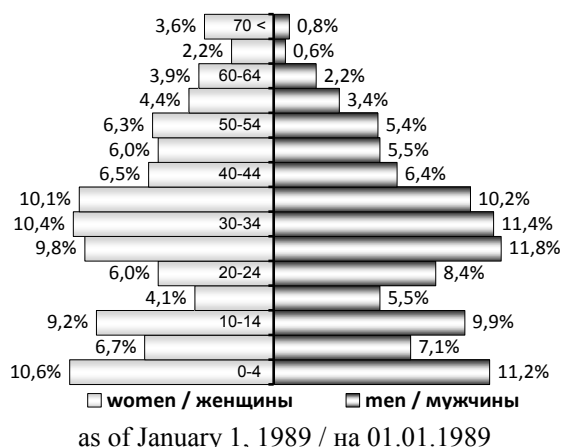


Fig. 3. The population pyramid of the Murmansk Region in the years 1989 and 2019
Рис. 3. Половозрастная пирамида населения Мурманской области в 1989 и 2019 гг.

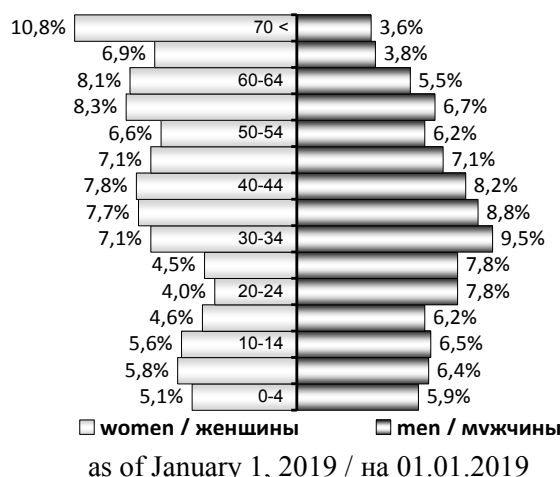
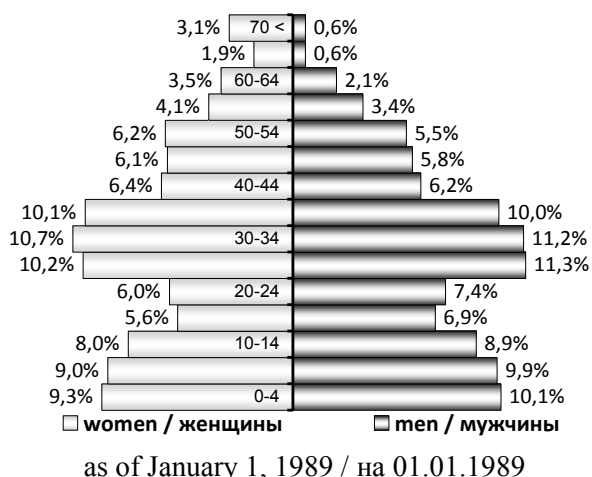


Fig. 4. The population pyramid of the Murmansk Region in the years 1989 and 2019
Рис. 4. Половозрастная пирамида населения Мурманской области в 1989 и 2019 гг.

Table 4. Age dependency ratio per 1,000 working-age people

Таблица 4. Демографическая нагрузка на 1000 человек трудоспособного возраста

Administrative area / Административная территория	Minors under working age / Лицами моложе трудоспособ- ного возраста			Elderly over working age / Лицами старше трудоспособ- ного возраста			Total / Всего		
	1989	1999	2019	1989	1999	2019	1989	1999	2019
Russian Federation / Российская Федерация	429.5	351.2	304.0	324.7	354.7	466.9	754.2	706.0	770.9
Murmansk Region / Мурманская область	430.3	294.9	320.4	140.3	208.7	385.8	570.5	503.7	706.2
Apatity / Апатиты	473.0	299.1	307.0	127.1	247.1	459.6	600.1	546.2	766.6
Kirovsk / Кировск	438.1	320.9	341.4	155.3	278.7	470.6	593.4	599.6	812.0
Monchegorsk / Мончегорск	462.7	322.1	329.8	170.6	246.8	465.2	633.3	568.9	795.0
Olenegorsk / Оленегорск	480.1	304.0	348.6	113.2	210.8	364.5	593.3	514.8	713.2
Kovdorsky District / Ковдорский район	493.6	306.2	345.4	98.2	212.0	517.5	591.8	518.2	862.9
Lovozersky District / Ловозерский район	492.4	347.9	301.4	121.4	214.2	407.1	613.7	562.1	708.5
Pechengsky District / Печенгский район	450.3	312.7	324.3	91.4	220.9	265.7	541.6	533.5	590.0
Total for MMA / Итого по ГДМК	466.9	312.4	327.0	128.3	237.3	415.9	595.2	549.6	742.9

below the regional average, thus contributing to the increase in the proportion of the local population to 30.5 % in 2009. In 2010–2015, the population decline rate grew again and exceeded the regional rate by 40 % in 2015.

Over the final years of observation (2015–2019), the annual population decline rate grew in the Murmansk Region but did not change significantly in MMA ($t = 1.68$). At the same time, we saw no differences between the local and regional rates in 2017–2018 whereas in 2019, the annual decline rate in the metals and mining areas was already 21 % lower than the regional average.

The population decline in the Murmansk Region is accompanied by significant changes in its structure. In 1989–2019, the mean age of the population of MMA increased by 9.5 years (+33 %) to 38.5 years, which was 0.8 % higher than the average regional age and 1.9 % lower than the national average. If in 1989 the median age of the population in all studied areas except the town of Kirovsk did not exceed the regional average, then 30 years later, in 2019, it was already higher in most metals and mining areas, while in the Kovdorsky and Lovozersky Districts, the towns of Kirovsk, Apatity and Monchegorsk, the median population age in 2019 was higher than that in the Russian Federation.

The rise in the median age of the population in the north of the Kola Peninsula was induced by a dramatic decline in the child population, a decrease in the number of working-age people, and a significant increase in the size of elderly population. In contrast to the Russian Federation, structural changes in the population of the Murmansk Region were much more detrimental: from 1989 to 2019, the number of minors in the region decreased by 55 % against 31 %, the size of the regional working-age population declined by 35 % against 2.9 %, and the number of elderly people increased by 66 % against 40 % in the Russian Federation. Even more pronounced changes in the age structure were observed in the population of metals and mining areas, where the number of minors in the same period decreased by 64 %, working-age people – by 49 %, and the number of elderly increased by 66 %.

Since 1989, the share of old age population increased by 2.8 times in MMA and reached 18.5 % in 2019 while the aging rate rose by 3.9 times and amounted to 24.3 %. The size of elderly population (aged 60 and over) in the metals and mining areas grew four times faster than that of the population aged 0 to 59 in the same years.

The change in the age structure had a significant effects on the dependency ratio in the metals and mining areas in 1989–2019, which increased by 24.8 % despite the decline in the child population. We noted a significant growth of the old age dependency ratio over the 30 years between 1989 and 2019 by 2.7 times in the region and by 2.7 to 5.3 times in its developed industrial areas under study.

Conclusions

The result of the negative structural demographic trend was a sharply expressed regressive age-sex pyramid, which by 2019 had a specific unstable shape with a relatively narrow base and a slope of its top to the left due to the significant predominance of the elderly female population in all studied territories. Demographically, a gradual increase in the proportion of elderly people has a significant effect on reproductive patterns, age and sex structure, birth rate, etc. Economically, these changes inevitably lead to a decrease in the workforce and an increase in the dependency ratio, thus creating problems in the development of social production. From a social point of view, aging necessitates additional care for old people, whose number is growing very rapidly, and higher expenditures of the society for support and servicing of the elderly [13, 16, 20]. Thus, the analysis of the size and structure of population is a prerequisite for developing public health measures and planning resources for health care. The observed significant changes in the demographic profile of the population suggest the need to take this trend into account when establishing social policy in the districts under study, including the volumes and resources of health care services.

References

1. Vasiliev VV, Selin VS. [Methodology of the Integrated Natural and Economic Zoning of the Northern Territories

- and the Russian Arctic.] Apatity: RAS Kola Science Center Publ., 2013. (In Russ.)
2. Karnachev IP, Nikanov AN, Koklyanov EB. Level of regional social and economic development and labor safety indicators in Murmansk region. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2012;(7):19–23. (In Russ.)
 3. Kovshov AA, Novikova YuA, Fedorov VN, Tikhonova NA. Socio-economic portrait and medical and demographic characteristics of the Arctic territories of the Republic of Sakha (Yakutia). *Rossiyskaya Arktika*. 2021;(2(13)):105–117. (In Russ.) doi: 10.24412/2658-4255-20212-105-117
 4. Leksin VN, Porfiriev BN. The Russian Arctic: The logic and paradoxes of change. *Problemy Prognozirovaniya*. 2019;(6(177)):4–21. (In Russ.)
 5. Popova ON, Shcherbina YuF. Climatic-geophysical characteristics of Kola Arctic region. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2012;(5):3–7. (In Russ.)
 6. Chashchin VP, Gudkov AB, Popova ON, Odland JO, Kovshov AA. Description of main health deterioration risk factors for population living on territories of active natural management in the Arctic. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2014;(1):3–12. (In Russ.)
 7. Gudkov AB, Popova ON, Nebuchennyh AA, Bogdanov MYu. Ecological and physiological characteristic of the Arctic climatic factors. Review. *Morskaya Meditsina*. 2017;3(1):7–13. (In Russ.) doi: 10.22328/2413-5747-2017-3-1-7-13
 8. Gorbanev SA, Fedorov VN, Tikhonova NA. State and improvement of sanitary and epidemiological welfare management in the Russian Arctic. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2019;(10):4–14. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2019-10-4-14
 9. Kachurin NM, Efimov VI, Koklyanov EB, Karnachev IP, Nikanov AN. [Injuries and Occupational Diseases in Underground Miners.] Tula: Tula University Publ., 2012. (In Russ.)
 10. Karnachev IP, Efimov BV, Nikanov AN. [Ensuring Occupational Safety in the Production Sector (on the Example of Industrial Enterprises of the Mining and Energy Complex of the Kola Arctic)]. Apatity: RAS Kola Science Center Publ., 2006. (In Russ.)
 11. Syurin SA, Burakova OA, Nikanov AN, Leshtaeva NR, Chashchin VP. The health of apatite-ore miners in High North. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2010;(12(213)):23–27. (In Russ.)
 12. Burström L, Aminoff A, Björ B, et al. Musculoskeletal symptoms and exposure to whole-body vibration among open-pit mine workers in the Arctic. *Int J Occup Med Environ Health*. 2017;30(4):553–564. doi: 10.13075/ijomh.1896.00975
 13. Jussila K, Rissanen S, Aminoff A, et al. Thermal comfort sustained by cold protective clothing in Arctic open-pit mining – a thermal manikin and questionnaire study. *Ind Health*. 2017;55(6):537–548. doi: 10.2486/indhealth.2017-0154
 14. Laruelle M, Esau I, Miles V, et al. Arctic cities as an anthropogenic object: a preliminary approach through urban heat islands. *Polar J*. 2019;9(2):402–423. doi: 10.1080/2154896X.2019.1685171
 15. Nieminen P, Panychev D, Lyalyushkin S, et al. Environmental exposure as an independent risk factor of chronic bronchitis in northwest Russia. *Int J Circumpolar Health*. 2013;72(1):19742. doi: 10.3402/ijch.v72i0.19742
 16. Gambarian MG. Epidemiological features of chronic respiratory diseases in a number of regions of the Russian Arctic with developed industry. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2014;17(6):71–78. (In Russ.)
 17. 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
 18. Tikhonova NA, Novikova YuA, Kovshov AA, Fedorov VN. [Analysis of medical and demographic indices and health status of the population in hard-to-reach areas of the Arctic zone of the Russian Federation on the example of the Nenets Autonomous Okrug.] In: *Proceedings of the Tenth All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation "Health Risk Analysis–2020" in conjunction with the International Meeting on Environment and Health "Rise–2020" and a Round Table on Food Safety*. Popova AYU, Zaitseva NV, eds. Perm: Perm National Research Polytechnic University Publ., 2020:386–391. (In Russ.)
 19. Shcherbina FA, Shcherbina AF, Shcherbina YuF. [Human Breathing in the Arctic during the Seasons of Light Aperiodicity.] Arkhangelsk: Murmansk Arctic University, 2018. (In Russ.)
 20. Dorofeev VM. [Features of Disease Incidence and Medico-Demographic Processes in the Kola North.] Cand. Sci. (Med.) Thesis. Saint Petersburg, 1996. (In Russ.)
 21. Kovalyov IV, Dorofeyev VM, Krivosheyev YuK, Nikanov AN, Shukin ON. Demographic problems and reproductive health of women and infants. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2004;(2):10–14. (In Russ.)
 22. Revich BA, Kharkova TL, Kvasha EA, Bogoyavlensky DD, Korovkin AG, Korolev IB. [Demographic Trends, Workforce Dynamics and Health Risks for the Population of the European Part of the Russian Arctic.] Moscow: Editorial URSS Publ., 2016. (In Russ.)

Список литературы

1. Васильев В.В., Селин В.С. Методология комплексного природо-хозяйственного районирования северных территорий и российской Арктики. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2013.
2. Карначев И.П., Никанов А.Н. Коклянов Е.Б. Уровень социально-экономического развития региона и показатели безопасности труда в Мурманской области // Экология человека. 2012. № 7. С. 19–23.
3. Ковшов А.А., Новикова Ю.А., Федоров В.Н., Тихонова Н.А. Социально-экономический портрет и медико-демографическая характеристика арктических территорий Республики Саха (Якутия). Российская Арктика. 2021. № 2 (13). С. 105–117.
4. Лексин В.Н., Порфирьев Б.Н. Российская Арктика: логика и парадоксы перемен // Проблемы прогнозирования, 2019. № 6. С. 4–21.
5. Попова О.Н., Щербина Ю.Ф. Климато-геофизическая характеристика Кольского Заполярья // Экология человека. 2012. № 5. С. 3–7.
6. Чашин В.П., Гудков А.Б., Попова О.Н., Одланд Ю.О., Ковшов А.А. Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике // Экология человека. 2014. № 1. С. 3–12.
7. Гудков А.Б., Попова О.Н., Небученных А.А., Богданов М.Ю. Эколого-физиологическая характеристика климатических факторов Арктики. Обзор литературы // Морская медицина. 2017. Т. 3. № 1. С. 7–13.
8. Горбанев С.А., Федоров В.Н., Тихонова Н.А. О состоянии и совершенствовании управления санитарно-эпидемиологическим благополучием в Арктической зоне Российской Федерации // Экология человека. 2019. № 10. С. 4–14.
9. Качурин Н.М., Ефимов В.И., Коклянов Е.Б., Карначев И.П., Никанов А.Н. Травматизм и профессиональная заболеваемость при подземной добыче полезных ископаемых. Тула: Изд-во: ТулГУ, 2012.
10. Карначев И.П., Ефимов В.И., Никанов А.Н. Обеспечение безопасности труда в производственной

- сфере (на примере промышленных предприятий горно-энергетического комплекса Кольского Заполярья). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2006.
11. Сюрин С.А., Буракова О.А., Никанов А.Н., Лештаева Н.Р., Чашин В.П. Состояние здоровья горняков апатитовых рудников Крайнего Севера // Здоровье населения и среда обитания. 2010. № 12 (213). С. 23–27.
 12. Burström L, Aminoff A, Björ B, *et al.* Musculoskeletal symptoms and exposure to whole-body vibration among open-pit mine workers in the Arctic. *Int J Occup Med Environ Health*. 2017;30(4):553–564. doi: 10.13075/ijomeh.1896.00975
 13. Jussila K, Rissanen S, Aminoff A, *et al.* Thermal comfort sustained by cold protective clothing in Arctic open-pit mining – a thermal manikin and questionnaire study. *Ind Health*. 2017;55(6):537–548. doi: 10.2486/indhealth.2017-0154
 14. Laruelle M, Esau I, Miles V, *et al.* Arctic cities as an anthropogenic object: a preliminary approach through urban heat islands. *Polar J*. 2019;9(2):402–423. doi: 10.1080/2154896X.2019.1685171
 15. Nieminen P, Panychev D, Lyalyushkin S, *et al.* Environmental exposure as an independent risk factor of chronic bronchitis in northwest Russia. *Int J Circumpolar Health*. 2013;72(1):19742. doi: 10.3402/ijch.v72i0.19742
 16. Гамбарян М.Г. Эпидемиологические особенности хронических респираторных заболеваний в ряде регионов российской Арктики с развитым промышленным производством. Профилактическая медицина. 2014. Т. 17. № 6. С. 71–78.
 17. 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. № 1 (322). С. 34–38.
 18. Тихонова Н.А., Новикова Ю.А., Ковшов А.А., Федоров В.Н. Анализ медико-демографических показателей и состояния здоровья населения в труднодоступных районах арктической зоны Российской Федерации на примере Ненецкого автономного округа. Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания. В 2-х т. / Под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. 2020. С. 386–391.
 19. Щербина Ф.А., Щербина А.Ф., Щербина Ю.Ф. Дыхание человека в Арктике в сезоны световой аperiodичности: монография. Архангельск, 2018. 134 с.
 20. Дорофеев В.М. Особенности заболеваемости и медико-демографических процессов, происходящих на Кольском Севере: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. СПб., 1996. 22 с.
 21. Ковалев И.В., Дорофеев В.М., Кривошеев Ю.К., Никанов А.Н., Шукин О.Н. Демографические проблемы и репродуктивное здоровье женщин и детей первого года жизни // Медицина труда и промышленная экология. 2004. № 2. С. 10–14.
 22. Ревич Б.А., Харьков Т.Л., Кваша Е.А., Богоявленский Д. Д., Коровкин А.Г., Королев И.Б. Демографические процессы, динамика трудовых ресурсов и риски здоровью населения европейской части Арктической зоны России (Под ред. Б.А. Ревича, Б.Н. Порфирьева). М., 2016.



© Коллектив авторов, 2021

УДК 613.168

Оценка природно-климатических факторов (магнитного поля Земли) на выбранных территориях. Сообщение 1

С.Н. Носков^{1,2}, Е.Г. Головина³, О.М. Ступишина⁴, Г.Б. Еремин¹, Н.Н. Крутикова²¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 2-я Советская ул., д. 4, г. Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, ул. Кирочная, д. 41, г. Санкт-Петербург, 191015, Российская Федерация³ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет», ул. Воронежская, д. 79, г. Санкт-Петербург, 192007, Российская Федерация⁴ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Университетская набережная, д. 7–9, г. Санкт-Петербург, 199034, Российская Федерация

Резюме

Введение. Человек в процессе жизнедеятельности находится под непосредственным воздействием комплекса факторов среды обитания, в том числе и метеорологических условий земной и космической погоды. Изучение влияния этих факторов на состояние здоровья имеет возрастающий интерес как для науки, так и для практики.

Цель исследования: сравнительная оценка лабораторно-инструментального и расчетного методов оценки магнитного поля Земли на выбранных территориях для дальнейшего выявления приоритетных природно-климатических факторов, разработки мер по адаптации населения к изменениям климата по отдельным регионам, учитываемых при проведении социально-гигиенического мониторинга.

Объем и методы исследования. Лабораторно-инструментальные измерения напряженности магнитного поля Земли проведены на территориях Московской, Воронежской, Ростовской областей, в Краснодарском крае, в августе 2020 года. Общее количество проведенных измерений не менее 15 в каждой точке. Исследования на выбранных территориях выполнены в соответствии с существующим утвержденным стандартом.

Результаты исследования и их обсуждение. Территории для исследования выбраны с учетом изменения широты местности, оказывающей приоритетную значимость в формировании природно-климатических условий данных регионов. При проведении исследований установлено отсутствие значимой разницы значений напряженности магнитного поля Земли днем и ночью, что связано с основной погрешностью прибора (МТМ-01 магнитометр трехкомпонентный). Полученные инструментальные значения показателя напряженности магнитного поля составили от 37,1 до 40,51 А/м. При анализе полученных результатов прослеживается тенденция к повышению напряженности магнитного поля Земли в направлении с Юга на Север (Краснодарский край, Ростовская, Воронежская, Московская, области). Диапазон расчетных значений показателя напряженности составил от 39,9 до 42,19 А/м. Полученные инструментальные данные коррелируют с расчетными значениями магнитного поля Земли.

Заключение. В работе проведены лабораторно-инструментальные исследования, которые соотносятся с существующими современными моделями расчета магнитного поля Земли, что позволяет использовать расчетные данные о напряженности магнитного поля Земли при выполнении научных исследований.

Ключевые слова: лабораторно-инструментальная оценка, магнитное поле Земли, здоровье населения.

Для цитирования: Носков С.Н., Головина Е.Г., Ступишина О.М., Еремин Г.Б., Крутикова Н.Н. Оценка природно-климатических факторов (магнитного поля Земли) на выбранных территориях. Сообщение 1 // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 9. С. 16–22. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-16-22>

Сведения об авторах:

✉ Носков Сергей Николаевич – к.м.н., старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: sergeinoskov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7971-4062>.

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

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

Еремин Геннадий Борисович – к.м.н., заведующий отделом анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: yeremin45@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1629-5435>.

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

Информация о вкладе авторов: Носков С.Н. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка результатов, написание текста; Головина Е.Г. – обработка результатов; Ступишина О.М. – обработка результатов; Еремин Г.Б. – дизайн исследования, редактирование; Крутикова Н.Н. – обработка результатов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 27.05.21 / Принята к публикации: 20.08.21 / Опубликовано: 30.09.21

Assessment of Natural and Climatic Factors (the Earth's Magnetic Field) in Selected Territories: Report 1

Sergei N. Noskov,^{1,2} Elena G. Golovina,³ Olga M. Stupishina,⁴ Gennadiy B. Yerein,¹ Natalya N. Krutikova²¹Northwest Public Health Research Center, 4 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation²North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 41 Kirochnaya Street, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation³Russian State Hydrometeorological University, 79 Voronezhskaya Street, Saint Petersburg, 192007, Russian Federation⁴St. Petersburg State University, 7–9 University Embankment, Saint Petersburg, 199034, Russian Federation

Summary

Background: A man is constantly exposed to numerous environmental factors, including meteorological conditions of the earth and space weather. The study of human health effects of these factors is of increasing interest both for science and practice.

Objective: To compare instrumental and computational methods for assessing the Earth's magnetic field in selected territories for further identification of priority natural and climatic factors and development of region-specific measures for adaptation of the local population to climate change, which should be taken into account when conducting social and hygienic monitoring.

Methods: Instrumental measurements of the Earth's magnetic field strength were carried out in the Moscow, Voronezh, Rostov, and Krasnodar regions of the Russian Federation in August 2020. The total number of measurements was at least 15 at each point. The studies were conducted in accordance with the existing approved standard.

Results and discussion: The study areas were selected at different latitudes (from north to south) determining natural and climatic conditions of these regions. Results of instrumental measurements demonstrated the absence of significant differences between values of the Earth's magnetic field strength at daytime and at night, possibly due to the measurement error of the MTM-01 three-component magnetometer, and ranged from 37.1 to 40.51 A/m. We observed an increasing northward trend in the Earth's magnetic field strength (from the Krasnodar to Rostov, Voronezh, and Moscow regions). The estimated values of the magnetic field strength varied from 39.9 to 42.19 A/m. Our findings correlate with previously estimated values of the Earth's magnetic field.

Conclusions: We conducted instrumental studies complying with existing models for estimating the Earth's magnetic field strength, thus enabling application of our estimates in scientific research.

Keywords: instrumental measurement, Earth's magnetic field strength, public health.

For citation: Noskov SN, Golovina EG, Stupishina OM, Yerebin GB, Krutikova NN. Assessment of natural and climatic factors (the Earth's magnetic field) in selected territories: Report 1. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(9):16–22. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-16-22>

Author information:

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

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

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

Gennadiy B. Yerebin, Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of Health Risk Analysis, Northwest Public Health Research Center; e-mail: yerebin45@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1629-5435>.

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

Author contributions: Noskov S.N. developed conception and design of the study, did data collection and processing, and wrote the manuscript; Yerebin G.B. developed the study design and edited the manuscript; Golovina E.G., Stupishina O.M. and Krutikova N.N. did data processing.

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

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

Received: May 27, 2021 / Accepted: August 20, 2021 / Published: September 30, 2021

Введение. Международное сообщество признает, что изменение климата Земли и его неблагоприятные последствия являются предметом общей озабоченности человечества¹. Для решения проблем, связанных с изменением климата, Российская Федерация ратифицировала Рамочную конвенцию Организации Объединенных Наций об изменении климата², Киотский протокол³ и Парижское соглашение⁴. По данным Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, на территории Российской Федерации ежегодно отмечается порядка 1 тыс. опасных гидрометеорологических явлений. При этом, несмотря на высокий уровень прогнозирования, от 35 до 45 % таких явлений наносят значительный ущерб жизнедеятельности населения. За последние 10–20 лет количество опасных явлений и связанных с ними ущерб существенно увеличились [1–9]. Следует отметить, что климатические условия на территории Российской Федерации изменяются примерно в 2,5 раза интенсивнее, чем в среднем на планете, среднегодовые температуры растут во всех физико-географических регионах и федеральных округах. Наибольшая скорость роста среднегодовой температуры отмечается на побережье Северного Ледовитого океана. Воздействие

изменения климата носит комплексный характер и создает значительные риски для здоровья населения. В настоящее время отсутствуют рекомендации, направленные на минимизацию негативного влияния климатических условий проживания на состояние здоровья населения [10–12]. В целях предупреждения этих рисков на государственном уровне были разработаны и утверждены ряд регулирующих документов по адаптации к изменению климата^{5,6,7,8} [13]. По этой причине научное обоснование учета климатических факторов при проведении социально-гигиенического мониторинга чрезвычайно важно.

Цель исследования: сравнительная оценка лабораторно-инструментального и расчетного методов оценки магнитного поля Земли на выбранных территориях для дальнейшего выявления приоритетных природно-климатических факторов, разработки мер по адаптации населения к изменениям климата по отдельным регионам, учитываемым при проведении социально-гигиенического мониторинга.

Объем и методы исследования. Лабораторно-инструментальные измерения напряженности магнитного поля Земли проведены на территориях Московской, Воронежской, Ростовской областей,

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

² Федеральный закон от 04.11.1994 № 34-ФЗ «О ратификации рамочной Конвенции ООН об изменении климата».

³ Федеральный закон от 04.11.2004 № 128-ФЗ «О ратификации Киотского протокола к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата».

⁴ Постановление Правительства Российской Федерации от 21.09.2019 № 1228 «О принятии Парижского соглашения».

⁵ Проект первой редакции отраслевого плана (план организационно-методических, нормативно-правовых и информационных, научных мероприятий Роспотребнадзора) по адаптации к изменениям климата в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения на период до 2022 года.

⁶ Распоряжение Правительства РФ от 25.12.2019 № 3183-р (ред. от 17.08.2021) «Об утверждении национального плана мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года».

⁷ Распоряжение Президента РФ от 17.12.2009 № 861-рп «О Климатической доктрине Российской Федерации».

⁸ Указ Президента РФ от 26.10.2020 № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года».

в Краснодарском крае, в августе 2020 года. Общее количество проведенных измерений не менее 15 в каждой точке.

Исследования на выбранных территориях выполнены в соответствии с существующим утвержденным стандартом⁹. Для характеристики геомагнитной обстановки используют X, Y и Z компоненты вектора напряженности магнитного поля Земли, а также индексы геомагнитной активности, характеризующие вариации магнитного поля Земли. В данной работе произведена оценка степени напряженности магнитного поля Земли с помощью прибора МТМ-01 (магнитометра трехкомпонентного малогабаритного). Измерительный преобразователь магнитного поля Земли выполнен на базе магниторезистивных датчиков, которые одновременно обеспечивают измерение ортогональных составляющих магнитного поля в контрольной точке и модуля вектора напряженности, при этом показания магнитометра не зависят от ориентации измерительного преобразователя в пространстве. Оценка напряженности модуля вектора геомагнитного поля проводилась в направлении магнитного меридиана Север-Юг в конкретной точке открытого пространства на высоте 1,5–1,7 м от земной поверхности. Оценка напряженности магнитного поля выполнялась на незастроенных территориях на открытом пространстве. Рядом с местом измерений отсутствовали здания, строения, металлические подземные коммуникации. Измерения проводились в каждой выбранной точке на поверхности Земли, с шагом не менее 10 м в направлении от севера к центру и от центра к югу. Затем определялись среднеарифметические значения результатов измерений в каждой точке. Исследования проводились в следующих точках:

– точка № 1 – Московская область, городской округ Химки, Химкинский лес, географические координаты: 55.936438 с.ш., 37.452482 в.д.;

– точка № 2 – Воронежская область, Лискинский район, 50.905303 с.ш., 39.549323 в.д.;

– точка № 3 – Ростовская область, Больше-логское сельское поселение, 47.327772 с.ш., 39.861065 в.д.;

– точка № 4 – Краснодарский край, городской округ Анапа, 44.932269 с.ш., 37.352101 в.д.

Результаты исследования и их обсуждение. Гелиогеофизические параметры планеты Земля во многом определяют физиологические свойства живых организмов, геомагнитные возмущения увеличиваются с возрастанием широты местности. Территории для исследования выбраны с учетом изменения широты местности (с севера на юг), оказывающей приоритетную значимость в формировании природно-климатических условий данных регионов.

По современным представлениям магнитное поле Земли в любой точке земной поверхности и в околосреднем пространстве можно представить в виде трех составляющих: главного (нормально-

го) поля – диполя, полей вариаций и магнитных аномалий.

Главное магнитное поле, простирающееся на несколько радиусов Земли, защищает нас от влияния потока протонов и электронов, идущих от солнечных вспышек, а также от галактических лучей, приходящих из далекого космоса.

Источники главного магнитного поля находятся в земном ядре. Вклад главного поля в магнитное для большинства районов Земли является определяющим и варьируется от 80 до 98 %. Потоки космического излучения, возмущая ионосферу и магнитосферу Земли, «доносят» вариации магнитного поля до поверхности Земли. Вклад поля вариаций в общее магнитное поле Земли может достигать 5–10 %. По нашему мнению и литературным данным, наибольшее влияние на здоровье человека оказывает магнитное поле Земли, меняющееся под действием солнечной активности; этот факт определяет выбор данного параметра как индикаторного в настоящей работе [14, 15].

Для оценки степени изменения магнитного поля Земли в светлое время суток (начиная с 12 часов дня по московскому времени) и темное время суток (начиная с 00 часов ночи по московскому времени) были проведены инструментальные исследования на территории Воронежской области в точке № 2. Полученные лабораторно-инструментальные исследования показали отсутствие значимого различия в показаниях прибора в светлое и темное время суток на территории Воронежской области, на территориях Московской, Ростовской областей и Краснодарского края исследования в темное время суток не проводились^{10,11}.

По всей видимости, отсутствие разницы значений между измеренными значениями днем и ночью связаны с основной погрешностью прибора МТМ-01, которая по паспорту составляет $\pm 10\%$.

Необходимо отметить, что значительные изменения магнитного поля, происходящие, в первую очередь во время интенсивных солнечных вспышек, провоцируют на Земле магнитные бури, относящиеся к категории опасных гелиогеофизических явлений. Магнитные бури по интенсивности развития, продолжительности или моменту возникновения могут представлять серьезную угрозу здоровью населения [16–18].

Исследования показали, что главное поле изменяется со временем, для него характерно наличие вековых вариаций. В последнее время эти изменения сильно ускорились [19]. Нами была предпринята попытка оценки магнитного поля Земли на территориях РФ с учетом влияния природно-климатических условий, определенных широтой местности и ресурсами светового климата. Исследования проведены в четырех точках для территорий РФ с разницей по широте местности от 37 до 55 гр. с.ш.).

Полученные значения в каждой точке и среднеарифметические значения инструментальных измерений представлены в табл. 1–4.

⁹ ГОСТ Р 51724–2001 «Экранированные объекты, помещения, технические средства. Поле гипогеомагнитное. Методы измерений и оценки соответствия уровней полей техническим требованиям и гигиеническим нормативам».

¹⁰ Носков С.Н., Копытенкова О.И., Ерёмин Г.Б., Головина Е.Г., Ступишина О., Метелица Н.Д. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020622028 Российская Федерация. База данных «Взаимосвязь обращаемости населения за медицинской помощью с факторами земной и космической погоды» : № 2020621900 : заявл. 15.10.2020 : опублик. 26.10.2020; заявитель ФБУН «СЗНЦ ГиОЗ».

¹¹ Копытенкова О.И., Ерёмин Г.Б., Носков С.Н., Рябец В.В., Шилова Е.А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020666244 Российская Федерация. Программа прогнозирования уровней заболеваемости в зависимости от климатических условий и антропогенного загрязнения атмосферы : № 2020661948 : заявл. 08.10.2020 : опублик. 08.12.2020 ; заявитель ФБУН «СЗНЦ ГиОЗ».

Таблица 1. Результаты инструментальных измерений напряженности магнитного поля, Московская область (магнитометр-MTM-01)

Table 1. Results of instrumental measurements of magnetic field strength using MTM-01 magnetometer, Moscow Region

№ (точки измерения) / Measuring point No.	Расстояние до центральной точки измерения, м / Distance to the central measuring point, m	Полученное значение напряженности геомагнитного поля, А/м / Measured geomagnetic field strength, A/m	Примечание / Notes
1.1	0	40,2	Центр / Center
1.2	0	39,8	Центр / Center
1.3	0	41,4	Центр / Center
2.1	10	41,1	Север / North
2.2	10	40,9	Север / North
2.3	10	41,2	Север / North
3.1	10	38,9	Юг / South
3.2	10	40,4	Юг / South
3.3	10	41,2	Юг / South
4.1	20	40,1	Север / North
4.2	20	40,9	Север / North
4.3	20	42,3	Север / North
5.1	20	38,5	Юг / South
5.2	20	41,0	Юг / South
5.3	20	39,8	Юг / South
Среднеарифметическое значение = 40,51 А/м / Arithmetic mean = 40.51 A/m			

Таблица 2. Результаты инструментальных измерений напряженности магнитного поля, Воронежская область (магнитометр-MTM-01)

Table 2. Results of instrumental measurements of magnetic field strength using MTM-01 magnetometer, Voronezh Region

№ (точки измерения) / Measuring point No.	Расстояние до центральной точки измерения, м / Distance to the central measuring point, m	Полученное значение напряженности геомагнитного поля, А/м / Measured geomagnetic field strength, A/m	Примечание / Notes
1.1	0	42,0	Центр / Center
1.2	0	41,8	Центр / Center
1.3	0	41,6	Центр / Center
2.1	10	41,4	Север / North
2.2	10	41,2	Север / North
2.3	10	41,1	Север / North
3.1	10	42,0	Юг / South
3.2	10	41,8	Юг / South
3.3	10	41,6	Юг / South
4.1	20	39,9	Север / North
4.2	20	39,8	Север / North
4.3	20	39,8	Север / North
5.1	20	42,0	Юг / South
5.2	20	41,9	Юг / South
5.3	20	41,8	Юг / South
Среднеарифметическое значение = 41,3 А/м / Arithmetic mean = 41.3 A/m			

Таблица 3. Результаты инструментальных измерений напряженности магнитного поля, Ростовская область (магнитометр-MTM-01)

Table 3. Results of instrumental measurements of magnetic field strength using MTM-01 magnetometer, Rostov Region

№ (точки измерения) / Measuring point No.	Расстояние до центральной точки измерения, м / Distance to the central measuring point, m	Полученное значение напряженности геомагнитного поля, А/м / Measured geomagnetic field strength, A/m	Примечание / Notes
1.1	0	41,0	Центр / Center
1.2	0	41,0	Центр / Center
1.3	0	41,2	Центр / Center
2.1	10	39,9	Север / North
2.2	10	39,9	Север / North
2.3	10	39,7	Север / North
3.1	10	39,0	Юг / South
3.2	10	38,1	Юг / South
3.3	10	38,0	Юг / South
4.1	20	39,3	Север / North
4.2	20	39,8	Север / North
4.3	20	39,5	Север / North
5.1	20	38,3	Юг / South
5.2	20	38,8	Юг / South
5.3	20	38,5	Юг / South
Среднеарифметическое значение = 39,46 А/м / Arithmetic mean = 39.46 A/m			

Таблица 4. Результаты инструментальных измерений напряженности магнитного поля, Краснодарский край (магнитометр-MTM-01)

Table 4. Results of instrumental measurements of magnetic field strength using MTM-01 magnetometer, Krasnodar Region

№ (точки измерения) / Measuring point No.	Расстояние до центральной точки измерения, м / Distance to the central measuring point, m	Полученное значение напряженности геомагнитного поля, А/м / Measured geomagnetic field strength, A/m	Примечание / Notes
1.1	0	38,0	Центр / Center
1.2	0	37,9	Центр / Center
1.3	0	37,4	Центр / Center
2.1	10	36,8	Север / North
2.2	10	36,6	Север / North
2.3	10	36,5	Север / North
3.1	10	38,0	Юг / South
3.2	10	37,2	Юг / South
3.3	10	37,4	Юг / South
4.1	20	36,3	Север / North
4.2	20	38,1	Север / North
4.3	20	38,2	Север / North
5.1	20	35,8	Юг / South
5.2	20	36,3	Юг / South
5.3	20	36,5	Юг / South
Среднеарифметическое значение = 37,1 А/м / Arithmetic mean = 37.1 A/m			

При анализе полученных результатов (табл. 1–4) прослеживается тенденция к повышению напряженности магнитного поля Земли в направлении с юга на север (Краснодарский край, Ростовская, Воронежская, Московская области).

Далее было проведено сравнение полученных инструментальных данных с расчетными значениями магнитного поля Земли. Основное магнитное поле Земли может быть математически смоделировано. В настоящее время основными доступными ресурсами, которые предоставляют информацию по расчетным моделям напряженности магнитного поля Земли, являются:

– модель, разработанная Международной ассоциацией геомагнетизма и аэронавтики;

– всемирная модель геомагнитного поля Земли, разработанная Национальным центром геофизических данных;

– глобальная модель геомагнитного поля, разработанная Британским геолого-разведочным обществом.

Нами для сравнения с инструментальными данными были использованы модели, разработанные и размещенные на сайте «Национального центра геофизических данных» NOAA¹²:

– расчетное значение по данным «Национального центра геофизических данных» NOAA в точке № 1 – Московская область составило 42,19 А/м;

– расчетное значение по данным «Национального центра геофизических данных» NOAA в точке № 2 – Воронежская область составило 41,5 А/м;

– расчетное значение по данным «Национального центра геофизических данных» NOAA в точке № 3 – Ростовская область составило 40,7 А/м;

– расчетное значение по данным «Национального центра геофизических данных» NOAA в точке № 4 – Краснодарский край составило 39,9 А/м.

Определенные значения напряженности магнитного поля инструментальным способом составили от 37,1 до 40,51 А/м, диапазон рас-

четных значений, согласно модельным расчетам, составил от 39,9 до 42,19 А/м.

Таким образом, напряженность магнитного поля Земли, по данным «Национального центра геофизических данных» NOAA, коррелирует с результатами инструментальной оценки, что позволяет использовать их в целях научных исследований [20].

Заключение. Выявление приоритетных природно-климатических факторов с целью разработки мер по адаптации населения к изменениям климата по отдельным регионам, учитываемых при проведении социально-гигиенического мониторинга, имеет возрастающий научный интерес. На данном этапе работы проведены лабораторно-инструментальные исследования, которые показали, что показатель напряженности магнитного поля Земли имеет тенденцию к повышению в направлении с юга на север, измеренные величины соотносятся с существующими современными моделями расчета. По нашему мнению, наряду с инструментальными исследованиями для выполнения научных исследований возможно использовать расчетные данные о напряженности магнитного поля Земли, в то же время решение задач по профилактике заболеваемости и снижению смертности населения требует дополнительных исследований по направлению «фактор – среда – здоровье», которые планируется провести на последующих этапах выполнения работ.

Список литературы

1. Головина Е.Г., Носков С.Н., Подгайский Э.В., Ступишина О.М., Тенилова О.В., Черемных А.В. Возможности использования метеорологической информации в здравоохранении // Современные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды на пространстве СНГ: Сборник тезисов Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Российского государственного гидрометеорологического университета, Санкт-Петербург, 22–24 октября 2020 года. СПб.: Российский государственный

¹² «Сайт Национального центра геофизических данных» NOAA» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ngdc.noaa.gov/> (дата обращения 01.06.2020).

- гидрометеорологический университет, 2020. С. 141–142.
2. Рахманин Ю.А., Бобровницкий И.П., Яковлев М.Ю. Научные и организационно-методические подходы к формированию и реализации программ противодействия неблагоприятному воздействию глобальных изменений климата на здоровье населения Российской Федерации // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 11. С. 1005–1010. doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-11-1005-10
 3. Ступишина О.М., Головина Е.Г. Результаты анализа одновременной изменчивости параметров космической и земной погоды // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2019. № 592. С. 159–171.
 4. Stupishina O, Golovina E. On Space Weather factors which can impact terrestrial physical and biological processes. EGU General Assembly 2020, online, May 4–8, 2020, EGU2020-5892. Accessed September 24, 2021. <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2020/EGU2020-5892.html>
 5. Stupishina O, Golovina E. The atmosphere circulation movements in the matching with space weather parameters variations. EGU General Assembly 2021, online, April 13–30, 2021, EGU21-3556. Accessed September 24, 2021. <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU21/EGU21-3556.html>
 6. Головина Е.Г., Ступишина О.М. Атмосфера как посредник солнечно-земных связей // Труды XIII международной Крымской конференции «Космос и биосфера». 2019. С. 44–46.
 7. Ступишина О.М., Головина Е.Г. Определение условий в природной среде, способствующих возникновению кардиологических событий // Труды XIII международной Крымской конференции «Космос и биосфера». 2019. С. 104–105.
 8. Черных Д.А., Бельская Е.Н., Тасейко О.В. Климатические характеристики как потенциальные факторы риска для здоровья населения Красноярского края // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 1 (334). С. 54–62. doi: 10.35627/2219-5238/2021-334-1-54-62
 9. Нарутдинов Д.А., Рахманов С.А., Богомолова Е.С., Ашина М.В., Разгулин С.А. Сравнительная характеристика риска здоровью погодно-климатической среды в Арктическом поясе Красноярского края // Санитарный врач. 2021. № 7. С. 32–39. doi: 10.33920/med-08-2106-03
 10. Xue X, Ali YF, Luo W, Liu C, Zhou G, Liu NA. Biological effects of space hypomagnetic environment on circadian rhythm. *Front Physiol.* 2021;12:643943. doi: 10.3389/fphys.2021.643943
 11. Binhi VN, Prato FS. A physical mechanism of magnetoreception: Extension and analysis. *Bioelectromagnetics.* 2017;38(1):41–52. doi: 10.1002/bem.22011
 12. Носков С.Н., Карелин А.О., Головина Е.Г., Ступишина О.М., Еремин Г.Б. Оценка взаимосвязи обращаемости населения за медицинской помощью с факторами земной и космической погоды // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 8. С. 775–781. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-775-781
 13. Метелица Н.Д., Носков С.Н. Мероприятия по адаптации к изменению климата в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Современные проблемы эпидемиологии, микробиологии и гигиены : Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора, Ростов-на-Дону, 21–22 октября 2020 года / Под ред. А.Ю. Поповой, А.К. Носкова. Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью «Мини Тайп», 2020. С. 216–218.
 14. Минлигареев В.Т., Алексеева А.В., Качановский Ю.М., Репин А.Ю., Хотенко Е.Н. Картографическое обеспечение магнитометрических навигационных систем робототехнических комплексов // Известия ЮФУ. Технические науки. 2019. № 1 (203). С. 248–258. doi: 10.23683/2311-3103-2019-1-248-258
 15. Минлигареев В.Т., Осипов О.Д. Исследование дрейфа Южного магнитного полюса Земли и магнитного поля Мирового океана в кругосветной экспедиции ОИС ВМФ «Адмирал Владимирский». Ссылка активна на 26 июля 2021. Доступно по: <https://www.rgo.ru/ru/article/chto-novogo-uznali-uchyonye-o-dreyfe-magnitnogo-polyusa-zemli-i-magnitnogo-polya-mirovogo>.
 16. Бреус Т.К., Бинги В.Н., Петрукович А.А. Магнитный фактор солнечно-земных связей и его влияние на человека: физические проблемы и перспективы // Успехи физических наук. 2016. Т. 186. № 5. С. 568–576. doi: 10.3367/UFN.2015.12.037693
 17. Эфендиева Л.Г., Азизов В.А., Етирмишли Г.Д. Влияние геофизических параметров на организм человека // Медицинские новости. 2020. № 1 (304). С. 43–47.
 18. Campuzano SA, De Santis A, Pavón-Carrasco FJ, Ossete ML, Qamili E. New perspectives in the study of the Earth's magnetic field and climate connection: The use of transfer entropy. *PLoS One.* 2018;13(11):e0207270. doi: 10.1371/journal.pone.0207270
 19. Демина И.М., Никитина Л.В., Фарафонова Ю.Г. Вековые вариации главного магнитного поля земли в рамках динамической модели его источников // Геомагнетизм и аэрномия. 2008. Т. 48. № 4. С. 542–550. doi: <https://doi.org/10.1134/S0016793208040166>
 20. Копытенкова О.И., Носков С.Н., Еремин Г.Б. Научное обоснование учета природных факторов, влияющих на здоровье населения в формировании причинно-следственных связей «среда – здоровье» в системе социально-гигиенического мониторинга // Отчет о НИР (Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека). 2020. № AAAA-A20-120021090061-2. 90 с.

References

1. Golovina EG, Noskov SN, Podgayskiy EV, Stupishina OM, Tenilova OV, Cheremnykh AV. The possibility of the meteorological information using in the health care practice. In: *Current Problems of Hydrometeorology and Environmental Monitoring in the CIS Space: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 90th anniversary of the Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, October 22–24, 2020*. St. Petersburg: Rossiyskiy Gosudarstvennyy Gidrometeorologicheskii Universitet Publ., 2020:141–142. (In Russ.)
2. Rakhmanin YuA, Bobrovnikskii IP, Yakovlev MYu. Scientific, organizational and methodological approaches to the formation and implementation of programs to counter the adverse effects of global climate changes on the population health of the Russian Federation. *Gigiena i Sanitariya.* 2018;97(11):1005–1010. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-11-1005-10
3. Stupishina OM, Golovina EG. The results of the analysis of the simultaneous variability of the parameters of cosmic and terrestrial weather. *Trudy Glavnoy Geofizicheskoy Observatorii im. A.I. Voeikova.* 2019;(592):159–171. (In Russ.)
4. Stupishina O, Golovina E. On Space Weather factors which can impact terrestrial physical and biological processes. EGU General Assembly 2020, online, May 4–8, 2020, EGU2020-5892. Accessed September 24, 2021. <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2020/EGU2020-5892.html>
5. Stupishina O, Golovina E. The atmosphere circulation movements in the matching with space weather parameters variations. EGU General Assembly 2021, online, April 13–30, 2021, EGU21-3556. Accessed September 24, 2021. <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU21/EGU21-3556.html>

6. Golovina EG, Stupishina OM. Atmosphere as the solar-terrestrial mediator. In: *Space and Biosphere: Proceedings of the 13th International Crimean Conference, Simferopol, September 23–27, 2019*. Simferopol: Arial Publ., 2019:44–46. (In Russ.)
7. Stupishina OM, Golovina EG. The finding of cardio-events environmental conditions. In: *Space and Biosphere: Proceedings of the 13th International Crimean Conference, Simferopol, September 23–27, 2019*. Simferopol: Arial Publ., 2019:104–105. (In Russ.)
8. Chernykh DA, Bel'skaya EN, Taseiko OV. Climate characteristics as potential risk factors for the population health of the Krasnoyarsk Region. Part 1. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;(1(334)):54–62. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-334-1-54-62
9. Narutdinov DA, Rakhmanov RS, Bogomolova ES, Ashina MV, Razgulin SA. Comparative characteristics of the weather and climate health risk in the Arctic Belt of the Krasnoyarsk Region. *Sanitarnyy Vrach*. 2021;(7):32–39. (In Russ.) doi: 10.33920/med-08-2106-03
10. Xue X, Ali YF, Luo W, Liu C, Zhou G, Liu NA. Biological effects of space hypomagnetic environment on circadian rhythm. *Front Physiol*. 2021;12:643943. doi: 10.3389/fphys.2021.643943
11. Binhi VN, Prato FS. A physical mechanism of magnetoreception: Extension and analysis. *Bioelectromagnetics*. 2017;38(1):41–52. doi: 10.1002/bem.22011
12. Noskov SN, Karelin AO, Golovina EG, Stupishina OM, Yeregin GB. Assessment of the relationship of the population's medical care with the factors of Earth and space weather. *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(8):775–781. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-775-781
13. Metelitsa ND, Noskov SN. [Measures to adapt to climate change in the field of sanitary and epidemiological wellbeing of the population.] In: *Current Problems of Epidemiology, Microbiology and Hygiene: Proceedings of the XII All-Russian Scientific and Practical Conference of young scientists and specialists of Rospotrebnadzor*. Popova AYU, Noskov AK, eds. Rostov-on-Don: Mini Type LLC Publ., 2020:216–218. (In Russ.)
14. Minligareev VT, Alekseeva AV, Kachanovsky YuM, Repin AYU, Khotenko EN. Cartographic security of magnetometric navigation systems of robotic complexes. *Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie Nauki*. 2019;(1(203)):248–258. (In Russ.) doi: 10.23683/2311-3103-2019-1-248-258
15. Osipov OD, Minligareev VT, Kopytenko YuA. [Investigation of the drift of the Earth's south magnetic pole and the magnetic field of the World Ocean in the circumnavigation expedition of the Admiral Vladimirsky Naval Information Center.] (In Russ.) Accessed September 10, 2021. <https://www.rgo.ru/ru/article/chto-novogo-uznali-uchyonye-o-dreyfe-magnitnogo-polyusa-zemli-i-magnitnogo-polya-mirovogo>
16. Breus TK, Petrukovich AA, Binhi VN. Magnetic factor in solar-terrestrial relations and its impact on the human body: physical problems and prospects for research. *Physics-Uspexhi*. 2016;59(5):502–510. (In Russ.) doi: 10.3367/UFNe.2015.12.037693
17. Afandiyeva LQ, Azizov VA, Yetirmishli GJ. Influence of geophysical parameters on the human body. *Meditsinskie Novosti*. 2020;(1(304)):43–47. (In Russ.)
18. Campuzano SA, De Santis A, Pavón-Carrasco FJ, Osete ML, Qamili E. New perspectives in the study of the Earth's magnetic field and climate connection: The use of transfer entropy. *PloS One*. 2018;13(11):e0207270. doi: 10.1371/journal.pone.0207270
19. Demina IM, Nikitina LV, Farafonova YuG. Secular variations in the main geomagnetic field within the scope of the dynamic model of field sources. *Geomagn Aeron*. 2008;48(4):542–550. doi: 10.1134/S0016793208040166
20. Kopytenkova OI, Noskov SN, Eremin GB. [Scientific substantiation of considering natural factors affecting population health when establishing causal relationships between environment and health in the system of socio- hygienic monitoring.] Research Report No. AAAA-A20-120021090061-2. Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 2020. (In Russ.)



Анализ заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Ленинградской области

Ковшов А.А.^{1,2}, Новикова Ю.А.¹, Федоров В.Н.¹, Тихонова Н.А.¹, Историк О.А.^{3,4}

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

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

³Управление Роспотребнадзора по Ленинградской области, ул. Ольминского, д. 27, г. Санкт-Петербург, 192029, Российская Федерация

⁴ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Литовская ул., д. 2, г. Санкт-Петербург, 194100, Российская Федерация

Резюме

Введение. В России проводятся мероприятия, направленные на снижение заболеваемости и смертности населения от злокачественных новообразований, но доля впервые выявленных случаев в запущенных стадиях по-прежнему велика, кроме того, существуют проблемы корректного учета случаев смерти и заболеваний.

Цель исследования – изучить показатели заболеваемости злокачественными новообразованиями в Ленинградской области, определить территории риска и проанализировать факторы риска развития злокачественных новообразований, связанных с состоянием окружающей среды на данных территориях.

Материалы и методы. Использованы формы федерального статистического наблюдения № 7 «Сведения о злокачественных новообразованиях», № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации», № 18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта Российской Федерации», сведения о численности населения по полу и возрасту за 2008–2018 гг. по Ленинградской области и муниципальным районам. Применялся прямой метод стандартизации показателей заболеваемости по возрасту, проанализирована динамика заболеваемости и рассчитана статистическая значимость отличий показателей заболеваемости в сравниваемых территориях.

Результаты. Уровни первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями в Ленинградской области ниже, чем в России. Наиболее высокие уровни заболеваемости в 2008–2018 гг. зарегистрированы в Киришском и Подпорожском районах. В Подпорожском районе стандартизованный показатель заболеваемости в 2018 году составил 328,1 случая на 100 000 населения, что в 1,79 раза выше, чем в целом по области, усредненный за 2008–2018 гг. уровень заболеваемости превышает областной показатель в 1,36 раза. Второе место по уровню заболеваемости в Ленинградской области в 2018 году занимал Киришский район (241,4 случая на 100 000 населения, что в 1,32 раза выше, чем в целом по области), при этом усредненный за 2008–2018 гг. уровень заболеваемости превысил областной показатель в 1,47 раза.

Заключение. Территориями риска по первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями в Ленинградской области являются Киришский и Подпорожский районы. Требуется проведение дополнительных исследований, направленных на установление причин неблагоприятной ситуации с заболеваемостью злокачественными новообразованиями.

Ключевые слова: злокачественные новообразования, заболеваемость, Ленинградская область, Киришский район, Подпорожский район, территория риска.

Для цитирования: Ковшов А.А., Новикова Ю.А., Федоров В.Н., Тихонова Н.А., Историк О.А. Анализ заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Ленинградской области // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 9. С. 23–32. doi:<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-23-32>

Сведения об авторах:

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

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

Федоров Владимир Николаевич – старший научный сотрудник отдела исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: vf1986@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1378-1232>.

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

Историк Ольга Александровна – руководитель Управления Роспотребнадзора по Ленинградской области; старший преподаватель кафедры общей гигиены ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России; e-mail: lenobl@47.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1241-3534>.

Информация о вкладе авторов: Ковшов А.А. – концепция и дизайн исследования, обработка материала, написание текста; Новикова Ю.А. – сбор материала, исследование качества питьевой воды, редактирование; Федоров В.Н. – исследование объема и структуры выбросов вредных веществ, пространственное представление данных, редактирование; Тихонова Н.А. – создание базы данных; редактирование; Историк О.А. – сбор первичных материалов, редактирование.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 01.07.21 / Принята к публикации: 20.08.21 / Опубликована: 30.09.21

Analysis of Cancer Incidence in the Population of the Leningrad Region

Aleksandr A. Kovshov,^{1,2} Yuliya A. Novikova,¹ Vladimir N. Fedorov,¹
Nadezhda A. Tikhonova,¹ Olga A. Istorik^{3,4}

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

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

³Regional Office of the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in the Leningrad Region, 27 Olminsky Street, Saint Petersburg, 192029, Russian Federation

⁴St. Petersburg State Pediatric Medical University, 2 Litovskaya Street, 194100, Saint Petersburg, Russian Federation

Summary

Introduction: Extensive measures are taken in the Russian Federation to reduce cancer incidence and mortality in the population but the proportion of incident cases in advanced stages is still large while correct registration of deaths and diseases remains a challenge.

Our objectives were to study the incidence of malignant neoplasms in the Leningrad Region, to establish territories at risk, and to analyze carcinogenic risk factors associated with environmental conditions in these territories.

Materials and methods: We used data of the Federal Statistical Observation Forms No. 7 "Information on Malignant Neoplasms", No. 12 "Information on the Number of Diseases Registered in Patients Living in the Service Area of a Medical Organization", No. 18 "Information on the Sanitary Condition of the Subject of the Russian Federation", and information on the size of population by sex and age in the Leningrad Region and its districts for 2008–2018. We applied a direct method of standardizing incidence rates by age, analyzed the dynamics of incidence, and estimated statistical significance of differences in the incidence rates between the territories of comparison.

Results: Cancer incidence in the Leningrad Region was lower than that in Russia. In 2008–2018, the highest rates were registered in the Kirishsky and Podporozhsky districts. In the Podporozhsky district, the standardized incidence rate in 2018 was 328.1 cases per 100,000 population or 1.79 times higher than the regional average, while the average rate for 2008–2018 exceeded the regional average by 1.36 times. The Kirishsky district ranked second by the incidence of malignant neoplasms in the Leningrad Region in 2018 (241.4 cases per 100,000 population or 1.32 times higher than the regional average), while the average rate for 2008–2018 exceeded the regional one by 1.47 times.

Conclusions: Additional research is necessary to establish the causes of high cancer incidence rates in the Kirishsky and Podporozhsky districts of the Leningrad Region.

Keywords: malignant neoplasms, incidence, Leningrad Region, Kirishsky district, Podporozhsky district, risk area.

For citation: Kovshov AA, Novikova YuA, Fedorov VN, Tikhonova NA, Istorik OA. Analysis of cancer incidence in the population of the Leningrad Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(9):23–32. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-23-32>

Author information:

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

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

Vladimir N. Fedorov, Senior Researcher, Arctic Environmental Health Department, Northwest Public Health Research Center; e-mail: vf1986@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1378-1232>.

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

Olga A. Istorik, Head of the Regional Office of the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in the Leningrad Region; Senior Lecturer, Department for Common Hygiene, St. Petersburg State Pediatric Medical University; e-mail: lenobl@47.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1241-3534>.

Author contributions: Kovshov A.A. developed study conception and design, processed data, and wrote the manuscript; Novikova Yu.A. did data collection, studied drinking water quality, edited the manuscript; Fedorov V.N. studied the volume and structure of emissions of harmful substances, did spatial data presentation, and edited the manuscript; Tikhonova N.A. developed the database and edited the manuscript; Istorik O.A. did primary data collection and edited the manuscript. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

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

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

Received: June 1, 2021 / Accepted: August 20, 2021 / Published: September 30, 2021

Введение. Рост заболеваемости и смертности населения от злокачественных новообразований являются актуальной проблемой для подавляющего большинства стран мира [1, 2]. В структуре заболеваемости злокачественными новообразованиями мужского населения развивающихся стран преобладают опухоли легких и бронхов из-за широкой распространенности табакокурения, в западных странах — злокачественные опухоли предстательной железы [3]. Уровень заболеваемости женского населения раком молочных желез в настоящее время растет практически во всех странах [4, 5], наиболее вероятной причиной этого считается изменение репродуктивных моделей. Значительную часть раковых заболеваний можно предотвратить с помощью таких мер, как борьба с табакокурением, вакцинация, в частности против папилломавирусов человека [6], раннее выявление злокачественных новообразований, что требует «онкологической настороженности» врачей первичного звена здравоохранения [7], а также пропаганда здорового образа жизни [8]. Несмотря на визуальную локализацию ряда злокачественных

опухолей и наличие возможностей для ранней диагностики и скрининга, в России по-прежнему велика доля новообразований, диагностированных на запущенных стадиях [9]. В частности, более 40 % злокачественных новообразований шейки матки диагностируются на III–IV стадиях, что негативно отражается на результатах лечения, качестве жизни и выживаемости больных [10].

Основой для разработки мероприятий по борьбе с раком является достоверная информация о заболеваемости злокачественными новообразованиями [11]. В рамках национального проекта «Здравоохранение» и федерального проекта «Борьба с онкологическими заболеваниями» (2019–2024 гг.) Указом Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204¹ определен ключевой показатель, который планируется достичь к 2024 г.: снижение смертности от новообразований до 185,0 на 100 тыс. населения, что ниже уровня 2017 г. (200,6) почти на 8 %. Однако в качестве индикатора вновь выбран «грубый» показатель смертности (без стандартизации по возрасту), который в условиях постарения

¹ Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

населения снизить проблематично, хотя почти во всех регионах России наблюдается стойкое снижение стандартизованного, исключаяющего влияние возраста, показателя смертности: средняя убыль за последние 5 лет составила почти 9 % [12]. Другой проблемой является некорректный посмертный учет злокачественных новообразований, когда причина смерти устанавливается без проведения вскрытия, регистрация умерших ведется по месту смерти, а не постоянному месту жительства, и в отдельных случаях истинные причины смерти сознательно искажаются [13, 14].

Существуют проблемы и с учетом данных заболеваемости злокачественными новообразованиями. Анализ распространенности заболеваемости является малоинформативным, так как ее рост может являться как следствием диагностики новых случаев, так и следствием лучшей выживаемости онкологических больных [15], оценка первичной заболеваемости, как и в случае показателей смертности, как правило, проводится по «грубым» показателям, а доля морфологически верифицированных диагнозов при отдельных локализациях злокачественных опухолей (например, печени или поджелудочной железы) не превышает 60 % [16].

Особой проблемой является установление причинно-следственных связей между состоянием окружающей среды [17] и развитием новообразований. Из более чем 120 агентов, отнесенных Международным агентством по изучению рака к группе 1 (канцерогенные для человека) [17, 18], у большинства есть достаточные доказательства их канцерогенности для людей. Тем не менее эпидемиологические исследования рака у людей, подвергшихся воздействию данных факторов, могут иметь недостатки с точки зрения размера выборки и характеристики воздействия, а для веществ, которые были недавно синтезированы, эпидемиологические исследования могут отсутствовать или быть недостаточно информативными из-за длительного периода развития новообразований [19]. Необходимо отметить, что, несмотря на относительно благополучную ситуацию с загрязнением окружающей среды в Ленинградской области², в отдельных районах по данным многолетнего мониторинга в атмосферном воздухе регистрируются повышенные концентрации ряда веществ, обладающих канцерогенным действием (кадмий, никель), и отмечаются повышенные риски нарушений здоровья [20].

Цель исследования — изучить показатели заболеваемости злокачественными новообразованиями в Ленинградской области, определить территории риска и проанализировать факторы риска развития злокачественных новообразований, связанных с состоянием окружающей среды на данных территориях.

Материалы и методы исследования. Используются материалы форм федерального статистического наблюдения № 7 «Сведения о злокачественных новообразованиях», № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицин-

ской организации», № 18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта Российской Федерации», а также сведения о численности населения по полу и возрасту (пятилетним возрастам) за период с 2008 по 2018 год по Ленинградской области и в разрезе муниципальных районов. Анализировались «грубые» и стандартизованные показатели первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями в Ленинградской области, в том числе в отдельных муниципальных районах, а также в Российской Федерации в целом. Для расчета стандартизованных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями применялся прямой метод стандартизации по возрасту с использованием мирового стандарта возрастного распределения, рекомендуемого Международным агентством по изучению рака³. Кроме того, анализировались объем и структура выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, а также результаты исследований качества питьевой воды за 2008–2018 гг. в Киришском и Подпорожском районах Ленинградской области, по данным которых был выполнен расчет величин канцерогенного риска согласно Р 2.1.10.1920–04⁴.

Выделены территории риска в Ленинградской области, характеризующиеся наибольшей кратностью превышения областного уровня первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями, стандартизованной по возрасту. В динамике за 2008–2018 гг. рассчитывались средний абсолютный прирост, средний темп роста и средний темп прироста стандартизованной по возрасту заболеваемости, определена структура заболеваемости мужчин и женщин на территориях риска в 2018 году, в Microsoft Office Excel 2013 построены логарифмические тренды и рассчитаны коэффициенты достоверности аппроксимации (R^2). Для оценки статистической значимости отличий показателей заболеваемости в сравниваемых территориях с помощью программы SPSS Statistics v. 22 выполнен расчет усредненных за 11 лет показателей заболеваемости (средних арифметических значений). В связи с установлением по критерию Шапиро – Уилка нормальности распределения в изучаемых выборках различия оценивались по T -критерию для независимых переменных с поправкой на критерий равенства дисперсий Ливиня.

Результаты. Исследование уровней заболеваемости злокачественными новообразованиями по «грубым» показателям за 2008–2018 гг. показывает, что наиболее существенное превышение областного уровня заболеваемости отмечалось в Киришском и Подпорожском районах (рис. 1, табл. 1).

По данным на 2018 год, повышенные (в 1,1 раза и более) стандартизованные уровни первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями отмечаются в Подпорожском, Киришском, Кингисеппском, Бокситогорском, Лужском, Гатчинском, Волховском, Волосовском и Тихвинском районах (табл. 2), при этом наиболее высокие уровни заболеваемости злокачественными новообразованиями в 2018 году, как и

² О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области в 2018 году: материалы к гос. докладу. СПб: Управление Роспотребнадзора по Ленинградской области, 2019. Доступно по: http://47.gospotrebnadzor.ru/sites/default/files/materialy_k_gosdokladu_leningradskaya_oblast_v_2018_g.pdf (дата доступа: 14.05.2021).

³ Петрова Г.В., Грецова О.П., Каприн А.Д., Старинский В.В. Характеристика и методы расчета медико-статистических показателей, применяемых в онкологии. М.: ФГБУ МНИОИ им. П.А. Герцена Минздрава РФ, 2014. 40 с.

⁴ 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.

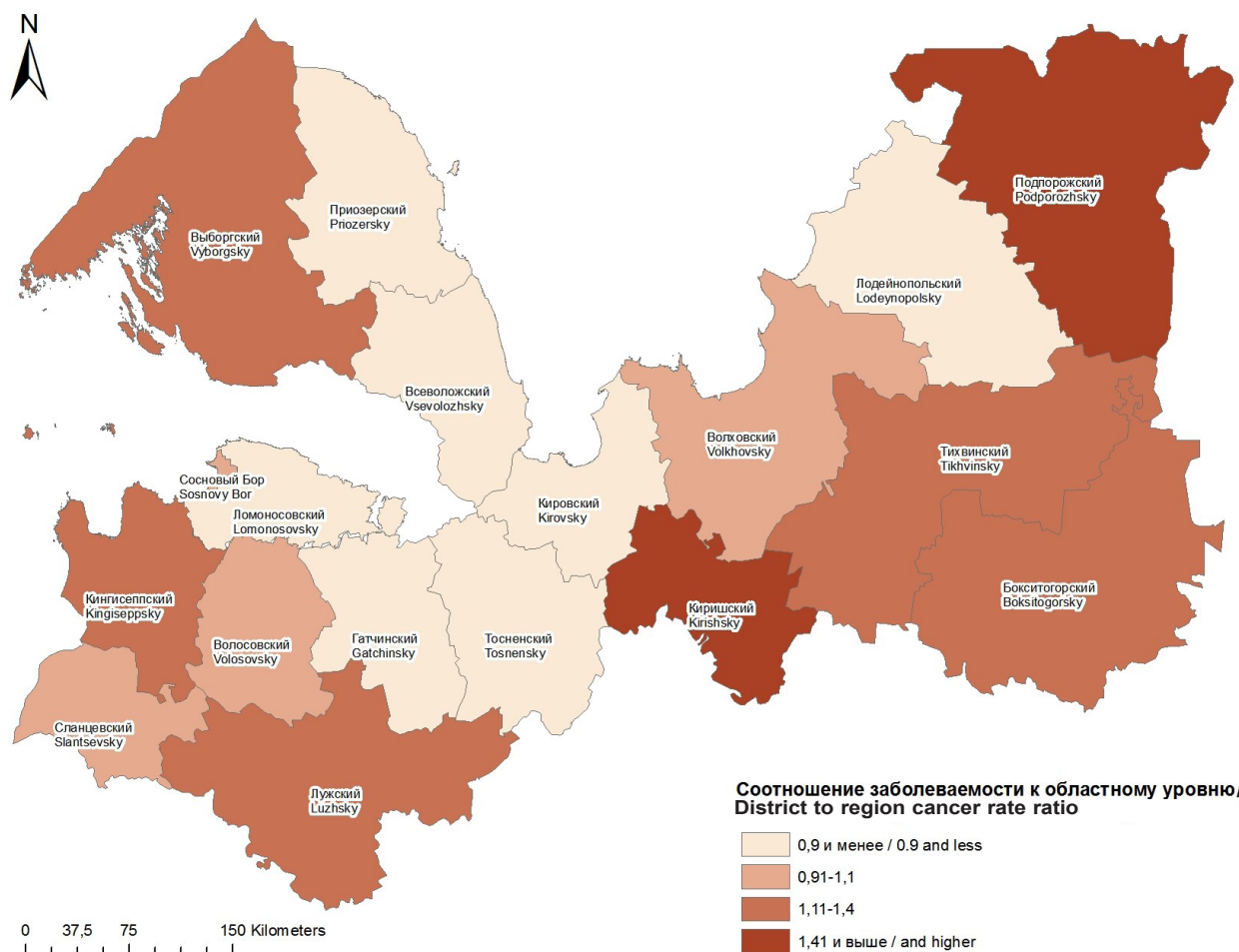


Рис. 1. Распределение районов Ленинградской области по усредненным (за 2008–2018 гг.) показателям первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями в соотношении к областному уровню
Fig. 1. Distribution of districts of the Leningrad Region by the ratio of averaged for 2008–2018 cancer incidence rates to the regional level

Таблица 1. Показатели заболеваемости злокачественными новообразованиями (на 100 000 населения) в районах Ленинградской области в 2008–2018 гг.

Table 1. Cancer incidence rates in the districts of the Leningrad Region in 2008–2018 (per 100,000 population)

Районы Ленинградской области / Districts of the Leningrad Region	Год / Year											Усредненное значение за 2008–2018 гг. / Average for 2008–2018
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Бокситогорский / Boksitogorsky	389,4	424,3	386,9	277,4	290,8	307,6	356,2	283,0	423,6	370,9	443,8	359,5
Волосовский / Volosovsky	273,9	241,1	234,4	238,2	276,1	247,9	317,0	289,8	264,4	281,2	352,2	274,2
Волховский / Volkhovsky	282,4	301,2	280,5	263,3	262,1	263,3	345,3	283,2	321,7	351,7	408,1	305,7
Всеволожский / Vsevolozhsky	203,2	261,0	221,4	315,9	353,0	207,9	285,6	229,4	290,8	194,9	200,4	251,2
Выборгский / Vyborsky	356,0	343,6	319,4	305,9	299,1	305,8	370,1	339,9	326,5	344,7	358,8	333,6
Гатчинский / Gatchinsky	240,5	199,0	232,6	224,7	235,6	195,3	277,0	285,1	273,6	304,9	420,9	262,7
Кингисеппский / Kingiseppsky	397,3	298,6	349,6	383,0	405,6	321,8	428,1	403,0	395,7	429,5	460,4	388,4
Киришский / Kirishsky	372,5	437,6	426,6	453,4	392,5	506,1	514,0	448,1	498,7	424,1	452,5	447,8
Кировский / Kirovsky	228,9	256,5	260,2	257,2	236,6	221,6	260,8	240,4	391,0	200,8	214,8	251,7
Лодейнопольский / Lodeynopolsky	218,5	235,1	255,4	231,4	236,4	199,4	331,5	301,6	306,8	308,0	332,0	268,7
Ломоносовский / Lomonosovsky	235,5	333,7	284,4	258,0	236,1	247,4	291,5	253,8	252,7	251,9	231,0	261,5
Лужский / Luzhsky	360,4	415,7	388,5	351,3	372,4	350,0	364,0	414,1	421,3	352,1	422,6	383,0
Подпорожский / Podporozhsky	339,3	418,5	393,6	325,1	407,7	389,3	487,3	491,4	427,0	383,4	625,8	426,2
Приозерский / Priozersky	365,8	234,0	254,5	234,4	218,6	269,2	240,3	128,5	327,5	120,9	327,4	247,4
Сланцевский / Slantsevsky	379,4	331,8	293,8	264,1	271,5	433,7	308,3	396,4	346,3	300,7	320,2	331,5
Тихвинский / Tikhvinsky	263,7	370,2	333,2	384,6	305,8	311,3	389,0	428,4	468,4	388,3	383,4	366,0
Тосненский / Tosnensky	285,7	255,2	312,4	217,6	225,3	263,0	291,7	273,8	177,7	266,0	235,8	254,9
Сосновый Бор / Sosnovy Bor	193,1	207,5	288,8	260,2	237,4	294,2	241,5	329,4	285,5	335,1	370,5	276,7
Ленинградская область / Leningrad Region	291,3	298,7	291,8	289,1	293,1	271,3	323,5	302,4	324,4	291,2	331,9	300,8

в целом за период с 2008 по 2018 г. по «грубым» показателям, наблюдаются в Подпорожском и Киришском районах.

На протяжении 2008–2018 гг. стандартизованные показатели первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями на территории Ленинградской области (табл. 3) находились на значимо более низком уровне ($T = 12,878$, $p < 0,001$) по сравнению с территорией Российской Федерации в целом [12].

В Подпорожском районе стандартизованные показатели заболеваемости регистрировались на более высоком уровне по сравнению с областью в целом не только в 2018 году, но и по усредненному за 2008–2018 гг. показателю (в 1,36 раза), различия статистически значимые ($T = -6,013$, $p < 0,001$). Аналогичная ситуация наблюдается

и в Киришском районе: усредненный за 11 лет показатель заболеваемости в 1,47 раза превышает областной уровень ($T = -9,541$, $p < 0,001$). Следует отметить, что стандартизованные показатели заболеваемости в Киришском районе превышают средний российский уровень заболеваемости за 2008–2018 гг. в 1,19 раза ($T = -4,717$, $p = 0,001$), тогда как в Подпорожском районе — лишь в 1,1 раза, при этом данные различия являются статистически незначимыми ($T = -2,022$, $p = 0,068$).

В отличие от Российской Федерации, где наблюдается устойчивый рост заболеваемости злокачественными новообразованиями, в том числе по стандартизованным показателям ($R^2 = 0,7165$), в Ленинградской области уровни заболеваемости в динамике за 2008–2018 гг. существенно не меняются: коэффициент достоверности аппроксимации

Таблица 2. Показатели заболеваемости злокачественными новообразованиями (на 100 000 населения) в районах Ленинградской области в 2018 году

Table 2. Cancer incidence rates in the districts of the Leningrad Region in 2018 (per 100,000 population)

Районы Ленинградской области / Districts of the Leningrad Region	«Грубые» показатели заболеваемости / Rough incidence rates	Стандартизованные показатели заболеваемости / Standardized incidence rates	Соотношение стандартизованных показателей к уровню Ленинградской области / Ratio of standardized rates to that for the Leningrad Region
Бокситогорский / Boksitogorsky	443,8	231,6	1,27
Волосовский / Volosovsky	352,2	205,4	1,12
Волховский / Volkhovsky	408,1	213,2	1,17
Всеволожский / Vsevolozhsky	200,4	124,7	0,68
Выборгский / Vyborgsky	358,8	188,8	1,03
Гатчинский / Gatchinsky	420,9	226,1	1,24
Кингисеппский / Kingiseppsky	460,4	236,1	1,29
Киришский / Kirishsky	452,5	241,4	1,32
Кировский / Kirovsky	214,8	121,8	0,67
Лодейнопольский / Lodeynopolsky	332,0	197,8	1,08
Ломоносовский / Lomonosovsky	231,0	130,8	0,72
Лужский / Luzhsky	422,6	232,0	1,27
Подпорожский / Podporozhsky	625,8	328,1	1,79
Приозерский / Priozersky	327,4	183,9	1,01
Сланцевский / Slantsevsky	320,2	180,0	0,98
Тихвинский / Tikhvinsky	383,4	205,7	1,12
Тосненский / Tosnensky	235,8	131,3	0,72
Сосновый Бор / Sosnovy Bor	370,5	199,6	1,09
Ленинградская область / Leningrad Region	331,9	182,8	—

Таблица 3. Стандартизованные показатели заболеваемости злокачественными новообразованиями в Российской Федерации, Ленинградской области, Киришском и Подпорожском районах в 2008–2018 гг. (на 100 000 населения)

Table 3. Standardized cancer incidence rates in the Russian Federation, Leningrad Region, Kirishsky and Podporozhsky districts in 2008–2018 (per 100,000 population)

Год / Year	Россия / Russia	Ленинградская область / Leningrad Region	Киришский район / Kirishsky district	Подпорожский район / Podporozhsky district
2008	222,9	187,7	235,1	224,7
2009	227,4	195,9	278,2	257,4
2010	231,1	193,1	300,9	240,0
2011	228,1	189,9	278,4	189,5
2012	227,6	189,0	262,3	264,4
2013	229,2	181,2	339,0	274,7
2014	235,2	180,9	289,4	256,6
2015	241,4	199,2	298,0	295,5
2016	242,6	204,0	291,6	264,7
2017	246,6	181,7	252,8	234,8
2018	246,8	182,8	241,4	328,1
$\bar{x}^*$	234,4	189,6	278,8	257,3

Примечание: * $\bar{x}$ – усредненное значение (среднее арифметическое) за 2008–2018 гг.

Note: * $\bar{x}$ – average value (arithmetic mean) for 2008–2018.

составляет 0,014 (рис. 2). Значимой тенденции к росту первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями на территории Киришского ($R^2 = 0,0374$) и Подпорожского ($R^2 = 0,2714$) районов также не установлено.

Средний абсолютный прирост стандартизованной по возрасту заболеваемости злокачественными новообразованиями в Ленинградской области за 2008–2018 гг. составил – 0,5 случая на 100 тыс. населения, средний темп роста – 99,7 %, средний темп прироста – 0,3 %. Средний абсолютный прирост стандартизованных показателей заболеваемости в Киришском районе за этот же период составил 0,6 случая на 100 тыс. населения, средний темп роста – 100,3 %, средний темп прироста – 0,3 %. Средний абсолютный прирост стандартизованных показателей заболеваемости в Подпорожском районе составил 10,3 случая на

100 тыс. населения, средний темп роста – 103,9 %, средний темп прироста – 3,9 %.

В Подпорожском и Киришском районах среди лиц с впервые в жизни установленным диагнозом злокачественного новообразования преобладают женщины, однако их удельный вес в структуре заболеваемости отличается: в Подпорожском районе – 50,8 %, в Киришском районе – 59,9 % (по области в целом – 57,2 %).

Структура первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями мужского населения в Киришском, Подпорожском районах и Ленинградской области в целом совпадает. За исследуемый период первое место занимают злокачественные опухоли трахеи, бронхов и легкого, при этом их доля в структуре первичной заболеваемости мужского населения Подпорожского района существенно выше: так, в 2018 году доля

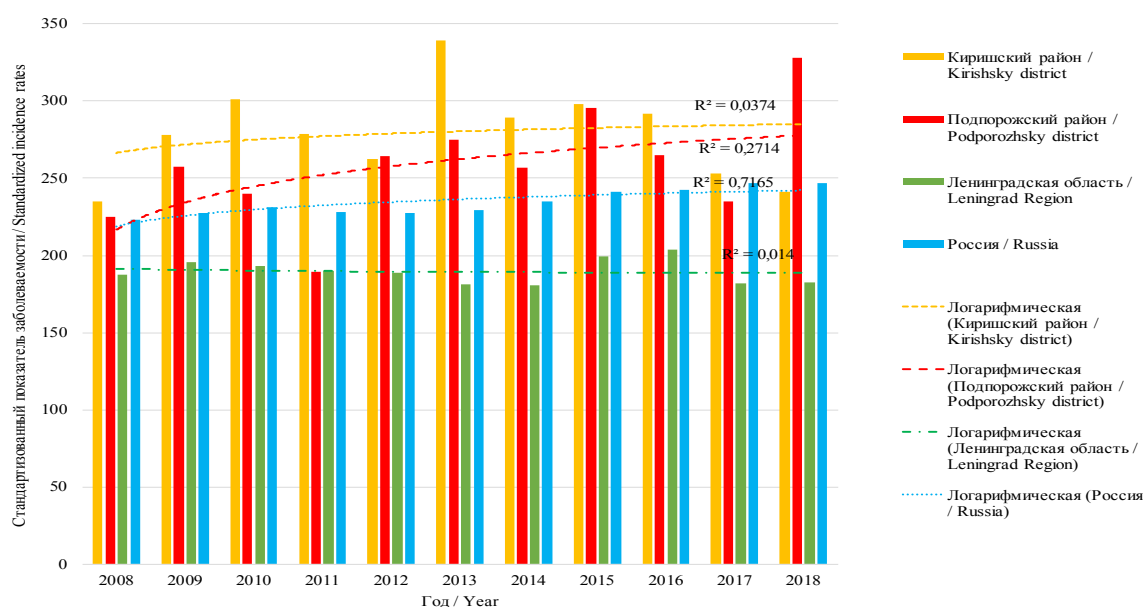


Рис. 2. Динамика первичной заболеваемости (стандартизованные показатели, на 100 000 населения) злокачественными новообразованиями за 2008–2018 гг. в России, Ленинградской области, Киришском и Подпорожском районах
Fig. 2. Cancer incidence rates (per 100,000 population) in the Russian Federation, Leningrad Region, Kirishsky and Podporozhsky districts, 2008–2018

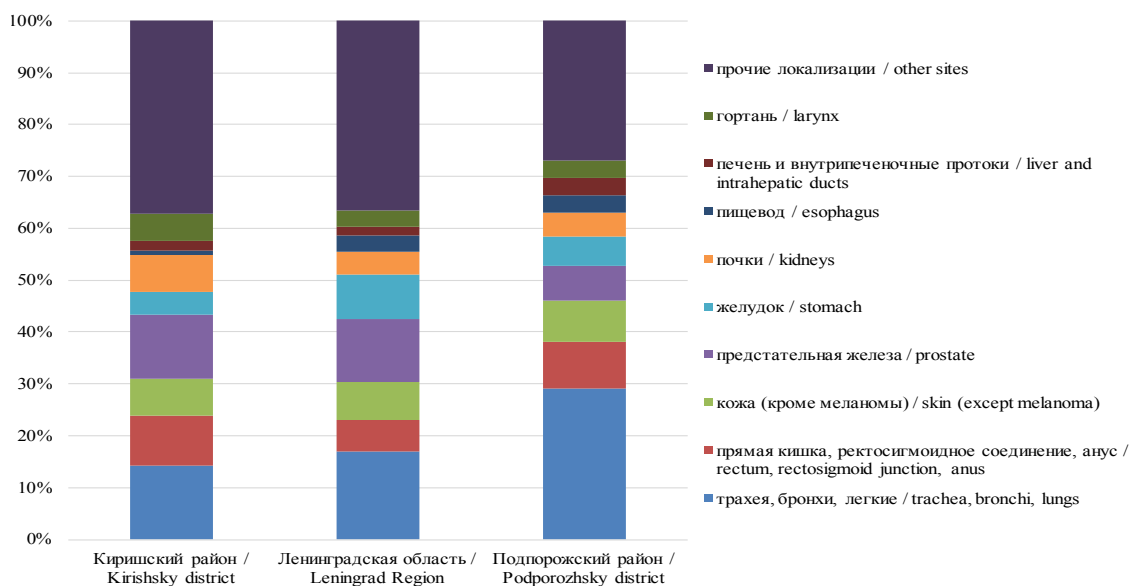


Рис. 3. Структура первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями по локализации в Ленинградской области, Киришском и Подпорожском районах в 2018 году (мужчины)
Fig. 3. Site-specific cancer incidence in men in the Leningrad Region, Kirishsky and Podporozhsky districts in 2018

данной локализации составила 23,2 %, тогда как в среднем по области — 12,6 %. Второе место в Подпорожском и Киришском районах, так же как в Ленинградской области и России в целом [12], на протяжении многих лет занимают злокачественные опухоли предстательной железы, за исключением 2018 года, когда в Подпорожском районе на второе место в структуре первичной заболеваемости мужского населения вышли опухоли прямой кишки, ректосигмоидного соединения и ануса (рис. 3).

В структуре первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями женского населения на территории Ленинградской области, как и страны в целом [12], преобладают злокачественные опухоли молочной железы, на втором месте идут злокачественные опухоли кожи (не включая меланому). В Киришском и Подпорожском районах подобная структура была в целом характерна до 2017 года, однако в 2018 году на первое место и в Подпорожском (19,3 %), и в Киришском (20,1 %) районах вышли злокачественные новообразования кожи (рис. 4), а злокачественные опухоли молочной железы заняли второе место.

Как среди мужского, так и женского населения преобладают лица с диагнозом, установленным впервые в жизни, в возрасте 60–69 лет. Данная ситуация характерна и для Киришского района (35,5 % от всех заболевших), и для области в целом (34,6 %). В Подпорожском районе также преобладают лица в возрасте 60–69 лет, но их удельный вес несколько выше (43,6 % от всех заболевших). Второе место в возрастной структуре первичной заболеваемости в целом по области занимают лица обоих полов в возрасте 70–79 лет (22,3 %), однако в Подпорожском и Киришском районах второе место занимает возрастная группа 50–59 лет (17,7 и 22,3 % соответственно).

В Подпорожском районе в 2018 году морфологически диагноз злокачественного новообразования подтвержден в 91,2 % случаев, 45,3 % всех случаев злокачественных новообразований было выявлено в III–IV стадиях, активно (при медицинских осмотрах и диспансеризации)

установлено 19,0 % диагнозов, посмертно (при вскрытии) диагноз был установлен в 6,1 % случаев. В Киришском районе в 2018 году морфологически диагноз злокачественного новообразования подтвержден в 86,4 % случаев, 32,1 % всех случаев злокачественных новообразований было выявлено в III–IV стадиях, активно (при медицинских осмотрах и диспансеризации) установлено 33,6 % диагнозов, посмертно (при вскрытии) диагноз был установлен в 6,0 % случаев.

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в Киришском районе являются предприятие по переработке нефти и предприятие энергетического комплекса, для них характерен выброс в атмосферный воздух 15 веществ, обладающих канцерогенной опасностью. На территории Подпорожского района источниками загрязнения атмосферного воздуха являются 4 промышленных предприятия, в структуре выбросов также присутствуют канцерогенно-опасные вещества: формальдегид, ацетальдегид, этилбензол, бенз/а/пирен, сажа, бензол, хром (VI). Величина выбросов загрязняющих веществ в расчете на одного жителя составляла в 2018 году в Киришском районе 561,5 кг, в Подпорожском районе — 57,4 кг, в среднем по области — 117,9 кг⁵.

Результаты анализа данных о качестве питьевой воды за 2008–2018 гг. в Подпорожском районе свидетельствуют о несоответствии гигиеническим нормативам по санитарно-химическим (марганец, железо) и органолептическим показателям (мутность, цветность). Доля проб питьевой воды из распределительной сети, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, в 2018 году составила 30,4 % (выше среднеобластного в 1,9 раза). Большая часть населения Подпорожского района снабжается питьевой водой из подземных источников, которая, как правило, не подвергается обеззараживанию хлорсодержащими реагентами и, как следствие, не содержит тригалометаны, обладающие канцерогенным действием. Потребление питьевой воды из подземных источников является фактором риска повышенного воздействия на население ионизирующих излучений (изотопы

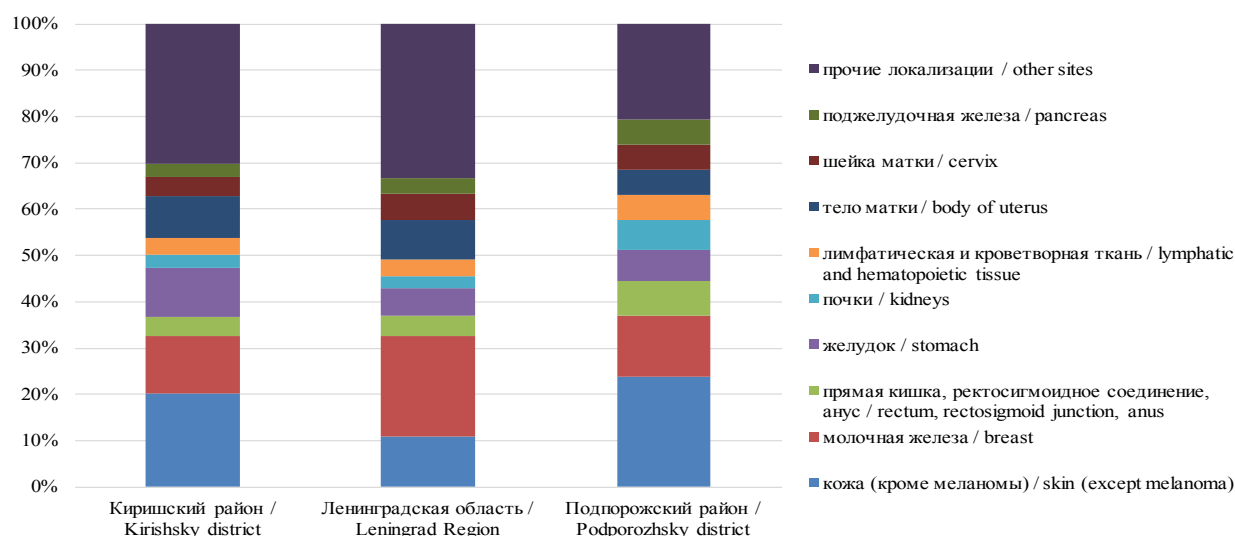


Рис. 4. Структура первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями по локализации в Ленинградской области, Киришском и Подпорожском районах в 2018 году (женщины)

Fig. 4. Site-specific cancer incidence in women in the Leningrad Region, Kirishsky and Podporozhsky districts in 2018

⁵ Ленинградская область в 2018 году. СПб.: Петростат, 2019. 208 с.

радона), однако ни в питьевой воде, ни в воздухе эксплуатируемых жилых зданий превышений установленных нормативов не установлено и, по данным проведенной паспортизации, групп населения с эффективной дозой облучения за счет природных источников ионизирующего излучения свыше 5 мЗв год на территории Ленинградской области не зарегистрировано⁶. В Киришском районе в последние годы превышения гигиенических нормативов регистрируются в воде перед подачей в сеть только по содержанию алюминия и хлороформа, канцерогенный риск от воздействия последнего находится в диапазоне от 10^{-5} до 10^{-4} , что позволяет его охарактеризовать как приемлемый, но требующий контроля.

Обсуждение. Рост заболеваемости злокачественными новообразованиями, отмеченный в России в последние годы, совпадает с мировой тенденцией и, вероятно, свидетельствует об улучшении методов диагностики. Вместе с тем объективный анализ показателей заболеваемости зачастую затруднен, и это связано не только с повсеместным использованием «грубых» показателей, но и с несовпадением данных из разных источников. В частности, М.Ю. Рыков и соавт. [21] приводят пример, когда в 2017 году первичная заболеваемость детского населения злокачественными новообразованиями в Ленинградской области составила, по данным оперативных отчетов, 13,7 случая на 100 тыс. детского населения в возрасте 0–17 лет, а по данным Росстата – 3,1 случая на 100 тыс. детского населения в возрасте 0–17 лет, что наглядно демонстрирует существующие дефекты статистического учета [22]. Аналогичная ситуация прослеживается и в отношении учета случаев смерти онкобольных с установленным при жизни диагнозом. Так, в Подпорожском районе в 2018 году по данным онкодиспансера скончалось 76 человек, имевших регистрацию по месту жительства в Ленинградской области, по данным медицинского информационно-аналитического центра – 87 человек, а по данным управления ЗАГС – 88 человек.

Тем не менее, несмотря на особенности ведения национальных раковых регистров, продемонстрирована сопоставимость региональных показателей Ленинградской области с данными отечественных и зарубежных исследователей [22], что может быть использовано для корректной сравнительной характеристики показателей заболеваемости [23].

В Подпорожском районе повышенные уровни первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями зарегистрированы не только в 2018 году (в 1,79 раза выше, чем в целом по области), но и в целом за 2008–2018 гг. (в 1,36 раза выше усредненного областного уровня). Правда, стандартизованные показатели заболеваемости в Подпорожском районе и в России за указанный период находятся на сопоставимых уровнях, тем не менее в Подпорожском районе отмечается высокая доля впервые выявленных запущенных случаев злокачественных новообразований; од-

ной из причин этого, по-видимому, является отсутствие районной онкологической службы (онкокабинета)⁷. Несмотря на то что стандартизованные показатели заболеваемости в Киришском районе в 2018 году находились на более низком, чем в Подпорожском районе, уровне, в динамике за 2008–2018 гг. первое место в Ленинградской области по уровню заболеваемости занимает именно Киришский район, усредненные уровни первичной заболеваемости в котором превышают областные показатели в 1,47 раза, а второе место – Подпорожский район. Таким образом, территориями риска повышенной заболеваемости злокачественными новообразованиями в Ленинградской области являются Киришский и Подпорожский районы.

Наличие источников загрязнения окружающей среды канцерогенно опасными веществами в населенных пунктах Подпорожского и особенно Киришского районов является потенциальным фактором риска повышенного уровня заболеваемости злокачественными новообразованиями. В Подпорожском районе мониторинг качества атмосферного воздуха не проводится, в связи с чем установление причинно-следственных связей с повышенной заболеваемостью злокачественными новообразованиями затруднено. Однако поскольку среди районов Ленинградской области Подпорожский район занимает лишь 15-е место по величине выбросов на одного жителя, влияние загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость злокачественными новообразованиями представляется сомнительным. Несмотря на первое место Киришского района в Ленинградской области по величине выбросов на одного жителя⁸, в целом уровень загрязнения воздуха населенных пунктов Киришского района характеризуется как низкий, а прогнозируемые за счет этого значения канцерогенных рисков можно расценивать как приемлемые, не требующие принятия каких-либо мер по их снижению [20]. Анализ данных о качестве питьевой воды также не позволяет сделать вывод о ее вкладе в повышенные уровни заболеваемости злокачественными новообразованиями, так как даже в случае превышения предельно допустимых концентраций веществ, обладающих канцерогенным действием (хлороформ в Киришском районе), формируется приемлемый риск развития злокачественных новообразований. Таким образом, требуется проведение дополнительных исследований, направленных на уточнение актуальных для жителей Киришского и Подпорожского районов Ленинградской области факторов риска, связанных с негативным воздействием окружающей среды, условиями труда, а также образом жизни (в особенности табакокурением).

Заключение. Территориями риска по первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями в Ленинградской области являются Киришский и Подпорожский районы: усредненные за 11 лет стандартизованные показатели заболеваемости в Киришском районе в 1,47 раза, а в Подпорожском районе в 1,36 раза выше, чем

⁶ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области в 2018 году: материалы к гос. докладу. СПб.: Управление Роспотребнадзора по Ленинградской области, 2019. Доступно по: http://47.gospotrebnadzor.ru/sites/default/files/materialy_k_gosdokladu_leningradskaya_oblast_v_2018_g.pdf (дата доступа 14.05.2021).

⁷ Об утверждении региональной программы «Борьба с онкологическими заболеваниями». Пост. Правительства Ленинградской области от 27 июня 2019 года № 290. Доступно по: https://pub-sed.lenreg.ru/publishing/Content/Cache/5763_images.pdf (дата доступа: 14.05.2021).

⁸ Ленинградская область в 2018 году. СПб.: Петростат, 2019. 208 с.

в целом по Ленинградской области. В настоящее время не представляется возможным установить ведущие факторы риска здоровью, обуславливающие повышенный уровень заболеваемости на территории Киришского и Подпорожского районов, поэтому требуется проведение дополнительных исследований, направленных на установление причин неблагоприятной ситуации с заболеваемостью злокачественными новообразованиями. Необходимо углубленное изучение загрязнения окружающей среды с последующим расчетом риска нарушений здоровья вследствие вредного воздействия канцерогеноопасных веществ, в том числе ретроспективно за период не менее 30 лет. Кроме того, необходимо изучение влияния факторов образа жизни, особенно табакокурения, а также условий труда, которые могут вносить значимый вклад в повышенный канцерогенный риск.

Список литературы

1. Петрова Г.В., Каприн А.Д., Грецова О.П., Старинский В.В. Злокачественные новообразования в России: обзор статистической информации за 1993–2013 гг. / под общ. ред. чл.-корр. РАН, проф. А.Д. Каприна, проф. В.В. Старинского. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИРЦ» Минздрава России, 2015. 511 с.
2. Global Burden of Disease Cancer Collaboration; Fitzmaurice C, Abate D, et al. Global, regional, and national cancer incidence, mortality, years of life lost, years lived with disability, and disability-adjusted life-years for 29 cancer groups, 1990 to 2017: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study. *JAMA Oncology*. 2019;5(12):1749–1768. doi: 10.1001/jamaoncol.2019.2996
3. Одинцова И.Н., Писарева Л.Ф., Хряпенов А.В. Эпидемиология злокачественных новообразований в мире // Сибирский онкологический журнал. 2015. № 5. С. 95–101.
4. Momenimovahed Z, Salehiniya H. Epidemiological characteristics of and risk factors for breast cancer in the world. *Breast Cancer (Dove Med Press)*. 2019;11:151–164. doi: 10.2147/BCTT.S176070
5. Mihret MS, Gudayu TW, Abebe AS, et al. Knowledge and practice on breast self-examination and associated factors among summer class social science undergraduate female students in the University of Gondar, Northwest Ethiopia. *J Cancer Epidemiol*. 2021(2):1–9. doi: 10.1155/2021/8162047
6. Заридзе Д.Г., Каприн А.Д., Стилиди И.С. Динамика заболеваемости и смертности от злокачественных новообразований в России // Вопросы онкологии. 2019. № 64 (5). С. 578–591. doi: 10.37469/0507-3758-2018-64-5-578-591
7. Максимова Т.М., Белов В.Б. Заболеваемость злокачественными новообразованиями и смертность от них в России и некоторых зарубежных странах // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2012. № 1. С. 9–12.
8. Torre LA, Siegel RL, Ward EM, Jemal A. Global cancer incidence and mortality rates and trends – An update. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2016;25(1):16–27. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-15-0578
9. Аксель Е.М., Виноградова Н.Н. Статистика злокачественных новообразований женских репродуктивных органов // Онкогинекология. 2018. № 3 (27). С. 64–78.
10. Леонов М.Г., Ахматханов Х.У., Чернов С.Н., Горяшко О.В. Анализ выявляемости и диагностики злокачественных новообразований шейки матки в Российской Федерации в 2016 г. // Эффективная фармакотерапия. 2018. № 25. С. 30–32.
11. Гордиенко В.П., Вахненко А.А., Сапегина О.В., Ролько Е.М. Основные направления совершенствования медицинской помощи онкологическим больным в современных социально-экономических условиях отдельно взятого региона // Социальные аспекты здоровья населения. 2014. № 3 (37). С. 6. Доступно по: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/568/30/> (дата доступа: 14.05.2021).
12. Состояние онкологической помощи населению России в 2018 году / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2019. 236 с.
13. Мерабишвили В.М. Злокачественные новообразования в Северо-Западном федеральном округе России (заболеваемость, смертность, контингенты, выживаемость больных) / под ред. проф. А.М. Беляева. СПб., 2017. 282 с.
14. Петрова Г.В., Старинский В.В., Грецова О.П. Оценка качества учета умерших больных со злокачественными новообразованиями в России // Исследования и практика в медицине. 2016. № 3 (4). С. 70–74. doi: 10.17709/2409-2231-2016-3-4-8
15. Турсун-Заде Р.Т. Оценка распространенности злокачественных новообразований в России с применением модели заболеваемость-смертность // Демографическое обозрение. 2018. Т. 5. № 3. С. 103–126.
16. Аксель Е.М. Статистика злокачественных новообразований желудочно-кишечного тракта // Сибирский онкологический журнал. 2017. № 16 (3). С. 5–11. doi: 10.21294/1814-4861-2017-3-5-11
17. *Outdoor Air Pollution: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 109*. Lyon: IARC, 2016.
18. Coglian VJ, Baan R, Straif K, et al. Preventable exposures associated with human cancers. *J Natl Cancer Inst*. 2011;103(24):1827–1839. doi: 10.1093/jnci/djr483
19. Guyton KZ, Rusyn I, Chiu WA, et al. Application of the key characteristics of carcinogens in cancer hazard identification. *Carcinogenesis*. 2018;39(4):614–622. doi: 10.1093/carcin/bgy031
20. Федоров В.Н., Тихонова Н.А., Новикова Ю.А., Ковшов А.А., Историк О.А., Мясников И.О. Проблемы использования методологии оценки риска для здоровья населения при анализе качества атмосферного воздуха // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 6. С. 657–664. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-657-664
21. Рыков М.Ю., Турабов И.А., Пунанов Ю.А., Сафонова С.А. Анализ основных показателей, характеризующих медицинскую помощь детям с онкологическими заболеваниями в Санкт-Петербурге и Ленинградской области в 2013–2017 гг. // Вопросы онкологии. 2019. № 65 (1). С. 77–82.
22. Снисьук В.П., Владовская М.Д., Виссарионов С.В., Крутелев Н.А., Каминский А.В., Петрова И.С. Избранные аспекты эпидемиологии опухолей и опухолеподобных заболеваний позвоночника и спинного мозга у детей (19-летний анализ региональной когорты Ленинградской области) // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2018. № 6 (2). С. 44–53. doi: 10.17816/PTORS6244-53
23. Пивоварова Г.М., Ермаков Г.О., Сверко К.С. Сравнительная характеристика первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями молочной железы среди населения Российской Федерации, Иркутской и Ленинградской областей // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию Иркутского государственного медицинского университета (1919–2019): в 2 т. / под общ. ред. Г.М. Гайдарова. Т. 2. Иркутск: ИНЦХТ, 2019. С. 401–405.

References

1. Petrova GV, Kaprin AD, Gretsova OP, Starinskii VV. Kaprin AD, Starinskii VV, eds. *[Malignant Neoplasms in Russia: A Review of Statistical Information for*

- 1993–2013]. Moscow: MNIOI named after P.A. Gertsen – Branch of NMIRTC of the Russian Ministry of Health Publ., 2015. (In Russ.)
2. Global Burden of Disease Cancer Collaboration; Fitzmaurice C, Abate D, *et al.* Global, regional, and national cancer incidence, mortality, years of life lost, years lived with disability, and disability-adjusted life-years for 29 cancer groups, 1990 to 2017: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study. *JAMA Oncology*. 2019;5(12):1749–1768. doi: 10.1001/jamaoncol.2019.2996
 3. Odintsova IN, Pisareva LF, Khryapenkov AV. Worldwide cancer epidemiology. *Sibirskiy Onkologicheskii Zhurnal*. 2015;(5):95–101. (In Russ.)
 4. Momenimovahed Z, Salehiniya H. Epidemiological characteristics of and risk factors for breast cancer in the world. *Breast Cancer (Dove Med Press)*. 2019;11:151–164. doi: 10.2147/BCTT.S176070
 5. Mihret MS, Gudayu TW, Abebe AS, *et al.* Knowledge and practice on breast self-examination and associated factors among summer class social science undergraduate female students in the University of Gondar, Northwest Ethiopia. *J Cancer Epidemiol*. 2021(2):1–9. doi: 10.1155/2021/8162047
 6. Zaridze DG, Kaprin AD, Stilidi IS. [Dynamics of morbidity and mortality from malignant neoplasms in Russia]. *Voprosy Onkologii*. 2019;64(5):578–591. (In Russ.). doi: 10.37469/0507-3758-2018-64-5-578-591
 7. Maksimova TM, Belov VB. The morbidity and mortality of malignant neoplasms in Russia and certain foreign countries. *Problemy Sotsial'noy Gigieny, Zdravookhraneniya i Istorii Meditsiny*. 2012;(1):9–12. (In Russ.)
 8. Torre LA, Siegel RL, Ward EM, Jemal A. Global cancer incidence and mortality rates and trends – An update. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2016;25(1):16–27. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-15-0578
 9. Aksel EM, Vinogradova NN. Statistics of malignant neoplasms of female reproductive organs. *Onkoginekologiya*. 2018;(3(27)):64–78. (In Russ.) doi: 10.52313/22278710_2018_3_64
 10. Leonov MG, Akhmatkhanov KhU, Chernov SN, Goryashko OV. Data analysis of detection and diagnosis state of cervical cancer in the Russian Federation in 2016. *Effektivnaya Farmakoterapiya*. 2018;(25):30–32. (In Russ.)
 11. Gordienko VP, Vakhnenko AA, Sapegina OV, Rolko EM. Major avenues of work for improving medical care for cancer patients in the context of modern social and economic conditions in a particular region. *Sotsial'nye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya*. 2014;(3(37)):6. (In Russ.) Accessed May 17, 2021. <http://vestnik.mednet.ru/content/view/568/30/>
 12. Kaprin AD, Starinskii VV, Petrova GV, eds. [The Status of Cancer Care for the Population of Russia in 2018]. Moscow: MNIOI named after P.A. Gertsen – Branch of NMIRTC of the Russian Ministry of Health Publ., 2019. (In Russ.)
 13. Merabishvili VM, Belyaev AM, ed. [Malignant Tumors in the Northwestern Federal District of Russia (Morbidity, Mortality, Contingents, Survival)]. Saint Petersburg, 2017. (In Russ.)
 14. Petrova GV, Starinskii VV, Gretsova OP. Assessment of the quality of accounting of deaths of patients with malignant neoplasms in Russia. *Issledovaniya i Praktika v Meditsine*. 2016;3(4):70–74. (In Russ.) doi: 10.17709/2409-2231-2016-3-4-8
 15. Tursun-zade RT. An evaluation of the prevalence of malignant neoplasms in Russia using an incidence-mortality model. *Demograficheskoe Obozrenie*. 2018;5(3):103–126. (In Russ.)
 16. Axel EM. Gastrointestinal cancer statistics. *Sibirskiy Onkologicheskii Zhurnal*. 2017;16(3):5–11. (In Russ.) doi: 10.21294/1814-4861-2017-3-5-11
 17. *Outdoor Air Pollution: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 109*. Lyon: IARC, 2016.
 18. Coglianov VJ, Baan R, Straif K, *et al.* Preventable exposures associated with human cancers. *J Natl Cancer Inst*. 2011;103(24):1827–1839. doi: 10.1093/jnci/djr483
 19. Guyton KZ, Rusyn I, Chiu WA, *et al.* Application of the key characteristics of carcinogens in cancer hazard identification. *Carcinogenesis*. 2018;39(4):614–622. doi: 10.1093/carcin/bgy031
 20. Fedorov VN, Tikhonova NA, Novikova YuA, Kovshov AA, Istoriik OA, Myasnikov IO. Problems of outdoor air quality hygienic assessment in the cities of the Leningrad Region. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(6):657–664. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-657-664
 21. Rykov MYu, Turabov IA, Punanov YuA, Safonova SA. Analysis of the main indicators characterizing medical care for children with cancer in Saint-Petersburg and in the Leningrad Region in 2013–2017. *Voprosy Onkologii*. 2019;65(1):77–82. (In Russ.)
 22. Snishuk VP, Vladovskaya MD, Vissarionov SV, Krutlev NA, Kaminskiy AV, Petrova IS. Selected aspects of the epidemiology of tumors and tumor-like diseases of the spine and spinal cord in children: a 19-year regional cohort study in the Leningrad region. *Ortopediya, Travmatologiya i Vosstanovitel'naya Khirurgiya Detskogo Vozrasta*. 2018;6(2):44–53. (In Russ.) doi: 10.17816/PTORS6244-53
 23. Pivovarova GM, Ermakov GO, Sverko KS. [Comparative characteristics of the incidence of breast tumors in the population of the Russian Federation, Irkutsk and Leningrad regions.] In: *Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary of the Irkutsk State Medical University (1919–2019)*. Gaydarov GM, ed. Irkutsk: INTsKhT Publ., 2019;1:401–405. (In Russ.)



Качество питьевой воды: временные отступления от гигиенических нормативов

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

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

Резюме

Введение. Действующим законодательством допускается поэтапное достижение нормативных показателей качества питьевой воды путем принятия решений о временных отступлениях от гигиенических нормативов на период проектирования и строительства (модернизации) объектов водоснабжения.

Цель исследования: обоснование механизма согласования временных отступлений концентраций химических веществ в питьевой воде от гигиенических нормативов на период выполнения мероприятий, направленных на повышение ее качества.

Материалы и методы. Нормативно-правовые акты, результаты лабораторных исследований качества воды централизованных систем холодного водоснабжения за 2011–2019 годы, планы по повышению качества питьевой воды 83 субъектов Российской Федерации. В работе применены методы санитарно-эпидемиологической экспертизы, оценки и обследования, а также метод системного анализа.

Результаты. По результатам исследований наиболее часто превышения гигиенических нормативов регистрировались по содержанию алюминия, бора, брома, железа, кремния, лития, магния, марганца, натрия, хлороформа. Гигиенические требования к качеству питьевой воды определяют необходимые технологические решения, реализуемые на сооружениях водоподготовки. Однако планируемые и реализуемые мероприятия по повышению качества питьевой воды требуют определенное время на их проведение. На период проведения мероприятий по повышению качества питьевой воды необходимо согласовать с территориальными органами, осуществляющими федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор, поэтапный переход к устранению угрозы здоровью населения от употребления воды, не соответствующей гигиеническим нормативам.

Заключение. Авторами предлагаются алгоритм проведения оценки риска и механизм принятия решения согласования временных отступлений.

Ключевые слова: питьевая вода, временные отступления, план мероприятий, федеральный проект «Чистая вода», интегральная оценка риска.

Для цитирования: Новикова Ю.А., Федоров В.Н., Тихонова Н.А., Алентьева О.С., Мясников И.О. Качество питьевой воды: временные отступления от гигиенических нормативов // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 9. С. 33–39. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-33-39>

Сведения об авторах:

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

Федоров Владимир Николаевич – старший научный сотрудник, врио заведующего отделением анализа оценки и прогнозирования отдела исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: vf1986@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1378-1232>.

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

Алентьева Ольга Сергеевна – начальник организационно-правового отдела ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: o.alenteva@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6810-8542>.

Мясников Игорь Олегович – к.м.н., старший научный сотрудник, заведующий отделением гигиены питьевого водоснабжения отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: igorolegmio@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4459-2066>.

Информация о вкладе авторов: Новикова Ю.А. – разработка дизайна исследования, написание итогового варианта рукописи; Федоров В.Н. – получение данных для анализа, статистическая обработка данных; Тихонова Н.А. – обзор публикаций по теме статьи, написание текста рукописи; Алентьева О.С. – получение данных для анализа, визуализация; Мясников И.О. – научное руководство, редактирование материала.

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

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 01.07.21 / Принята к публикации: 20.08.21 / Опубликовано: 30.09.21

Drinking Water Quality: Temporary Deviations from Hygienic Standards

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

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

Summary

Introduction: Current legislation permits a phased achievement of drinking water quality standards by making decisions on temporary deviations from hygienic standards for the period of design, construction, and/or upgrade of water supply facilities.

Objective: To substantiate the mechanism for coordinating temporary deviations of concentrations of certain chemicals in drinking water from hygienic standards for the period of implementing measures for water quality improvement.

Materials and methods: We applied methods of sanitary and epidemiological expert examination and assessment and the method of system analysis to review and study current regulations, results of laboratory testing of water quality in centralized cold water supply systems for 2011–2019, and action plans of 83 constituent entities of the Russian Federation for improvement of tap water quality.

Results: We established that violation of hygienic standards was most often registered for aluminum, boron, bromine, iron, silicon, lithium, magnesium, manganese, sodium, and chloroform. Hygienic requirements for tap water quality determine necessary technological solutions to be implemented at water treatment facilities; yet, their implementation requires a certain amount of time and might cause temporary tap water quality deterioration making it necessary to agree with the local bodies

in charge of federal sanitary and epidemiological surveillance a phased transition to eliminating threat to public health from poor quality drinking water.

Conclusions: The authors propose an algorithm for conducting a risk assessment and a mechanism for decision making on temporary deviations.

Keywords: drinking water, temporary deviations, action plan, Federal Clean Water Project, integral risk assessment.

For citation: Novikova YuA, Fedorov VN, Tikhonova NA, Alenteva OS, Myasnikov IO. Drinking water quality: Temporary deviations from hygienic standards. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(9):33–39. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-33-39>

Author information:

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

Vladimir N. Fedorov, Senior Researcher, Acting Head of the Section of Analysis, Assessment and Forecasting, Department for Environmental Research and Public Health in the Russian Arctic, Northwest Public Health Research Center; e-mail: vf1986@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1378-1232>.

Nadezhda A. Tikhonova, Junior Researcher, Section of Analysis, Assessment and Forecasting, Department for Environmental Research and Public Health in the Russian Arctic, Northwest Public Health Research Center; e-mail: n.tikhonova@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4895-4009>.

Olga S. Alenteva, Head of the Organizational and Legal Department, Northwest Public Health Research Center; e-mail: o.alenteva@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6810-8542>.

Igor O. Myasnikov, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Head of the Section for Hygiene of Drinking Water Supply, Department of Health Risk Analysis, Northwest Public Health Research Center; e-mail: igorolegmio@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4459-2066>.

Author contributions: Novikova Yu.A. developed the study conception and design and wrote the manuscript; Fedorov V.N. did data collection and statistical processing; Tikhonova N.A. did a literature review on the topic and wrote the manuscript; Alenteva O.S. did data collection and visualization; Myasnikov I.O. provided scientific guidance and edited the manuscript; all authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Funding information: The study was conducted as part of the Research Project No. 121031300059-9 The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

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

Received: June 1, 2021 / Accepted: August 20, 2021 / Published: September 30, 2021

Введение. Для значительного количества населенных пунктов Российской Федерации качество питьевой воды централизованных систем водоснабжения продолжает оставаться актуальной проблемой [1]. К числу причин неудовлетворительного качества питьевой воды можно отнести ненадлежащее санитарное состояние поверхностных и подземных источников водоснабжения, антропогенное загрязнение воды токсическими неорганическими и органическими веществами, инфекционными и паразитарными агентами, факторы природного характера [2–4]. На качество питьевой воды оказывают влияние изношенность водоочистных сооружений и водопроводов, использование технологий водоподготовки, в результате которых в воде могут появиться загрязняющие вещества, наиболее значимыми из которых являются канцерогены [5–8]. Так, при обеззараживании воды хлорсодержащими реагентами образуются галогеносодержащие соединения, которые обладают неблагоприятными биологическими эффектами, вызывают гепато-, ренотоксические реакции, нарушают функции сердечно-сосудистой и нервной систем [9–11].

Реализуемым в настоящее время федеральным проектом «Чистая вода» предусмотрено проведение масштабной модернизации систем водоснабжения и водоподготовки с использованием перспективных технологий в целях обеспечения населения Российской Федерации качественной питьевой водой [12]. На период выполнения планов мероприятий по приведению качества питьевой воды к установленным требованиям, в том числе проводимых в рамках федерального проекта, допускается отклонение значений показателей качества воды от гигиенических нормативов, за исключением показателей, характеризующих ее безопасность¹. В этих случаях методология оценки риска здоровью населения может стать одним из доказательных инструментов для обоснования временных отступлений от гигиенических нормативов [13–21].

Цель исследования — обосновать механизм согласования временных отступлений концентраций химических веществ в питьевой воде от гигиенических нормативов на период выполнения мероприятий, направленных на повышение ее качества.

Материалы и методы исследования. Материалами исследования явились нормативно-правовые акты, результаты лабораторных исследований качества воды централизованных систем холодного водоснабжения за 2011–2019 годы, планы по повышению качества питьевой воды 83 субъектов Российской Федерации. В работе применены методы санитарно-эпидемиологической экспертизы, оценки и обследования, а также метод системного анализа.

Результаты исследования. По данным федерального информационного фонда данных социально-гигиенического мониторинга в 2011–2019 годах испытательными лабораторными центрами ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» в субъектах Российской Федерации и другими аккредитованными лабораториями было проведено более 8593 тысяч исследований проб воды на содержание 171 химического вещества, большинство из них обладают канцерогенным и неканцерогенным действием. Превышения гигиенических нормативов были зарегистрированы по 57 химическим веществам в 296,17 тысячи проб питьевой воды. Наиболее часто превышения гигиенических нормативов регистрировались по содержанию алюминия, бора, брома, железа, кремния, лития, магния, марганца, натрия, хлороформа (табл. 1).

В течение 2011–2020 годов качество воды водоемов, из источников питьевого и хозяйственно-питьевого водоснабжения имело устойчивую негативную тенденцию: за 10 лет доля проб, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, увеличилась на 37 % — и в 2020 году составила 30,34 %².

В результате проведенного авторами анализа мероприятий региональных планов, направленных

¹ Федеральный закон от 07.12.2011 № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении».

² Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году». Ссылка активна на 05 июля 2021. Доступно по: https://www.rosпотребнадзор.ru/upload/iblock/5fa/gd-seb_02.06-_s-podpisyu_.pdf

Таблица 1. Доля проб питьевой воды, исследованных в рамках социально-гигиенического мониторинга, с превышением гигиенических нормативов по содержанию отдельных химических веществ, 2011–2019 годы
Table 1. The percentage of tap water samples exceeding hygienic standards by the content of certain chemicals tested within the framework of socio-hygienic monitoring, 2011–2019

Кратность превышения гигиенических нормативов, раз / Excess of hygienic standards, times	Год / Year							
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2019
Алюминий / Aluminum								
1,1–2,0	0,58	41,92	2,73	1,78	2,13	2,22	2,98	3,02
2,1–5,0	0,11	1,09	0,62	0,37	1,78	0,90	1,22	0,72
> 5,0	0,00	0,06	0,11	0,17	0,16	0,10	0,06	0,13
Бор / Boron								
1,1–2,0	1,71	1,84	2,39	4,23	4,32	4,56	4,27	4,96
2,1–5,0	1,42	1,35	2,06	3,16	3,50	3,18	2,91	3,68
> 5,0	0,53	0,73	0,66	0,94	1,18	1,24	1,38	1,40
Бром / Bromine								
1,1–2,0	0,00	0,00	0,00	0,00	2,38	0,00	0,00	0,00
2,1–5,0	0,06	0,85	0,00	0,00	1,19	0,00	0,00	6,00
> 5,0	2,72	2,28	61,02	37,18	39,29	50,00	50,00	90,00
Железо / Iron								
1,1–2,0	6,04	7,19	6,91	7,45	7,21	6,56	6,64	7,13
2,1–5,0	4,27	5,08	4,69	4,99	5,00	4,93	4,88	5,28
> 5,0	2,33	2,39	2,46	2,58	2,63	2,40	2,31	2,31
Кремний / Silicon								
1,1–2,0	3,91	5,29	6,86	19,38	21,48	26,04	23,32	22,27
2,1–5,0	0,19	0,27	0,55	2,07	2,42	1,83	1,79	2,40
> 5,0	0,00	0,01	0,01	0,13	0,14	0,00	0,07	0,00
Литий / Lithium								
1,1–2,0	20,71	19,35	16,94	21,09	10,05	10,60	11,11	7,21
2,1–5,0	8,57	8,90	7,61	7,06	6,11	4,41	5,75	6,38
> 5,0	2,12	2,35	4,28	3,32	1,76	2,79	2,95	2,90
Магний / Magnesium								
1,1–2,0	4,74	7,65	6,03	7,25	7,30	8,54	7,76	10,70
2,1–5,0	0,83	1,17	0,90	0,96	0,71	1,00	1,16	0,94
> 5,0	0,00	0,01	0,07	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Марганец / Manganese								
1,1–2,0	2,38	2,85	2,87	3,97	3,58	4,06	3,74	4,00
2,1–5,0	2,44	2,49	2,37	2,02	2,30	2,30	2,38	2,47
> 5,0	0,40	0,58	0,37	0,76	0,73	0,58	0,55	0,68
Натрий / Sodium								
1,1–2,0	6,11	9,92	9,41	9,82	8,36	9,90	10,90	8,46
2,1–5,0	1,56	1,01	1,70	2,24	0,81	2,78	2,55	3,19
> 5,0	0,04	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Хлороформ / Chloroform								
1,1–2,0	1,53	8,87	5,16	6,75	6,22	4,70	6,12	7,29
2,1–5,0	0,63	5,66	2,49	3,64	3,73	3,75	4,15	3,11
> 5,0	0,01	0,17	0,24	0,36	0,46	0,25	0,13	0,21

на повышение качества воды, до 31 декабря 2024 года будет проведено 2580 мероприятий, в том числе 2102 мероприятия в рамках реализации федерального проекта «Чистая вода». Большая часть мероприятий (55,42 %) направлена на строительство систем водоснабжения, водоочистных сооружений и водопроводных сетей (табл. 2).

Процесс повышения качества питьевой воды может быть достаточно длительным, кроме наличия официально подтвержденных инвестиций необходимы технические и человеческие ресурсы. Более 44 % запланированных мероприятий будут завершены в 2023 и 2024 годах. Поэтому на период проведения мероприятий по повышению качества питьевой воды необходимо разработать

и согласовать с территориальными органами, осуществляющими федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор, поэтапный переход к устранению угрозы здоровью населения от употребления воды, не соответствующей гигиеническим нормативам. Обязательно должен проводиться систематический контроль выполнения мероприятий и качества подаваемой населению питьевой воды как со стороны ресурсоснабжающей организации, так и надзорных органов.

Нормативными документами на срок реализации мероприятий по приведению качества питьевой воды в соответствие с установленными требованиями допускается согласование временных отступлений от гигиенических нормативов

Таблица 2. Запланированные мероприятия региональных планов по повышению качества воды централизованных систем водоснабжения в 2018–2024 годах

Table 2. Actions envisaged by regional plans for improvement of water quality in centralized water supply systems in 2018–2024

Плановый год завершения мероприятия / Planned year of fulfillment	Мероприятия / Actions				
	модернизация / upgrade	разработка проектно- сметной документации / development of design estimates	реконструкция / reconstruction	строительство / construction	строительство и реконструкция / construction and reconstruction
2018	–	–	2	–	–
2019	–	2	30	97	2
2020	8	19	61	236	62
2021	17	5	138	243	24
2022	4	5	175	290	21
2023	9	1	244	269	33
2024	25	–	226	296	36
Итого / Total	63	32	876	1431	178

в пределах, определенных планом мероприятий³. Эти отступления от гигиенических нормативов по показателям качества питьевой воды рассматриваются и согласовываются территориальными органами Роспотребнадзора при выполнении определенных условий:

– *во-первых*, отсутствие угрозы здоровью населения от употребления питьевой воды в период действия временных отступлений от гигиенических нормативов должно быть подтверждено результатами проведенной оценки риска здоровью населения;

– *во-вторых*, действие временных отступлений должно быть максимально ограничено, срок отступления определяется сроком реализации мероприятий по повышению качества питьевой воды (но не более 7 лет) и также подтверждается результатами оценки риска;

– *в-третьих*, население должно быть проинформировано о введении временных отступлений и сроках их действия, отсутствии риска для здоровья населения, а также должны быть предложены рекомендации по использованию питьевой и горячей воды.

Одним из основных условий согласования временных отступлений от гигиенических нормативов является наличие плана мероприятий по приведению качества питьевой воды в соответствие с установленными требованиями, который в обязательном порядке должен быть включен в состав инвестиционной программы с указанием наименования мероприятия, сроков его исполнения, объема финансирования, источников финансирования, ответственного исполнителя.

В плане мероприятий должны быть указаны показатели химического состава, влияющие на органолептические свойства воды, по которым устанавливаются временные отступления от ги-

гиенических нормативов, их значения, перечень мероприятий по приведению качества питьевой воды в соответствие с установленными требованиями, а также информация о результатах санитарно-эпидемиологической оценки риска здоровью населения в случае принятия таких отступлений⁴. Концентрации показателей качества питьевой воды, по которым согласовываются временные отступления от гигиенических нормативов, не должны превышать уровни, указанные в приложении приказа Роспотребнадзора⁵. Расчетные уровни временных отступлений от гигиенических нормативов должны быть обоснованы проведенной оценкой риска для населения по каждому показателю с учетом влияния на здоровье населения и времени воздействия.

При обосновании возможности согласования временных отступлений от гигиенических нормативов для показателей качества питьевой воды следует руководствоваться соблюдением гигиенических нормативов и отсутствием неприемлемого риска для здоровья населения. Оценка риска для здоровья населения предоставляет возможность установления количественных и/или качественных характеристик вредных эффектов для здоровья населения, обусловленных воздействием факторов среды обитания, в т. ч. питьевой воды [22]. Интегральная оценка питьевой воды по показателям химической безвредности проводится с учетом основных принципов методологии оценки риска для здоровья населения в соответствии с Руководством⁶, а также особенностей воздействия химических веществ, обладающих ольфакторно-рефлекторным, санитарно-токсикологическим и канцерогенным эффектами воздействия⁷. При обосновании с позиции токсикологической безопасности проводится оценка хроническо-

³ 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». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. 89 с.

⁴ МР 2.1.0246–21 «Методические рекомендации по обеспечению санитарно-эпидемиологических требований 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».

⁵ Приказ Роспотребнадзора от 28 декабря 2012 г. № 1204 «Об утверждении критериев существенного ухудшения качества питьевой воды и горячей воды, показатели качества питьевой воды, характеризующие ее безопасность, по которым осуществляется производственный контроль качества питьевой воды, горячей воды и требования к частоте отбора проб воды».

⁶ 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.

⁷ МР 2.1.4.0032–11 «Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности». Федеральный центр госсанэпиднадзора Роспотребнадзора, 2012. 31 с.

го неканцерогенного и канцерогенного риска в соответствии с требованиями Руководства, а при обосновании с позиции органолептических показателей — оценка суммарного органолептического риска (риск возникновения рефлекторно-ольфакторных эффектов) в соответствии с методическими рекомендациями.

Таким образом, при рассмотрении возможности согласования временных отступлений показателей качества питьевой воды авторами предлагается следующий алгоритм действий.

1. Гигиеническая оценка качества питьевой воды, подаваемой в настоящее время населению, по результатам социально-гигиенического мониторинга, проверочных мероприятий, производственного контроля за предыдущие 5 лет.

2. Интегральная оценка риска для здоровья от употребления питьевой воды, подаваемой населению в настоящее время, от воздействия загрязняющих химических веществ с учетом их одностороннего действия на органы и системы, с расчетом суммарного канцерогенного риска (при наличии в воде веществ, обладающих канцерогенным действием), показателей, характеризующихся ольфакторно-рефлекторным эффектом воздействия, и химических веществ, нормируемых по их влиянию на органолептические качества воды, расчет интегрального показателя риска.

3. Интегральная оценка риска для здоровья от употребления питьевой воды, подаваемой населению, на период проведения мероприятий по повышению качества питьевой воды с учетом значений показателей, предлагаемых к согласованию временных отклонений, и расчет интегрального показателя риска.

Согласование временных отступлений показателей качества питьевой воды возможно только в случае, если значения хронического неканцерогенного и канцерогенного риска, риска ольфакторно-рефлекторного эффекта воздействия не превысят приемлемые уровни, интегральный показатель риска на период проведения мероприятий не превышает интегральный показатель риска до проведения мероприятий.

Оценку эффективности мероприятий плана по повышению качества питьевой воды с учетом нормативных документов⁸ можно проводить в следующей последовательности.

1. Гигиеническая оценка качества питьевой воды с учетом определения приоритетных показателей, характеризующих качество воды источника конкретной централизованной системы холодного водоснабжения, региональных особенностей, климатических и гидрогеологических условий, антропогенного воздействия.

2. Прогноз количественного содержания в воде показателей химического состава с учетом использования планируемых технологий водоподготовки.

3. Анализ эффективности проектируемых технологических решений, планируемых к внедрению и изложенных в плане мероприятий согласно паспортным данным на соответствующие оборудование, технологию.

4. Интегральная оценка риска для здоровья населения по показателям химической безвредности с учетом эффективности проектируемых

технологических решений по каждому показателю, изложенных в плане мероприятий.

5. По результатам анализа в случае наличия нескольких вариантов реализации мероприятий выбираются мероприятия с минимальным значением интегрального показателя риска.

По итогам проведенного анализа в план включаются мероприятия, технологические решения, которые обеспечивают:

— *во-первых*, соблюдение гигиенических нормативов;

— *во-вторых*, минимальные значения канцерогенного, неканцерогенного риска и риска возникновения рефлекторно-ольфакторных эффектов;

— *в-третьих*, наименьшие значения интегрального показателя риска в сравнении с другими технологическими решениями по повышению качества воды (при наличии).

Обсуждение. Принимая решения о согласовании плана мероприятий, направленного на повышение качества питьевой воды, и временных отступлений от гигиенических нормативов на период выполнения плана мероприятий, необходимо проявлять достаточную осторожность.

Планы мероприятий должны быть реалистичны и достаточны для обеспечения планируемых показателей качества питьевой воды с учетом перспективы развития населенного пункта и наличия подготовленного персонала на станции водоподготовки.

Одним из проблемных вопросов является выбор показателей питьевой воды для определения риска здоровью населения. По-видимому, для оценки риска наиболее целесообразным будет использовать результаты расширенных лабораторных исследований питьевой воды после водоподготовки (при наличии) и из распределительной сети. При выборе показателей должны быть учтены региональные особенности качества воды водоемистика и образующиеся химические вещества в процессе водоподготовки.

Авторами предлагается определенный механизм принятия решения по согласованию плана мероприятий по повышению качества питьевой воды и возможные подходы к временным отступлениям от гигиенических нормативов по показателям качества питьевой воды на период выполнения мероприятий данного плана.

Заключение. Для принятия решения по согласованию плана мероприятий по повышению качества питьевой воды и временных отступлений гигиенических нормативов качества питьевой воды на период выполнения мероприятий данного плана предложен алгоритм рассмотрения возможности принятия такого решения.

При оценке риска наиболее оптимальным и доказательным является расчет уровня интегрального показателя риска для здоровья населения при употреблении воды с предлагаемыми концентрациями после водоподготовки и в водораспределительной сети, обоснование эффективности планируемых мероприятий.

Список литературы

1. *Healthcare issues. Drinking-Water.* World Health Organization. June 14, 2019. Accessed September 22,

⁸ МР 2.1.4.0143–19 «Методика по оценке повышения качества питьевой воды, подаваемой системами централизованного питьевого водоснабжения». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2020. 14 с.

2021. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
2. Зайцева Н.В., Сбоев А.С., Клейн С.В., Вековшинина С.А. Качество питьевой воды: факторы риска для здоровья населения и эффективность контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора // Анализ риска здоровью. 2019. № 2. С. 44–55. doi: 10.21668/health.risk/2019.2.05
 3. Васильева М.В., Натарева А.А., Мелихова Е.П. Гигиеническое значение питьевой воды в жизнедеятельности человека // Символ науки. 2016. № 3. С. 180–181.
 4. Росоловский А.П. Состояние источников центрального водоснабжения и влияние качества питьевой воды на здоровье населения Новгородской области // Здоровье населения и среда обитания. 2016. № 1 (274). С. 8–10.
 5. Лапшин А.П., Ванькова А.Н. Интегральная оценка качества питьевой воды // Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 2-х т. Пермь, 13–15 мая 2020 года / Под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2020. С. 129–136.
 6. Арутюнова И.Ю., Ягунков С.Ю. Исследование различных технологических режимов очистки воды, направленных на снижение содержания хлорорганических соединений в питьевой воде // Проекты развития инфраструктуры города: сб. науч. тр. ГУП «Мосводоканал НИИ проект». Вып. 8. М.: Прима-пресс Экспо, 2008. С. 57–68.
 7. Малышева А.Г., Растяпников Е.Г., Козлова Н.Ю. и др. Продукты трансформации веществ в воде при обеззараживании сильными окислителями // Тез. докл. Междунар. конгресса «Вода. Экология. Технология». М.: ЭКВАТЭК, 2008. С. 117–123.
 8. Саканская-Грицай Е.И. Проблемы и перспективы совершенствования водоподготовки // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2014. № 3 (29). С. 88–95.
 9. Донченко А.И., Тулакин А.В., Амплеева Г.П., Даниловская Л.А. К вопросу о галогенсодержащих соединениях, образующихся при хлорировании питьевой воды // Санитарный врач. 2018. № 4. С. 38–43.
 10. Environmental Health Criteria 216. Disinfectants and Disinfectant By-Products. Geneva: WHO; 2000. Accessed September 22, 2021. https://www.who.int/ipcs/publications/ehc/216_disinfectants_part_1.pdf
 11. Егорова Н.А., Букшук А.А., Красовский Г.Н. Гигиеническая оценка продуктов хлорирования питьевой воды с учетом множественности путей поступления в организм // Гигиена и санитария. 2013. Т. 92. № 2. С. 18–24.
 12. Ahmed F, Mishra V. Estimating relative immediacy of water-related challenges in Small Island Developing States (SIDS) of the Pacific Ocean using AHP modeling. *Model Earth Syst Environ*. 2020;6:201–214. doi: 10.1007/s40808-019-00671-2
 13. Qasemi M, Farhang M, Biglari H, et al. Health risk assessments due to nitrate levels in drinking water in villages of Azadshahr, northeastern Iran. *Environ Earth Sci*. 2018;77(23):782. doi: 10.1007/s12665-018-7973-6
 14. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Новикова Ю.А., Выучейская Д.С. Федеральный проект «Чистая вода». Первые итоги // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2019. Т. 14. № 1. С. 252–259.
 15. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В., Седусова Э.В. Опыт установления и доказывания вреда здоровью населения вследствие потребления питьевой воды, содержащей продукты гиперхлорирования // Здоровье населения и среда обитания. 2015. Т. 12. № 12. С. 16–18.
 16. Фридман К.Б., Новикова Ю.А., Белкин А.С. Оценка риска для здоровья в целях гигиенической характеристики систем водоснабжения // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 7. С. 686–689. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-7-686-689
 17. Рахманин Ю.А., Мельцер А.В., Киселев А.В., Ерастова Н.В. Гигиеническое обоснование управленческих решений с использованием интегральной оценки питьевой воды по показателям химической безвредности и эпидемиологической безопасности // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 4. С. 302–305. doi: 10.47470/0016-9900-2017-96-4-302-305
 18. Валеев Т.К., Сулейманов Р.А., Бактыбаева З.Б., Егорова Н.Н., Даукаев Р.А., Рахматуллин Н.Р. Эколого-гигиеническая оценка риска здоровью населения Республики Башкортостан, обусловленного качеством питьевой воды // Безопасность жизнедеятельности. 2017. № 11 (203). № 11. С. 57–64.
 19. Нефедова Е.Д., Хямяляйнен М.М., Ковжаровская И.Б., Шевчик Г.В. Риск-ориентированный подход к организации контроля качества питьевой воды // Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 3. С. 5–9.
 20. 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
 21. Клейн С.В., Вековшинина С.А. Приоритетные факторы риска питьевой воды систем централизованного питьевого водоснабжения, формирующие негативные тенденции в состоянии здоровья населения // Анализ риска здоровью. 2020. № 3. С. 49–60. doi: 10.21668/health.risk/2020.3.06.eng
 22. Федоров В.Н., Тихонова Н.А., Зайцев О.Б., Мясников И.О. Опыт согласования временных отклонений от гигиенических нормативов качества питьевой воды // Труды XIV Всероссийской научной конференции с международным участием «Здоровье – основа человеческого потенциала. Проблемы и пути решения». Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. 2019. Т. 14. Ч. 1. С. 359–365.

References

1. *Healthcare issues. Drinking-Water*. World Health Organization. June 14, 2019. Accessed September 22, 2021. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
2. Zaitseva NV, Sboev AS, Kleyn SV, Vekovshinina SA. Drinking water quality: Health risk factors and efficiency of control and surveillance activities by Rosпотребнадзор. *Health Risk Analysis*. 2019;(2):44–55. doi: 10.21668/health.risk/2019.2.05.eng
3. Vasilyeva MV, Natarova AA, Melikhova EP. [Hygienic value of drinking water in human life.] *Simvol Nauki*. 2016;(3):180–181. (In Russ.)
4. Rosolovsky AP. The state of sources of centralized water supply and the impact of drinking water quality on population health of the Novgorod region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2016;(1(274)):8–10. (In Russ.)
5. Lapshin AP, Vankova AN. Integral assessment of drinking water quality. In: *Health Risk Analysis–2020: Proceedings of the Tenth Scientific and Practical Conference in Conjunction with the International Meeting on Environment and Health Rise–2020 and the Round Table on Food Safety, Perm, May 13–15, 2020*. Popova AYU, Zaitseva NV, eds. Perm: Perm National Polytechnic University Publ., 2020;129–136. (In Russ.)
6. Arutyunova IYu, Yagunkov SYu. [Investigation of various technological modes of water treatment aimed

- at reducing the content of organochlorine compounds in drinking water.] In: *Projects of Urban Development: Collection of Scientific Papers of GUP Mosvodokanal NII proekt*. Moscow: Prima-press Expo Publ., 2008;(8):57–68. (In Russ.)
7. Malysheva AG, Rastyannikov EG, Kozlova NYu, *et al.* [Products of transformation of substances in water during disinfection with strong oxidants.] In: *Proceedings of the International Congress "Water. Ecology. Technology"*. Moscow: EKVATEK Publ, 2008;117–123. (In Russ.)
 8. Sakanskaja-Gritsay EI. Problems and prospects for improvement of water treatment. *Tekhniko-Tekhnologicheskie Problemy Servisa*. 2014;(3(29)):88–95. (In Russ.)
 9. Donchenko AI, Tulakin AV, Ampleeva GP, Danilovskaya LA. On the question of halogen-containing compounds formed during chlorination of drinking water. *Sanitarnyy Vrach*. 2018;(4):38–43. (In Russ.)
 10. Environmental Health Criteria 216. *Disinfectants and Disinfectant By-Products*. Geneva: WHO; 2000. Accessed September 22, 2021. https://www.who.int/ipcs/publications/ehc/216_disinfectants_part_1.pdf
 11. Egorova NA, Bukshuk AA, Krasovskiy GN. Hygienic assessment of drinking water chlorination by-products in view of multiroute exposure. *Gigiena i Sanitariya*. 2013;92(2):18–24. (In Russ.)
 12. Ahmed F, Mishra V. Estimating relative immediacy of water-related challenges in Small Island Developing States (SIDS) of the Pacific Ocean using AHP modeling. *Model Earth Syst Environ*. 2020;6:201–214. doi: 10.1007/s40808-019-00671-2
 13. Qasemi M, Farhang M, Biglari H, *et al.* Health risk assessments due to nitrate levels in drinking water in villages of Azadshahr, northeastern Iran. *Environ Earth Sci*. 2018;77(23):782. doi: 10.1007/s12665-018-7973-6
 14. Gorbanev SA, Eremin GB, Novikova YuA, Vyuchetskaya DS. Federal project "Clean water". First results. *Zdorov'e – Osnova Chelovecheskogo Potentsiala: Problemy i Puti Ikh Resheniya*. 2019;14(1):252–259. (In Russ.)
 15. Zaitseva NV, May IV, Kleyn SV, Sedusova EV. An experience of establishing and proving of harm to the public health caused by consumption of drinking water containing hyperchlorination products. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2015;(12(273)):16–18. (In Russ.)
 16. Fridman KB, Novikova YuA, Belkin AS. On the issue of the use of health risk assessment techniques for hygienic characteristics of water supply systems. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(7):686–689. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-7-686-689
 17. Rakhmanin YuA, Meltser AV, Kiselev AV, Erastova NV. Hygienic substantiation of management decisions with the use of the integral assessment of drinking water on indices of chemical harmlessness and epidemiological safety. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(4):302–305. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-4-302-305
 18. Valeev TK, Sulejmanov RA, Baktybaeva ZB, Egorova NN, Daukaev RA, Rakhmatullin NR. Ecological-hygienic assessment of the risk to public health of the Republic of Bashkortostan, due to the quality of drinking water. *Bezopasnost' Zhiznedeyatel'nosti*. 2017;(11(203)):57–64. (In Russ.)
 19. Nefedova ED, Hamalainen MM, Kovzharovskaia IB, Shevchik GV. Risk-oriented approach to the arrangement of drinking water quality control. *Vodosnabzhenie i Sanitarnaya Tekhnika*. 2018;(3):5–9. (In Russ.)
 20. 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
 21. Kleyn SV, Vekovshinina SA. Priority risk factors related to drinking water from centralized water supply system that create negative trends in population health. *Health Risk Analysis*. 2020;(3):48–59. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2020.3.06.eng
 22. Fedorov VN, Tikhonova NA, Zaytsev OB, Myasnikov IO. Experience of agreement of temporal deviations from hygienic regulations for drinking water quality. *Zdorov'e – Osnova Chelovecheskogo Potentsiala: Problemy i Puti Ikh Resheniya*. 2019;14(Pt 1):359–365. (In Russ.)



© Ганичев П.А., 2021

УДК 504.5: 691.175; 628.1.033

О влиянии частиц микропластика в питьевой воде на здоровье населения. Обзор

П.А. Ганичев

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

Резюме

Введение. В последнее время изделия из полимерных материалов стали недорогими, удобными и используются во всех сферах повседневной жизни. Микропластик обнаруживается в морской воде, сточных водах, пресной воде, продуктах питания, воздухе. За последние несколько лет в различных исследованиях сообщалось о наличии микропластика в очищенной водопроводной и бутилированной воде, что вызывает вопросы и опасения по поводу его воздействия на здоровье человека.

Цель исследования. Обобщить и систематизировать результаты научных исследований в области воздействия частиц микропластика, поступающего с питьевой водой, на здоровье человека.

Материалы и методы. В рамках настоящей работы материалами для исследования послужили статьи и обзоры, опубликованные в международных базах данных PubMed, Scopus, а также РИНЦ за период с 2014 по 2021 год. В результате из 64 статей было отобрано 10, в которых содержались сведения о возможном воздействии микропластика на здоровье человека.

Заключение. В ходе проведенного обобщения и систематизации результатов научных исследований выявлено, что на сегодня нет достоверных данных, чтобы сделать окончательные выводы о влиянии микропластика на здоровье человека. Отсутствует информация о токсикокинетике и токсикодинамике частиц микропластика после попадания внутрь организма. В настоящее время нет исследований о наиболее распространенных формах и размерах пластиковых частиц и риска для здоровья, обусловленного их наличием в питьевой воде.

Ключевые слова: микропластик, полимеры, питьевая вода, бутилированная вода, здоровье.

Для цитирования: Ганичев П.А. О влиянии частиц микропластика в питьевой воде на здоровье населения. Обзор // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 9. С. 40–43. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-40-43>

Сведения об авторе:

✉ Ганичев Павел Александрович – младший научный сотрудник отделения гигиены питьевого водоснабжения отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: ganichevpavel@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0954-8083>.

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

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 07.07.21 / Принята к публикации: 20.08.21 / Опубликовано: 30.09.21

Human Health Effects of Microplastics in Drinking Water: A Review

Pavel A. Ganichev

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

Summary

Introduction: Polymer products have become inexpensive, convenient and widely used in all spheres of everyday life recently. Microplastics are found in seawater, wastewater, fresh water, foodstuffs, and air. Over the past few years, the presence of microplastics in treated tap and bottled water has been reported, raising questions and concerns about their potential human health effects.

Objective: To summarize and systematize the results of studying health effects of exposure to microplastics in potable water. **Materials and methods:** A literature review was done based on ten topical articles and reviews published in 2014–2021 out of 64 sources found in the PubMed and Scopus international databases and the Russian Science Citation Index (RSCI).

Results and conclusions: Generalization and systematization of the published research data demonstrated the lack of strong evidence to draw conclusions about human health effects of microplastics. Information on toxicokinetics and toxicodynamics of ingested microplastic particles is absent just like the studies of the most common shapes and sizes of plastic particles and health risks from exposure to such particles in drinking water.

Keywords: microplastics, polymers, drinking water, bottled water, health.

For citation: Ganichev PA. Human health effects of microplastics in drinking water: A review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(9):40–43. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-40-43>

Author information:

✉ Pavel A. Ganichev, Junior Researcher, Subdivision for Hygiene of Drinking Water Supply, Department of Public Health Risk Analysis, Northwest Public Health Research Center; e-mail: ganichevpavel@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0954-8083>.

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

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

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

Received: June 7, 2021 / Accepted: August 20, 2021 / Published: September 30, 2021

Введение. Растущие темпы загрязнения окружающей среды промышленными и бытовыми синтетическими полимерными материалами считаются одной из наиболее серьезных экологических проблем [1, 2]. Возможная деградация макрочастиц полимерных изделий в различных условиях окружающей среды (например, УФ-облучение, механическое выветривание и био-

логическая деградация) приводит к образованию микропластика [3, 4].

Микропластик – это любой тип пластикового фрагмента размером менее 5 мм, однако существующее определение микропластика не совсем однозначное. Под термином «микропластик» подразумевают разнообразные типы материалов различной формы, цвета и размера. Большинство

определений в литературных источниках основано на составе и размере. В настоящее время еще не окончательно определено, какого размера частицы относить к микропластику, но мнения большинства ученых сходятся на том, что это любые частицы размером от 1 мкм до 5 мм [5].

Микропластик повсеместно встречается в окружающей среде. Он был обнаружен в морской воде, сточных водах, пресной воде, продуктах питания, воздухе [6–9]. За последние несколько лет в исследованиях сообщалось о наличии микропластика в очищенной водопроводной и бутилированной воде [10–12].

В водную среду микропластик попадает несколькими путями: в первую очередь — из поверхностного стока и сточных вод (как очищенных, так и неочищенных), а также из деградированных пластиковых отходов и атмосферных осадков [13, 14]. Это представляет значительную угрозу для водных организмов, поскольку в исследованиях было показано, что микропластик серьезно влияет на метаболизм и воспроизводство у беспозвоночных [15] и позвоночных [16]. При попадании его в организм зоопланктона и высших организмов [17] микропластик затем перемещается по пищевой цепочке до человека [18, 19]. Кроме того, некоторые микропластики, обнаруженные в питьевой воде, могут поступать из систем очистки и распределения водопроводной воды и/или розлива бутилированной воды, что вызывает вопросы и опасения по поводу его воздействия на здоровье населения [20].

Риск для здоровья человека от воздействия микропластика из питьевой воды определяется самими частицами, представляющими механическую и химическую опасность (несвязанные мономеры, добавки и сорбированные химические вещества из окружающей среды, в том числе стойкие органические загрязнители). Кроме того, следует обратить внимание на биологическую опасность, связанную с микроорганизмами, которые, прикрепляясь к частицам микропластика, могут их колонизировать [21].

Цель исследования — обобщить и систематизировать результаты научных исследований в области воздействия частиц микропластика, поступающего с питьевой водой, на здоровье человека.

Материалы и методы исследования. Материалами для исследования послужили статьи и обзоры, опубликованные в международных базах данных PubMed, Scopus, а также РИНЦ. Электронный поиск информации осуществлялся с использованием комбинации предложенных заголовков и ключевых слов, таких как «микропластик в питьевой воде», «микропластик в бутилированной воде», «вредное воздействие микропластика», «влияние микропластика на здоровье человека». Критерии включения в поиск были сформированы перед просмотром статей. Статьи считались подходящими для включения, если они были опубликованы после 2014 года и если статьи были в первую очередь посвящены наличию микропластика в питьевой воде и его влиянию на здоровье человека. Статьи, которые включали простое упоминание или незначительное обсуждение воздействия микропластика на здоровье человека, были исключены. В результате из 64 статей было отобрано 10, в которых содержались данные о возможном воздействии микропластика на здоровье человека.

Результаты исследования. Организм человека подвергается воздействию микропластика в результате поступления внутрь с продуктами питания, в том числе с питьевой водой, вдыхания микропластика с воздухом и при контакте с кожей этих частиц, содержащихся в продуктах, текстиле или пыли [22].

Согласно научным исследованиям, основными путями поступления микропластика в организм человека являются пищевая и водная. Исследователи Cox, Kieran D et al., проанализировав диету и образ жизни людей, оценили годовое потребление микропластика в пределах от 39 000 до 52 000 частиц на человека. Сообщалось о наличии микропластика в таких пищевых продуктах, как мидии, промысловая рыба, а также поваренная соль, сахар и упакованная вода. Было обнаружено, что люди, которые употребляли только бутилированную воду, проглатывали дополнительно 90 000 частиц по сравнению с 4000 частиц для тех, кто употреблял только воду из-под крана [23].

После попадания микропластика в организм человека его судьба и последствия до сих пор остаются спорными и малоизвестными. Предположительно микропластик размером менее 20 мкм имеет возможность проникать в органы, а из них частицы размером около 10 мкм имеют возможность проникать во все органы, пересекая клеточные мембраны, преодолевая гематоэнцефалический барьер и проникать в плаценту [24].

В исследовании Ragusa, Antonio et al. было предложено несколько гипотетических механизмов проникновения микропластика из желудочно-кишечного тракта в ткани организма. Первый — с помощью эндоцитоза микропластика М-клетками лимфоидной ткани кишечника (пейеровы бляшки). На уровне пейеровых бляшек, расположенных в подслизистом слое тонкой кишки, микропластик, попавший в организм с пищей, может поглощаться эндоцитозом с помощью М-клеток, далее переноситься через эпителий в субэпителиальный купол, где он встречается с дендритными клетками, которые, в свою очередь, транспортируют его по лимфатической системе, откуда микропластик попадает в кровь. Вторым механизмом — с помощью параклеточной (парацеллюлярной) диффузии. Микропластик может проникать через просвет кишечника в местах неплотных соединений. Это объясняется тем, что локальное воздействие микропластика на кишечную стенку может вызвать воспалительную реакцию, повреждение барьерной функции кишечника, что приводит к увеличению проницаемости слизистой оболочки и способствует прохождению микропластика через кишечник. После пересечения просвета кишечника микропластик собирается дендритными клетками и транспортируется в лимфатическую систему, а затем в системный кровоток [25].

Недостаточно информации для полного понимания последствий воздействия микропластика на здоровье человека. В ходе проведенных исследований на живых организмах было замечено, что микропластик перемещается в отдаленные ткани через систему кровообращения и вызывает системные воспалительные реакции. В проведенных экспериментах на мышах показана четкая иллюстрация последствий кишечной токсичности, в результате которой происходит нарушение барьерной функции кишечника

и проникновение частиц микропластика в кровь, откуда он попадает через воротную вену в печень, селезенку. Длительное накопление микропластика в тканях печени и хроническое воспаление может привести к заболеванию печени и метаболическим проблемам [26, 27]. При транспортировке в отдаленные ткани частицы микропластика могут вызывать воспаление, снижение функции органов и повышенный риск новообразований. Например, достигая кости, частицы полиэтилена и полистирола могут вызывать потерю костной массы из-за повышения активности остеокластов [28]. В различных работах сообщалось о нейротоксичности *in vivo* после хронического воздействия микропластика, возможно, из-за активации иммунных клеток в головном мозге и окислительного стресса. Эти процессы могут быть обусловлены прямым действием микропластика или опосредованно, путем циркулирующих провоспалительных цитокинов, что приводит к необратимому повреждению нейронов. В исследовании воздействия микропластика на мозг морского окуня наблюдалось снижение высвобождения ацетилхолинэстеразы, инициирование окислительного стресса, повышение уровней перекисного окисления липидов и индукция анаэробных путей производства энергии [29]. Также некоторые работы указывали на то, что микропластик влияет на репродуктивную систему. Например, частицы полистирола уменьшают количество продуцируемых яиц и личинок, а также скорость сперматозоидов у устриц [30]. Кроме того, частицы микропластика могут вызывать косвенные эффекты, действуя как переносчики токсичных веществ. Микропластики из океана могут поглощать стойкие органические загрязнители, такие как полициклические ароматические углеводороды, полихлорированные бифенилы и пестициды, включая дихлордифенилтрихлорэтан и гексахлорбензол. Эти соединения обладают более высоким сродством к пластику, чем к воде. Переносимые вещества при попадании внутрь организма могут представлять серьезную опасность для здоровья человека. Мономеры и добавки, такие как фталаты и бисфенол А, больше известные как эндокринные разрушители, могут вымываться из микропластика внутри организма и подвергать ткани и органы неблагоприятному воздействию [31].

Выводы

1. В ходе проведенного обобщения и систематизации результатов научных исследований выявлено, что на сегодняшний день нет достоверных данных, чтобы сделать окончательные выводы о влиянии микропластика на здоровье человека. Отсутствует информация о токсикокинетике и токсикодинамике частиц микропластика после попадания внутрь организма. В литературе в настоящее время нет исследований о наиболее распространенных формах и размерах пластиковых частиц и риске для здоровья, обусловленном их наличием в питьевой воде.

2. Необходимо более детально изучить источники и пути возникновения микропластика во всей цепочке питьевого водоснабжения, в особенности в бутилированной воде, используя при этом стандартизованные методы лабораторного контроля.

3. Для лучшего понимания системного воздействия микропластика через различные компоненты окружающей среды (вода, воздух, пища) необходимо разработать методы комплексной оценки риска его межсредового воздействия на здоровье населения.

Список литературы / References

1. Xanthos D, Walker TR. International policies to reduce plastic marine pollution from single-use plastics (plastic bags and microbeads): A review. *Mar Pollut Bull.* 2017;118(1–2):17–26. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.02.048
2. Kik K, Bukowska B, Sicińska P. Polystyrene nanoparticles: Sources, occurrence in the environment, distribution in tissues, accumulation and toxicity to various organisms. *Environ Pollut.* 2020;262:114297. doi: 10.1016/j.envpol.2020.114297
3. Fu Z, Chen G, Wang W, Wang J. Microplastic pollution research methodologies, abundance, characteristics and risk assessments for aquatic biota in China. *Environ Pollut.* 2020;266(Pt 3):115098. doi: 10.1016/j.envpol.2020.115098
4. Andrady AL. Microplastics in the marine environment. *Mar Pollut Bull.* 2011;62(8):1596–1605. doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.05.030
5. Thompson RC. Microplastics in the marine environment: Sources, consequences and solutions. In: Bergmann M, Gutow L, Klages M, eds. *Marine Anthropogenic Litter*. Cham: Springer, 2015. doi: 10.1007/978-3-319-16510-3_7
6. du Sul JAI, Costa MF. The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environ Pollut.* 2014;185:352–364. doi: 10.1016/j.envpol.2013.10.036
7. Meng Y, Kelly FJ, Wright SL. Advances and challenges of microplastic pollution in freshwater ecosystems: A UK perspective. *Environ Pollut.* 2020;256:113445. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113445
8. Leslie HA, Brandsma SH, van Velzen MJ, Vethaak AD. Microplastics en route: Field measurements in the Dutch river delta and Amsterdam canals, wastewater treatment plants, North Sea sediments and biota. *Environ Int.* 2017;101:133–142. doi: 10.1016/j.envint.2017.01.018
9. Zhu L, Bai H, Chen B, Sun X, Qu K, Xia B. Microplastic pollution in North Yellow Sea, China: Observations on occurrence, distribution and identification. *Sci Total Environ.* 2018;636:20–29. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.04.182
10. Pivokonsky M, Cermakova L, Novotna K, Peer P, Cajthaml T, Janda V. Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. *Sci Total Environ.* 2018;643:1644–1651. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.102
11. Mintenig SM, Löder MGJ, Primpke S, Gerdtz G. Low numbers of microplastics detected in drinking water from ground water sources. *Sci Total Environ.* 2019;648:631–635. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.178
12. Oßmann BE, Sarau G, Holtmannspötter H, Pischetsrieder M, Christiansen SH, Dicke W. Small-sized microplastics and pigmented particles in bottled mineral water. *Water Res.* 2018;141:307–316. doi: 10.1016/j.watres.2018.05.027
13. Brandon JA, Jones W, Ohman MD. Multidecadal increase in plastic particles in coastal ocean sediments. *Sci Adv.* 2019;5(9):eaax0587. doi: 10.1126/sciadv.aax0587
14. Richardson SD, Ternes TA. Water analysis: Emerging contaminants and current issues. *Anal Chem.* 2018;90(1):398–428. doi: 10.1021/acs.analchem.7b04577
15. Lee KW, Shim WJ, Kwon OY, Kang JH. Size-dependent effects of micro polystyrene particles in the

- marine copepod *Tigriopus japonicus*. *Environ Sci Technol*. 2013;47(19):11278–11283. doi: 10.1021/es401932b
16. Pitt JA, Trevisan R, Massarsky A, Kozal JS, Levin ED, Di Giulio RT. Maternal transfer of nanoplastics to offspring in zebrafish (*Danio rerio*): A case study with nanopolystyrene. *Sci Total Environ*. 2018;643:324–334. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.186
17. Wang T, Hu M, Xu G, Shi H, Leung JYS, Wang Y. Microplastic accumulation via trophic transfer: Can a predatory crab counter the adverse effects of microplastics by body defence? *Sci Total Environ*. 2021;754:142099. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.142099
18. De-la-Torre GE. Microplastics: an emerging threat to food security and human health. *J Food Sci Technol*. 2020;57(5):1601–1608. doi: 10.1007/s13197-019-04138-1
19. Cho Y, Shim WJ, Jang M, Han GM, Hong SH. Abundance and characteristics of microplastics in market bivalves from South Korea. *Environ Pollut*. 2019;245:1107–1116. doi: 10.1016/j.envpol.2018.11.091
20. Tong H, Jiang Q, Hu X, Zhong X. Occurrence and identification of microplastics in tap water from China. *Chemosphere*. 2020;252:126493. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.126493
21. Microplastics in Drinking-Water. Geneva: World Health Organization, 2019. Accessed June 09, 2021. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/326499/9789241516198-eng.pdf?ua=1>
22. Lu L, Luo T, Zhao Y, Cai C, Fu Z, Jin Y. Interaction between microplastics and microorganism as well as gut microbiota: A consideration on environmental animal and human health. *Sci Total Environ*. 2019;667:94–100. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.380
23. Cox KD, Covernton GA, Davies HL, Dower JF, Juanes F, Dudas SE. Human consumption of microplastics. *Environ Sci Technol*. 2019;53(12):7068–7074. doi: 10.1021/acs.est.9b01517
24. Campanale C, Massarelli C, Savino I, Locaputo V, Uricchio VF. A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(4):1212. doi: 10.3390/ijerph17041212
25. Ragusa A, Svelato A, Santacroce C, et al. Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environ Int*. 2021;146:106274. doi: 10.1016/j.envint.2020.106274
26. Yong CQY, Valiyaveetil S, Tang BL. Toxicity of microplastics and nanoplastics in mammalian systems. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(5):1509. doi: 10.3390/ijerph17051509
27. Rahman A, Sarkar A, Yadav OP, Achari G, Slobodnik J. Potential human health risks due to environmental exposure to nano- and microplastics and knowledge gaps: A scoping review. *Sci Total Environ*. 2021;757:143872. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.143872
28. Prata JC, da Costa JP, Lopes I, Duarte AC, Rocha-Santos T. Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. *Sci Total Environ*. 2020;702:134455. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134455
29. Barboza LGA, Vieira LR, Branco V, et al. Microplastics cause neurotoxicity, oxidative damage and energy-related changes and interact with the bioaccumulation of mercury in the European seabass, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758). *Aquat Toxicol*. 2018;195:49–57. doi: 10.1016/j.aquatox.2017.12.008
30. Sussarellu R, Suquet M, Thomas Y, et al. Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2016;113(9):2430–2435. doi: 10.1073/pnas.1519019113
31. Wang YL, Lee YH, Chiu IJ, Lin YF, Chiu HW. Potent impact of plastic nanomaterials and micro-materials on the food chain and human health. *Int J Mol Sci*. 2020;21(5):1727. doi: 10.3390/ijms21051727



© Петрова М.Д., Малькова Н.Ю., 2021

УДК 613.7:614.8

Негативное воздействие лазерного излучения видимой области спектра на население. Обзор

М.Д. Петрова¹, Н.Ю. Малькова^{1,2}¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 2-я Советская ул., д. 4, г. Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» Минздрава России, ул. Кирочная, д. 41, г. Санкт-Петербург, 191015, Российская Федерация

Резюме

Введение. По мере распространения лазерных технологий в различных отраслях человеческой деятельности увеличилось число контактов с лазерным излучением широкого круга пользователей, не знакомых со спецификой воздействия данного фактора на организм человека в том числе и в повседневной жизни, что привело в последние годы к возрастанию количества случаев травматизации населения.

Цель: поиск информации о механизмах биологического действия лазерного излучения видимой области спектра в российских и зарубежных научных литературных источниках и анализ негативных последствий этого воздействия, встречающихся в отечественной и международной практике.

Материалы и методы. Обзор доступных научных иностранных и российских литературных источников. Поиск и отбор источников был осуществлен с использованием открытых текстовых баз данных медицинских и биологических публикаций PubMed и РИНЦ за период с 1969 по 2019 г.

Результаты исследований. Как российские, так и зарубежные исследователи отмечают, что воздействие лазерного излучения на организм человека вызывает специфический и неспецифические ответы на всех уровнях организации тканей. Степень и характер развивающихся морфологических изменений зависят от длины волны излучения, времени воздействия, мощности, энергии и ее плотности на единицу облучаемой поверхности.

Выводы. Полученные данные указывают на то, что портативные лазерные указки и мощные лазерные проекторы могут нанести заметную травму макулы и в отдельных случаях навсегда повредить зрение. Хотя часто отмечалось и хорошее восстановление зрения, общедоступность коммерческих лазерных устройств потенциально опасна, особенно для несовершеннолетних, поэтому следует повысить осведомленность общественности о механизмах воздействия лазерного излучения на человека.

Ключевые слова: лазерное излучение, видимый спектр, биологическое действие.

Для цитирования: Петрова М.Д., Малькова Н.Ю. Негативное воздействие лазерного излучения видимой области спектра на население. Обзор // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 9. С. 44–49. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-44-49>

Сведения об авторах:

✉ **Петрова** Милена Дмитриевна – младший научный сотрудник отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: petrovai.md@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5506-6523>.

Малькова Наталия Юрьевна – д.б.н., главный научный сотрудник отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; профессор кафедры гигиены условий воспитания, обучения, труда и радиационной гигиены ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России; e-mail: lasergrmal@mail.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0426-8851>.

Информация о вкладе авторов: Петрова М.Д. – обзор публикаций по теме статьи, анализ собранных данных, написание текста рукописи; Малькова Н.Ю. – обзор публикаций по теме статьи, анализ собранных данных, редактирование материала, утверждение окончательного варианта статьи.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 08.07.21 / Принята к публикации: 20.08.21 / Опубликовано: 30.09.21

Adverse Health Effects of Exposure to Visible Laser Radiation in the General Population: A Review

Milena D. Petrova,¹ Natalia Yu. Mal'kova^{1,2}¹Northwest Public Health Research Center, 4 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation²North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 41 Kirochnaya Street, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation

Summary

Introduction: With the spread of laser technologies in various spheres of human activity, the number of exposures to laser radiation of a wide range of users unfamiliar with specifics of its health effects, including those in everyday life, has increased, thus resulting in an increased number of traumas in the general population in recent years.

Objectives: To search for data on the biological mechanisms of action of visible laser radiation in Russian and foreign scientific literature and to analyze adverse health effects of this exposure encountered in domestic and international practice.

Methods: We searched for Russian and foreign full-text open access literary sources in Russian Science Citation Index (RSCI) and PubMed databases of biomedical publications for 1969–2019 and selected the most appropriate ones for review.

Results: Both Russian and foreign researchers note that human exposure to laser radiation induces specific and non-specific responses at all tissue levels of organization. The extent and nature of developing morphological changes depend on the radiation wavelength, exposure time, power, energy and its density per unit of the irradiated surface.

Conclusions: Our findings suggest that portable laser pointers and powerful laser projectors may cause retinal damage, traumatic macular holes and, in some cases, loss of vision. Despite frequently registered good visual recovery, general availability of commercial laser devices poses potential danger, especially for minors, and substantiates the need to raise public awareness of laser safety.

Keywords: laser radiation, visible spectrum, biological action.

For citation: Petrova MD, Mal'kova NYu. Adverse health effects of exposure to visible laser radiation in the general population: A review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(9):44–49. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-44-49>

Author information:

✉ Milena D. Petrova, Junior Researcher, Department of Complex Hygienic Assessment of Physical Factors, Northwest Public Health Research Center; e-mail: petrovoi.md@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5506-6523>.
 Natalia Yu. Mal'kova, Dr. Sci. (Biol.), Chief Researcher, Department of Complex Hygienic Assessment of Physical Factors, Northwest Public Health Research Center; Professor of the Department of Hygiene of Educational and Training Conditions, Occupational and Radiation Hygiene, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; e-mail: lasergrmal@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0426-8851>.

Author contributions: Petrova M.D. and Mal'kova N.Yu. did a literature review, collected, processed and analyzed data, and wrote the manuscript; both authors contributed to the discussion and approved the final version of the manuscript.

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

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

Received: June 8, 2021 / Accepted: August 20, 2021 / Published: September 30, 2021

Введение. Изучение влияния лазерного излучения на живые организмы началось практически сразу же после создания в 1960 г. первого оптического квантового генератора, использующего явление вынужденного излучения — лазера. С момента его изобретения новые вариации передовой технологии появляются практически каждый год.

По мере распространения лазерных технологий в различных отраслях человеческой деятельности увеличилось число контактов с лазерным излучением широкого круга пользователей, не знакомых со спецификой воздействия данного фактора на организм человека, в том числе и в повседневной жизни (использование лазерных принтеров, считывателей штрихкодов, лазерных указок, проекторов и пр.), что привело в последние годы к возрастанию количества случаев травматизации населения.

Цель исследования: обзор и систематизация информации о механизмах биологического действия лазерного излучения видимой области спектра в российских и зарубежных научных литературных источниках и анализ негативных последствий этого воздействия, встречающихся в отечественной и международной практике.

Материалы и методы исследования: поиск доступных научных иностранных и российских литературных источников. Поиск и отбор источников был осуществлен с использованием открытых текстовых баз данных медицинских и биологических публикаций PubMed и РИНЦ за период с 1969 по 2019 г.

Результаты исследования. Уже в первые годы использования лазеров появились работы, указывающие, что энергия излучения вызывает патологические изменения в органах и тканях. Исследователи предполагают наличие как специфического, так и неспецифического действия лазерного излучения [1, 2]. Результаты анализа полученных данных показали, что данный вид излучения даже при низких интенсивностях воздействия стимулирует изменения, реализуемые на всех уровнях организации биосистемы: субклеточном, клеточном, тканевом, органном, организменном [3, 4]. Экспериментальные и клинические исследования свидетельствуют об изменении конформационного состояния и энергетической активности мембран [5], активации ядерного аппарата и изменении митотической активности клеток [6], основных ферментных систем [7], биосинтетических [8] и окислительно-восстановительных процессов [9]. На организменном уровне воздействие излучения сопровождается астеническим, астеновегетативным и астеноневротическим синдромами разной

степени выраженности и в редких случаях при длительном воздействии лазерного излучения может развиваться гипоталамический синдром, характеризующийся перестройкой нервно-гуморальных регуляторных механизмов с клиническими проявлениями поражения центрального и периферического звеньев гипоталамо-гипофизарно-адреналовой, гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной, гипоталамо-гипофизарно-гонадной систем [10]¹.

Принцип взаимодействия лазерного излучения с биологическими объектами заключается в том, что при определенных условиях свет поглощается структурами-мишенями — хромофорами различных биологических сред и последующим процессом является преобразование световой энергии в тепловую².

Механический эффект лазерного воздействия, возникающий в результате нагрева тканевой жидкости и последующего теплового объемного расширения облучаемых тканей, приводящего к повышению давления, вызывает деформацию и разрыв тканей. Возникающая в очаге поражения ударная волна способна распространяться в окружающих тканях с различными скоростями, поэтому ее эффект может отмечаться даже на значительном расстоянии от места непосредственного облучения. Распространяясь в тканях с ультразвуковой скоростью, ударная волна может вызывать явление кавитации, т. е. образования полостей за счет быстрого испарения частиц вещества. Образующиеся полости, спадаясь после прохождения ударной волны, в свою очередь, вызывают дополнительный компрессионный удар. Давление ударной волны может достигать значительных величин. Особенно опасны случаи возникновения ударной волны за счет теплового объемного расширения в замкнутых полостях — в полости черепа, глаза, грудной клетки и др. Под влиянием мощного лазерного излучения формируются электрохимические и фотохимические эффекты, приводящие к ионизации жидкостных компонентов, образованию новых структур, не свойственных живой материи, в частности свободных радикалов, катализирующих различные химические реакции [10].

К основным хромофорам в организме человека относятся меланин, гемоглобин, оксигемоглобин и вода^{3,4}. Каждый хромофор имеет свой коэффициент поглощения волн разной длины, зависящий от теплопроводности вещества, и именно этот фактор определяет, какое воздействие будет оказано на ту или иную ткань-мишень. Спектр поглощения меланина лежит в ультрафиолетовом (до 400 нм) и видимом (400–760 нм) диапазонах спектра.

¹ Косарев В.В., Бабанов С.А. Профессиональные болезни: учебник / Косарев В.В., Бабанов С.А. М.: ГЭОТАР Медиа, 2010. 368 с.

² Тучин В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях. 2-е изд., испр. и доп. М.: Физматлит, 2010. 488 с.

³ Лазеро- и светолечение. Доувер Дж.С. М.: Рид Элсивер, 2010. С. 5–7.

⁴ Kaminer MS, Arndt KA, Dover JS, et al. *Atlas of Cosmetic Surgery*. 2nd ed. Saunders: Elsevier, 2009.

Поглощение меланином лазерного излучения по-прежнему уменьшается по мере увеличения длины волны света. Гемоглобин имеет несколько пиков поглощения. Максимумы спектра поглощения гемоглобина лежат в области УФ-А (320–400 нм), фиолетовом (400 нм), зеленом (541 нм) и желтом (577 нм) диапазонах. Коллаген в видимом диапазоне поглощается в спектре от 400 до 760 нм [11]. Однако за счет теплопередачи нагреваются и соседние области, даже если они содержат мало светопоглощающих хромофоров [12, 13], что обуславливает неспецифический эффект лазерного излучения.

К органам-мишеням лазерного излучения относятся кожа и орган зрения. Это связано с большим количеством хромофоров в тканях этих структур. Опасность лазерных лучей для зрительного анализатора и определила основное направление исследований в первые годы, которые сконцентрировались на изучении повреждающего действия излучения на орган зрения.

Вода может составлять до 90 % тканей анатомических структур зрительной системы человека. Это определяет спектральную зависимость оптического пропускания нормального человеческого глаза в области от роговицы до пигментного слоя сетчатки (ретиальный пигментный эпителий – РПЭ) [14]. При непосредственном контакте с глазом лазерного луча с длиной волны в видимой области спектра лазерное излучение беспрепятственно проходит через оптические среды глаза (роговицу, влагу передней камеры, хрусталик и стекловидное тело) и достигает сетчатки [15]. РПЭ содержит мелано-белковые гранулы, которые поглощают большую часть видимого излучения, попадающего в глаз. Именно эта область повреждается в первую очередь [14]. Сетчатка поглощает около 10 % коротковолнового сине-зеленого излучения, в то время как риск повреждения нервных волокон сетчатки в макулярной области еще более повышен, так как желтый пигмент интенсивно поглощает сине-зеленое (особенно синий компонент) излучение. Поэтому синие лазеры считаются более опасными для органа зрения [15].

Известно, что высокоинтенсивное лазерное излучение повреждает все слои сетчатки: возникают ожоги сетчатки, кровоизлияния в сетчатку и прилегающие ткани, в дальнейшем на месте ожога образуется рубец, приводящий к стойкому снижению зрения. При объективном исследовании на сетчатке глаз у части работников выявляются светлые депигментированные очажки [15, 16]. При исследовании функционального состояния зрительного анализатора авторы отметили, что у лиц, обслуживающих импульсные твердотельные лазеры, в 46 % случаев наблюдается снижение темновой адаптации [17].

Данные исследований показывают, что благодаря фокусирующему эффекту плотность потока энергии на сетчатке может быть в 4–5 (до 10) раз выше, чем на роговице глаза, что может привести к карбонизации, абляции тканей и фоторазрыву [15, 18, 19]. Поэтому даже «безопасные» мощности лазерного излучения могут вызвать серьезные травмы при контакте с глазом, в том числе при диффузно рассеянном лазерном свете при соответствующей мощности лазера. Такое излучение используется в так называемых бытовых лазерах, которые доступны широкому кругу пользователей. Часто люди недостаточно осознают всю опасность

для глаз в случаях пренебрежения правилами безопасности.

В последующие годы диапазон исследований расширился в связи с выявлением общих реакций организма на воздействие излучения. При работе с лазерами наблюдается целый ряд субъективных расстройств – жалобы на тупые, иногда режущие боли в глазных яблоках, ощущение жара и тяжести в висках [20], утомление глаз, затумирование зрения, чувство напряженности и тяжести в глазах, головные боли [21].

Излучение в видимой области спектра, помимо тепловых эффектов, обеспечивает условия для стимуляции фотохимических реакций [22]. Пример активации каталазы в результате поглощения красного света гелий-неоновым лазером его хромофорной группой уже стал классическим [23, 24]. При облучении глаз кроликов гелий-неоновым лазерным излучением (10 дней) в сетчатке и эпителиальном пигменте наблюдалось увеличение общего содержания групп SH и, соответственно, соотношения SH/SS, а также активности ферментов глутатионредуктазы, супероксиддисмутазы и каталазы в 1,5–2,5 раза [25]. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения красной области спектра на химические реакции, протекающие в организме, уже много лет используются в терапии и профилактике различных заболеваний [26–28].

Важно отметить, что зеленый лазер (0,53 мкм) не влиял на активность каталазы ни в пигментном эпителии, ни в сетчатке, незначительно снижая активность супероксиддисмутазы только в пигментном эпителии. Тиолдисульфидная система оставалась стабильной в обеих тканях глаза [29].

Облучение глаза кролика синим лазером привело к резкому сдвигу в сторону окисления в тиолдисульфидной системе сетчатки и к выраженным фазовым изменениям окислительно-восстановительного баланса в пигментном эпителии. Все эти факты позволяют рассматривать синий лазер как повреждающий, а не стимулирующий фактор, в отличие от красного, поскольку происходит окислительная модификация SH-групп белков как в органе-мишени, так и в крови [30].

Медицинские осмотры, проведенные у сотрудников, работающих с лазерным излучением, показали, что невроты астенического типа и патология вегетативно-сосудистой системы в виде вегетососудистых дисфункций и астеновегетативных синдромов достоверно чаще встречались у работающих с лазерами (40 %) по сравнению с лицами контрольной группы (23 %). Сердечно-сосудистые расстройства проявлялись у работающих с лазерами ареактивностью и извращением ответных реакций пульса при орто- и клиностатической пробах, достоверным, по сравнению с контролем, увеличением числа лиц с синусовыми аритмиями и брадиаритмиями на ЭКГ, а также высокими зубцами Т в грудных отведениях, свидетельствующими об экстракардиальных вегетативных воздействиях на сердце. При исследовании общей гемодинамики (по данным механокардиографии) у части обследованных (36 %), отмечалось повышение систолического и особенно среднединамического артериального давления, несоответствие фактического и рабочего удельного периферического сопротивления сосудистой сети (43 %), повышение тонуса сосудов мышечного типа (31 %) и коэффициента тонического напряжения сосудов (64 %).

Почти у половины работающих с лазерами зарегистрировано регионарное повышение тонуса мозговых сосудов. При исследовании функционального состояния вестибулярного анализатора у работающих с вышеуказанными типами лазеров установлено, что, несмотря на отсутствие каких-либо жалоб на головокружение, у большинства работающих отмечено нарушение функции вестибулярного аппарата. Достоверно чаще, чем в контроле, выявлены изменения возбудимости, преимущественно угнетение вестибулярного анализатора, причем в половине случаев эти нарушения касаются центрального отдела анализатора [31].

Таким образом, полученные данные указывают на возможность развития у работающих с лазерами комплекса общих неспецифических реакций организма со стороны нервной и сердечно-сосудистой систем.

Лазерное излучение видимой области спектра широко применяется в развлекательных целях. Если лазерные проекторы больших мощностей, используемые на концертах и зрелищных мероприятиях, требуют согласования и определенных финансовых вложений, то менее мощные домашние проекторы и лазерные указки доступны широкому кругу пользователей, в том числе детям.

Данные экспериментальных исследований свидетельствуют о том, что воздействие излучения от коммерчески доступной зеленой лазерной указки класса 3А мощностью менее 5 мВт может индуцировать видимую ретинопатию в течение 24 часов после воздействия. Это характеризовалось желтоватым обесцвечиванием на уровне РПЭ в области воздействия. На каждом участке воздействия сохранялись гранулярные изменения в течение 5 дней после воздействия. Гистологическое исследование подтвердило повреждение РПЭ в облучаемых областях [32].

Офтальмоскопическое обследование двух пациентов, которые посетили один и тот же танцевальный фестиваль с лазерным шоу, сканирующим аудиторию, и обратившихся к врачу со снижением остроты зрения после прямого попадания лазера в один глаз, показало пятна коагуляции сетчатки одинакового размера, что привело к кровоизлиянию в сетчатку у обоих пациентов. При этом показатели внутриглазного давления и биомикроскопии были в рамках нормы. Несмотря на благоприятное разрешение геморрагического процесса, у одного из пациентов сохранились остаточные нарушения и у обоих пациентов остался пожизненный риск неоваскуляризации в месте воздействия лазера. В связи с этим пациентам было рекомендовано при возникновении любых изменений при работе органа зрения обращаться к врачу [33].

Эти данные согласуются с другим исследованием, в котором анализировались данные состояния органа зрения семи пациентов (8 глаз). Их средний возраст составил 18,7 года (диапазон: от 12 до 36 лет). В большинстве случаев пациенты в течение нескольких секунд подвергались воздействию зеленого лазера мощностью 5 мВт и в 2 случаях — красного лазера. Все пациенты жаловались на центральную/парацентральную скотому. В 5 глазах при офтальмоскопическом исследовании было отмечено круглое, четко выраженное глубокое желтовато-оранжевое обесцвечивание на уровне пигментного эпителия сетчатки в фовеоле диаметром от 150 до 350 мкм. Дополнительными находками были макулярное субгиалоидное кро-

воизлияние в 2 глазах и макулярное отверстие с цистойдным отеком в 1 глазу. Все пациенты получали терапию кортикостероидами с преднизолоном (0,5–1 мг/кг). Период наблюдения составлял от 2 до 12 месяцев. Со временем улучшение остроты зрения было отмечено в 7 из 8 глаз. Улучшение зрения было связано с полным или почти полным восстановлением целостности макулярной структуры, отмеченным при спектрометрии [34]. Однако 12 лет — не самый младший возраст детей, получивших поражения глаз при контактировании с лазерным лучом. Исследователи описывают случаи поражения зрения у детей в возрасте от 8 до 15 лет лазерными указками, приобретенными онлайн. Клинически у трех детей наблюдалась острая макулопатия, которая привела к изменению пигментного эпителия сетчатки в субфовеальной области и снижению зрения. Один случай осложнился появлением хориоидальной неоваскулярной мембраны [35]. Через 12 месяцев у двух пациентов с помощью микропериметрии было выявлено снижение чувствительности в области центральной ямки сетчатки. SD-ОКТ-визуализация показала стойкое нарушение наружных слоев фовеальных фоторецепторов у всех обследуемых детей [36].

В литературе описан случай повреждения сетчатки отраженным излучением красной лазерной указки. Водитель общественного автобуса подвергся воздействию лазерного луча игрушечной лазерной указки, управляемой школьником с расстояния около 16,5 м. Луч отразился в боковом зеркале заднего вида автобуса, и водитель несколько раз посмотрел на лазерный луч, чтобы определить местоположение человека, держащего лазер. Сразу после этого воздействия водитель пожаловался на «помутнение» зрения в правом глазу, которое сохранялось в течение 6 месяцев [37]. Данная ситуация является не только единичным случаем нанесения вреда здоровью человека, но и угрозой общественной безопасности, так как нанесение вреда водителю транспортного средства может привести к возникновению дорожно-транспортных происшествий и стать причиной аварий.

Обсуждение. Воздействие лазерного излучения на организм человека вызывает специфический и неспецифические ответы на всех уровнях организации тканей. Степень и характер развивающихся морфологических изменений зависят от длины волны излучения, времени воздействия, мощности, энергии и ее плотности на единицу облучаемой поверхности.

Использование лазерного излучения видимой области спектра обусловлено функциональным назначением бытовых установок. Красные, синие и зеленые лучи позволяют проецировать в пространстве изображения во время концертов и массовых мероприятий, а во время учебных процессов помогают фокусировать внимание слушателей на конкретных предметах.

В отличие от невидимого диапазона, видимое излучение кажется более безопасным, так как в некоторых случаях позволяет избежать непреднамеренного попадания лазерного луча в глаз. Однако нарушение техники безопасности приводит к тому, что прямое и диффузно отраженное лазерное излучение высоких мощностей может попадать в глаза зрителям, в числе которых могут находиться дети и пожилые люди. В случае с детьми ситуация может усугубляться тем, что часть из них скрывает факт намеренного или случайного попадания прямого луча в глаз

в связи со страхом наказания и/или обращения к врачу. Часть клинических случаев описывает несовершеннолетних пациентов, обратившихся с нарушением зрения к врачу через несколько месяцев после происшествия и признавших в направлении указки в глаз только после прямого вопроса врача.

Особенности оптической системы глаза за счет эффекта фокусировки обуславливают различие в мощности потока энергии лазерного излучения на роговице и сетчатке в 10 раз. Это говорит о том, что измеряемая мощность лазерного излучения может не соответствовать таковой на сетчатке. При этом, несмотря на то что лазерные указки класса 3А и выше запрещены в некоторых странах, они могут быть свободно приобретены в интернете.

Заключение. Полученные данные указывают на то, что портативные лазерные указки и мощные лазерные проекторы могут нанести заметную травму макулы и в отдельных случаях навсегда повредить зрение. Хотя часто отмечалось хорошее восстановление зрения, общедоступность коммерческих лазерных устройств потенциально опасна, особенно для несовершеннолетних. Следует повысить осведомленность общественности о возможной опасности лазерного излучения и о мерах предосторожности.

Список литературы

1. Александров М.Т., Егоркина Н.С., Черкасов А.С. Проблемы реализации основных принципов лазерной медицины в клинической практике // Лазеры и аэроионы в медицине: сб. докл., статей, сообщений и исследований. Калуга—Обнинск, 1997. С. 13—18.
2. Илларионов В.Е. Некоторые биофизические аспекты сочетанного магнитолазерного воздействия на живой организм // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультурной культуры. 1989. № 3. С. 19—21.
3. Елисеев В.И. Механизмы взаимодействия низкоэнергетического лазерного излучения ИК-спектра с биологическими тканями // Лазеры и аэроионы в медицине: сб. докл., статей, сообщений и исследований. Калуга—Обнинск, 1997. С. 71.
4. Козлов В.И. Взаимодействие лазерного излучения с биотканями // Применение низкоинтенсивных лазеров в клинической практике. М.: ГНЦ лазерной медицины, 1997. С. 24—34.
5. Астафьева О.Г., Бриль Г.Е., Петрышева С.Г., Романова Т.П. Изменение сорбции катехоламинов на мембране эритроцитов при воздействии низкоинтенсивного лазерного излучения // Низкоинтенсивные лазеры в эксперименте и клинике. Саратов: Саратовский медицинский институт, 1992. С. 8—10.
6. Бородулина Е.В., Крекун А.В., Ратанова Н.Г. Сравнительные аспекты влияния низкоэнергетического электромагнитного излучения видимого диапазона на элементы крови // Лазерная и магнитная терапия в экспериментальных и клинических исследованиях, тез. докл. Всерос. симпозиум. Обнинск, 1993. С. 180—181.
7. Атаббаров Б.А., Бойко З.Ф. К механизму лечебного действия монохроматического красного света низкой интенсивности // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 1980. № 6. С. 53—54.
8. Зубкова С.М., Крылов О.А. Действие гелий-неонового лазера на окислительные-восстановительные процессы в митохондриях // Вопросы экспериментальной и клинической физиотерапии: тр. ЦНИИ курортологии и физиотерапии. М., 1976. Т. 32. С. 18—19.
9. Корочкин И.М., Облокулов И.У., Федутаев Ю.Н. Эффективность применения инвазивной гелий-неоновой лазеротерапии в комбинации с тренталом у больных с хронической сердечной недостаточностью // Лазерная медицина, 2007. № 11 (2). С. 4—7.
10. Халимов Ю.Ш., Власенко А.Н., Цепкова Г.А., Сосюкин А.Е. Профессиональные заболевания, вызванные воздействием лазерного излучения // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2019. № 2 (66). С. 209—214. doi: 10.17816/brmma25946
11. Шептий О.В., Круглова Л.С., Корчажкина Н.Б., Котенко К.В., Яменсков В.В. Механизмы действия различных лазеров и дифференцированные показания к их применению (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. № 1. С. 156. doi: 10.12737/5812
12. Jacques SL. Role of tissue optics and pulse duration on tissue effects during high-power laser irradiation. *Appl Opt.* 1993;32(13):2447—54. doi: 10.1364/AO.32.002447
13. Shah D, Desai N, Dhanak R. Lasers in facial aesthetics — a review. *Adv Hum Biol.* 2014;4(3):1—6.
14. Желтов Г.И. Нормативы по лазерной безопасности: истоки, уровень, перспективы. Фотоника. 2017. № 1 (61). С. 10—35. doi: 10.22184/1993-7296.2017.61.1.10.35
15. Куликов А.Н., Власенко А.Н., Мальцев Д.С., Коваленко А.В., Коваленко И.Ю. Клинические случаи повреждения глаз излучением лазерных указок // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2019. № 3(67). С. 103—106.
16. Мирошниченко А.Б., Кроз С.Ф. О некоторых изменениях функционального состояния организма при обслуживании оптических квантовых генераторов // Гигиена труда. 1974. № 4. С. 44—45.
17. Омеляненко Л.М., Комарова А.А. Состояние здоровья работающих с твердотельными лазерами // Клиника и вопросы экспертизы трудоспособности при заболеваниях, вызванных воздействием физических факторов [Сборник науч. трудов]. М., 1971. С. 99—103.
18. Бойко Э.В., Шишкин М.М., Березин Ю.Д. Диодный лазер в офтальмологической операционной. СПб.: Воен.-мед. акад. 2000. 30 с.
19. Черепнин А.И., Цыганкова А.И., Сипина Ю.В., Елсаква Н.В. Клинические случаи повреждения сетчатки в быту инфракрасным излучением лазерной указки // Современные технологии в офтальмологии. 2018. № 2. С. 280—282.
20. Комарова А.А., Маркова Т.Ф. Клинико-физиологическая характеристика состояния нервной системы у лиц, обслуживающих оптические квантовые генераторы // Гигиена труда. 1976. № 2. С. 6—12.
21. Малахова Н.Л., Мельникова Н.Д. К вопросу о действии лучей лазера на орган зрения // Использование ОКГ в науке и технике. М., 1969. С. 46—49.
22. Шипулин В.М., Андреев С.Л., Вечерский Ю.Ю. и др. Использование лазеров в сердечно-сосудистой хирургии: от эксперимента к практике. Томск: Издательство «СТТ», 2010. 238 с.
23. Деятков Н.Д., Зубова С.М., Лапун И.В., Макеева Н.С. Физико-химические механизмы биологического действия лазерного излучения // Успехи современной биологии. 1987. Т. 103. С. 31—43.
24. Горбатенкова Е.А., Владимиров Ю.А., Парамонов Н.В., Азизова О.А. Красный свет гелий-неонового лазера реактивирует супероксиддисмутазу // Бюлл. экспер. биол. и мед. 1989. Т. 107. № 3. С. 302—305.
25. Соколовский В.В., Ушкова И.Н., Березин Ю.Д. и др. О стимулирующем эффекте действия излучения гелий-неонового лазера на глаза кролика // Офтальмологический журнал. 1990. № 3. С. 176—178.
26. Малькова Н.Ю., Гребеньков С.В., Чочетова О.А. Использование низкоинтенсивного лазерного излучения в лечении профессиональных заболеваний периферической нервной системы // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59. № 8. С. 479—483. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-8-479-483
27. Малькова Н.Ю., Попов А.В. Использование низкоинтенсивного лазерного излучения для лечения профессионального миофиброза // Экология человека. 2018. № 1. С. 26—30. doi: 10.33396/1728-0869-2018-1-26-30
28. Соколов И.А., Малькова Н.Ю. Зрительное утомление в современных условиях и пути его профилактики // Медицина труда и промышленная экология. 2018. № 5. С. 39—43. doi: 10.31089/1026-9428-2018-5-39-43
29. Ушкова И.Н., Березин Ю.Д., Покровская Л.А. и др. О стимулирующем эффекте действия излучения лазера длиной волны 0,53 мкм на глаза кроликов // Офтальмологический журнал. 1991. № 6. С. 351—352.
30. Ушкова И.Н., Гончарова Л.Л., Покровская Л.А., Малькова Н.Ю., Муратов Е.В. Реакция организма на действие лазерного излучения длиной волны 0,44 мкм // Врачебное дело. 1992. № 9 (1002). С. 71—73.
31. Киричинский Б.Р., Шепелев В.Н., Медведовская Ц.П. О влиянии лазерного излучения на организм работающих // Использование оптических квантовых генераторов в современной технике и медицине: Сборник докл. конф. 31 мая — 3 июня 1971 г. / Под ред. канд. техн. наук Д.П. Лукьянова [и др.]. Л., 1971. С. 108—110.
32. Robertson DM, McLaren JW, Salomao DR, Link TP. Retinopathy from a green laser pointer: a clinicopathologic study. *Arch Ophthalmol.* 2005;123(5):629—633. doi: 10.1001/archophth.123.5.629
33. Boosten K, Van Ginderdeuren R, Spileers W, et al. Laser-induced retinal injury following a recreational laser show:

- two case reports and a clinicopathological study. *Bull Soc Belge Ophtalmol.* 2011;(317):11–16.
34. Mtanes K, Mimouni M, Zayit-Soudry S. Laser pointer-induced maculopathy: More than meets the eye. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus.* 2018;55(5):312–318. doi: 10.3928/01913913-20180405-01
 35. Raoof N, Chan TK, Rogers NK, et al. 'Toy' laser macular burns in children. *Eye (Lond).* 2014;28(2):231–234. doi: 10.1038/eye.2013.315
 36. Raoof N, O'Hagan J, Pawlowska N, Quhill F. 'Toy' laser macular burns in children: 12-month update. *Eye (Lond).* 2016;30(3):492–496. doi: 10.1038/eye.2015.222
 37. Thanos S, Böhm M, Meyer zu Hörste M, Schmidt PF. Retinal damage induced by mirror-reflected light from a laser pointer. *BMJ Case Rep.* 2015;2015:bcr2015210311. doi: 10.1136/bcr-2015-210311
- ### References
1. Aleksandrov MT, Yegorkina NS, Cherkasov AS. [Problems of implementing the basic principles of laser medicine in clinical practice.] In: *Lasers and Air Ions in Medicine: A Collection of Articles, Reports and Studies.* Kaluga-Obninsk, 1997:13–18. (In Russ.)
 2. Illarionov VE. [Some biophysical aspects of the combined magnetic laser effect on a living organism.] *Voprosy Kurortologii, Fizioterapii i Lechebnoy Fizicheskoy Kul'tury.* 1989;(3):19–21. (In Russ.)
 3. Yeliseyenko VI. [Mechanisms of interaction of low-energy laser radiation of the IR spectrum with biological tissues.] In: *Lasers and Air Ions in Medicine: A Collection of Articles, Reports and Studies.* Kaluga-Obninsk, 1997:71. (In Russ.)
 4. Kozlov VI. [Interaction of laser radiation with biological tissues.] In: *Application of Low-Intensity Lasers in Clinical Practice.* Moscow: GNTs Lazernoy Meditsiny Publ., 1997:24–34. (In Russ.)
 5. Astaf'yeva OG, Brill' GE, Petrysheva SG, Romanova TP. [Changes in the sorption of catecholamines on the erythrocyte membrane under the influence of low-intensity laser radiation.] In: *Low-Intensity Lasers in Experiment and Clinic: Collection of Scientific Papers.* Saratov: Saratovskiy Meditsinskiy Institut Publ., 1992:8–10. (In Russ.)
 6. Borodulina EV, Krekturn AV, Ratanova NG. [Comparative aspects of effects of low-energy electromagnetic radiation in the visible range on blood elements.] In: *Laser and Magnetic Therapy in Experimental and Clinical Research: Proceedings of the Russian Symposium.* Obninsk, 1993:180–181. (In Russ.)
 7. Atchabarov BA, Boyko ZF. [On the mechanism of therapeutic action of low-intensity monochromatic red light.] *Voprosy Kurortologii, Fizioterapii i Lechebnoy Fizicheskoy Kul'tury.* 1980;(6):53–54. (In Russ.)
 8. Zubkova SM, Krylov OA. [Effect of a helium-neon laser on redox processes in mitochondria.] In: *Issues of Experimental and Clinical Physiotherapy: Scientific Works of the Central Research Institute of Balneology and Physiotherapy.* Moscow, 1976;32:18–19. (In Russ.)
 9. Korochkin IM, Oblukulov IU, Fedulajev YuN. The efficiency of combination of invasive He-Ne lasertherapy and preparation trental in patients with chronic cardiac insufficiency. *Lazernaya Meditsina.* 2007;11(2):4–7. (In Russ.)
 10. Khalimov YS, Vlasenko AN, Tsepikova GA, Sosukin AE. Occupational diseases caused by exposure to laser radiation. *Vestnik Rossiyskoy Voenno-Meditsinskoy Akademii.* 2019;(2(66)):209–214. (In Russ.) doi: 10.17816/brmma25946
 11. Sheptiy OV, Kruglova LS, Korchazhkina NB, Kotenko KV, Yamenskov VV. Action mechanisms of various lasers and the differentiated indications to their application (review). *Vestnik Novykh Meditsinskikh Tekhnologiy. E-edition.* 2014;(1):156. (In Russ.) doi: 10.12737/5812
 12. Jacques SL. Role of tissue optics and pulse duration on tissue effects during high-power laser irradiation. *Appl Opt.* 1993;32(13):2447–54. doi: 10.1364/AO.32.002447
 13. Shah D, Desai N, Dhanak R. Lasers in facial aesthetics — a review. *Adv Hum Biol.* 2014;4(3):1–6.
 14. Zheltov GI. Standards for laser safety: origins, level, perspectives. *Fotonika.* 2017;(1(61)):10–35. (In Russ.) doi: 10.22184/1993-7296.2017.61.1.10.35
 15. Kulikov AN, Vlasenko AN, Maltsev DS, Kovalenko AV, Kovalenko IYu. Retinal injury from laser pointers: case series. *Vestnik Rossiyskoy Voenno-Meditsinskoy Akademii.* 2019;(3(67)):103–106. (In Russ.)
 16. Miroshnichenko AB, Kroz SF. [On some changes in the functional state of the body during the maintenance of optical quantum generators.] *Gigiena Truda.* 1974;(4):44–45. (In Russ.)
 17. Omel'yanenko LM, Komarova AA. [Health status of workers handling solid-state lasers.] In: *Clinical Picture and Issues of Expert Examination of Ability to Work in Cases of Diseases Induced by Physical Factors: Collection of Scientific Works.* Moscow, 1971: 99–103. (In Russ.)
 18. Boyko EV, Shishkin MM, Berezin YuD. [Diode laser in the ophthalmic operating theater.] St. Petersburg: Voen.-Med. Akad. Publ., 2000. (In Russ.)
 19. Cherepnin AI, Tsygankova AI, Sipina YuV, Elsakova NV. [Clinical cases of retinal damage in the household by infrared radiation from a laser pointer.] *Sovremennye Tekhnologii v Oftal'mologii.* 2018;(2):280–282. (In Russ.)
 20. Komarova AA, Markova TF. [Clinical and physiological characteristics of the nervous system in persons serving optical quantum generators.] *Gigiena Truda.* 1976;(2):6–12. (In Russ.)
 21. Malakhova NL, Mel'nikova ND. [On the effect of laser beams on the organ of vision.] In: *Laser Applications in Science and Technology.* Moscow, 1969:46–49. (In Russ.)
 22. Shipulin VM, Andreyev SL, Vecherskiy YuYu, et al. [Application of lasers in cardiovascular surgery: from experiment to practice.] Tomsk: STT Publ., 2010. (In Russ.)
 23. Devyatkov ND, Zubova SM, Laprun IV, Makeeva NS. Physical and chemical mechanisms of the biological action of laser radiation. *Uspekhi Sovremennoy Biologii.* 1987;103:31–43. (In Russ.)
 24. Gorbatenkova EA, Vladimirov YuA, Paramonov NV, Azizova OA. Red light of a helium-neon laser reactivates superoxide dismutase. *Byulleten' Eksperimental'noy Biologii i Meditsiny.* 1989;107(3):302–305. (In Russ.)
 25. Sokolovskiy VV, Ushkova IN, Berezin YuD, et al. [On the stimulating effect of radiation of a helium-neon laser on rabbit's eyes.] *Oftal'mologicheskii Zhurnal.* 1990;(3):176–178. (In Russ.)
 26. Malkova NYu, Grebenkov SV, Kochetova OA. The use of low-intensity laser radiation in the treatment of occupational diseases of the peripheral nervous system. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2019;59(8):479–483. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-8-479-483
 27. Mal'kova NYu, Popov AV. Use of low-level laser radiation for occupational myofibrosis treatment. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology].* 2018;(1):26–30. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2018-1-26-30
 28. Sokolov IA, Mal'kova NYu. Visual fatigue nowadays and ways of its prevention. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2018;(5):39–43. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2018-5-39-43
 29. Ushkova IN, Berezin YuD, Pokrovskaya LA, et al. [About the stimulating effect of laser irradiation at 0.53 μm wavelength on rabbits' eyes.] *Oftal'mologicheskii Zhurnal.* 1991;(6):351–352. (In Russ.)
 30. Ushkova IN, Goncharova LL, Pokrovskaya LA, Mal'kova NYu, Muratov EV. [Reaction of the body to laser irradiation at 0.44 μm wavelength.] *Vrachebnoe Delo.* 1992;(9(1002)):71–73. (In Russ.)
 31. Kirichinskiy BR, Shepelev VN, Medvedovskaya TsP. [About health effects of laser radiation in workers.] In: *Application of Optical Quantum Generators in Modern Technology and Medicine: Proceedings of the Conference, Leningrad, May 31 – June 3, 1971.* Lukyanov DP, ed. Leningrad, 1971:108–110. (In Russ.)
 32. Robertson DM, McLaren JW, Salomao DR, Link TP. Retinopathy from a green laser pointer: a clinicopathologic study. *Arch Ophthalmol.* 2005;123(5):629–633. doi: 10.1001/archophth.123.5.629
 33. Boosten K, Van Ginderdeuren R, Spileers W, et al. Laser-induced retinal injury following a recreational laser show: two case reports and a clinicopathological study. *Bull Soc Belge Ophtalmol.* 2011;(317):11–16.
 34. Mtanes K, Mimouni M, Zayit-Soudry S. Laser pointer-induced maculopathy: More than meets the eye. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus.* 2018;55(5):312–318. doi: 10.3928/01913913-20180405-01
 35. Raoof N, Chan TK, Rogers NK, et al. 'Toy' laser macular burns in children. *Eye (Lond).* 2014;28(2):231–234. doi: 10.1038/eye.2013.315
 36. Raoof N, O'Hagan J, Pawlowska N, Quhill F. 'Toy' laser macular burns in children: 12-month update. *Eye (Lond).* 2016;30(3):492–496. doi: 10.1038/eye.2015.222
 37. Thanos S, Böhm M, Meyer zu Hörste M, Schmidt PF. Retinal damage induced by mirror-reflected light from a laser pointer. *BMJ Case Rep.* 2015;2015:bcr2015210311. doi: 10.1136/bcr-2015-210311

Разработка методических подходов для организации мониторинга акустического воздействия от автотранспорта на население

В.В. Смирнов

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

Резюме

Введение. Жители современных городов и поселений постоянно подвергаются воздействию шума. В структуре жалоб населения на условия проживания значительная доля приходится на повышенные уровни шума, обусловленные в основном транспортным шумом. Важное значение при проведении мониторинга акустического воздействия на население имеет выбор точек наблюдения. Существующая нормативно-методическая документация регламентирует требования к проведению измерений и оценке акустического воздействия на территорию. Однако в документах отсутствуют единые подходы к определению и выбору приоритетных зон и точек наблюдения шума, к оценке и обоснованию необходимых периодов наблюдений, к оценке результатов, полученных при проведении измерений для оценки риска здоровью населения.

Материалы и методы. Проводились натурные измерения шума на территории жилой застройки с учетом градостроительной планировки селитебной территории в историческом центре (4 группы наблюдения с 12 адресами) и в новых спальных районах города (2 группы наблюдения с 6 адресами). Измерения проводились не менее чем в 3 точках наблюдения шума по каждому адресу, по 3 измерения в каждой точке, с длительностью измерений по 5 минут на высоте $1,5 \pm 0,1$ м от земли. Выбирались точки с наибольшими уровнями шума для организации акустического мониторинга.

Результаты и обсуждение. Сформировано 6 основных групп наблюдения по 18 городским адресам. Результаты исследований показали, что в каждой из групп, с учетом одинаковых критериев и стандартных показателей, регистрируются сравнимые достоверные уровни эквивалентного и максимального звука. Включение в группы наблюдения адресов с одинаковыми и идентичными характеристиками зон наблюдения позволит установить шумовые характеристики без проведения натурных измерений. При наличии других показателей в зонах наблюдения имеется возможность сформировать дополнительные группы наблюдений. Группировка приоритетных зон по адресам расположения в группах наблюдения позволит дать возможность регистрировать значения уровней шума при минимально допустимых объемах исследований.

Заключение. На основании проведенных исследований определены и обоснованы приоритетные зоны, точки, периоды наблюдения и контроля в группах наблюдения. Разработаны методические подходы к контролю и надзору за шумовым воздействием автотранспорта. Применение методических подходов поможет повысить результативность и эффективность проведения мониторинга акустического воздействия на население.

Ключевые слова: риск-ориентированный подход, надзор, мониторинг, шум, автомобильный транспорт.

Для цитирования: Смирнов В.В. Разработка методических подходов для организации мониторинга акустического воздействия от автотранспорта на население // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 9. С. 50–55. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-50-55>

Сведения об авторах:

Смирнов Владимир Васильевич – к.м.н, старший научный сотрудник отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: vvsmirnov00042@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6627-494X>

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

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 08.07.21 / Принята к публикации: 20.08.21 / Опубликовано: 30.09.21

Development of Methodological Approaches to Organizing Monitoring of Road Traffic Noise Exposure of the Population

Vladimir V. Smirnov

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

Summary

Introduction: Residents of modern cities and settlements are constantly exposed to noise. Excessive noise mainly attributed to road traffic ranks high among the complaints of the general population about living conditions. Careful selection of measuring sites plays an important role in monitoring noise exposure of the population. Current regulations and guidelines set the requirements for measuring and evaluating noise levels in a territory but provide no common approach to determining and selecting priority areas and noise measurement points, to establishing and substantiating appropriate observation periods, and to assessing health risks based on the exposure data.

Materials and methods: In situ measurements were taken in residential areas of the historical center (four observation groups with 12 addresses) and new districts of the city (two observation groups with six addresses). Noise levels were measured at three points per address with three 5-minute measurements at a height of 1.5 ± 0.1 m above the ground taken per point. Points with the highest noise exposure levels were selected for organization of acoustic monitoring.

Results and discussion: Six major observation groups were formed at 18 urban addresses. The results of measurement showed that statistically significant comparable levels of equivalent and maximum sound were registered in each group based on the same criteria and standard indicators. Grouping of addresses with similar or identical characteristics of observation zones will enable establishing noise exposures without conducting full-scale measurements. Additional observation groups can be formed in the presence of other indicators. Grouping of priority zones by location in observation groups will help register noise levels with minimal effort.

Conclusions: Priority zones, points, periods of monitoring and surveillance in observation groups were established and justified. The findings served as the basis for elaboration of method approaches to monitoring and surveillance of road traffic noise exposure. Application of these approaches will contribute to increasing the efficiency of monitoring noise exposures of the population.

Keywords: risk-based approach, surveillance, monitoring, noise, road transport.

For citation: Smirnov VV. Development of methodological approaches to organizing monitoring of road traffic noise exposure of the population. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(9):50–55. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-50-55>

Author information:

Vladimir V. Smirnov, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Department of Complex Hygienic Assessment of Physical Factors, Northwest Public Health Research Center; e-mail: vvsmirnov00042@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6627-494X>.

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

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

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

Received: June 8, 2021 / Accepted: August 20, 2021 / Published: September 30, 2021

Введение. В настоящее время проблема шумового загрязнения окружающей среды занимает все более значимое место. Жители современных городов и поселений постоянно подвергаются воздействию шума [1–4]. В основном распространяется шум от источников, носящих техногенный характер. Развитие городской инфраструктуры и интенсификация транспортной нагрузки сохраняют тенденцию к увеличению воздействия шума на здоровье населения [5–7]. Отмечено, что в структуре жалоб населения на условия проживания значительная доля приходится на повышенные уровни шума, обусловленные в основном транспортным шумом [8–10]. Шумы, создаваемые источниками транспортных средств (дорожные, рельсовые, авиационные), при воздействии одинаковых эквивалентных уровней звука оказывают различное воздействие на население [11–13]. Шумовое загрязнение неоднородно во времени и в пространстве, его распространение зависит от множества параметров городской среды. Важное значение при проведении мониторинга акустического воздействия на население имеет выбор точек наблюдения [14–16].

При проведении измерений имеет большое значение выбор источников автотранспортного шума, значения характеристик транспортного потока, период наблюдений за весь период контроля, длительность измерительного интервала в точке наблюдения, вычисления средних значений и эквивалентных уровней звука [17–19]. В результаты измерений должны быть внесены корректирующие поправки и расширенная неопределенность измерений. Инструментальные измерения желательно проводить с применением цифровых интегрирующих шумомеров.

Существующая нормативно-методическая документация регламентирует требования к проведению измерений и оценке акустического воздействия на территорию жилой застройки: ГОСТ Р 53187–2008¹; ГОСТ Р ИСО 1996-1–2019²; ГОСТ 31296.2–2006 (ИСО 1996-2:2007)³; ГОСТ 23337–2014⁴, МУК 4.3.2194–07⁵, МР 2.1.10.0059–12⁶; а также международные нормативные документы («Руководство. Вопросы шума в окружающей среде. ЕС, 2018»; Директива Европейского союза «Об оценке шума в окружающей среде», 2002/49/ЕС; «Европейское руководство по контролю ночного шума, 2014» и другие). Однако в документах отсутствуют единые подходы к определению и выбору приоритетных зон и точек наблюдения шума, к

оценке и обоснованию необходимых периодов наблюдений, к оценке результатов, полученных при проведении измерений с учетом среднестатистических данных для оценки риска здоровью населения [20, 21].

В нормативных документах установлены показатели и правила проведения измерений и мониторинга территорий. В ГОСТ Р 53187–2008 устанавливаются показатели шума для дневного, вечернего и ночного времени суток, а также комбинированный суточный оценочный уровень. При измерениях максимальных уровней звука применяется временная характеристика шумомера F (быстро). Измерения следует проводить не менее чем в трех точках, на расстоянии 2 м от наружных ограждающих конструкций здания на высоте 1,2–1,5 м от земли. В ГОСТ 31296.2–2006 (ИСО 1996-2:2007) применяется как характеристика F (быстро), так и S (медленно). Характеристика F лучше соответствует восприятию шума человеком, а характеристика S в общем случае улучшает воспроизводимость измерений. Микрофон требуется устанавливать в этом стандарте в месте, необходимом для оценки шума, а также в свободном поле, заподлицо со звукоотражающей плоскостью (коррекция –6 дБ) и на расстоянии от 0,5 до 2,0 м перед поверхностью фасада здания (коррекция –3 дБ). Минимальная продолжительность дискретных измерений составляет 5 минут, что обусловлено выполнением критерия для усреднения траекторий распространения звука до точки измерения.

В настоящее время возникла необходимость в разработке и обосновании методических предложений по организации единого риск-ориентированного подхода к проведению мониторинга акустического воздействия на население. Мониторинг в сопряжении с риск-ориентированной моделью надзора может значительно повысить аналитические возможности, результативность и эффективность контроля. Такое развитие мониторинга требует выработки научного подхода к оценке риска здоровью, разработки методических подходов к выбору точек и формированию программ инструментальных исследований.

В области санитарно-эпидемиологического благополучия населения одной из мер государственного регулирования является социально-гигиенический мониторинг. В настоящее время происходит изменение общих совокупных представлений о контрольно-надзорной деятельности и придание

¹ ГОСТ Р 53187–2008 «Акустика. Шумовой мониторинг городских территорий».

² ГОСТ Р ИСО 1996-1–2019 «Акустика. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 1. Основные величины и процедуры оценки».

³ ГОСТ 31296.2–2006 (ИСО 1996-2:2007) «Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 2. Определение уровней звукового давления».

⁴ ГОСТ 23337–2014 «Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий».

⁵ МУК 4.3.2194–07 «Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях».

⁶ МР 2.1.10.0059–12 «Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума».

исследованиям в системе мониторинга статуса мероприятий по контролю без взаимодействия с юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, что стало значимым основанием для совершенствования мониторинга [22, 23].

Цель исследования заключается в разработке и обосновании единых требований к выбору приоритетных зон, точек, периодов наблюдения и контроля за шумовым воздействием автотранспорта для организации мониторинга акустического воздействия на населения.

Материалы и методы исследования. Материалами исследования являлись натурные инструментальные измерения уровней шума от автотранспорта, распространяющиеся на территорию жилой застройки. Применены общенаучные методы и приемы исследований: анализа, синтеза, абстрагирования, обобщения, индукции.

Проводились натурные измерения шума на территории жилой застройки с учетом градостроительной планировки селитебной территории в историческом центре (4 группы наблюдения с 12 адресами) и в новых спальных районах города Санкт-Петербурга (2 группы наблюдения с 6 адресами). Измерения проводились при отсутствии атмосферных осадков и скорости ветра до 2 м/с. Измерения акустического воздействия проводились в теплый период года, в дневное время суток, не менее чем в 3 точках наблюдения шума по каждому адресу. Измерения уровней шума проводились 3 раза в каждой точке. Продолжительность одного измерения составляла не менее 5 минут на высоте $1,5 \pm 0,1$ м от уровня поверхности земли. Регистрировался эквивалентный и максимальный уровень звука от автомобильного транспортного потока. При организации проведения мониторинга выбирались точки наблюдения с наибольшими уровнями шума. Результаты измерений оценивались с учетом расширенной неопределенности измерений. Одновременно с проведением

измерений шума определялась интенсивность, состав и скорость движения автотранспорта при его прохождении в обоих направлениях.

Исследования проводились в соответствии с Руководством по эксплуатации⁷ шумомеров и требованиями нормативных документов на методы измерения. Исследования проводились с использованием шумомеров с цифровой обработкой сигнала моделей ЭКОФИЗИКА-110А и SVAN948. Для проведения калибровки шумомеров применяли калибратор акустический SV30А.

Результаты исследования и их обсуждение. В процессе исследования проводились натурные измерения уровней шума, определение и обоснование выбора приоритетных зон и точек, где регистрируется наибольшее влияние шума на население. Определялся достаточный и минимальный объем исследований шума для обеспечения получения надежных и достоверных результатов. Проводилось формирование предложений по организации мониторинга за источниками акустического воздействия на население. Представлена характеристика критериев при определенной интенсивности движения автотранспорта по одному из адресов центрального района (табл. 1).

При распространении шума на территорию жилой застройки определили и обосновали в каждом конкретном случае набор определенных одинаковых стандартных показателей: характеристика движения автотранспорта (интенсивность, скорость, состав транспортного потока), типа покрытия дорожного полотна, типа застройки жилых зданий.

Сформировали группы наблюдения с определением местонахождения точек измерений в зависимости от величины расстояний до источника автотранспорта (табл. 2).

Определили на территории адреса расположения однотипных зон, выделили приоритетные зоны и периоды наблюдения.

Таблица 1. Характеристика критериев и интенсивность движения транспорта

Table 1. Characteristics of criteria and traffic intensity

№ п/п	Характеристика критериев / Description of criteria	Интенсивность движения, ед./ч. / Traffic intensity, vehicles per hour, 201–1000
	Адрес объекта: ул. Пушкинская / Address of the object: Pushkinskaya Street	
1	Градостроительная застройка (сложившаяся ситуация – исторический центр, новые районы города) / Urban development (current situation: historical center, new districts)	исторический центр / historical center
2	Тип зданий (шумозащитный, кирпичный монолитный и т. п.) / Type of buildings (noise-proof, brick monolithic, etc.)	кирпичный / brick
3	Высотность зданий (малоэтажные < 5 этажей, среднеэтажные 5–8 этажей, многоэтажные > 8 этажей) / The height of buildings (low-rise < 5 floors, medium-rise 5–8 floors, multi-storey > 8 floors)	5
4	Состояние дорожного покрытия (ровное, с рытвинами) / Road surface (smooth, with potholes)	ровное / smooth
5	Количество полос движения проезжей части (2, 3, 4 и больше) / Number of traffic lanes of the roadway (2, 3, 4 and more)	2
6	Расстояние от бровки дорожного полотна до зданий, м / Distance from the edge of the roadway to the buildings, m	5
7	Ширина улиц и дорог (магистральные улицы 40–80 м, улицы местного значения 15–25 м) / Width of streets and roads (main streets 40–80 m, local streets 15–25 m)	15
8	Наличие зеленых насаждений / Presence of green spaces	да / yes
9	Ширина, м / Width, m	3
10	Количество рядов / Number of rows	1
11	Деревья, кустарники (вид) / Trees, shrubs (view)	кустарник / shrub
11	Акустический экран (есть, нет) / Acoustic screen (yes/no)	нет / no

⁷ ПДКУ.411000.001.02РЭ Руководство по эксплуатации «Шумомер-вибромметр, анализатор спектра Экофизика 110А» (Приложение МИ ПКФ-12-006 «Однократные прямые измерения уровней звука, звукового давления и вибрации приборами серий ОКТАВА и ЭКОФИЗИКА. Методика выполнения измерений»).

В районах города точки наблюдения от оси движения автотранспорта подразделялись по следующим группам в зависимости от расстояний — конструкция зданий / ширина тротуара / от оси движения: 2,0 / 4,0 / 3 м; 2,0 / 3,0 / 2,0 м; 2,0 / 2,0 / 1,0 м; 1,5 / 1,5 / 1,0 м; 2,0 / 6,0 / > 9,0 м; 2,0 / > 6,0 / > 9,0 м. Принимались во внимание наиболее неблагоприятные точки наблюдений акустического воздействия в зависимости от расстояния. Стандартные показатели подразделялись по интенсивности движения транспортного потока (до 200 ед/ч, 200–1000 ед/ч, > 1000 ед/ч), по скорости движения (< 40 км/ч, 40–60 км/ч, 60–80 км/ч, > 80 км/ч), по составу потока в % (легковой, грузовой, смешанный), по типу застройки (центр, новые спальные районы, жилые и административные здания, промышленные и административные) и типу дорожного покрытия (брусчатка, асфальт, наличие газона у зданий). Сформировано 6 основных групп наблюдения по 18 городским адресам.

Проведены инструментальные натурные исследования в точках наблюдения на территории жилой застройки по адресам, в соответствии с группами наблюдений (табл. 3).

Результаты измерений показали, что в каждой из исследуемых групп с учетом одинаковых критериев и стандартных показателей регистрируются сравнимые величины уровней эквивалентного и максимального звука. Включение в группы наблюдения адресов с одинаковыми характеристиками зон наблюдения позволит установить шумовые характеристики без проведения натурных измерений. Формирование дополнительных групп наблюдений зависит от наличия и величины различных показателей в зонах наблюдения. Группировка

приоритетных зон по адресам расположения в группах наблюдения сможет обеспечить возможность регистрировать значения уровней шума при минимальных объемах исследований. Работа по применению и организации групп наблюдения в приоритетных зонах наблюдения позволит повысить эффективность и снизить трудозатраты на проведение измерений для целей мониторинга акустического воздействия на население.

Закключение. На основании разработанных методических подходов к контролю и надзору за объектами автотранспорта по определению и обоснованию приоритетных зон, точек, периодов наблюдения и оценки результатов исследований существенно повысится результативность и эффективность проведения риск-ориентированного надзора за воздействием шума на население. Появится возможность вывести из-под планового контроля шумобезопасные объекты и повысить контроль за объектами автотранспорта высокого риска, что поможет оптимизировать использование трудовых, материальных и финансовых ресурсов.

Список литературы

1. Чубирко М.И., Степкин Ю.И., Середенко О.В. Гигиеническая оценка шумового фактора крупного города // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 9. С. 37–38.
2. Стихова А.М., Новикова Т.К., Жмырко Т.Г. Влияние шума транспортных потоков на городскую среду // Вестник государственного морского университета имени адмирала Ф.Ф. Ушакова. 2015. № 3 (12). С. 40–42.
3. Голенков В.А., Васильева В.В. Комплексная оценка воздействия автотранспорта на акустическую среду городских территорий // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы международной научно-практической конференции, Орел, 19–20 мая 2015 года / Под общ. ред. А.Н. Новикова. Орел: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

Таблица 2. Характеристика групп наблюдений по однотипным зонам

Table 2. Characteristics of observation groups by similar zones

Расстояние, здание / тротуар / полоса движения, м / Distance, building / sidewalk / traffic lane, m	№ Зоны / Zone no.	Интенсивность, ед/час / Intensity, vehicles per hour			Скорость потока, км/ч / Flow rate, km/h		Состав транспортного потока, % / Traffic composition, %		
		200	200–1000	> 1000	< 40	40–60	легковой / passenger cars	грузовой / freight transport	другие / other
Группа наблюдения № 1 / Observation Group No. 1									
1,5 / 1,5 / 1,0	1	+			+		> 98	1	1
	2	+			+		> 98	1	1
	3	+			+		> 98	1	1
Группа наблюдения № 2 / Observation Group No. 2									
2,0 / 2,0 / 1,0	1		+		+		> 98	2	1
	2		+		+		> 97	1	1
	3		+		+		> 98	2	1
Группа наблюдения № 3 / Observation Group No. 3									
2,0 / 3,0 / 2,0	1		+		+	+	> 97	2	1
	2		+		+		> 97	2	1
	3		+		+		> 98	1	1
Группа наблюдения № 4 / Observation Group No. 4									
2,0 / 4,0 / 3,0	1		+			+	> 90	5	3
	2		+			+	> 90	5	3
	3		+			+	> 90	5	3
Группа наблюдения № 5 / Observation Group No. 5									
2,0 / 6,0 / → 9,0	1			+		+	> 95	3	2
	2			+		+	> 96	3	1
	3			+	+	+	> 97	2	1
Группа наблюдения № 6 / Observation Group No. 6									
2,0 / > 6,0 / > 9,0	1			+		+	> 97	2	1
	2			+		+	> 97	2	1
	3			+	+	+	> 98	1	1

Таблица 3. Уровни шума в точках наблюдения
Table 3. Noise levels at observation points

№ Группы / Group No.	№ Точки / Point No.	Место измерений / Monitoring site	Эквивалентные уровни звука L_{Aeq} , дБА / Equivalent sound levels L_{Aeq} , dBA	Максимальные уровни звука L_{Max} , дБА / Maximum sound levels L_{Max} , dBA
1	1	ул. Дегтярная / Degtyarnaya Street	72,9	83,5
	2	Свечной пер. / Svechnoy Lane	73,0	80,7
	3	ул. Пушкинская / Pushkinskaya Street	74,3	82,1
	среднее / mean		73,6	82,1
2	1	Свечной пер. / Svechnoy Lane	71,7	80,2
	2	ул. Мясная / Myasnaya Street	72,6	79,8
	3	ул. 8-я, Советская / 8th Sovetskaya Street	73,4	81,6
	среднее / mean		72,6	81,6
3	1	ул. Достоевского / Dostoevsky Street	69,2	81,3
	2	ул. Разъездная / Razyezzhaya Street	70,1	78,9
	3	ул. Колокольная / Kolokolnaya Street	71,5	81,5
	среднее / mean		70,3	81,5
4	1	наб. реки Пряжки / Pryazhka River Embankment	68,1	77,6
	2	ул. Писарева / Pisarev Street	68,8	81,1
	3	Нарвский пр. / Narva Avenue	68,4	79,5
	среднее / mean		68,4	81,1
5	1	ул. Софийская / Sofiyskaya Street	61,2	72,3
	2	ул. Софийская / Sofiyskaya Street	61,4	71,9
	3	Ленинский пр. / Leninsky Avenue	61,8	72,4
	среднее / mean		61,7	72,4
6	1	ул. Бухарестская / Bukharestskaya Street	58,6	71,8
	2	пр. Просвещения / Prosveshcheniya Avenue	58,1	71,6
	3	пр. Испытателей / Ispytateley Avenue	58,9	72,1
	среднее / mean		58,8	72,1

- «Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс», 2015. С. 168–178.
- Дрябжинский О.Е. Негативное воздействие автотранспорта. Проблема шумового загрязнения // Современные тенденции развития науки и технологий. 2015. № 8–4. С. 91–94.
 - Кошурников Д.Н. Динамическая оценка риска для здоровья населения крупного промышленного города в результате шумового воздействия // Защита от повышенного шума и вибрации: Сборник докладов V всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Санкт-Петербург, 18–20 марта 2015 года / под ред. Н.И. Иванова. Санкт-Петербург: Общество с ограниченной ответственностью «Айсинг», 2015. С. 246–255.
 - Васильева В.В. Анализ шумового воздействия транспорта на городскую среду и население // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса: Материалы 2-ой Международной научно-практической конференции, Орел, 02 – 25 апреля – 2012 года. Орел: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс», 2012. С. 118–121.
 - Воложенкова Н.С., Воложенкова Г.С., Абрамова Н.А., Берестова Е.Г. Шумовое воздействие автомобильного транспорта на человека // Инновации в науке и образовании: Материалы международной (заочной) научно-практической конференции. научное (непериодическое) электронное издание. Прага, Чехия, 29 апреля 2016 года / Под общ. ред. А.И. Вострцова. Прага, Чехия: Научно-издательский центр «Мир науки» (ИП Вострцов Александр Ильич), 2016. С. 31–35.
 - Молотков С.А., Кулакова Е.В. Шумовое воздействие транспорта на окружающую среду // Техносферная безопасность в АПК: сборник материалов всероссийской научной конференции. Орел, 26 апреля 2018 года. Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2018. С. 140–146.
 - Кондрашова И.Н., Кондыкова Н.Н., Тяпкина А.П. Влияние транспортных средств на акустическую среду городов // Мир транспорта и технологических машин. 2019. № 2 (65). С. 104–109.
 - Городничев С.С., Левшина К.В., Васильева В.В. Мониторинг состояния акустической среды городской территории // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ – 2019): сборник статей XI Международной научно-технической конференции. Курск, 25 октября 2019 года. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2019. С. 58–62.
 - Горин В.А., Клименко В.В., Акулинина Ю.С. Защита от шума рельсового транспорта в городах // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». 2019. № 2. С. 32–37.
 - Потапова Е.В., Соколова О.Е., Курганская С.В. Шум городов // Современные научные исследования и разработки. 2016. № 7 (7). С. 196–198.
 - Копытенкова О.И., Афанасьева Т.А., Бурнашов Л.Б., Кузнецова Е.Б. Гигиеническая оценка мер снижения сверхнормативного акустического воздействия на жилые территории // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 6. С. 671–676.
 - Ковалев А.О. Анализ шумового воздействия как важный аспект мониторинга качества жизни населения // Вестник современных исследований. 2018. № 7.1 (22). С. 292–293.
 - Парсаев Е.В., Тетерина И.А. Шум городских транспортных потоков: обзор методов измерения // Образование. Транспорт. Инновации. Строительство: сборник научных трудов национальной научно-практической конференции. Омск, 19–20 апреля 2018 года. Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2018. С. 312–315.
 - Петрова Ю.Ю., Соломонова А.Р., Овсянников К.С. Методы акустических измерений и составление карт шума городов // Избранные доклады 61-й университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых, Томск, 23–24 апреля 2015 года. Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2015. С. 600–604.
 - Волкодаева М.В., Ильина Я.А. Об измерении шумового воздействия автотранспортных потоков (на примере Санкт-Петербурга) // Технические науки: современный взгляд на изучение актуальных проблем: сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции, Астрахань, 25 июля 2016 года. Астрахань: Институт инновационных технологий, 2016. С. 110–115.
 - Шерстюченко О.А. Оценка акустического воздействия транспорта и пути снижения шумовой нагрузки // Science, Technology and Life – 2015: Материалы международной научной конференции, Карловы Вары – Москва, 24 –

- 25 декабря 2015 года / Под ред. Л.И. Саввы, А.И. Марасанова, А.В. Подопригора, Т.Г. Гурнович. Киров: Международный центр научно-исследовательских проектов, 2016. С. 176–185.
19. Захаров Ю.И., Захаров В.Ю., Саньков П.Н. Размещение объектов городской застройки с учетом негативного шумового воздействия транспортных источников // Защита населения от повышенного шумового воздействия: Сборник докладов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 22–24 марта 2011 года / Под ред. Н.И. Иванова. Санкт-Петербург: ИННОВА, 2011. С. 455–463.
 20. Зуев А.В., Федотова И.В., Некрасова М.М. Влияние транспортных потоков на акустический режим приагостальной территории // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2017. № 1 (11). С. 11.
 21. Лагутина Н.В., Новиков А.В., Сумарукова О.В. Оценка изменения уровня шума от наземного транспорта г. Москвы // Защита от повышенного шума и вибрации: Сборник докладов VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 19–21 марта 2019 года / Под ред. Н.И. Иванова. СПб.: Общество с ограниченной ответственностью «Институт акустических конструкций», 2019. С. 534–542.
 22. Дробязко Е.Г., Зырянов С.Б. Проблема городского шума // Инновационные технологии в аграрном производстве: Материалы Межрегиональной научно-практической конференции, Екатеринбург, 12–13 марта 2020 года. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2020. С. 194–196.
 23. Батищева О.М., Папшев В.А., Ковалик С.О. Разработка мероприятий по снижению шумового воздействия на участке улично-дорожной сети // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: Межвузовский сборник научных статей (с международным участием). Самара: Самарский государственный технический университет, 2017. С. 155–165.
- ### References
1. Chubirko MI, Stepkin Yul, Seredenko OV. Hygienic assessment of noise factor of the large city. *Gigiena i Sanitariya*. 2015;94(9):37–38. (In Russ.)
 2. Stihova AM, Novicova TK, Jmirko TG. Influence of noise of traffic streams on the city environment. *Vestnik Gosudarstvennogo Morskogo Universiteta Imeni Admirala F.F. Ushakova*. 2015;(3(12)):40–42. (In Russ.)
 3. Golenkov VA, Vasilyeva VV. A comprehensive assessment of the impact of transport on the acoustic environment of urban areas. In: *Information Technologies and Innovations in Transport: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Orel, May 19–20, 2015*. Novikov AN, ed. Orel: State University – Educational, Research and Production Complex Publ., 2015:168–178. (In Russ.)
 4. Dryabzhinsky OE. [Negative effect of motor transport. The problem of noise pollution.] *Sovremennye Tendentsii Razvitiya Nauki i Tekhnologii*. 2015;(8–4):91–94. (In Russ.)
 5. Koshurnikov DN. [Dynamic assessment of health risks for the population of a large industrial city from noise exposure.] In: *Protection against Excessive Noise and Vibration: Proceedings of the Fifth All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, St. Petersburg, March 18–20, 2015*. Ivanov NI, ed. St. Petersburg: Icing LLC Publ., 2015:246–255. (In Russ.)
 6. Vasilyeva VV. Analysis noise impact on the city transport, environment and people. In: *Current Issues of Innovative Development of the Transport Complex: Proceedings of the Second International Scientific and Practical Conference, Orel, April 2–25, 2012*. Orel: State University – Educational, Research and Production Complex Publ., 2012:118–121. (In Russ.)
 7. Voloshenkova NS, Voloshenkova GS, Abramova NA, Berestova EG. [Human health effects of road traffic noise.] In: *Innovations in Science and Education: Proceedings of the International (Correspondence) Scientific and Practical Conference, Prague, Czech Republic, April 29, 2016*. Vostretsov AI, ed. Neftekamsk: Mir Nauki Publ., 2016:31–35. (In Russ.)
 8. Molotkov SA, Kulakova EV. [Effects of road traffic noise on the environment.] In: *Technospheric Safety in the Agro-Industrial Complex: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference, Orel, April 26, 2018*. Orel: Orel State Agricultural University Publ., 2018:140–146. (In Russ.)
 9. Kondrashova IN, Kondykova NN, Tyapkina AP. The effect of vehicles on acoustic city environment. *Mir Transporta i Tekhnologicheskikh Mashin*. 2019;(2(65)):104–109. (In Russ.)
 10. Gorodnichev SS, Levshina KV, Vasileva VV. Monitoring of the acoustic environment of the urban area. In: *Modern Automotive Materials and Technologies (Summit – 2019): Proceedings of the Eleventh International Scientific and Technical Conference, Kursk, October 25, 2019*. Kursk: Southwestern State University Publ., 2019:58–62. (In Russ.)
 11. Gorin VA, Klimenko VV, Akulinina YuS. Noise protection rail transport in the cities for its reduction. *Nauchnye Trudy KubGTU (E-edition)*. 2019;(2):32–37. (In Russ.)
 12. Potapova EV, Sokolova OE, Kurganskaya SV. Noise of cities. *Sovremennye Nauchnye Issledovaniya i Razrabotki*. 2016;(7(7)):196–198. (In Russ.)
 13. Kopytenkova OI, Afanaseva TA, Burnashov LB, Kuznetsova EB. Hygienic assessment of interventions for reducing excessive acoustic impact on residential areas. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(6):671–676. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-671-676
 14. Kovalev AO. [Analysis of noise exposure as an important aspect of monitoring the quality of life of the population.] *Vestnik Sovremennykh Issledovaniy*. 2018;(7.1(22)):292–293. (In Russ.)
 15. Parsaev EV, Teterina IA. Noise of urban traffic flows: an overview of measurement methods. In: *Education. Transport. Innovations. Construction: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference, Omsk, April 19–20, 2018*. Omsk: Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) Publ., 2018:312–315. (In Russ.)
 16. Petrova YuYu, Solomonova AR, Ovsyannikov KS. [Methods of acoustic measurements and compilation of urban noise maps.] In: *Proceedings of the 61st University Scientific and Technical Conference of Students and Young Scientists, Tomsk, April 23–24, 2015*. Tomsk: Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering Publ., 2015:600–604. (In Russ.)
 17. Volkodaeva MV, Ilyina YaA. [On measuring of noise exposure from road traffic flows (on the example of St. Petersburg).] In: *Technical Sciences: A Modern View on the Study of Urgent Problems: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Astrakhan, July 25, 2016*. Astrakhan: Institute for Innovative Technologies Publ., 2016:110–115. (In Russ.)
 18. Sherstyuchenko OA. [Assessment of road traffic noise exposure and ways to reduce the noise burden.] In: *Science, Technology and Life: Proceedings of the International Scientific Conference, Karlovy Vary – Moscow, December 24–25, 2015*. Savva LI, Marasanov AI, Podoprigora AV, Gurnovich TG, eds. Kirov: International Center for Research Projects Publ., 2016:176–185. (In Russ.)
 19. Zakharov YuI, Zakharov VYu, Sankov PN. [Placement of urban development objects with account for adverse health effects of traffic noise exposure.] In: *Protection of Population from Excessive Noise Exposure: Proceedings of the Third All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, St. Petersburg, March 22–24, 2011*. Ivanov NI, ed. St. Petersburg: INNOVA Publ., 2011:455–463. (In Russ.)
 20. Zuev AV, Fedotova IV, Nekrasova MM. Impact of traffic flow upon acoustic regimen in areas near highways. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2017;(1(11)):11. (In Russ.)
 21. Lagutina NV, Novikov AV, Sumarukova OV. Assessment of noise level changes from land transport in Moscow. In: *Protection against Excessive Noise and Vibration: Proceedings of the Seventh All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, St. Petersburg, March 19–21, 2019*. Ivanov NI, ed. St. Petersburg: Institute of Acoustic Structures Publ., 2019:534–542. (In Russ.)
 22. Droblyazko EG, Zyryanov SB. [The problem of urban noise.] In: *Innovative Technologies in Agricultural Production: Proceedings of the Interregional Scientific and Practical Conference, Yekaterinburg, March 12–13, 2020*. Yekaterinburg: Ural State Agricultural University Publ., 2020:194–196. (In Russ.)
 23. Batischeva OM, Papshev VA, Kovalik SO. [Development of measures to reduce noise exposure at a section of the road network.] In: *Actual Problems of the Motor Transport Complex: Interuniversity Collection of Scientific Articles (with international participation)*. Samara: Samara State Technical University Publ., 2017:155–165. (In Russ.)

© Коллектив авторов, 2021

УДК 613.648.2/613.6.02

Электромагнитные поля промышленной частоты электроустановок, размещенных в зданиях*В.Н. Никитина, Н.И. Калинина, Г.Г. Ляшко, 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. Все составляющие системы электроснабжения являются источниками электрических и магнитных полей частотой 50 Гц, которые могут оказывать неблагоприятное влияние на человека. Расчетное прогнозирование уровней магнитных полей от щитовых и трансформаторов, встроенных в здания, представляет определенные трудности. Из этого следует важность натурных измерений уровней электромагнитных полей от встроенного электрооборудования.

Цель исследования: гигиеническая оценка уровней электрических и магнитных полей частотой 50 Гц при эксплуатации электроустановок, встроенных в здания различного назначения: производственные, общественные, жилые. **Материалы и методы.** Осуществлены исследования электрических и магнитных полей частотой 50 Гц, создаваемых электроустановками, размещенными в зданиях. Инструментальное измерение уровней электромагнитных полей проводилось у электрооборудования – трансформаторов, щитов, распределительных устройств. Исследовалась электромагнитная обстановка в помещениях над электрооборудованием. Оценка уровней электромагнитных полей выполнена в соответствии с действующими гигиеническими нормативами.

Результаты. Интенсивность электрических полей у оборудования и в обследованных помещениях была существенно ниже уровней магнитных полей. Превышения ПДУ на рабочих местах при обслуживании источников электромагнитных полей в жилых помещениях не установлено. В помещениях общественных зданий, расположенных над электроустановками, измеренные значения индукции магнитного поля составили от 0,18 до 31 мкТл. Интенсивность магнитных полей зависела от токовой нагрузки и расстояния до источников электромагнитных полей. **Выводы.** Интенсивность электромагнитных полей зависит от технических характеристик оборудования, токовых нагрузок, расстояний от источников электромагнитных полей. Индукция магнитных полей 50 Гц в прилегающих помещениях может превышать гигиенические нормативы, установленные для жилых и общественных зданий. Дополнительными неблагоприятными факторами являются нестабильность магнитных полей, обусловленная изменением токовых нагрузок, и существенные градиенты магнитных полей в помещениях.

Ключевые слова: электромагнитные поля промышленной частоты, электроустановки, измерения, гигиеническая оценка.

Для цитирования: Никитина В.Н., Калинина Н.И., Ляшко Г.Г., Дубровская Е.Н., Плеханов В.П. Электромагнитные поля промышленной частоты электроустановок, размещенных в зданиях // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 9. С. 56–61. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-56-61>

Сведения об авторах:

✉ **Никитина** Валентина Николаевна – д.м.н., заведующая отделением изучения электромагнитных излучений ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; 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 ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: n.kalinina@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9475-0176>.

Ляшко Галина Григорьевна – к.м.н., старший научный сотрудник отделения изучения электромагнитных излучений ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: g.lyashko@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4832-769X>.

Дубровская Екатерина Николаевна – научный сотрудник отделения изучения электромагнитных излучений ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: nikanorushka@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4235-378X>.

Плеханов Владимир Павлович – научный сотрудник отделения изучения электромагнитных излучений ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: wplekhanov@bk.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8141-7179>.

Информация о вкладе авторов: Никитина В.Н. – концепция, дизайн исследования, управление проектом; Дубровская Е.Н. – сбор и обработка материала; Плеханов В.П. – обзор публикаций по теме статьи; Ляшко Г.Г. – анализ полученных данных, написание текста; Калинина Н.И. – написание текста, редактирование материала.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 08.07.21 / Принята к публикации: 20.08.21 / Опубликовано: 30.09.21

Power Frequency Electromagnetic Fields of Electrical Installations in Buildings*Valentina N. Nikitina, Nina I. Kalinina, Galina G. Lyashko,
Ekaterina N. Dubrovskaya, Vladimir P. Plekhanov*Northwest Public Health Research Center, 4 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation**Summary**

Introduction: All components of the power supply system are sources of electric and magnetic fields of industrial frequency of 50 Hz, both posing risks to human health. Estimation of predicted magnetic field levels from switchboards and transformers inside buildings is challenging and implies the importance of full-scale measurements of electromagnetic fields from built-in electrical equipment.

Objectives: To establish the levels of 50 Hz electromagnetic fields during operation of built-in electrical installations in industrial, public, and residential premises.

Materials and methods: We studied 50 Hz electromagnetic fields generated by electrical installations located in buildings. EMF levels were measured near transformers, switchboards, and switchgear. The electromagnetic situation in the rooms above the electrical equipment was investigated. The assessment of EMF levels was carried out in accordance with the current hygienic standards.

Results: The intensity of electric fields near the equipment and in the surveyed premises was significantly lower than that of magnetic fields. The excess of maximum permissible levels at workplaces of operators servicing EMF sources in residen-

tial buildings was not detected. In the rooms of public buildings located above electrical installations, measured values of magnetic field induction ranged from 0.18 to 31 μT . The intensity of magnetic fields depended on the current load and the distance from EMF sources.

Discussion: Electromagnetic field intensity depends on specifications of equipment, current loads, and distances from the sources of electromagnetic fields. Induction of 50 Hz magnetic fields in adjacent rooms may exceed hygienic standards set for residential and public buildings. Additional adverse factors include instability of magnetic fields caused by current load changes and significant magnetic field gradients in premises.

Keywords: electromagnetic fields of industrial frequency, electrical installations, measurements, hygienic assessment.

For citation: Nikitina VN, Kalinina NI, Lyashko GG, Dubrovskaya EN, Plekhanov VP. Power frequency electromagnetic fields of electrical installations in buildings. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;29(9):56–61. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-56-61>

Author information:

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

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

Galina G. Lyashko, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Electromagnetic Radiation Research Department, Northwest Public Health Research Center; e-mail: g.lyashko@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4832-769X>.

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

Vladimir P. Plekhanov, Researcher, Electromagnetic Radiation Research Department, Northwest Public Health Research Center; e-mail: wplekhanov@bk.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8141-7179>.

Author contributions: Nikitina V.N. developed the study conception and design and managed the project; Dubrovskaya E.N. did data collection and processing; Plekhanov V.P. did a literature review; Lyashko G.G. analyzed data and wrote the manuscript; Kalinina N.I. wrote the manuscript and edited the material. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

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

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

Received: June 8, 2021 / Accepted: August 20, 2021 / Published: September 30, 2021

Введение. Распространенными источниками электромагнитных полей (ЭМП) частотой 50 Гц, воздействующих на человека, являются системы электроснабжения – совокупность электроустановок и электрических устройств, предназначенных для производства, передачи и распределения электрической энергии¹. Все составляющие системы электроснабжения являются источниками электрических (ЭП) и магнитных полей (МП) частотой 50 Гц, которые могут оказывать неблагоприятное влияние на человека. Настоящая работа посвящена исследованию ЭМП, создаваемых электроустановками, встроенными в здания. В соответствии с ГОСТ Р 54130–2010² электроустановками называется совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии. В отечественных и зарубежных публикациях представлены многочисленные данные гигиенических и эпидемиологических исследований по изучению влияния на окружающую среду и население ЭМП частотой 50 Гц, создаваемых воздушными линиями электропередачи [1–3]. В статьях приводятся жалобы на головную боль, нарушения сна, снижение работоспособности, частые простудные заболевания, отмечается наличие онкологического риска [4–12]. В работах авторы основное внимание уделяют изучению влияния МП частотой 50 Гц, которые отнесены Международным агентством по исследованию рака (2002 г.) к потенциальным канцерогенам по лейкозам у детей. В странах Евросоюза ведутся эпидемиологические исследования онкологических заболеваний у детей, проживающих вблизи высоковольтных линий [13, 14]. Существенно меньше работ, посвященных изучению пара-

метров и гигиенической оценке ЭМП 50 Гц, создаваемых электроустановками, встроенными в здания различного назначения [15–22]. Здесь можно сослаться на исследования, проведенные в Испании, Финляндии, Нидерландах, Швейцарии, Болгарии, Израиле. Авторы отмечают, что в жилых помещениях, прилегающих к трансформаторным подстанциям, уровни индукции МП составляют 0,16–3,68 мкТл, в отдельных случаях могут достигать 20,0 мкТл [23–26]. Следует отметить, что расчетное прогнозирование уровней МП от щитовых и трансформаторов, встроенных в здания, представляет определенную трудность. На величины излучаемых МП влияет целый ряд внешних факторов, таких как наличие близлежащих металлических конструкций, взаимное расположение проводников и оборудования, конструктивные особенности шинных мостов и сборных шин и т. д. Из электрических параметров существенное значение имеют токовые нагрузки и ряд других. Из этого следует важность натурных измерений уровней ЭМП, создаваемых встроенным электрооборудованием.

Цель работы: гигиеническая оценка уровней ЭП и МП частотой 50 Гц при эксплуатации электроустановок, встроенных в здания различного назначения.

Материалы и методы исследования. В статье обобщены результаты собственных исследований ЭП и МП частотой 50 Гц, создаваемых электроустановками, встроенными в производственные, общественные и жилые здания. Измерение уровней ЭМП проводилось у электрооборудования (трансформаторов, щитов, распределительных устройств) и в прилегающих помещениях. Для инструментальных измерений использованы приборы: измеритель параметров ЭП и МП частотой 50 Гц – ПЗ-50 и милитесламетр ТПУ. Для контроля условий измерений (температуры и влажности воздуха) использовался метеометр

¹ Правила устройства электроустановок. Шестое издание. Дополненное с исправлениями. М.: ЗАО «Энергосервис», 2002. 606 с.

² ГОСТ Р 54130–2010 «Качество электрической энергии. Термины и определения». Доступно по: <https://docs.cntd.ru/document/1200088552> (дата обращения: 01.06.2021).

МЭС-200А. Приборы включены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, имели действующие свидетельства о поверке. Измерения уровней ЭМП выполнялись у электроустановок и в помещениях, расположенных над ними при работе электрооборудования в штатном режиме при рабочей нагрузке, соответствующей времени проведения измерений. В статье представлены результаты с учетом пересчета измеренных значений на максимальный рабочий ток (оценивался возможный вариант неблагоприятного воздействия ЭМП). В таблицах представлены данные с учетом неопределенности измерений. Гигиеническая оценка уровней ЭМП выполнена в соответствии с СанПиН 1.2.3685–21³.

Результаты исследования. Исследования ЭМП выполнялись в двух цехах промышленного предприятия, общественных и жилых зданиях.

Характеристика электромагнитных полей, создаваемых электрооборудованием, в цехах промышленного предприятия. В производственных зданиях оценивались уровни ЭМП промышленной частоты на рабочих местах работников, обслуживающих источники ЭМП, и персонала, работающего в помещениях, расположенных над трансформаторными подстанциями и распределительными устройствами. В трансформаторных подстанциях были установлены три трансформатора мощностью 1000, 800, 750 кВА и два распределительных устройства (РУ-0,4 кВ, РУ-6 кВ), в отдельном помещении – только распределительное устройство РУ-6 кВ. Регистрация ЭМП проводилась у трансформаторов и распределительных устройств при закрытых и открытых панелях секций РУ. Зарегистрированные у оборудования уровни напряженности электрического поля составили

от 0,02 до 0,10 кВ/м и не превышали предельно допустимого уровня (ПДУ) 5 кВ/м, установленного для 8-часового рабочего дня, согласно СанПиН 1.2.3685–21. Уровни индукции МП промышленной частоты представлены в табл. 1.

Следующим этапом исследования было проведение измерений уровней ЭМП в помещениях, расположенных над трансформаторными подстанциями и распределительными устройствами. Измерения ЭМП в этих помещениях проводились на уровне пола. Уровни напряженности электрического поля промышленной частоты составляли от $\leq 0,01$ до 0,02 кВ/м. Уровни индукции МП представлены в табл. 2.

Как следует из табл. 1 и 2, в производственных зданиях уровни индукции МП на рабочих местах составляли от 0,50 до 31,95 мкТл и не превышали ПДУ 100 мкТл, установленного СанПиН 1.2.3685–21 для 8-часового рабочего дня.

Результаты измерения уровней ЭМП от электроустановок, встроенных в общественные здания. Измерения ЭМП выполнены в помещениях театра и учебного заведения. В здании театра измерения уровней МП были проведены в помещении, размещенном над главным распределительным щитом (ГРЩ-2 500). В учебном заведении источником МП был трансформатор мощностью 630 кВА, размещенный в щитовой, над которой на втором этаже находились помещения столовой. Измерения уровней МП выполнялись непосредственно в щитовой и над щитовой выше этажом. Максимальные уровни индукции МП в помещении щитовой у различных секций были от 40,7 до 99,9 мкТл и не превышали ПДУ. Результаты измерений индукции МП в общественных помещениях, расположенных над электрооборудованием, представлены в табл. 3.

Таблица 1. Уровни индукции магнитных полей промышленной частоты на рабочих местах у трансформаторов и распределительных устройств

Table 1. Levels of 50 Hz magnetic field induction at workplaces near transformers and switchgears

Точка измерения / Measuring point	Индукция магнитного поля, В, мкТл / Magnetic field induction, V, μ T	Источник электромагнитных полей / Source of electromagnetic fields
× 1–3	7,38–27,05	Трансформаторы / Transformers
× 4–6	3,38–7,35	РУ-0,4 кВ (при закрытых панелях) / Switchgear – 0,4 kV (closed panels)
× 7–9	6,61–10,72	РУ-0,4 кВ (при открытых панелях) / Switchgear – 0,4 kV (open panels)
× 10–11	9,07–31,95	Шины / Cables
× 12–18	0,66–2,81	РУ-6 кВ / Switchgear – 6 kV

Таблица 2. Уровни индукции магнитного поля промышленной частоты в помещениях над трансформаторными подстанциями и распределительными устройствами в промышленных зданиях

Table 2. Levels of 50 Hz magnetic field induction in rooms above transformer substations and switchgears in industrial buildings

Точка измерения / Measuring point	Индукция магнитного поля, В, мкТл / Magnetic field induction, V, μ T	Источник электромагнитных полей / Source of electromagnetic fields
× 1–5	0,50–0,73	Трансформаторы, РУ-0,4 кВ / Transformers, switchgear – 0,4 kV
× 6–10	0,93–3,28	Трансформаторы, РУ-6 кВ / Transformers, switchgear – 6 kV
× 11–15	0,88–2,01	Трансформаторы, РУ-0,4 кВ / Transformers, switchgear – 0,4 kV
× 16–24	0,77–2,41	Трансформаторы, РУ-6 кВ / Transformers, switchgear – 6 kV
× 25–33	0,62–3,32	РУ-6 кВ / Switchgear – 6 kV

³ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (утверждены Главным государственным врачом Российской Федерации 28 января 2021 г.). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2021. 88 с.

Согласно табл. 3, максимальные уровни индукции МП в помещениях, расположенных над трансформаторами, превышают гигиенический норматив 10 мкТл, установленный СанПиН 1.2.3685–21 для общественных зданий. Уровни напряженности электрических полей в этих помещениях не превышали ПДУ.

Результаты измерения уровней ЭМП промышленной частоты в жилых помещениях. Исследования ЭМП промышленной частоты были проведены в квартирах двух жилых зданий и в комнатах здания общежития. В одном жилом здании источником МП 50 Гц был общедомовой распределительный электрощит на первом этаже, расположенный под жилыми помещениями обследованной квартиры. Во втором здании источником ЭМП были щиты ЩРЭ 1.20, установленные на стенах межквартирных коридоров. Измерения ЭМП частотой 50 Гц были выполнены у щитов, а также в квартирах у стен, на которых размещены щиты. Исследования были проведены также в комнатах общежития, которые располагались над главным распределительным щитом ГРЩ-2 500. Установлено, что уровни напряженности ЭП промышленной частоты составляли от $\leq 0,01$ до 0,05 кВ/м. Уровни индукции МП, зарегистрированные в различных зонах жилых помещений, представлены в табл. 4.

По результатам измерений уровни ЭП и МП, зарегистрированные в жилых помещениях, не превышали установленные гигиенические нормативы.

Анализ результатов измерений показал, что в обследованных зданиях различного назначения при заданном размещении встроенного электрооборудования значения индукции МП могут превышать ПДУ, установленные для жилых и общественных зданий. Интенсивность МП зависит от токовой нагрузки. В разных зонах помещений (точках измерений) уровни индукции МП существенно отличаются, что обусловлено различиями в размещении источников ЭМП.

Выводы

1. Исследование ЭМП промышленной частоты, создаваемых электрооборудованием, встроенным в здания, показало, что напряженность ЭП у оборудования и в обследованных помещениях была существенно ниже интенсивности МП и не превышала ПДУ.

2. Уровни индукции МП зависели от токовой нагрузки и расстояния от источников ЭМП.

3. Нестабильность и существенные градиенты МП в помещениях являются дополнительными неблагоприятными факторами, воздействующими на человека.

Список литературы

1. Bessou J, Deschamps F, Figueroa L, Cougnaud D. Methods used to estimate residential exposure to 50 Hz magnetic fields from overhead power lines in an epidemiological study in France. *J Radiol Prot.* 2013;33(2):349–365. doi: 10.1088/0952-4746/33/2/349
2. Смирнова Е.Э., Катаева Е.С. Использование экологически безопасных источников электроэнергии с целью повышения экологической безопасности градостроительной среды // Безопасность в строительстве: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Санкт-Петербург, 21–22 ноября 2019 года. Изд-во СПбГАСУ, 2019. С. 126–131.
3. Бухтияров И.В., Рубцова Н.Б., Пальцев Ю.П., Походзей Л.В., Перров С.Ю. Новации в проблеме обеспечения электромагнитной безопасности работающих и населения // Человек и электромагнитные поля: сборник докладов V Международной конференции. Саров, 23–27 мая 2016 года. Изд-во РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2017. С. 47–54.
4. Болтаев А.В., Газя Г.В., Хадарцев А.А., Синенко Д.В. Влияние промышленных электромагнитных полей на хаотическую динамику параметров сердечно-сосудистой системы работников нефтяной отрасли // Экология человека. 2017. № 8. С. 3–7. doi: 10.33396/1728-0869-2017-8-3-7
5. Рябов Ю.Г., Андреев Ю.В. Сохранение здоровья и работоспособности персонала современных производственных рабочих мест и населения путем обеспечения комфортных электромагнитных условий в среде обитания человека // Технологии ЭМС. 2002. № 1. С. 3–12.
6. Khan MW, Juutilainen J, Roivainen P. Registry of buildings with transformer stations as a basis for epidemiological studies on health effects of extremely low-frequency magnetic fields. *Bioelectromagnetics.* 2020;41(1):34–40. doi: 10.1002/bem.22228
7. Gajšek P, Ravazzani P, Grellier J, Samaras T, Bakos J, Thuróczy G. Review of studies concerning electromagnetic field (EMF) exposure assessment in Europe: Low frequency fields (50 Hz – 100 kHz). *Int J Environ Res Public Health.* 2016;13(9):875. doi: 10.3390/ijerph13090875
8. Sirav B, Sezgin G, Seyhan N. Extremely low-frequency magnetic fields of transformers and possible biological and health effects. *Electromagn Biol Med.* 2014;33(4):302–306. doi: 10.3109/15368378.2013.834447

Таблица 3. Уровни индукции магнитного поля промышленной частоты в помещениях над главным распределительным щитом и трансформаторами в общественных зданиях

Table 3. Levels of 50 Hz magnetic field induction in rooms above the main switchboard and transformers in public buildings

Точка измерения / Measuring point	Индукция магнитного поля, В, мкТл / Magnetic field induction, V, μT	Источник электромагнитных полей / Source of electromagnetic fields
× 1–5	0,18–0,30	ГРЩ-2500 / Main switchboard-2500
× 6–10	2,20–15,0	Трансформатор 630 кВА / 630 kVA transformers
× 11–15	12,5–31,0	Трансформатор 630 кВА / 630 kVA transformers

Таблица 4. Уровни индукции магнитного поля промышленной частоты в жилых помещениях

Table 4. Levels of 50 Hz magnetic field induction in residential premises

Точка измерения / Measuring point	Индукция магнитного поля, В, мкТл / Magnetic field induction, V, μT	Источник электромагнитных полей / Source of electromagnetic fields
× 1–10	0,40–3,9	Распределительные щиты / Switchboards
× 11–16	0,45–5,0	ЩРЭ 1.20 / Electrical distribution board 1.20
× 17–22	0,43–0,75	ГРЩ-2500 / Main switchboard-2500

9. Valič B, Kos B, Gajšek P. Typical exposure of children to EMF: exposimetry and dosimetry. *Radiat Prot Dosimetry*. 2015;163(1):70–80. doi: 10.1093/rpd/ncu057
10. Pedersen C, Johansen C, Schütz J, Olsen JH, Raaschou-Nielsen O. Residential exposure to extremely low-frequency magnetic fields and risk of childhood leukemia, CNS tumours and lymphoma in Denmark. *Br J Cancer*. 2015;113(9):1370–1374. doi: 10.1038/bjc.2015.365
11. Salvan A, Ranucci A, Lagorio S, Magnani C, SETIL Research Group. Childhood leukemia and 50 Hz magnetic fields: findings from the Italian SETIL case-control study. *Int J Environ Res Public Health*. 2015;12(2):2184–2204. doi: 10.3390/ijerph120202184
12. McColl N, Auvinen A, Kesminiene A, et al. European Code against Cancer 4th Edition: Ionising and non-ionising radiation and cancer. *Cancer Epidemiol*. 2015;39(Suppl 1):S93–100. doi: 10.1016/j.canep.2015.03.016
13. Kheifets L, Ahlbom A, Crespi CM, et al. Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia. *Br J Cancer*. 2010;103(7):1128–1135. doi: 10.1038/sj.bjc.6605838
14. Kheifets L, Oksuzyan S. Exposure assessment and other challenges in non-ionizing radiation studies of childhood leukaemia. *Radiat Prot Dosimetry*. 2008;132(2):139–147. doi: 10.1093/rpd/ncn260
15. Любимова Н.С., Волков А.Б., Мартемьянов В.А. Электромагнитная безопасность зданий // Технические науки — от теории к практике. 2013. № 28. С. 158–169.
16. Каляда Т.В., Плеханов В.П. Актуальность мониторинга магнитных полей промышленной частоты 50 Гц в жилых и общественных зданиях // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 6. С. 597–600. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-597-600
17. Рябов Ю.Г., Ломаев Г.В., Репин А.А. Нормализация безопасных и комфортных условий в помещениях жилых и общественных зданий по факторам электроснабжения // Технологии ЭМС. 2019. № 4 (71). С. 72–83.
18. Розов В.Ю., Кундиус Е.Д., Пелевин Д.Е. Активное экранирование внешнего магнитного поля трансформаторных подстанций, встроенных в жилые дома // Электротехника и электромеханика. 2020. № 3. С. 60–66. doi: 10.20998/2074-272X.2020.3.04
19. Kandel S, Hareuveny R, Yitzhak NM, Rupp R. Magnetic field measurements near stand-alone transformer stations. *Radiat Prot Dosimetry*. 2013;157(4):619–622. doi: 10.1093/rpd/ncr170
20. Çam ST, Firlarer A, Özden S, Canseven AG, Seyhan N. Occupational exposure to magnetic fields from transformer stations and electrical enclosures in Turkey. *Electromagn Biol Med*. 2011;30(2):74–79. doi: 10.3109/15368378.2011.566772
21. Zaryabova V, Shalamanova T, Israel M. Pilot study of extremely low frequency magnetic fields emitted by transformers in dwellings. Social aspects. *Electromagn Biol Med*. 2013;32(2):209–217. doi: 10.3109/15368378.2013.776431
22. Yitzhak NM, Hareuveny R, Kandel S, Rupp R. Time dependence of 50 Hz magnetic fields in apartment buildings with indoor transformer stations. *Radiat Prot Dosimetry*. 2012;149(2):191–195. doi: 10.1093/rpd/ncr226
23. Navarro-Camba EA, Segura-García J, Gomez-Perretta C. Exposure to 50 Hz magnetic fields in homes and areas surrounding urban transformer stations in Silla (Spain): environmental impact assessment. *Sustainability*. 2018;10(8):2641. doi: 10.3390/su10082641
24. Hareuveny R, Kandel S, Yitzhak NM, Kheifets L, Mezei G. Exposure to 50 Hz magnetic fields in apartment buildings with indoor transformer stations in Israel. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2011;21(4):365–371. doi: 10.1038/jes.2010.20
25. Thuróczy G, Jánossy G, Nagy N, Bakos J, Szabó J, Mezei G. Exposure to 50 Hz magnetic field in apartment buildings with built-in transformer stations in Hungary. *Radiat Prot Dosimetry*. 2008;131:469–473.
26. Rössli M, Jenni D, Kheifets L, Mezei G. Extremely low frequency magnetic field measurements in buildings with transformer stations in Switzerland. *Sci Total Environ*. 2011;409:3364–3369.

References

1. Bessou J, Deschamps F, Figueroa L, Cougnaud D. Methods used to estimate residential exposure to 50 Hz magnetic fields from overhead power lines in an epidemiological study in France. *J Radiol Prot*. 2013;33(2):349–365. doi: 10.1088/0952-4746/33/2/349
2. Smirnova EE, Kataeva ES. Using of environmentally safe electricity sources to enhance environmental safety of the urban planning condition. In: *Safety in Construction: Proceedings of the Fourth All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation*, St. Petersburg, November 21–22, 2019. St. Petersburg: SPbGASU Publ., 2019:126–131. (In Russ.)
3. Bukhtiyarov IV, Rubtsova NB, Paltsev YuP, Pokhodzei LV, Perov SYu. [Innovations in the issue of ensuring electromagnetic safety of workers and the population.] In: *Man and Electromagnetic Fields: Proceedings of the Fifth International Conference, Sarov, May 23–27, 2016*. Sarov: RFNC-VNIIEF Publ., 2017:47–54. (In Russ.)
4. Boltaev AV, Gazya GV, Khadartsev AA, Sinenko DV. The electromagnetic fields effect on chaotic dynamics of cardiovascular system parameters of workers of oil and gas industry. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2017;(8):3–7. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2017-8-3-7
5. Ryabov YuG, Andreev YuV. Preservation of the health and working capacity of the personnel of modern industrial workplaces and the population by providing comfortable electromagnetic conditions in the human environment. *Tekhnologii Elektromagnitnoy Sovmestimosti*. 2002;(1):3–12. (In Russ.)
6. Khan MW, Juutilainen J, Roivainen P. Registry of buildings with transformer stations as a basis for epidemiological studies on health effects of extremely low-frequency magnetic fields. *Bioelectromagnetics*. 2020;41(1):34–40. doi: 10.1002/bem.22228
7. Gajšek P, Ravazzani P, Grellier J, Samaras T, Bakos J, Thuróczy G. Review of studies concerning electromagnetic field (EMF) exposure assessment in Europe: Low frequency fields (50 Hz – 100 kHz). *Int J Environ Res Public Health*. 2016;13(9):875. doi: 10.3390/ijerph13090875
8. Sirav B, Sezgin G, Seyhan N. Extremely low-frequency magnetic fields of transformers and possible biological and health effects. *Electromagn Biol Med*. 2014;33(4):302–306. doi: 10.3109/15368378.2013.834447
9. Valič B, Kos B, Gajšek P. Typical exposure of children to EMF: exposimetry and dosimetry. *Radiat Prot Dosimetry*. 2015;163(1):70–80. doi: 10.1093/rpd/ncu057
10. Pedersen C, Johansen C, Schütz J, Olsen JH, Raaschou-Nielsen O. Residential exposure to extremely low-frequency magnetic fields and risk of childhood leukemia, CNS tumours and lymphoma in Denmark. *Br J Cancer*. 2015;113(9):1370–1374. doi: 10.1038/bjc.2015.365
11. Salvan A, Ranucci A, Lagorio S, Magnani C, SETIL Research Group. Childhood leukemia and 50 Hz magnetic fields: findings from the Italian SETIL case-control study. *Int J Environ Res Public Health*. 2015;12(2):2184–2204. doi: 10.3390/ijerph120202184
12. McColl N, Auvinen A, Kesminiene A, et al. European Code against Cancer 4th Edition: Ionising and non-ionising radiation and cancer. *Cancer Epidemiol*. 2015;39(Suppl 1):S93–100. doi: 10.1016/j.canep.2015.03.016

13. Kheifets L, Ahlbom A, Crespi CM, *et al.* Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia. *Br J Cancer*. 2010;103(7):1128–1135. doi: 10.1038/sj.bjc.6605838
14. Kheifets L, Oksuzyan S. Exposure assessment and other challenges in non-ionizing radiation studies of childhood leukaemia. *Radiat Prot Dosimetry*. 2008;132(2):139–147. doi: 10.1093/rpd/ncn260
15. Lyubimova NS, Volkov AB, Martemyanov VA. Electromagnetic safety of buildings. *Tekhnicheskoe – ot Teorii k Praktike*. 2013;(28):158–169. (In Russ.)
16. Kalyada TV, Plekhanov VP. Topicality of monitoring of industrial frequency magnetic fields of 50 Hz in residential and public buildings. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(6):597–600. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-597-600
17. Ryabov YuG, Lomaev HV, Repin AA. Normalization of safe and comfortable conditions in the premises of inhabited and public buildings for electricity factors. *Tekhnologii Elektromagnitnoy Sovmestimosti*. 2019;(4(71)):72–83. (In Russ.)
18. Rozov VYu, Kundius ED, Pelevin DY. Active shielding of external magnetic field of built-in transformer substations. *Electrical Engineering and Electromechanics*. 2020;(3):60–66. (In Russ.) doi: 10.20998/2074-272X.2020.3.04
19. Kandel S, Hareuveny R, Yitzhak NM, Rupp R. Magnetic field measurements near stand-alone transformer stations. *Radiat Prot Dosimetry*. 2013;157(4):619–622. doi: 10.1093/rpd/nct170
20. Çam ST, Fırlar A, Özden S, Canseven AG, Seyhan N. Occupational exposure to magnetic fields from transformer stations and electrical enclosures in Turkey. *Electromagn Biol Med*. 2011;30(2):74–79. doi: 10.3109/15368378.2011.566772
21. Zaryabova V, Shalamanova T, Israel M. Pilot study of extremely low frequency magnetic fields emitted by transformers in dwellings. Social aspects. *Electromagn Biol Med*. 2013;32(2):209–217. doi: 10.3109/15368378.2013.776431
22. Yitzhak NM, Hareuveny R, Kandel S, Rupp R. Time dependence of 50 Hz magnetic fields in apartment buildings with indoor transformer stations. *Radiat Prot Dosimetry*. 2012;149(2):191–195. doi: 10.1093/rpd/ncr226
23. Navarro-Camba EA, Segura-García J, Gomez-Perretta C. Exposure to 50 Hz magnetic fields in homes and areas surrounding urban transformer stations in Silla (Spain): environmental impact assessment. *Sustainability*. 2018;10(8):2641. doi: 10.3390/su10082641
24. Hareuveny R, Kandel S, Yitzhak NM, Kheifets L, Mezei G. Exposure to 50 Hz magnetic fields in apartment buildings with indoor transformer stations in Israel. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2011;21(4):365–371. doi: 10.1038/jes.2010.20
25. Thuróczy G, Jánossy G, Nagy N, Bakos J, Szabó J, Mezei G. Exposure to 50 Hz magnetic field in apartment buildings with built-in transformer stations in Hungary. *Radiat Prot Dosimetry*. 2008;131:469–473.
26. Rösli M, Jenni D, Kheifets L, Mezei G. Extremely low frequency magnetic field measurements in buildings with transformer stations in Switzerland. *Scie Total Environ*. 2011;409:3364–3369.



Определение приоритетных загрязнителей воздушной среды закрытых помещений

О.Л. Маркова, Е.В. Зарицкая, М.Н. Кирьянова, Е.В. Иванова

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

Резюме

Введение. Развитие цифровых технологий привело к тому, что более половины трудоспособного населения работает в помещениях в отсутствие технологического оборудования и производственных источников выделения вредных веществ. Однако длительное пребывание работающих в закрытых помещениях вызывает жалобы на состояние воздушной среды и микроклимат.

Цель исследования. Данная работа была направлена на изучение загрязнителей воздушной среды при моделировании условий пребывания людей в неветилируемом помещении закрытого типа в экспериментальных условиях.

Материалы и методы. Для определения загрязнителей были использованы современные высокоточные аналитические методы: фотоионизационный, лазерная нефелометрия, газозная хемилюминесценция, спектрофотометрия, высокоэффективная жидкостная хроматография с детектором на основе диодной матрицы (ВЭЖХ-ДМ) и газовая хроматография с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС).

Результаты. Изучена динамика поступления окислов азота, проп-2-енитрила, ацетальдегида, бензола, бут-2-енала; взвешенных частиц (PM_{2.5}; PM₁₀), метилбензола, 2-метилбута-1,3-диена, формальдегида, проп-2-ен-1-оля, углерода оксида и диоксида в воздушную среду в зависимости от времени пребывания добровольцев (фон, 1,5; 3,0; 4,5 часа) в помещении площадью 15,9 м² (4,0 м²/человека) с высотой потолка 2,55 м. На основании проведенного исследования определены загрязнители, вносящие приоритетный вклад в формирование воздушной среды помещений в присутствии людей: ацетальдегид, формальдегид, проп-2-ен-1-аль, углерода диоксид. В результате выполненных лабораторных исследований были определены 83 летучих и среднелетучих органических соединения, находящихся в неветилируемом помещении. Основными классами органических веществ, преобладающих в помещении, являются ароматические углеводороды, сложные эфиры, альдегиды.

Заключение. Полученные значения концентраций приоритетных веществ могут быть использованы при проектировании систем вентиляции в помещениях закрытого типа. Результаты данной работы могут быть полезны при разработке мероприятий по режиму труда и отдыха на рабочих местах.

Ключевые слова: воздух закрытых помещений, загрязнители, моделирование качества воздуха, микроклимат помещений.

Для цитирования: Маркова О.Л., Зарицкая Е.В., Кирьянова М.Н., Иванова Е.В. Определение приоритетных загрязнителей воздушной среды закрытых помещений // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 9. С. 62–68. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-62-68>

Сведения об авторах:

✉ **Маркова** Ольга Леонидовна – к.б.н., старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения; e-mail: olleonmar@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4727-7950>.

Зарицкая Екатерина Викторовна – руководитель отдела лабораторных исследований; e-mail: zev-79@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2481-1724>.

Кирьянова Марина Николаевна – к.м.н., старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения; e-mail: mrn@ro.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9037-0301>.

Иванова Елена Викторовна – научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения; e-mail: ventileaciya48@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9461-9979>.

Информация о вкладе авторов: *Маркова О.Л.* – литературный обзор, концепция и дизайн исследования, выбор аналитических методов, первичная обработка и анализ результатов измерений, написание текста; *Зарицкая Е.В.* – концепция и дизайн исследования, выбор аналитических методов, первичная обработка и анализ результатов измерений; *Кирьянова М.Н.* – литературный обзор, сбор и обработка экспериментальных материалов; *Иванова Е.В.* – литературный обзор, написание текста.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 08.07.21 / Принята к публикации: 20.08.21 / Опубликовано: 30.09.21

Identification of Priority Air Pollutants in Confined Spaces

Olga L. Markova, Ekaterina V. Zaritskaya, Marina N. Kir'yanova, Elena V. Ivanova

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

Summary

Introduction: Owing to the rapid development of digital technologies, most people nowadays are working indoors while using no machinery or equipment and being unexposed to volatile industrial chemicals. Yet, people staying inside for too long often complain of poor indoor air quality and microclimate.

Our objective was to study air pollutants in a simulation experiment with continuous human occupancy inside unventilated confined spaces.

Materials and methods: Up-to-date sensitive analytical techniques, such as photoionization, laser nephelometry, gas-phase chemiluminescence, spectrophotometry, high-performance liquid chromatography with diode array detection (HPLC-DAD) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), were used to determine indoor air pollutants.

Results: We compared changes in airborne concentrations of nitrogen oxides, prop-2-enitrile, acetaldehyde, benzene, but-2-enal, airborne particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), methylbenzene, 2-methylbuta-1,3-diene, formaldehyde, prop-2-en-1-ol, carbon oxide and dioxide following 1.5, 3.0, and 4.5 hours of stay of volunteers in a 15.9 m² room (4.0 m² per person; a 2.55 m ceiling height) against background levels. The established human occupancy-related priority pollutants included acetaldehyde, formaldehyde, prop-2-en-1-ol, and carbon dioxide. Laboratory testing showed the presence of 83 volatile and semivolatile organic chemicals in the unventilated room, among which aromatic hydrocarbons, esters and aldehydes prevailed.

Conclusion: Our findings could be useful for designing ventilation systems in confined spaces and optimizing the work-break schedule during the working hours.

Keywords: air quality in confined space, airborne pollutants, simulation experiment, indoor microclimate.

For citation: Markova OL, Zaritskaya EV, Kir'yanova MN, Ivanova EV. Identification of priority air pollutants in confined spaces. *Zdorov'e Nаселeniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(8):62–68. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-62-68>

Author information:

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

Ekaterina V. Zaritskaya, Head of the Department for Laboratory Testing; Northwest Public Health Research Center; e-mail: zev-79@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2481-1724>.

Marina N. Kir'yanova, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Department of Health Risk Analysis, Northwest Public Health Research Center; e-mail: mrn@ro.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9037-0301>.

Elena V. Ivanova, Research Assistant, Department of Health Risk Analysis, Northwest Public Health Research Center; e-mail: ventileaciya48@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9461-9979>.

Author contributions: Markova O.L. and Zaritskaya E.V. developed the study conception and design, selected appropriate analytical methods, processed and analyzed test results; Markova O.L. and Ivanova E.V. did a literature review and wrote the manuscript; Kir'yanova M.N. did a literature review, collected and processed experimental data; all authors reviewed the results, contributed to the discussion, and approved the final version of the manuscript.

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

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

Received: June 8, 2021 / Accepted: August 20, 2021 / Published: September 30, 2021

Введение. Стремительное развитие цифровых технологий привело к тому, что более половины трудоспособного населения работает в помещениях в отсутствие технологического оборудования и производственных источников загрязнения воздуха вредными веществами [1, 2]. Данный вид помещений может быть расположен в производственных и общественных зданиях и варьироваться в различных отраслях от складских, операторских, диспетчерских до офисных и прочих специализированных помещений. Их объединяет совокупность признаков рабочей среды: ограниченное пространство, скученность персонала, недостаточная организация воздухообмена, применение разнообразных полимерных отделочных материалов, влияние климатических условий. Как указывают результаты многих исследований, уровень загрязнения воздуха закрытых помещений в 2–5 раз выше¹, чем наружного атмосферного воздуха [3–7].

Проведенное исследование субъективной оценки влияния профессиональных факторов на самочувствие свидетельствует, что из 1146 опрошенных работников здравоохранения и образования от 42 до 57 % респондентов называют качество воздуха и параметры микроклимата закрытых помещений (кабинеты, аудитории и др.) неудовлетворительными².

Загрязнители в воздухе закрытых помещений подразделяются на две основные группы: внешнего и внутреннего генеза [5]. Из внешней среды в помещения попадают продукты сгорания автомобильного топлива, выбросы предприятий, пыль. Внутренняя среда подвергается влиянию эмиссии загрязняющих веществ из отделочных материалов, моющих средств, а также продуктов метаболизма человека. Согласно Руководству ВОЗ³ и литературным данным, это летучие соединения, относящиеся к различным классам веществ — альдегиды, предельные, непредельные и ароматические углеводороды, фенолы, формальдегид; антропогенные — оксиды азота, углекислый газ, фенолы, ацетон, аммиак и др. [1, 8–10].

Учитывая увеличение количества работающих, занятых при выполнении своих трудовых обязанностей в закрытых помещениях независимо от вида деятельности и отрасли производства,

изучение качества воздушной среды является актуальной задачей.

Цель исследования. Данная работа была направлена на изучение загрязнителей воздушной среды при моделировании условий пребывания людей в помещении закрытого типа в экспериментальных условиях.

Материалы и методы исследования. Для достижения поставленной цели был разработан дизайн исследования, включающий выбор приоритетных загрязняющих веществ, изучение динамики поступления исследуемых соединений в воздушную среду в зависимости от времени пребывания людей в помещении, исследование качественного состава воздуха, в том числе проб «неизвестного состава», регистрация параметров микроклимата и проведение гигиенической оценки полученных данных.

Для проведения эксперимента было выбрано помещение площадью 15,9 м² (4,0 м²/человека) с высотой потолка 2,55 м в здании, расположенном в центральном районе города. Загруженные автомагистрали непосредственно вблизи здания отсутствовали.

Для создания однородности воздушной среды помещение было оборудовано двумя потолочными вентиляторами. При выборе помещения старались минимизировать наличие в отделке синтетических материалов. В отделке помещения использованы традиционные материалы: кафельная плитка, обои, водоэмульсионная краска; установлена стандартная лабораторная мебель (столы, стулья).

Подготовка помещения перед началом эксперимента включала проветривание с использованием вытяжного вентилятора, влажную уборку стен, пола, потолка, мебели с применением раствора вода-этанол в соотношении 8 : 2 без других моющих средств. На время проведения эксперимента все возможные источники воздухообмена в помещении (окна, двери, технологические люки и пр.) были герметизированы, система вентиляции выключена.

Исследования проводились троекратно в аналогичных условиях с участием смешанных групп добровольцев: мужчины, женщины в возрасте от 18 до 45 лет, которые в течение 4,5 часа были заняты умственной работой (чтение, расчеты) в положении сидя. В ходе эксперимента в помещении находились 3 добровольца и 1 сотрудник

¹ Еремин Г.Б., Ломтев А.Ю., Карелин А.О., Мозжухина Н.М., Фролова Н.М., Борисова Д.С. и др. Обеспечение санитарно-эпидемиологической безопасности условий проживания. СПб.: Наука. 2020. 265 с.

² Сорокин Г.А. Работа, утомление и профессиональный риск. Монография. СПб.: Изд. Политехнического университета, 2016. 456 с.

³ Руководство ВОЗ по качеству воздуха в помещении: избранные загрязняющие вещества. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf.

лаборатории, осуществлявший отбор проб воздуха в центре помещения на высоте от 1 до 1,5 м от пола (в «зоне дыхания»), на расстоянии 0,7–1,0 м от испытуемых.

В ходе каждого исследования выполняли отбор проб воздуха: фоновый (до размещения участников), через 1,5, 3 и 4,5 часа нахождения испытуемой группы; пробы воздуха «неизвестного состава» отбирались только в конце каждого эксперимента — через 4,5 часа. Общее количество проб воздуха, отобранных для измерений целевых показателей, составило 60. Для каждой пробы были получены по два параллельных результата, итого — 120 результатов измерений.

Для измерений выбранных загрязнителей были использованы современные высокоточные аналитические методы: фотоионизационный, лазерная нефелометрия, газофазная хемилюминесценция, спектрофотометрия, высокоэффективная жидкостная хроматография с детектором на основе диодной матрицы (ВЭЖХ-ДМ) и газовая хроматография с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС).

Анализ проб воздуха неизвестного состава (всего 6 проб) на весь спектр летучих органических соединений (ЛОС) и среднелетучих органических соединений (СЛОС), отобранных в конце каждого эксперимента (через 4,5 часа от начала эксперимента), проводился с использованием аналитической системы, включающей:

- газовый хроматограф Agilent 7890B с масс-спектрометрическим детектором Agilent 5975C и системой термодесорбции Markes Unity II;
- газовый хроматограф Agilent 7890B с масс-спектрометрическим детектором Agilent 5977B;
- жидкостный хроматограф Agilent 1200 с детектором на основе диодной матрицы.

Санитарно-гигиенические исследования воздуха помещения выполнены Химико-аналитическим центром «Арбитраж» ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», номер аттестата аккредитации РОСС

RU.0001.510650, измерения параметров микроклимата выполнены Испытательным лабораторным центром ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», аттестат аккредитации РОСС RU.0001.511172.

Инструментальные исследования параметров микроклимата (температура, относительная влажность, скорость движения воздуха) в помещении проведены в течение всего периода эксперимента четырехкратно: фоновые, через 1,5; 3; 4,5 часа с использованием метеометра МЭС-200А в соответствии с ГОСТ 30494–2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

Для обработки результатов лабораторного анализа проб использовали программу IBM SPSS Statistics, v. 22. Рассчитывался непараметрический критерий Фридмана (модификация критерия хи-квадрат для трех и более связанных выборок), а также определяли медиану (50-й процентиль) и межквартильный диапазон (25–75-й процентили). После проведения статистической обработки результатов были выбраны максимальные концентрации по каждому веществу (медиана 50 % процентили).

Результаты исследования. На основании полученных данных была прослежена динамика изменения качества воздуха в закрытом помещении в условиях эксперимента. Результаты определения ряда соединений, представляющих интерес в рамках данного исследования, приведены в табл. 1.

Отмечается превышение гигиенических нормативов для ацетальдегида в 1,8 раза при пребывании добровольцев в закрытом помещении в течение 4,5 часа. Содержание формальдегида и проп-2-ен-1-аля также нарастало в течение каждого часа и достигло максимальных значений в конце эксперимента — 0,9 и 0,8 ПДК соответственно. Концентрации углерода оксида и 2-метилбута-1,3-диена постепенно повышались и в конце

Таблица 1. Изменения концентраций вредных веществ в непроветриваемом помещении в зависимости от времени пребывания людей

Table 1. Changes in concentrations of airborne pollutants in the unventilated room depending on duration of human occupancy

Определяемые химические вещества / Analytes	CAS	ПДК, мг/м ³ / MAC, mg/m ³	Концентрация вредных веществ, мг/м ³ / Airborne concentration, mg/m ³				С/ПДК* / C/MAC*
			фон помещения / Background	1,5 часа / hrs	3,0 часа / hrs	4,5 часа / hrs	
Азот (II) оксид / Nitrogen (II) oxide	10102-43-9	0,4	0,037	0,041	0,042	0,042	0,11
Азота диоксид / Nitrogen dioxide	10102-44-0	0,2	0,022	0,020	0,021	0,021	0,11
Проп-2-еннитрил / Prop-2-enenitrile	107-13-1	0,005	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,12
Ацетальдегид / Aldehyde	75-07-0	0,01	0,0080	0,014	0,017	0,018	1,8
Бензол / Benzene	71-43-2	0,3	0,0012	0,0021	0,011	0,009	0,03
1,3 Бутадиен / 1,3 Butadiene	106-99-0	3	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001
Бут-2-еналь (Е) / But-2-enal (E)	123-73-9	0,025	0,0013	0,0013	0,013	0,0013	0,05
Взвешенные частицы / PM 2,5	—	0,16	0,034	0,048	0,044	0,053	0,33
Взвешенные частицы / PM 10	—	0,3	0,048	0,042	0,047	0,050	0,17
Метилбензол / Methylbenzene	108-88-3	0,6	0,0034	0,0053	0,0054	0,0052	0,009
2-Метилбута-1,3-диен / 2-Methylbuta-1,3-diene	78-79-5	0,5	0,0065	0,023	0,038	0,051	0,1
Формальдегид / Formaldehyde	50-00-0	0,05	0,024	0,035	0,038	0,044	0,88
Проп-2-ен-1-аль / Prop-2-en-1-al	107-02-8	0,03	0,007	0,014	0,019	0,023	0,77
Углерод оксид / Carbon oxide	630-08-0	5	0,4	0,7	0,9	1,2	0,24
Углерод диоксид / Carbon dioxide	124-38-9	**	792 см ³ /м ³	1703 см ³ /м ³	3650 см ³ /м ³	5180 см ³ /м ³	—

Примечание: * С/ПДК — отношение концентрации определяемого компонента к значению ПДК; ** — оценка помещения в зависимости от содержания углерода диоксида приводится в соответствии с ГОСТ 30494–2011.

Note: * C/MAC, ratio of concentration to MAC value of the chemical; ** room assessment by carbon dioxide concentration according to GOST 30494–2011.

эксперимента были соответственно в 4 и 8 раз выше фоновых значений. Концентрации азота оксида, метилбензола выросли по сравнению с фоном в среднем на 14–50 % через 1,5 часа и не менялись в течение 4,5 часа. Содержание взвешенных частиц PM_{2,5} через 1,5 часа пребывания добровольцев превысило фоновое значение в 1,6 раза и сохранялось на данном уровне в течение эксперимента.

Содержание углерода диоксида превысило в 6,5 раза фоновые значения и составило 5180 см³/м³. Следует отметить, что в соответствии с ГОСТ 30494–2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» качество воздуха в исследуемом помещении по критерию содержания углерода диоксида можно отнести к наиболее неблагоприятному 4-му классу (1000 см³/м³ и более – низкое). Содержание остальных контролируемых показателей оставалось на уровне фоновых концентраций.

На следующем этапе эксперимента был выполнен анализ пробы «неизвестного состава» летучих и среднелетучих органических соединений с целью определения качественного и количественного состава воздуха в помещении. Было идентифицировано и измерено 68 химических соединений. В табл. 2 представлены результаты определения органических соединений, характеризующих воздух неветилируемого помещения, и их оценка относительно установленных нормативов.

Полученные данные подтверждают наличие органических соединений, относящихся к различным классам – предельные и непредельные, ароматические углеводороды, альдегиды, кетоны сложные эфиры органических кислот, однако концентрации данных веществ определялись на порядок ниже установленных гигиенических нормативов. Среди измеренных веществ концентрации 33 загрязнителей оказались ниже предела определения методик:

- предельные и непредельные углеводороды: 2-метилбутен-1, изомер гексана, 3-метилпентан, гексен-1, метилпентен (сумма изомеров), 2,3-бутандион, 2-метилпентадиен-1,3, гексадиен (изомер), гексадиен циклический (изомер), гептен-1, гептен изомер, тридецен-1;
- циклоалканы: 2-циклогексан-1-1(карвон), метил-циклогексадиен, 2-метилциклопентен;
- спирты: циклопентанол, фурфуроловый спирт;
- сложные эфиры: 2-этилфуран, 2,5-диметилфуран;
- кетоны: пентанон-2, циклопентанон, циклопентен-2-он-1, гептанон, ацетофенон;
- гетероциклические соединения: метилпиридин, 3-метилпиридин, 3-винилпиридин, 2,6-диметилпиразин, N-метилпиррол;
- ароматические соединения: винилбензол;
- хлорорганические соединения: тетра-хлорэтилен.

Температура воздуха в помещении повышалась от 21,2–24,8 °C в начале измерений до 25,2–27,4 °C в конце. За период наблюдений температура воздуха увеличивалась в разные дни на 1,9–3,8 °C,

при этом рост относительной влажности воздуха составил: 4–6 %. Повышение температуры – в среднем на 2,7 °C и относительной влажности воздуха – в среднем на 5,3 %, очевидно, преимущественно связано с тепло-влажновыделениями присутствующих в помещении людей.

Обсуждение. Исследования качества воздуха проведены в помещении при отсутствии оргтехники, полимерных отделочных материалов, естественной и искусственной вентиляции, что способствовало концентрированию загрязнителей и выявлению закономерностей изменения контролируемых показателей.

Анализ полученных данных показывает, что содержание загрязнителей в воздухе помещений характеризуется широким перечнем химических соединений. При динамических исследованиях были выявлены загрязнители, в основном относящиеся к продуктам метаболизма человека – оксиды азота, углерод оксид, углерод диоксид альдегиды, метилбензол, 2-метилбута-1,3-диен, причем ведущая роль принадлежит альдегидам и диоксиду углерода, что также подтверждает результаты авторов⁴, указывающих на диоксид углерода как основной поллютант офисных помещений [11–15].

Суммарная концентрация ацетальдегида, формальдегида, проп-2-ен-1-аля составила 3,45 ПДК. Содержание альдегидов в помещениях, как правило, рассматривается на примере формальдегида, в основном как индикатора качества используемых строительных материалов [8, 16–19]. Полученные результаты показывают, что при пребывании человека в непроветриваемом помещении повышается содержание формальдегида и ацетальдегида, проп-2-ен-1-аля в помещении.

Среди летучих и среднелетучих органических соединений, присутствующих в помещении, в список определяемых веществ были включены компоненты средств личной гигиены (шампунь, гель для душа, кондиционер, жидкой основы увлажняющего крема) – монотерпены, сгруппированные как 1-метил-4-изопропенил-циклогексен-1 (лимонен), смесь углеводородов на основе бутана, углеводороды, растворители [20–22].

Кроме того, многие ЛОС, используемые в потребительских товарах, имеют высокую молекулярную массу и при окислении могут преобразовываться в целый ряд соединений [23, 24]. На основании проведенных лабораторных исследований установлено, что основными классами органических веществ, преобладающими в помещении, являются ароматические углеводороды, сложные эфиры, альдегиды.

Заключение. В результате выполненных лабораторных исследований были определены 83 химических вещества, находящихся в непроветриваемом помещении. Приоритетный вклад в формирование воздушной среды помещений в присутствии людей вносят: ацетальдегид, формальдегид, проп-2-ен-1-аль, углерода диоксид.

Значения концентраций приоритетных веществ могут быть использованы при расчете в проектировании вентиляции в помещениях закрытого

⁴ Moriske H-J, Szewzyk R. Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden. Umweltbundesamt Innenraumluftthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes. 2008.

Grun G, Urlaub S. Impact of the indoor environment on learning in schools in Europe. Study Report Titel. Fraunhofer Institut Tur Bauphysik, IBP.-Stuttgart, 10.12.2015.

Mensch-Umwelt-Gesundheit, Bericht CO₂: <http://raumluft.Linux47.webhome.at/natuerliche-mechanische-lueftung/co2-als-lueftungsindikator/-P.2>.

Таблица 2. Результаты измерений ЛОС и СЛОС в воздухе модельного помещения

Table 2. Results of measuring indoor concentrations of volatile and semivolatile organic compounds in the simulation experiment

Определяемые химические вещества / Analytes	CAS	ПДКм.р., мг/м ³ / MACm.s., mg/m ³ **	Концентрация, мг/м ³ / Concentration, mg/m ³	С/ПДК* / С/MAC*
Алифатические углеводороды / Aliphatic hydrocarbons				
Гексан / Hexane	110-54-3	60	0,0003	0,00001
Гептан / Heptane	142-82-5	50	0,00067	0,00004
Октан / Octane	111-65-9	Смесь предельных углеводородов C ₆ H ₁₄ – C ₁₀ H ₂₂ / A mixture of saturated hydrocarbons C ₆ H ₁₄ – C ₁₀ H ₂₂	0,001	
Нонан / Nonane	111-84-2		0,00033	
Ундекан / Undecane	1120-01-4	–	0,0033	
Додекан / Dodecane	112-40-3	–	0,0047	
Тридекан / Tridecane	629-50-5	–	0,004	
Пентадекан / Pentadecane	629-62-9	–	0,0017	
Гексадекан / Hexadecane	544-76-3	–	0,00067	
Непредельные углеводороды / Unsaturated hydrocarbons				
2-Метилпроп-1-ен / 2-Methylprop-1-ene	115-11-7	10	0,0015	0,0002
Ароматические углеводороды / Aromatic hydrocarbons				
Этилбензол / Ethylbenzene	100-41-4	0,02	0,008	0,4
1,3 Диметилбензол / 1,3-Dimethylbenzene	1330-20-7	0,25	0,024	0,096
1,2 Диметилбензол / 1,2-Dimethylbenzene	95-47-6	0,3	0,012	0,04
С3-замещенные бензолы (суммарно) / C3-substituted benzenes (total)		–	0,011	
С4-замещенные бензолы (суммарно) / C4-substituted benzenes (total)		–	0,0063	
Гидроксibenзол / Hydroxybenzene	108-95-2	0,01	0,002	0,2
1,2,4,5-Тетраметилбензол / 1,2,4,5-Tetramethylbenzene	95-93-2	0,025	0,009	0,36
Сложные эфиры / Esters				
Этилбутират / Ethyl butyrate	105-54-4	0,05 ОБУВ / ISEL ¹	0,001	0,02
Бутилацетат / Butyl acetate	123-86-4	0,1	0,015	0,15
1-Метил-4-изопропенил-циклогексен-1 / 1-Methyl-4-isopropenyl-cyclohexene-1	138-86-3	0,08	0,022	0,28
3-Гидрокси-2,2,4-триметилпентиловый эфир изомасляной кислоты / 3-Hydroxy-2,2,4-trimethylpentyl ester of isobutyric acid	25265-77-4	–	0,0027	
2-Феноксизтанол / 2-Phenoxyethanol	122-99-6	0,05 ОБУВ / ISEL	0,00033	0,007
Альдегиды / Aldehydes				
Гексаналь / Hexanal	66-25-1	0,02	0,0027	0,135
Бензальдегид / Benzaldehyde	100-52-7	0,04	0,004	0,1
Деканаль / Decanal	112-31-2	0,02	0,001	0,05
Спирты / Spirits				
2-Этилгексанол / 2-Ethylhexanol	104-76-7	0,15	0,014	0,09
Органические кислоты / Organic acids				
Уксусная кислота / Acetic acid	64-19-7	0,2	0,002	0,01
Пиридин-4-карбоксигидразид / Pyridine-4-carboxyhydrazide	54-85-3	0,05	0,00067	0,013
Кетоны / Ketones				
Пропан-2-он / Propan-2-on	67-64-1	0,35	0,002	0,0057
Другие классы органических веществ / Other organic chemicals				
Ацетонитрил / Acetonitrile	75-05-8	0,1 ОБУВ / ISEL	0,003	0,03
Дихлорметан / Dichloromethane	75-09-2	8,8	0,001	0,0001
Пиридин / Pyridine	110-86-1	0,08	0,0037	0,046
Бензилкарбонил / Benzyl carbonyl	100-51-6	0,16	0,002	0,013
[1R-]-5-Метил-2-(1-метилэтил) циклогексанол / [1R-]-5-methyl-2-(1-methylethyl)cyclohexanol	89-78-1	0,03 ОБУВ / ISEL	0,001	0,03
2-Метилнафталин (сумма) / 2-Methylnaphthalene (total)	90-12-0	0,02 ОБУВ / ISEL	0,00033	0,17

Примечание: * С/ПДК – отношение концентрации определяемого компонента к значению ПДК.

Note: * С/MAC, ratio of concentration to MAC value of the chemical; ** m.s., max single; ¹ ISEL, indicative safe exposure level.

типа, предназначенных для длительного пребывания людей.

Целесообразно обратить внимание на результаты данной работы при разработке мероприятий по режиму труда и отдыха на рабочих местах.

Список литературы

1. Дударев А.Я., Сорокин Г.А. Актуальные проблемы гигиены труда и профессиональной патологии офисных работников // Медицина труда и промышленная экология. 2012. № 4. С. 1–8.
2. Кирьянова М.Н., Маркова О.Л., Иванова Е.В. Актуальные вопросы качества воздушной среды офисных помещений. Профилактическая медицина – 2017: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 06–07 декабря 2017 года. Санкт-Петербург: Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, 2017. С. 9–14.
3. Крийт В.Е., Сладкова Ю.Н., Бадаева Е.А., Смирнов В.В., Зарицкая Е.В. К вопросу о гигиенических требованиях к качеству воздуха закрытых помещений на объектах жилищного строительства на стадии ввода в эксплуатацию // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 6. С. 608–612. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-608-612
4. Зарицкая Е.В., Сладкова Ю.Н., Смирнов В.В. Воздух помещений: актуальные проблемы, влияние на здоровье, меры профилактики // Санитарный врач. 2018. № 4. С. 49–54.
5. Иванова Е.В., Маркова О.Л., Кирьянова М.Н. Особенности формирования воздушной среды в современных жилых зданиях // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 10 (319). С. 50–53. doi: 10.35627/2219-5238/2019-319-10-50-53
6. Малышева А.Г. Летучие органические соединения в воздушной среде жилых и общественных зданий // Гигиена и санитария. 1999. № 1. С. 43–46.
7. Лебедева Н.В., Фурман В.А., Кислицин В.А. и др. Влияние строительного-отделочных материалов и новой мебели на возникновение респираторных заболеваний у детей // Гигиена и санитария. 2004. № 4. С. 49.
8. Tang X, Misztal PK, Nazaroff WW, Goldstein AH. Volatile organic compound emissions from humans indoors. *Environ Sci Technol*. 2016;50(23):12686–12694. doi: 10.1021/acs.est.6b04415
9. Rossignol S, Rio C, Ustache A, et al. The use of a housecleaning product in an indoor environment leading to oxygenated polar compounds and SOA formation: Gas and particulate phase chemical characterization. *Atmos Environ*. 2013;75:196–205. doi: 10.1016/j.atmosenv.2013.03.045
10. Liu Y, Misztal PK, Xiong J, et al. Characterizing sources and emissions of volatile organic compounds in a northern California residence using space- and time-resolved measurements. *Indoor Air*. 2019;29(4):630–644. doi: 10.1111/ina.12562
11. Квашнин И.М., Гурин И.И. К вопросу о нормировании воздухообмена по содержанию CO₂ в наружном и внутреннем воздухе // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2008. № 5. С. 34–39.
12. Наумов А.Л., Капко Д.В. CO₂: Критерий эффективности систем вентиляции // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2015. № 1. С. 12–21.
13. Мониторинг CO₂ и качество воздуха в помещениях // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2021. № 4. С. 66–71.
14. Laverge J, Delghust M, Janssens A. Carbon dioxide concentrations and humidity levels measured in Belgian standard and low energy dwellings with common ventilation strategies. *Int J Vent*. 2015;14(2):165–180. doi: 10.1080/14733315.2015.11684078
15. Губернский Ю.Д., Калинина Н.В., Гапонова Е.Б., Банин И.М. Обоснование допустимого уровня содержания диоксида углерода в воздухе жилых и общественных зданий // Гигиена и санитария. 2014. Т. 94. № 6. С. 37–41.
16. Lefebvre MA, Meuling WJA, Engel R, et al. Consumer inhalation exposure to formaldehyde from the use of personal care products/cosmetics. *Regul Toxicol Pharmacol*. 2012;63(1):171–176. doi: 10.1016/j.yrtph.2012.02.011
17. Губернский Ю.Д., Калинина Н.В. Гигиеническая характеристика химических факторов риска в условиях жилой среды // Гигиена и санитария. 2001. Т. 94. № 1. С. 21–24.
18. Никифорова Н.В., Кокоулина А.А., Загородной С.Ю. Оценка загрязненности воздуха жилых помещений формальдегидом в условиях применения полимерсодержащих строительных и отделочных материалов // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 1. С. 28–32.
19. Никифорова Н.В., Май И.В. К проблеме нормирования миграции формальдегида из полимерсодержащих строительных, отделочных материалов и мебели // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 1. С. 43–49.
20. Yeoman AM, Shaw M, Carslaw N, Murrells T, Passant N, Lewis AC. Simplified speciation and atmospheric volatile organic compound emission rates from non-aerosol personal care products. *Indoor Air*. 2020;30(3):459–472. doi: 10.1111/ina.12652
21. Sarwar G, Olson DA, Corsi RL, Weschler CJ. Indoor fine particles: the role of terpene emissions from consumer products. *J Air Waste Manag Assoc*. 2004;54(3):367–377. doi: 10.1080/10473289.2004.10470910
22. Singer BC, Destailats H, Hodgson AT, Nazaroff WW. Cleaning products and air fresheners: emissions and resulting concentrations of glycol ethers and terpenoids. *Indoor Air*. 2006;16(3):179–191. doi: 10.1111/j.1600-0668.2005.00414.x
23. Lejbovich LI. Purification of internal air of buildings from organic products of human metabolism. *Modern Engineering and Innovative Technologies*. 2019;1(07-01):4–7. (In Russ.) doi: 10.30890/2567-5273.2019-07-01-001
24. Steinemann AC. Fragranced consumer products and undisclosed ingredients. *Environ Impact Assess Rev*. 2009;29(1):32–38. doi: 10.1016/j.eiar.2008.05.002

References

1. Dudarev AA, Sorokin GA. Pressing problems of labor hygiene and occupational pathology among office workers. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2012;(4):1–8. (In Russ.)
2. Kir'yanova MN, Markova OL, Ivanova EV. [Urgent problems of air quality in office rooms.] In: *Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation "Preventive Medicine–2017", St. Petersburg, December 6–7, 2017*. St. Petersburg: I.I. Mechnikov Northwestern State Medical University Publ., 2017:9–14. (In Russ.)
3. Kriyt VE, Sladkova YuN, Badaeva EA, Smirnov VV, Zaritskaya EV. On the issue of hygienic requirements for air quality of enclosed spaces at housing construction projects at the stage of commissioning. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(6):608–612. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-608-612
4. Zaritskaya EV, Sladkova YuN, Smirnov VV. Indoor air: actual problems, health effects, preventive measures. *Sanitarnyy Vrach*. 2018;(4):49–54. (In Russ.)
5. Ivanova EV, Markova OL, Kir'yanova MN. Peculiarities of air environment formation in modern residential buildings. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2019;(10(319)):50–53. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-319-10-50-53

6. Malysheva AG. [Volatile organic compounds in indoor air of residential and public buildings.] *Gigiena i Sanitariya*. 1999;(1):43–46. (In Russ.)
7. Lebedeva NV, Furman VD, Kislitsin VA, *et al*. Impact of building and finishing materials and new furniture on the occurrence of respiratory diseases in children. *Gigiena i Sanitariya*. 2004;(4):49. (In Russ.)
8. Tang X, Misztal PK, Nazaroff WW, Goldstein AH. Volatile organic compound emissions from humans indoors. *Environ Sci Technol*. 2016;50(23):12686–12694. doi: 10.1021/acs.est.6b04415
9. Rossignol S, Rio C, Ustache A, *et al*. The use of a housecleaning product in an indoor environment leading to oxygenated polar compounds and SOA formation: Gas and particulate phase chemical characterization. *Atmos Environ*. 2013;75:196–205. doi: 10.1016/j.atmosenv.2013.03.045
10. Liu Y, Misztal PK, Xiong J, *et al*. Characterizing sources and emissions of volatile organic compounds in a northern California residence using space- and time-resolved measurements. *Indoor Air*. 2019;29(4):630–644. doi: 10.1111/ina.12562
11. Kvashnin IM, Gurin II. [On the issue of air exchange regulation as regards CO₂ concentration in outdoor and indoor air.] *AVOK: Ventilyatsiya, Otoplenie, Konditsionirovanie Vozdukha, Teplosnabzhenie i Stroitel'naya Teplofizika*. 2008;(5):34–39. (In Russ.)
12. Naumov AL, Kapko DV. [CO₂: Ventilation system efficiency criterion.] *AVOK: Ventilyatsiya, Otoplenie, Konditsionirovanie Vozdukha, Teplosnabzhenie i Stroitel'naya Teplofizika*. 2015;(1):12–21. (In Russ.)
13. [CO₂ monitoring and indoor air quality.] *AVOK: Ventilyatsiya, Otoplenie, Konditsionirovanie Vozdukha, Teplosnabzhenie i Stroitel'naya Teplofizika*. 2021;(4):66–71. (In Russ.)
14. Laverge J, Delghust M, Janssens A. Carbon dioxide concentrations and humidity levels measured in Belgian standard and low energy dwellings with common ventilation strategies. *Int J Vent*. 2015;14(2):165–180. doi: 10.1080/14733315.2015.11684078
15. Gubernskiy YuD, Kalinina NV, Gaponova EB, Banin IM. Rationale for the permissible level of carbon dioxide in indoor air in residential and public buildings with the permanent human presence. *Gigiena i Sanitariya*. 2014;(93(6)):37–41. (In Russ.)
16. Lefebvre MA, Meuling WJA, Engel R, *et al*. Consumer inhalation exposure to formaldehyde from the use of personal care products/cosmetics. *Regul Toxicol Pharmacol*. 2012;63(1):171–176. doi: 10.1016/j.yrtph.2012.02.011
17. Gubernskiy YuD, Kalinina NV. [Hygienic characteristics of chemical risk factors in a residential environment.] *Gigiena i Sanitariya*. 2001;94(1):21–24. (In Russ.)
18. Nikiforova NV, Kokoulina AA, Zagorodnov SYu. Evaluation of indoor air pollution with formaldehyde in conditions of the use of constructional and finish materials with polymeric components. *Gigiena i Sanitariya*. 2016;95(1):28–32. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-28-32
19. Nikiforova NV, May IV. To the problem of rating the migration of formaldehyde from polymer containing building, finishing materials and furniture. *Gigiena i Sanitariya*. 2018;97(1):43–49. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-1-43-49
20. Yeoman AM, Shaw M, Carslaw N, Murrells T, Passant N, Lewis AC. Simplified speciation and atmospheric volatile organic compound emission rates from non-aerosol personal care products. *Indoor Air*. 2020;30(3):459–472. doi: 10.1111/ina.12652
21. Sarwar G, Olson DA, Corsi RL, Weschler CJ. Indoor fine particles: the role of terpene emissions from consumer products. *J Air Waste Manag Assoc*. 2004;54(3):367–377. doi: 10.1080/10473289.2004.10470910
22. Singer BC, Destailats H, Hodgson AT, Nazaroff WW. Cleaning products and air fresheners: emissions and resulting concentrations of glycol ethers and terpenoids. *Indoor Air*. 2006;16(3):179–191. doi: 10.1111/j.1600-0668.2005.00414.x
23. Lejbovich LI. Purification of internal air of buildings from organic products of human metabolism. *Modern Engineering and Innovative Technologies*. 2019;1(07-01):4–7. (In Russ.) doi: 10.30890/2567-5273.2019-07-01-001
24. Steinemann AC. Fragranced consumer products and undisclosed ingredients. *Environ Impact Assess Rev*. 2009;29(1):32–38. doi: 10.1016/j.eiar.2008.05.002



Профессиональные риски здоровью сварщиков при сочетанном влиянии сварочного аэрозоля и охлаждающего микроклимата

Е.М. Полякова, 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. Интенсификация экономической деятельности на территории северных регионов России требует углубления знаний об особенностях сочетанного влияния охлаждающего микроклимата и вредных производственных факторов.

Цель исследования — оценка риска развития нарушений здоровья у электрогазосварщиков (ЭГС) при работе в микроклимате с охлаждающими и допустимыми параметрами.

Материалы и методы. Был проведен сравнительный анализ условий труда и состояния здоровья ЭГС двух предприятий. В основную группу вошли 310 работников, подвергавшихся воздействию сварочных аэрозолей в условиях охлаждающего микроклимата подземного рудника. В контрольную группу были включены 282 работника вагоностроительного завода, работавших в цехах с допустимыми параметрами микроклимата.

Результаты. По данным периодического медицинского осмотра у ЭГС основной группы было установлено 499 хронических заболеваний, а контрольной – 230. В основной группе, по сравнению с контрольной, был повышен риск развития болезней органов пищеварения (ОР = 2,63; ДИ 1,47–4,70; $p = 0,0006$), мочеполовой системы (ОР = 6,55; ДИ 1,51–28,4; $p = 0,004$), костно-мышечной системы и соединительной ткани (ОР = 1,50; ДИ 1,14–1,97; $p = 0,003$), нервной системы (ОР = 5,29; ДИ 1,19–23,4; $p = 0,014$), кожи (ОР = 3,85; ДИ 1,61–9,18; $p = 0,001$), органов дыхания (ОР = 3,23; ДИ 1,84–5,69; $p < 0,001$), инфекционных и паразитарных болезней (ОР = 8,61; ДИ 2,03–36,5; $p = 0,0004$). Также в основной группе было меньше практически здоровых лиц и больше – с двумя и более заболеваниями ($p < 0,001$).

Заключение. У ЭГС, работающих в условиях охлаждающего микроклимата, были выявлены более значительные нарушения здоровья, чем у ЭГС, работающих в цехах предприятия с допустимыми параметрами микроклимата. Полученные результаты обуславливают необходимость разработки дополнительных медико-профилактических мероприятий для данной категории работников.

Ключевые слова: сварщики, условия труда, сварочные аэрозоли, охлаждающий микроклимат, риски здоровью.

Для цитирования: Полякова Е.М., Сюрин С.А. Профессиональные риски здоровью сварщиков при сочетанном влиянии сварочного аэрозоля и охлаждающего микроклимата // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 9. С. 69–77. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-69-77>

Сведения об авторах:

✉ **Полякова** Екатерина Михайловна – младший научный сотрудник отдела исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: USTIMENKOEKATERINA_2009@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3493-4592>.

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

Информация о вкладе авторов: Полякова Е.М. – сбор литературных данных, сбор и статистическая обработка материала, анализ материала; Сюрин С.А. – концепция и дизайн исследования, сбор и статистическая обработка материала, написание и редактирование текста.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение правил биоэтики. Работа выполнялась в соответствии с принципами Хельсинкской декларации. Протокол и дизайн исследования были обсуждены и одобрены локальным комитетом ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора от 12.05.2021, протокол № 35.2.

Статья получена: 08.07.21 / Принята к публикации: 20.08.21 / Опубликовано: 30.09.21

Occupational Health Risks from Combined Exposure to Welding Fumes and Cold Environment for Welders

Ekaterina M. Polyakova, Sergei A. Syurin

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

Summary

Introduction: Intensification of economic activities in the northern regions of Russia requires a better understanding of the combined health effect of cold environment and occupational risk factors.

Objective: To assess the risk of developing health disorders in gas and electric welders exposed to low and normal workplace temperatures.

Materials and methods: We conducted a comparative analysis of working conditions and health status of welders at two enterprises. The main cohort included 310 workers exposed to welding fumes and cold microclimate in an underground mine. The control cohort included 282 employees of a railcar manufacturing facility performing their functional duties in workshops with acceptable microclimate parameters.

Results: According to the results of periodic medical examinations, 499 chronic diseases were diagnosed in welders of the main cohort against 230 among the controls. Compared to the reference cohort, underground welders were at higher risk of developing diseases of the digestive system (RR = 2.63; CI: 1.47–4.70; $p = 0.0006$), genitourinary (RR = 6.55; CI: 1.51–28.4; $p = 0.004$), musculoskeletal (RR = 1.50; CI: 1.14–1.97; $p = 0.003$), and nervous systems (RR = 5.29; CI: 1.19–23.4; $p = 0.014$), skin (RR = 3.85; CI: 1.61–9.18; $p = 0.001$), respiratory organs (RR = 3.23; CI: 1.84–5.69; $p < 0.001$), as well as infectious and parasitic diseases (RR = 8.61; CI: 2.03–36.5; $p = 0.0004$). Thus, the number of healthy workers was smaller while the number of workers suffering from two or more chronic diseases was bigger in this cohort ($p < 0.001$).

Conclusions: The welders working in cold environment were significantly less healthy than those working in normal workplace temperatures. The results necessitate the development of additional measures of disease prevention for this category of employees.

Keywords: welders, working conditions, welding aerosols, cold environment, health risks.

For citation: Polyakova EM, Syurin SA. Occupational health risks from combined exposure to welding fumes and cold environment for welders. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(9):69–77. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-69-77>

Author information:

✉ Ekaterina M. **Polyakova**, Junior Researcher, Department of Environmental Research and Public Health in the Arctic Zone of the Russian Federation, Northwest Public Health Research Center; e-mail: USTIMENKOEKATERINA_2009@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3493-4592>.

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

Author contributions: Polyakova E.M. did a literature review, data collection, statistical processing and analysis; Syurin S.A. developed the study conception and design, collected and processed data, and wrote the manuscript. Both authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

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

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

Respect for patient rights and principles of bioethics: The research was conducted in accordance with the Helsinki Declaration. The research protocol was approved by the local Biomedical Ethics Committee of the Northwest Public Health Research Center (Minutes No. 35.2 of May 12, 2021).

Received: June 8, 2021 / Accepted: August 20, 2021 / Published: September 30, 2021

Введение. Вопросы сохранения здоровья работников, подвергающихся сочетанному воздействию охлаждающего микроклимата рабочих мест и других вредных производственных факторов, актуальны для России, особенно ее северных и восточных регионов [1–3]. Было доказано, что воздействие охлаждающего микроклимата повышает уровень общей [4] и профессиональной заболеваемости, в частности ускоряет развитие вибрационной болезни [5–7], способствует более ранней манифестации и прогрессированию сердечно-сосудистых заболеваний [8, 9], влияет на формирование «циркумпольного гипоксического синдрома» [10], развитие скелетно-мышечных нарушений [11, 12], а также возникновение нарушений репродуктивной функции как у мужчин, так и у женщин [13, 14].

В настоящее время профессия электрогазосварщика (ЭГС) является одной из наиболее распространенных и востребованных [15]. Известно, что в процессе сварки и резки металлов происходит образование опасных и вредных веществ, которые оказывают неблагоприятное воздействие на работника. К таким веществам относятся твердые и газообразные токсические вещества сварочного аэрозоля, состав которых зависит от сварочных материалов и свариваемых металлов, способов и режимов сварки и ряда других обстоятельств [16, 17].

Среди профессиональных нарушений здоровья ЭГС наиболее распространена хроническая интоксикация марганцем [18]. Также отмечается высокая доля бронхолегочных заболеваний, вызванных воздействием сварочного аэрозоля [19]. Прежде всего это пневмокониоз, который выявляется обычно у ЭГС при стаже более 15 лет, и хронический бронхит, возникающий уже через 5 лет работы в профессии [20, 21]. Кроме болезней органов дыхания у ЭГС выявлен высокий риск развития сердечно-сосудистых заболеваний [22], в частности установлена связь между ишемией миокарда и проведением сварочных работ [23].

Важно отметить, что труд ЭГС широко применяется на предприятиях всех отраслей, имеющих рабочие места с охлаждающим микроклиматом как на открытых площадках, так и в производственных помещениях [3, 19]. Происходящая интенсификация экономической деятельности на территории «холодных» регионов Российской Федерации требует углубления знаний об особенностях сочетанного влияния охлаждающего микроклимата и вредных производственных факторов, включая сварочные аэрозоли.

Цель исследования заключалась в оценке риска развития нарушений здоровья у ЭГС при воздействии сварочных аэрозолей в микроклимате с охлаждающими и допустимыми параметрами.

Материалы и методы исследования. Изучены результаты специальной оценки условий труда (СОУТ) и периодических медицинских осмотров (ПМО) ЭГС подземных апатит-нефелиновых рудников (Мурманская область), составивших основную группу, и вагоностроительного предприятия (Ленинградская область), составивших группу контроля. Отличительным признаком условий труда двух групп было наличие (основная группа) или отсутствие (контрольная группа) охлаждающего микроклимата рабочих мест, а общим — экспозиция к сварочным аэрозолям. Все ЭГС были мужчинами.

Математико-статистическая обработка полученных результатов осуществлялась с применением программного обеспечения Microsoft Excel 2010 и Epi Info 7.0. Сравнение двух независимых выборок осуществляли с помощью t -критерия Стьюдента. Рассчитывали относительный риск (ОР) развития хронической патологии и его 95 % доверительный интервал (ДИ). Различия структуры распределения качественных признаков оценивали с помощью критерия согласия χ^2 . Числовые данные представлены в виде абсолютных значений, процентной доли, среднего арифметического и стандартной ошибки среднего арифметического ($M \pm m$). В качестве критерия статистической надежности выбран не менее чем 95 % доверительный интервал ($p < 0.05$).

Результаты исследования. Результаты СОУТ рабочих мест ЭГС основной группы показывают, что в составе твердой фазы аэрозоля, выделяющегося при сварке, на рабочем месте в зоне дыхания был обнаружен марганец в концентрациях 0,21–0,50 мг/м³ (ПДК – 0,6 мг/м³). Среднесменные концентрации марганца составили 0,23–0,31 мг/м³ (ПДК – 0,2 мг/м³). Среднесменные концентрации диЖелезотриоксида – 1,8–2,2 мг/м³, силикатсодержащей пыли – 1,85 мг/м³ – ниже значений предельно допустимых концентраций. Оценку газовой составляющей проводили по содержанию оксидов азота и оксида углерода. Концентрации определяемых веществ находились в диапазонах 5,9–14,4 мг/м³ (ПДК – 5 мг/м³); 21,3–40,8 мг/м³ (ПДК – 20 мг/м³) соответственно. Рассчитанный эффект суммации для оксидов азота и оксида углерода находится в диапазоне 1,3–4,0. Полученные данные позволяют оценить условия труда по химическому фактору как 3-й класс 1-й степени.

В подземных рудниках добыча руды и погрузочно-доставочные работы осуществляются в условиях охлаждающего микроклимата, что соответствует температуре воздуха, равной 3–8 °С в холодный период года, повышенной влажности (до 100 %) и скорости движения воздуха до 2,0–4,0 м/с. По данным СОУТ микроклимат в подземных условиях имеет охлаждающий характер

и соответствует классу 3.1. Эквивалентный уровень непостоянного шума на рабочем месте ЭГС при проведении ремонтных работ составляет 83–85 дБА, что превышает ПДУ – 80 дБА. Интенсивность ультрафиолетового излучения 200–315 нм (УФ-В + УФ-С) при использовании специальной одежды и средств защиты лица и рук составляет во время проведения сварочных работ 6,18 Вт/м², 8,12 Вт/м², 7,23 при ПДУ 1,0 Вт/м² – класс 3.1.

ЭГС основной группы вынуждены длительное время в течение рабочей смены находиться в неудобной позе, в частности стоя – в течение 30 % времени, до 20 % смены – в фиксированной позе и до 20 % смены – в вынужденной позе, что позволяет оценить тяжесть труда ЭГС основной группы как 3-й класс – тяжелый труд 1-й степени.

При итоговой оценке полученных результатов установлено, что условия труда ЭГС основной группы оцениваются как вредные – 3-й класс 2-й степени. В качестве вредных факторов признаны химические вещества сварочных аэрозолей, шум, неионизирующие излучения, тяжесть труда.

Исследование условий труда ЭГС контрольной группы показало, что работы выполняются в помещении специально оборудованного сварочного поста с вытяжной вентиляцией, а также в производственных помещениях предприятия. В составе сварочного аэрозоля, выделяющегося в воздушную среду при сварке на оборудованном вентиляцией месте, концентрации марганца составляли 0,04–0,12 мг/м³ (ПДК – 0,6 мг/м³), фтористого водорода – 0,02–0,03 мг/м³ (ПДК – 0,5 мг/м³); концентрации диоксида азота, озона, оксида углерода находились ниже предела определения. При выполнении сварочных работ на участках технического ремонта оборудования содержание марганца в воздушной среде составило 0,7–1,8 мг/м³ (ПДК – 0,6 мг/м³), оксида углерода – 5–12 мг/м³ (ПДК – 20 мг/м³), фтористого водорода – 0,2–0,3 мг/м³ (ПДК – 0,5 мг/м³), диоксида азота – < 1 мг/м³ (ПДК – 2 мг/м³). Среднесменные концентрации диоксида азота находились в пределах 6,5–8,7 мг/м³. Полученные результаты позволяют оценить условия труда по химическому фактору как 3-й класс 1-й степени.

Оценка микроклимата в холодный период года на рабочих местах ЭГС показала, что фактические среднесменные значения температуры воздуха были в пределах 21,7–23,8 °С, скорости движения воздуха – менее 0,1 м/с и относительной влажности – 17–33,4 %. Микроклимат всех производственных помещений соответствовал допустимому классу условий труда (класс 2).

Интенсивность ультрафиолетового излучения 200–315 нм (УФ-В + УФ-С) при использовании специальной одежды и средств защиты лица и рук ЭГС составляет во время проведения сварочных работ 6,18 Вт/м², 8,12 Вт/м², 7,23 при ПДУ 1,0 Вт/м² – класс 3.1. По данным СОУТ, параметры физической, динамической и статической нагрузок, массы перемещаемых вручную деталей и заготовок, количество стереотипных региональных рабочих движений, рабочая поза (стоя – в течение 40 % времени, до 20 % смены – фиксированная поза и до 20 % – вынужденная поза) и другие показатели соответствуют тяжести труда 3-го класса – тяжелый труд 1-й степени.

В целом условия труда ЭГС оцениваются как вредные – 3-й класс 2-й степени. В качестве вредных факторов отмечены химические вещества сварочных аэрозолей, включая вещества фиброгенного действия, и тяжесть трудовых процессов (табл. 1).

ПМО был проведен у 310 и 282 работников основной и контрольной групп соответственно. Значимых различий по возрасту ($41,2 \pm 0,4$ и $40,8 \pm 0,6$ лет, $p = 0,579$) и продолжительности стажа ($8,56 \pm 0,54$ и $8,41 \pm 0,52$ лет, $p = 0,841$) между группами не отмечалось. У ЭГС основной группы было установлено 499 заболеваний одиннадцати классов (по МКБ 10), а контрольной – 230 заболеваний тринадцати классов (табл. 2).

В обеих группах наиболее распространенным классом болезней были болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (см. рисунок). Структура хронической патологии у работников двух сравниваемых групп отличалась по трем классам заболеваний. В основной группе больший удельный вес имели инфекционные и паразитарные заболевания ($p = 0,022$) и болезни органов дыхания ($p = 0,029$), а в контрольной – болезни эндокринной системы, расстройства питания

Таблица 1. Общая оценка условий труда электрогазосварщиков сравниваемых групп

Table 1. General assessment of working conditions of gas and electric welders of the compared cohorts

Факторы производственной среды (ФПС) и трудового процесса (ТП) / Factors of the working environment and work process	Группа / Cohort	
	основная / main	контрольная / control
Химические соединения / Chemicals	3.1	3.1
Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия / Aerosols possessing pulmonary fibrogenic potential	2.0	3.1
Шум / Noise	3.1	2.0
Инфразвук / Infrasound	2.0	2.0
Вибрация общая / Whole-body vibration	2.0	2.0
Вибрация локальная / Hand-arm vibration	2.0	2.0
Неионизирующие излучения (в т.ч. УФ-излучение) / Non-ionizing radiation (including ultraviolet radiation)	3.1	3.1
Микроклимат / Microclimate	3.1 (охлаждающий / cold)	2.0
Световая среда / Illumination	2.0	Отсутствует / Absent
Тяжесть трудового процесса / Labor severity	3.1	3.1
Напряженность трудового процесса / Labor intensity	2.0	2.0
Итоговый класс (подкласс) условий труда / Total class (subclass) of working conditions	3.2	3.2
Продолжительность смены / Shift duration	8 часов, бригадная работа / 8 hours, teamwork	11,25 часа, бригадная работа / 11,25 hours, teamwork

Таблица 2. Структура патологии в сравниваемых группах работников, случаи (%)
Table 2. Distribution of diseases in the compared cohorts of workers by disease category, cases (%)

№	Показатель / Indicator	Основная группа / Main cohort (n = 499)	Группа контроля / Control cohort (n = 230)	p
1	Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани / Diseases of musculoskeletal system and connective tissue	115 (23,0)	62 (27,0)	0,253
2	Болезни глаза и его придаточного аппарата / Diseases of the eye and adnexa	98 (19,6)	46 (20,0)	0,910
3	Болезни системы кровообращения / Diseases of the circulatory system	76 (15,2)	37 (16,1)	0,767
4	Болезни органов дыхания / Diseases of the respiratory system	56 (11,2)	14 (6,1)	0,029
5	Болезни органов пищеварения / Diseases of the digestive system	44 (8,8)	14 (6,1)	0,206
6	Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ / Endocrine, nutritional and metabolic diseases	27 (5,4)	38 (16,5)	< 0,001
7	Болезни кожи и подкожной клетчатки / Diseases of the skin and subcutaneous tissue	27 (5,4)	6 (2,6)	0,091
8	Инфекционные и паразитарные болезни / Infectious and parasitic diseases	20 (4,0)	2 (0,9)	0,022
9	Болезни нервной системы / Diseases of the nervous system	12 (2,4)	2 (0,9)	0,161
10	Болезни мочеполовой системы / Diseases of the genitourinary system	15 (3,0)	2 (0,9)	0,076
11	Болезни уха и сосцевидного отростка / Diseases of the ear and mastoid process	9 (1,8)	4 (1,7)	0,952
12	Психические расстройства и расстройства поведения / Mental and behavioural disorders	–	2 (0,9)	0,186
13	Новообразования / Neoplasms	–	1 (0,4)	1,000
14	Практически здоровые работники / Healthy workers	64 (20,6)	138 (48,9)	< 0,001
15	Работники с одним заболеванием / Workers suffering from a disease	96 (31,0)	81 (28,7)	0,552
16	Работники с двумя и более заболеваниями / Workers suffering from two or more diseases	150 (48,4)	63 (22,3)	< 0,001
17	Число заболеваний у одного работника / Number of diseases per worker	1,61 ± 0,07	0,81 ± 0,06	< 0,001

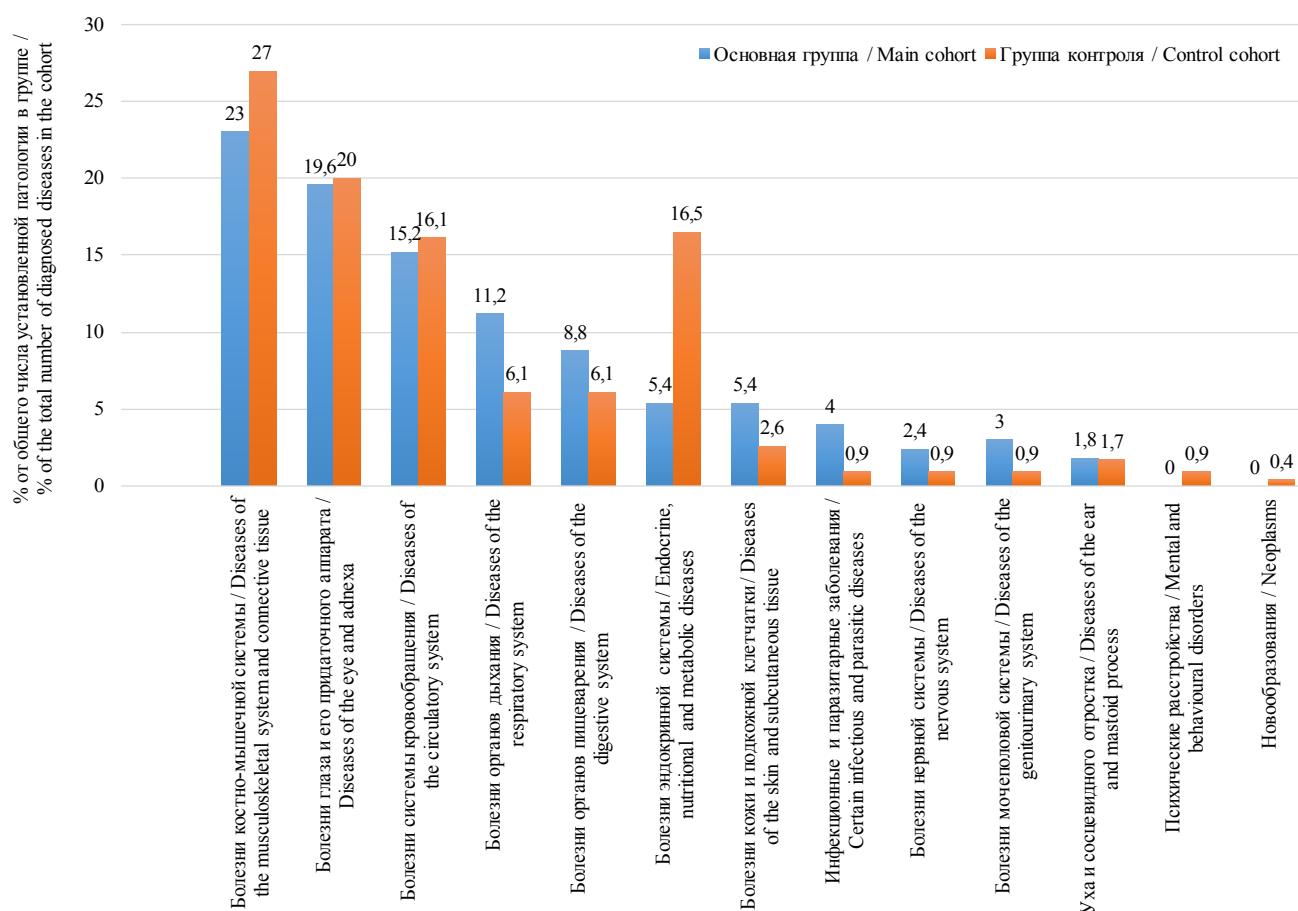


Рисунок. Структура хронической патологии электрогазосварщиков при воздействии сварочных аэрозолей в микроклимате с охлаждающими и допустимыми параметрами

Figure. Distribution of chronic diseases in gas and electric welders exposed to welding fumes at cold and normal working temperatures by disease category

и нарушения обмена веществ ($p < 0,001$) за счет более частого выявления ожирения. Кроме того, в основной группе была меньше доля практически здоровых лиц и больше — с двумя и более заболеваниями, диагностируемыми у одного работника ($p < 0,001$). Также в основной группе, по сравнению с контрольной группой, отмечалось большее число заболеваний, выявляемых у одного работника ($p < 0,001$).

Общий риск развития болезней всех классов в основной группе был существенно выше, чем в контрольной группе: ОР = 1,37; ДИ 1,23–1,53; $\chi^2 = 35,6$; $p < 0,001$. Также он был выше для семи отдельных классов заболеваний, в том числе для болезней органов пищеварения (ОР = 2,63; ДИ 1,47–4,70; $\chi^2 = 11,7$; $p = 0,0006$), мочеполовой системы (ОР = 6,55; ДИ 1,51–28,4; $\chi^2 = 8,53$; $p = 0,004$), костно-мышечной системы и соединительной ткани (ОР = 1,50; ДИ 1,14–1,97; $\chi^2 = 8,75$; $p = 0,003$), нервной системы (ОР = 5,29; ДИ 1,19–23,4; $\chi^2 = 6,10$; $p = 0,014$), кожи (ОР = 3,85; ДИ 1,61–9,18; $\chi^2 = 10,9$; $p = 0,001$), органов дыхания (ОР = 3,23; ДИ 1,84–5,69; $\chi^2 = 19,3$; $p < 0,001$), инфекционных и паразитарных болезней (ОР = 8,61; ДИ 2,03–36,5; $\chi^2 = 12,7$; $p = 0,0004$).

Изучено влияние изменений возраста на показатели здоровья ЭГС, осуществляющих сварочные работы в охлаждающем микроклимате и в микроклимате с допустимыми параметрами. Они были минимальными и проявлялись только большей долей болезней эндокринной системы у работников контрольной группы в возрасте 30–41 и 41–50 лет (табл. 3).

Риск развития хронической патологии у работников основной группы, по сравнению с контрольной, был выше в возрасте до 30 лет (ОР = 2,22; ДИ 1,07–4,65; $\chi^2 = 6,20$; $p = 0,0127$), 31–40 лет (ОР = 1,51; ДИ 1,23–1,86; $\chi^2 = 17,4$; $p < 0,001$) и 41–50 лет (ОР = 1,39; ДИ 1,18–1,65; $\chi^2 = 16,7$; $p < 0,001$). Только в возрасте свыше 50 лет вероятность формирования заболеваний в обеих группах существенно не отличалась: ОР = 1,17; ДИ 0,97–1,42; $\chi^2 = 2,81$; $p = 0,094$.

Динамика показателей здоровья, связанных с увеличением возраста, в сравниваемых группах имела сходный характер, но была более выраженной в основной группе за счет более раннего (31–40 лет) увеличения доли лиц с полиморбидной патологией и числа заболеваний, диагностированных у одного работника ($p < 0,001$). В обеих группах в возрасте 41–50 лет происходило уменьшение числа практически здоровых лиц, а в возрасте более 50 лет — дальнейшее ухудшение показателей здоровья. Значимые различия определялись между сравниваемыми группами и проявлялись следующими признаками: большим числом заболеваний, выявляемых у одного работника в основной группе во всех возрастах ($p < 0,05$ – $0,001$); большей долей лиц с полиморбидной патологией в возрасте 31–40 и 41–50 лет ($p < 0,001$); меньшей долей практически здоровых лиц в возрасте до 30 лет, 31–40 лет и 41–50 лет ($p < 0,05$ – $0,001$) (табл. 4).

Изменения продолжительности стажа оказывали минимальное влияние на структуру хронических заболеваний в обеих группах. В основной группе отмечалось увеличение удельного веса болезней

Таблица 3. Распространенность и структура заболеваний у лиц сравниваемых групп в зависимости от их возраста, случаи (%)

Table 3. The prevalence and distribution of diseases in workers of the compared cohorts by age, cases (%)

Показатель / Indicator	Возраст, лет / Age, years			
	≤ 30 (n = 44) (n = 6)	31–40 (n = 173) (n = 73)	41–50 (n = 185) (n = 92)	> 50 (n = 97) (n = 59)
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани / Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue	6 (13,6) 2 (33,3)	35 (20,2) 19 (26,0)	47 (25,4) 22 (23,9)	26 (26,8) 19 (32,2)
Болезни глаза и его придаточного аппарата / Diseases of the eye and adnexa	10 (22,7) 2 (33,3)	31 (17,9) 15 (20,5)	40 (21,6) 16 (17,4)	17 (17,5) 13 (22,0)
Болезни системы кровообращения / Diseases of the circulatory system	4 (8,9) 1 (16,7)	18 (10,4) 8 (11,0)	28 (15,1) 14 (15,2)	26 (26,8) [#] 14 (23,7)
Болезни органов дыхания / Diseases of the respiratory system	7 (15,9) 0	28 (16,2) 4 (5,5)	13 (7,0) 7 (7,6)	8 (8,2) 4 (6,8)
Болезни органов пищеварения / Diseases of the digestive system	3 (6,8) 0	22 (12,7) 6 (8,2)	15 (8,1) 8 (8,7)	4 (4,1) 0
Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ / Endocrine, nutritional and metabolic diseases	4 (8,9) 1 (16,7)	7 (4,0) 12 (16,4)*	10 (5,4) 18 (19,6)*	4 (4,1) 7 (11,9)
Болезни кожи и подкожной клетчатки / Diseases of the skin and subcutaneous tissue	2 (4,5) 0	11 (6,4) 3 (4,1)	11 (5,9) 3 (3,3)	3 (3,1) 0
Инфекционные и паразитарные / Infectious and parasitic diseases	4 (8,9) 0	7 (4,0) 1 (13,4)	8 (4,3) 1 (1,1)	1 (1,0) 0
Болезни мочеполовой системы / Diseases of the genitourinary system	0 0	1 (8,3) 1 (13,4)	3 (12,5) 0	0 0
Болезни уха и сосцевидного отростка / Diseases of the ear and mastoid process	1 (25,0) 0	2 (16,7) 1 (13,4)	6 (25,0) 2 (2,2)	16 (34,8) 1 (1,7)
Болезни нервной системы / Diseases of the nervous system	2 (4,5) 0	3 (2,3) 2 (2,7)	3 (1,6) 0	3 (3,1) 0
Психические расстройства и расстройства поведения / Mental and behavioural disorders	0 0	0 0	1 (1,1) 0	1 (1,7) 0
Новообразования / Neoplasms	0 0	0 1 (13,4)	0 0	0 0

Примечание: числитель – основная группа; знаменатель – контрольная группа; # – статистически значимые различия ($p < 0,05$) внутри групп;

* – статистически значимые различия ($p < 0,05$) между группами.

Note: the numerator is the main cohort; the denominator is the reference cohort; # statistically significant differences ($p < 0.05$) within the cohorts;

* statistically significant differences ($p < 0.05$) between the cohorts.

Таблица 4. Влияние возраста на здоровье работников сравниваемых групп, случаи (%)
Table 4. Effects of age on the health status of workers in the compared cohorts, cases (%)

Показатель / Indicator	Возраст, лет / Age, years			
	≤ 30 (n = 45) (n = 21)	31–40 (n = 134) (n = 123)	41–50 (n = 92) (n = 100)	> 50 (n = 39) (n = 38)
Практически здоровые работники / Healthy workers	17 (37,8) 15 (71,4)*	32 (23,9) 71 (57,7)*	0 (10,9) ¹ 45 (45,0) ^{1,3*}	5 (12,8) ^{2,5} 6 (23,1) ^{2,4}
Работники с одним заболеванием / Workers suffering from a disease	24 (53,3) 6 (28,6)*	45 (33,6) ¹ 34 (27,6)	22 (23,9) ³ 28 (28,0) ^{1,3}	5 (12,8) ^{2,4,5} 6 (23,1) ^{3,4}
Работники с двумя и более заболеваниями / Workers suffering from two or more diseases	4 (8,9) 0	57 (42,5) ¹ 19 (15,4)*	60 (65,2) 27 (27,0)*	29 (74,4) ^{2,3,4} 14 (53,8) ^{2,4}
Число заболеваний у одного работника / Number of diseases per worker	0,95 ± 0,15 0,29 ± 0,06*	1,29 ± 0,08 ¹ 0,59 ± 0,07*	2,01 ± 0,09 ¹ 0,92 ± 0,10 ^{1,3*}	2,49 ± 0,15 ^{2,3,4} 1,55 ± 0,15 ^{2,4,5*}

Примечание: числитель – основная группа; знаменатель – контрольная группа; * – статистически значимые различия ($p < 0,05$) между группами; ¹ – статистически значимые различия ($p < 0,05$) при возрасте ≤ 30 лет и 41–50 лет; ² – статистически значимые различия ($p < 0,05$) при возрасте ≤ 30 лет и более 50 лет; ³ – статистически значимые различия ($p < 0,05$) при возрасте 31–40 лет и 41–50 лет; ⁴ – статистически значимые различия ($p < 0,05$) при возрасте 31–40 лет и более 50 лет; ⁵ – статистически значимые различия ($p < 0,05$) при возрасте 41–50 лет и более 50 лет.

Note: the numerator is the main cohort; the denominator is the reference cohort; * statistically significant differences ($p < 0.05$) between the cohorts; ¹ statistically significant differences ($p < 0.05$) between the age groups of ≤ 30 years and 41–50 years; ² statistically significant differences ($p < 0.05$) between the age groups of ≤ 30 years and > 50 years; ³ statistically significant differences ($p < 0.05$) between the age groups of 31–40 and 41–50 years; ⁴ statistically significant differences ($p < 0.05$) between the age groups of 31–40 and > 50 years; ⁵ statistically significant differences ($p < 0.05$) between the age groups of 41–50 and > 50 years.

системы кровообращения при стаже более 50 лет по сравнению со стажем до 5 лет ($p < 0,01$). В группе контроля таких изменений структуры патологии не было. Между двумя группами отмечалось только одно отличие: при стаже 11–15 лет доля болезней эндокринной системы у работников контрольной группы была больше, чем в основной ($p < 0,001$) (табл. 5).

В основной группе, по сравнению с контрольной, повышенный риск развития хрони-

ческой патологии отмечался при стаже до 5 лет ($OR = 1,39$; ДИ $1,97-1,70$; $\chi^2 = 10,4$; $p = 0,001$), 6–10 лет ($OR = 1,5$; ДИ $1,20-1,89$; $\chi^2 = 13,9$; $p = 0,0002$) и 41–50 лет ($OR = 1,25$; ДИ $1,00-1,55$; $\chi^2 = 4,49$; $p = 0,034$). При стаже свыше 15 лет существенных различий между двумя группами не выявлялось ($OR = 1,13$; ДИ $0,92-1,39$; $\chi^2 = 1,52$; $p = 0,218$) (табл. 6).

Увеличение продолжительности стажа у работников обеих групп приводило к снижению

Таблица 5. Распространенность и структура заболеваний у работников сравниваемых групп в зависимости от стажа работы, случаи (%)

Table 5. The prevalence and distribution of diseases among workers of the compared cohorts by length of service, cases (%)

Показатель / Indicator	Стаж, лет / Years of employment			
	≤ 5 (n = 139) (n = 80)	6–10 (n = 131) (n = 58)	11–15 (n = 109) (n = 48)	> 15 (n = 120) (n = 44)
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани / Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue	<u>30 (21,6)</u> 26 (32,5)	<u>22 (16,8)</u> 16 (27,6)	<u>30 (27,5)</u> 11 (22,9)	<u>33 (27,5)</u> 9 (20,5)
Болезни глаза и его придаточного аппарата / Diseases of the eye and adnexa	<u>27 (19,4)</u> 12 (15,0)	<u>30 (22,9)</u> 12 (20,7)	<u>21 (19,3)</u> 12 (25,0)	<u>20 (16,7)</u> 10 (22,7)
Болезни системы кровообращения / Diseases of the circulatory system	<u>12 (8,6)</u> 9 (11,3)	<u>17 (13,0)</u> 7 (12,7)	<u>17 (15,6)</u> 11 (22,9)	<u>30 (25,0)[#]</u> 10 (22,7)
Болезни органов дыхания / Diseases of the respiratory system	<u>19 (13,7)</u> 5 (6,3)	<u>14 (10,7)</u> 2 (3,4)	<u>11 (10,1)</u> 3 (6,3)	<u>12 (10,0)</u> 3 (6,8)
Болезни органов пищеварения / Diseases of the digestive system	<u>15 (10,8)</u> 4 (5,0)	<u>15 (11,5)</u> 6 (10,3)	<u>4 (3,7)</u> 2 (4,2)	<u>10 (8,3)</u> 2 (4,5)
Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ / Endocrine, nutritional and metabolic diseases	<u>7 (5,0)</u> 1 (16,7)	<u>8 (6,1)</u> 12 (16,4)	<u>6 (5,5)</u> 18 (19,6)*	<u>3 (2,5)</u> 7 (11,9)
Болезни кожи и подкожной клетчатки / Diseases of the skin and subcutaneous tissue	<u>10 (7,2)</u> 4 (5,0)	<u>8 (6,1)</u> 0	<u>4 (3,7)</u> 1 (2,1)	<u>5 (4,2)</u> 1 (2,3)
Инфекционные и паразитарные / Infectious and parasitic diseases	<u>9 (6,5)</u> 2 (2,5)	<u>5 (3,8)</u> 1 (1,7)	<u>5 (4,6)</u> 1 (2,1)	<u>1 (0,8)</u> 0
Болезни мочеполовой системы / Diseases of the genitourinary system	<u>4 (2,9)</u> 1 (1,3)	<u>2 (1,5)</u> 1 (1,7)	<u>6 (5,5)</u> 0	<u>3 (2,5)</u> 0
Болезни уха и сосцевидного отростка / Diseases of the ear and mastoid process	<u>3 (2,2)</u> 1 (1,3)	<u>2 (1,5)</u> 0	<u>2 (1,8)</u> 0	<u>2 (1,7)</u> 2 (4,5)
Болезни нервной системы / Diseases of the nervous system	<u>2 (1,4)</u> 1 (1,3)	<u>7 (5,3)</u> 1 (1,7)	<u>2 (1,8)</u> 0	<u>1 (0,8)</u> 0
Психические расстройства и расстройства поведения / Mental and behavioural disorders	<u>0</u> 0	<u>0</u> 1 (1,7)	<u>0</u> 0	<u>0</u> 1 (2,3)
Новообразования / Neoplasms	<u>0</u> 1 (1,3)	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0

* – статистически значимые различия ($p < 0.05$) между группами.

Note: the numerator is the main cohort; the denominator is the reference cohort; # statistically significant differences ($p < 0.05$) within the cohorts; * statistically significant differences ($p < 0.05$) between the cohorts.

Таблица 6. Влияние изменений стажа на здоровье работников сравниваемых групп, случаи (%)
Table 6. Effects of the length of service on the health status of workers of the compared cohorts, cases (%)

Показатель / Indicator	Стаж, лет / Years of employment			
	≤ 5 (n = 119) (n = 126)	6–10 (n = 91) (n = 90)	11–15 (n = 51) (n = 40)	> 15 (n = 49) (n = 26)
Практически здоровые работники / Healthy workers	35 (29,4) 71 (56,3)*	22 (24,2) 49 (54,4)*	4 (7,8) ^{1,3} 12 (30,0) ^{1,3*}	3 (6,1) ^{2,4} 6 (23,1) ^{2,4,5}
Работники с одним заболеванием / Workers suffering from a disease	44 (37,0) 34 (27,0)	26 (28,6) 27 (30,0)	15 (29,4) 11 (27,5)	11 (22,4) ² 6 (23,1)
Работники с двумя и более заболеваниями / Workers suffering from two or more diseases	40 (33,6) 21 (16,7)*	43 (47,3) 14 (15,6)*	32 (62,7) ^{1,3} 17 (42,5) ^{1*}	35 (71,4) ^{2,4,5} 14 (53,8) ²
Число заболеваний у одного работника / Number of diseases per worker	1,17 ± 0,09 0,63 ± 0,07*	1,44 ± 0,12 0,64 ± 0,09*	2,14 ± 0,19 ^{1,3} 1,20 ± 0,14 ^{1,3*}	2,45 ± 0,19 ^{2,4} 1,69 ± 0,19 ^{2,4,5*}

Примечание: числитель – основная группа; знаменатель – контрольная группа; * – статистически значимые различия ($p < 0,05$) между группами; ¹ – статистически значимые различия ($p < 0,05$) при стаже ≤ 5 лет и 11–15 лет; ² – статистически значимые различия ($p < 0,05$) при стаже ≤ 5 лет и более 15 лет; ³ – статистически значимые различия ($p < 0,05$) при стаже 6–10 лет и 11–15 лет; ⁴ – статистически значимые различия ($p < 0,05$) при стаже 6–10 лет и более 15 лет.

Note: the numerator is the main cohort; the denominator is the reference cohort; * statistically significant differences ($p < 0.05$) between the cohorts; ¹ statistically significant differences ($p < 0.05$) between ≤ 5 years of employment and 11–15 years; ² statistically significant differences ($p < 0.05$) between ≤ 5 years of employment and > 15 years; ³ statistically significant differences ($p < 0.05$) between 6–10 years of employment and 11–15 years; ⁴ statistically significant differences ($p < 0.05$) between 6–10 years of employment and > 15 years.

($p < 0,01$) доли практически здоровых лиц, повышению ($p < 0,01$) доли работников с двумя и более заболеваниями, а также росту ($p < 0,001$) числа заболеваний, диагностируемых у одного работника (стаж 11–15 лет). Между группами отмечались существенные различия по величине долей практически здоровых лиц и лиц с полиморбидной патологией при стаже до 5 лет ($p < 0,001$), 6–10 лет ($p < 0,001$) и 11–15 лет ($p < 0,05–0,001$). При всех четырех вариантах продолжительности стажа число заболеваний, выявляемых у одного работника, было больше в основной, чем в контрольной группе.

Обсуждение. Представленное исследование выявило у экспонированных к холоду ЭГС ряд данных, заслуживающих внимания и обсуждения. Прежде всего это существенно более высокий риск формирования у них хронических заболеваний, развитие которых непосредственно не связано с локальным или общим охлаждением организма. К их числу можно отнести диагностированные болезни кожи (остеофолликулит, дерматит, нейродермит), органов пищеварения (язва двенадцатиперстной кишки), инфекционные (хронический вирусный гепатит) заболевания.

Проведенный нами анализ отечественной и зарубежной научной литературы не позволил найти исследований с аналогичными целями и дизайном, поэтому у нас не было возможности сравнить полученные результаты с показателями других авторов. Однако можно выдвинуть гипотезу, что в основе наблюдаемого феномена лежит снижение устойчивости организма к инфекции, возникающее при действии сварочных аэрозолей в условиях охлаждения. Предположение основано на данных литературных источников, которые отмечают более быстрое истощение функциональных резервов организма, связанных с поддержанием температурного гомеостаза в охлаждающей среде [4, 24, 25].

Повышение риска развития инфекционных и кожных заболеваний, болезней мочеполовой системы, органов дыхания и пищеварения (инфекция *Helicobacter pylori* при язвенной болезни) возможно трактовать с указанных выше позиций. Также наши данные подтверждают факт повышения распространенности болезней органов дыхания при сочетанном воздействии вредных химических соединений (диоксид серы) и переохлаждения, хотя

в цитируемом исследовании сварочные аэрозоли не изучались [4]. Меньше вопросов вызывает возникновение у ЭГС, работающих в условиях охлаждающего микроклимата, повышенного риска развития болезней костно-мышечной и нервной систем. Такие изменения у лиц, подвергающихся охлаждению, но не связанных со сварочными аэрозолями, были описаны ранее [11, 12, 26].

Также важно отметить, что охлаждение на рабочем месте сопровождалось уменьшением доли практически здоровых лиц, увеличением доли лиц с полиморбидной патологией и числа нозологических форм заболеваний, диагностируемых у одного работника. Эти изменения поддерживают вышеприведенные данные о повышении риска развития семи классов хронической патологии. Однако в любом случае полученные в ходе выполнения работы сведения являются предварительными и для их подтверждения необходимы дополнительные исследования.

Заключение. У ЭГС, экспонированных к сварочным аэрозолям в условиях охлаждающего микроклимата подземного рудника, были выявлены более значительные нарушения здоровья, чем у ЭГС, работающих в цехах предприятия с допустимыми параметрами микроклимата. Они проявлялись повышенным риском развития болезней органов пищеварения, мочеполовой системы, костно-мышечной и нервной систем, кожи и подкожной клетчатки, органов дыхания, инфекционных и паразитарных заболеваний. Помимо этого, среди ЭГС, подвергающихся охлаждению, отмечалось снижение удельного веса практически здоровых лиц, повышение доли лиц с полиморбидной патологией и числа хронических заболеваний, диагностируемых у одного работника. Полученные данные обуславливают необходимость разработки дополнительных медико-профилактических мероприятий для ЭГС, работающих в условиях охлаждающего микроклимата.

Список литературы

1. Горбанев С.А., Никанов Н.А., Чашин В.П. Актуальные проблемы медицины труда в Арктической зоне Российской Федерации // Медицина труда и промышленная экология. 2017. № 9. С. 50–51.
2. Салтыкова М.М., Бобровницкий И.П., Яковлев М.Ю. и др. Новый подход к анализу влияния погодных условий на организм человека // Гигиена

- и санитария. 2018. Т. 97. № 11. С. 1038–1042. doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-11-1038-42
3. Полякова Е.М., Мельцер А.В., Чашин В.П., Ерастова Н.В. Гигиеническая оценка вклада охлаждающих метеорологических факторов в формирование профессионального риска нарушений здоровья работающих на открытой территории в холодный период года // Анализ риска здоровью. 2020. № 3. С. 108–116. doi: 10.21668/health.risk/2020.3.13
 4. Чашин В.П., Сюрин С.А., Гудков А.Б., Попова О.Н., Воронин А.Ю. Воздействие промышленных загрязнений атмосферного воздуха на организм работников, выполняющих трудовые операции на открытом воздухе в условиях холода // Медицина труда и промышленная экология. 2014. № 9. С. 20–26.
 5. Лахман О.Л., Колесов В.Г., Панков В.А., Руквишников В.С., Шаяхметов С.Ф., Дьякович М.П. Вибрационная болезнь от воздействия локальной вибрации у горнорабочих в условиях Сибири и Севера. Иркутск, 2008. 204 с.
 6. Burström L, Järvholm B, Nilsson T, Wahlström J. White fingers, cold environment, and vibration – exposure among Swedish construction workers. *Scand J Work Environ Health*. 2010;36(6):509–513. doi: 10.5271/sjweh.3072
 7. Сюрин С.А. О влиянии охлаждающего микроклимата на профессиональную патологию работников в Арктике // Безопасность и охрана труда. 2020. № 3 (84). С. 74–77.
 8. Рахманов Р.С., Миханович Н.В. К проблеме оценки риска здоровью населения в природно-климатических условиях Камчатки // Здоровье населения и среда обитания. 2014. № 3 (252). С. 7–9.
 9. Bortkiewicz A, Gadzicka E, Szymczak W, Szykowska A, Koszuda-Włodarczyk W, Makowiec-Dąbrowska T. Physiological reaction to work in cold microclimate. *Int J Occup Med Environ Health*. 2006;19(2):123–131. doi: 10.2478/v10001-006-0020-y
 10. Нагибович О.А., Уховский Д.М., Жекалов А.Н. и др. Механизмы гипоксии в Арктической зоне Российской Федерации // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2016. № 2(54). С. 202–205.
 11. Рахманов Р.С., Колесов С.А., Аликуберов М.Х., Потехина Н.Н., Белоуско Н.И., Тарасов А.В. К вопросу о риске здоровью при влиянии погодноклиматических условий в холодный период года у работающих // Анализ риска здоровью. 2018. № 2. С. 70–77. doi: 10.21668/health.risk/2018.2.08
 12. 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
 13. Ордианц И.М., Побединская О.С., Макаева Д.А., Алиева Э.А. Цитометрическое прогнозирование невынашивания ранней беременности // Мать и дитя в Кузбассе. 2014. № 2 (57). С. 108–111.
 14. Чёрная Е.Е., Попов А.Д., Каспарова А.Э., Юрина М.А., Шумилов С.П. Беременность и адаптация в условиях субарктического региона // Экология человека. 2018. № 12. С. 46–54. doi: 10.33396/1728-0869-2018-12-46-54
 15. Маркова О.Л., Кирьянова М.Н., Плеханов В.П., Иванова Е.В. Факторы риска для здоровья электрогазосварщиков при использовании различных видов сварки // Медицина труда и промышленная экология. 2020. Т. 60. № 8. С. 502–510. doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-8-502-510
 16. Kirichenko KY, Agoshkov AI, Drozd VA, et al. Characterization of fume particles generated during arc welding with various covered electrodes. *Sci Rep*. 2018;21;8(1):17169. doi: 10.1038/s41598-018-35494-1
 17. Лазаренков А.М. Исследование условий труда работающих в литейных цехах при выполнении сварочных работ // Литье и металлургия. 2019. № 3. С. 163–165. doi: 10.21122/1683-6065-2019-3-163-165
 18. Park RM, Berg SL. Manganese and neurobehavioral impairment. A preliminary risk assessment. *Neurotoxicology*. 2018;64:159–165. doi: 10.1016/j.neuro.2017.08.003
 19. Трушкова Е.А., Ладная Е.В. Особенности профессиональных заболеваний электросварщиков при выполнении сварочных работ на производстве // Молодой ученый. 2016. № 18.1 (122.1). С. 25–27. Доступно по: <https://moluch.ru/archive/122/33781/> (дата обращения 07.06.2021).
 20. Ильяшенко Д.П., Гришагин В.М. Сварочный аэрозоль как основной фактор, влияющий на безопасность труда сварщика // Сварочное производство. 2009. № 5. С. 51–54.
 21. Riccelli MG, Goldoni M, Poli D, Mozzoni P, Cavallo D, Corradi M. Welding fumes, a risk factor for lung diseases. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(7):2552. doi: 10.3390/ijerph17072552
 22. Li H, Hedmer M, Kåredal V, et al. A cross-sectional study of the cardiovascular effects of welding fumes. *PLoS One*. 2015;10(7):e0131648. doi: 10.1371/journal.pone.0131648
 23. Sjögren B, Fossum T, Lindh T, Weiner J. Welding and ischemic heart disease. *Int J Occup Environ Health*. 2002;8(4):309–311. doi: 10.1179/107735202800338597
 24. Хаснулин В.И., Хаснулин П.В. Современные представления о механизмах формирования северного стресса у человека в высоких широтах // Экология человека. 2012. № 1. С. 3–11.
 25. Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р. Медико-физиологические аспекты жизнедеятельности в Арктике // Арктика: экология и экономика. 2015. № 1 (17). С. 70–75.
 26. Farbu EH, Höper AC, Brenn T, Skandfer M. Is working in a cold environment associated with musculoskeletal complaints 7–8 years later? A longitudinal analysis from the Tromsø Study. *Int Arch Occup Environ Health*. 2021;94(4):611–619. doi: 10.1007/s00420-020-01606-6

References

1. Gorbanev SA, Nikanov AN, Chashchin VP. Occupational medicine challenges in Russian Arctic area. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2017;(9):50–51. (In Russ.)
2. Saltykova MM, Bobrovnikskii IP, Yakovlev MYu, Banchenko AD, Nagornev SN. A new approach to the analysis of the influence of weather conditions on the human organism. *Gigiena i Sanitariya*. 2018;97(11):1038–1042. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-11-1038-42
3. Polyakova EM, Mel'tser AV, Chashchin VP, Erastova NV. Hygienic assessment of contribution made by cooling meteorological factors into occupational risks of health disorders for workers who have to work outdoors in cold season. *Health Risk Analysis*. 2020;(3):108–116. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2020.3.13
4. Tchashin VP, Siurin SA, Goudkov AB, Popova ON, Voronin AYU. Influence of industrial pollution of ambient air on health of workers engaged into open air activities in cold conditions. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2014;(9):20–26. (In Russ.)
5. Lakhman OL, Kolesov VG, Pankov VA, Rukavishnikov VS, Shayakhmetov SF, Dyakovich MP. [Vibrational disease of miners in Siberia and the Russian North caused by exposure to hand-arm vibration.] Irkutsk, 2008. (In Russ.)
6. Burström L, Järvholm B, Nilsson T, Wahlström J. White fingers, cold environment, and vibration – exposure among Swedish construction workers. *Scand J Work Environ Health*. 2010;36(6):509–513. doi: 10.5271/sjweh.3072
7. Syurin SA. On the influence of the cooling microclimate on the occupational pathology of wor-

- kers in the Arctic. *Bezopasnost' i Okhrana Truda*. 2020;(3(84)):74–77. (In Russ.)
8. Rakhmanov RS, Mikhannoshina NV. On problem of evaluation of health risk for population due to natural-climatic conditions of Kamchatka. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2014;(3(252)):7–9. (In Russ.)
 9. Bortkiewicz A, Gadzicka E, Szymczak W, Szyjowska A, Koszada-Włodarczyk W, Makowiec-Dabrowska T. Physiological reaction to work in cold microclimate. *Int J Occup Med Environ Health*. 2006;19(2):123–131. doi: 10.2478/v10001-006-0020-y
 10. Nagibovich OA, Ukhovsky DM, Zhekalov AN, *et al*. Mechanisms of hypoxia in Arctic zone of Russian Federation. *Vestnik Rossiyskoy Voenno-Meditsinskoy Akademii*. 2016;(2(54)):202–205. (In Russ.)
 11. Rakhmanov RS, Kolesov SA, Alikberov MKh, *et al*. Health risks for workers caused by weather and climatic conditions during a cold season. *Health Risk Analysis*. 2018;(2):70–77. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2018.2.08
 12. 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
 13. Ordiyants IM, Pobedinskaya OS, Makaeva DA, Alieva EA. Cytomorphometry forecasting miscarriage early pregnancy. *Mat' i Ditya v Kuzbasse*. 2014;(2(57)):108–111. (In Russ.) Accessed September 21, 2021. <https://mednauki.ru/index.php/MD/issue/viewIssue/55/54>
 14. Ttyornaya EE, Popov AD, Kasparova AE, Yurina MA, Shumilov SP. Pregnancy and adaptation in the conditions of the Subarctic region. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2018;(12):46–54. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2018-12-46-54
 15. Markova OL, Kir'yanova MN, Plekhanov VP, Ivanov va EV. Health risk factors among electric and gas welders using different types of welding. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2020;60(8):502–510. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-8-502-510
 16. Kirichenko KY, Agoshkov AI, Drozd VA, *et al*. Characterization of fume particles generated during arc welding with various covered electrodes. *Sci Rep*. 2018;8(1):17169. doi: 10.1038/s41598-018-35494-1
 17. Lazarenkov AM. A study of working conditions in foundries when performing welding operations. *Lit'e i Metallurgiya*. 2019;(3):163–165. (In Russ.) doi: 10.21122/1683-6065-2019-3-163-165
 18. Park RM, Berg SL. Manganese and neurobehavioral impairment. A preliminary risk assessment. *Neurotoxicology*. 2018;64:159–165. doi: 10.1016/j.neuro.2017.08.003
 19. Trushkova EA, Ladnaya EV. [Features of occupational diseases of electric welders when performing production welding.] *Molodoy Uchenyy*. 2016;(18.1(122.1)):25–27. (In Russ.) Accessed June 17, 2021. <https://moluch.ru/archive/122/33781/>
 20. Il'yashchenko DP, Grishagin VM. [Welding aerosol as the main factor affecting occupational safety of welders.] *Svarochnoye Proizvodstvo*. 2009;(5):51–54. (In Russ.)
 21. Riccelli MG, Goldoni M, Poli D, Mozzoni P, Cavallo D, Corradi M. Welding fumes, a risk factor for lung diseases. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(7):2552. doi: 10.3390/ijerph17072552
 22. Li H, Hedmer M, Kåredal V, *et al*. A cross-sectional study of the cardiovascular effects of welding fumes. *PLoS One*. 2015;10(7):e0131648. doi: 10.1371/journal.pone.0131648
 23. Sjögren B, Fossum T, Lindh T, Weiner J. Welding and ischemic heart disease. *Int J Occup Environ Health*. 2002;8(4):309–311. doi: 10.1179/107735202800338597
 24. 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.)
 25. 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.)
 26. Farbu EH, Höper AC, Brenn T, Skandfer M. Is working in a cold environment associated with musculoskeletal complaints 7–8 years later? A longitudinal analysis from the Tromsø Study. *Int Arch Occup Environ Health*. 2021;94(4):611–619. doi: 10.1007/s00420-020-01606-6



© Малькова Н.Ю., Петрова М.Д., 2021

УДК 613.6: 621.382.2/3

Методы и аппаратура на основе низкоинтенсивного лазерного излучения для профилактики профессионально обусловленных заболеваний у работников прецизионного труда

Н.Ю. Малькова^{1,2}, М.Д. Петрова¹¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 2-я Советская ул., д. 4, г. Санкт-Петербург, 191015, Российская Федерация²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Кирочная ул., д. 41, г. Санкт-Петербург, 191015, Российская Федерация

Резюме

Введение. Проблема сохранения здоровья работающих в микроэлектронике и подверженных в процессе трудовой деятельности воздействию неблагоприятных факторов, в том числе напряжению и перенапряжению мышц верхних конечностей, напряжению зрения, приобретает особую актуальность.

Цель – внедрение разработанных и запатентованных способов на основе действия низкоинтенсивного лазерного излучения для восстановления нарушенных в результате трудового процесса функций зрения и костно-мышечной системы.

Материалы и методы. Исследования проведены на 65 сборщиках микросхем в возрасте 26–41 года. Лазерное излучение красной области спектра действовало на глаза, на тыльную поверхность кистей рук, воротниковую зону. Все работающие осматривались неврологом, хирургом. Изучались условия труда. Работу аккомодационного аппарата исследовали на аккомодометре типа АКА-01.

Результаты исследований. После проведения 5 сеансов по 10 минут отмечается увеличение объема абсолютной аккомодации в период наблюдения до работы на 28 %, после работы – на 19 %. В дальнейшие дни наблюдения отмечается рост объема аккомодации в течение 10 дней с последующим снижением к 30-му дню наблюдения. Применение методов профилактики приводит к исчезновению вертебро-неврологических симптомов шейного отдела позвоночника у всех работающих. Кровенаполнение пальцев кистей рук увеличивается по сравнению с исходным состоянием на 66 %.

Обсуждение. Действие лазерного излучения улучшает кровоснабжение, способствует активации окислительно-восстановительных процессов в сетчатой оболочке глаза, клетках кожи и сосудов.

Заключение. Низкоинтенсивное лазерное излучение красной области спектра снимает спазм аккомодации и нормализует работоспособность аккомодационного аппарата, действие излучения лазера красной области спектра на область шейного отдела позвоночника приводит к исчезновению вертебро-неврологических симптомов шейного отдела; действие на тыльную поверхность кистей рук – к улучшению кровоснабжения. Внедрение разработанных методов профилактики предупредит развитие профессиональных заболеваний, снизит инвалидизацию больных.

Ключевые слова: профилактика, лазерное излучение, профессионально обусловленные заболевания, прецизионный труд.

Для цитирования: Малькова Н.Ю., Петрова М.Д. Методы и аппаратура на основе низкоинтенсивного лазерного излучения для профилактики профессионально обусловленных заболеваний у работников прецизионного труда // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 9. С. 78–83. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-78-83>

Сведения об авторах:

✉ **Малькова** Наталья Юрьевна – д.б.н., главный научный сотрудник отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; профессор кафедры гигиены условий воспитания, обучения, труда и радиационной гигиены ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России; e-mail: lasergmal@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0426-8851>.

Петрова Милена Дмитриевна – младший научный сотрудник отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: petrovoi.md@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5506-6523>.

Информация о вкладе авторов: Малькова Н.Ю. – концепция и дизайн исследования, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, сбор и обработка материала, обзор публикаций по теме статьи, анализ собранных данных, написание текста; Петрова М.Д. – сбор и обработка материала, обзор публикаций по теме статьи, анализ собранных данных, написание текста.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 08.07.21 / Принята к публикации: 20.08.21 / Опубликовано: 30.09.21

Low-Level Laser Therapy Techniques and Equipment for Occupational Disease Prevention in Precision Workers

Natalia Yu. Mal'kova,^{1,2} Milena D. Petrova¹¹Northwest Public Health Research Center,
4 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation²North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov,
41 Kirochnaya Street, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation

Summary

Background: The problem of protecting and maintaining health of workers in the microelectronics industry exposed to adverse occupational factors including tension and overstrain of the muscles of the upper extremities and visual strain, gains special relevance.

Objective: Introduction of the developed and patented low-level laser therapy techniques to recover functions of vision and the musculoskeletal system impaired in the course of work.

Materials and methods: The study involved 65 chip assemblers aged 26–41 years. Their eyes, the back of the hands, and the collar area were exposed to low-level laser radiation from the red region of the spectrum. All employees were examined by a neurologist and a surgeon and their working conditions were evaluated. The accommodation apparatus was tested using an AKA-01 type accommodation meter.

Results: After five 10-minute sessions, we registered an increase in the volume of absolute accommodation during the observation period before and after the work shift by 28 % and 19 %, respectively. On subsequent days of observation, we noted an increase in the accommodation during 10 days, followed by a decrease by the 30th day of observation. Application of preventive techniques helped eliminate spinal cord disorders in all workers. Blood circulation in fingers increased by 66 % compared to the initial condition.

Discussion: Low-level laser therapy improves blood supply, intensifies redox processes in the retina of the eye, skin cells, and blood vessels.

Conclusions: Low-level laser radiation of the red region of the spectrum relieves the spasm of accommodation and normalizes the efficiency of the accommodation apparatus. Such laser therapy helps eliminate spinal cord disorders and improve blood circulation. Introduction of the developed techniques can prevent occupational diseases and reduce disability in patients.

Keywords: prevention, laser therapy, occupational diseases, precision work.

For citation: Mal'kova NYu, Petrova MD. Low-level laser therapy techniques and equipment for occupational disease prevention in precision workers. *Zdorov'e Naseleeniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(9):78–83. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-78-83>

Author information:

✉ Natalia Yu. Mal'kova, Dr. Sci. (Biol.), Chief Researcher, Department of Complex Hygienic Assessment of Physical Factors, Northwest Public Health Research Center; Professor of the Department of Hygiene of Educational and Training Conditions, Occupational and Radiation Hygiene, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; e-mail: lasergrmal@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0426-8851>.

Milena D. Petrova, Junior Researcher, Department of Complex Hygienic Assessment of Physical Factors, Northwest Public Health Research Center; e-mail: petrovoi.md@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5506-6523>.

Author contributions: Malkova N.Yu. developed the study conception and design; Mal'kova N.Yu. and Petrova M.D. collected, processed and analyzed data, did a literature review, wrote the manuscript, and approved its final version.

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

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

Received: June 8, 2021 / Accepted: August 20, 2021 / Published: September 30, 2021

Введение. Уровень развития, технологический и культурный суверенитет современного общества определяется научными достижениями в области радиоэлектроники, технологии передачи и обработки растущего объема информации и характеризуется широким использованием полупроводниковых приборов (ПП) и интегральных микросхем (ИМС), действие которых основано на электронных процессах в полупроводниках [1–3].

Изделия микроэлектроники – интегральные микросхемы (ИМС), микропроцессоры – позволяют проектировать и выпускать в промышленных масштабах перспективную, передовую, функционально сложную аппаратуру. Элементная база электроники развивается непрерывно ускоряющимися темпами, продолжает совершенствоваться в наиболее востребованных направлениях – функционального усложнения, повышения надежности и срока службы, уменьшения габаритных размеров, массы, стоимости и потребляемой энергии. Это связано со значительным усложнением требований и задач, решаемых электронной аппаратурой, что привело к росту числа элементов в ней. Тайваньский исследовательский институт Market Intelligence & Consulting Institute (MIC) прогнозирует, что мировой рынок полупроводников будет постоянно расти. По мнению специалистов MIC, позитивную динамику в отрасли обеспечит коммерческое внедрение мобильной связи 5G и спрос на оборудование для высокопроизводительных вычислений (High Performance Computing, HPC), который усилился на фоне пандемии COVID-19 [4]. Разрабатываемые сейчас сложные системы содержат десятки миллионов элементов. Повышение надежности, микроминиатюризация электронных компонентов и комплексная миниатюризация аппаратуры невозможна без применения особо чистых материалов, точного технологического и контрольного оборудования, производственных помещений, удовлетворяющих высоким требованиям технологической гигиены, которых нет в других промышленных отраслях.

На микроэлектронику приходится наибольшая доля всех строящихся в мире чистых помещений, на строительство и эксплуатацию которых расходуются миллионы долларов в год [5].

Проблема сохранения здоровья работающих, подверженных в процессе трудовой деятельности воздействию неблагоприятных факторов, в том числе напряжению и перенапряжению мышц верхних конечностей, напряжению зрения, приобретает особую актуальность.

Цель исследования: внедрение разработанных и запатентованных способов на основе действия низкоинтенсивного лазерного излучения для восстановления нарушенных в результате трудового процесса функций зрения и костно-мышечной системы.

Материалы и методы исследования. Исследования проведены на 65 сборщиках микросхем в возрасте 26–41 года. Лазерное излучение красной области спектра, действуя на глаза, на тыльную поверхность кистей рук, воротниковую зону, улучшает их кровообращение. Все работающие осматривались неврологом, хирургом. Оценивалось периферическое кровообращение кистей рук методом реографии на аппаратно-программном комплексе «Мицар-РЕО» до проведения профилактических мероприятий и после них. Изучались условия труда¹.

Снятие спазма аккомодации проводится с использованием аппарата АЛП-02 (рег. удостоверение ФСР № 2008/01897 от 23.09.2008). Ежедневно на протяжении 5 дней перед обеденным перерывом (через 4 часа работы) проводилось воздействие низкоинтенсивного лазерного излучения в течение 10 минут на глаза, энергетической освещенностью $5 \cdot 10^{-6}$ Вт/см².

При попадании света лазера на фоторецепторы сетчатки, пигментный эпителий происходит активация окислительно-восстановительной тиолдисульфидной системы, которая способствует регенерации родопсина сетчатки, ответственного за функцию зрения. Увеличение кровенаполнения аккомодационного аппарата глаза способствует расслаблению цилиарной мышцы, тем самым

¹ Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Р 2.2.2006–05. СПб.: ЦОТБСППО, 2005. 144 с.



Рис. 1. Положение пациента во время проведения процедуры по снятию спазма аккомодации

Fig. 1. Position of the patient during the procedure for relieving the spasm of accommodation



Рис. 2. Положение пациента во время проведения процедуры на руки

Fig. 2. Position of the patient during low-level laser therapy on pain reduction and improvement in function in the hands



Рис. 3. Положение пациента при выполнении процедуры на воротниковую зону

Fig. 3. Position of the patient during low-level laser therapy of the collar area

увеличивает объем аккомодации, улучшение обменных процессов и, в свою очередь, способствует улучшению функции зрения.

Для профилактики заболеваний верхних конечностей используется прибор АЛП-01 (рег. удостоверение ФСР 2008/03937 от 29.12.2008). Процедуру проводят в положении пациента сидя. Руки располагают на столе в оптимальном физиологическом положении: мышцы кисти, плеча и предплечья максимально расслаблены. Диффузно-рассеянное излучение длиной волны 0,65 мкм направляют на тыльную поверхность кистей рук. Выходная мощность — 10–15 мВт, длительность сеанса — 3–5 минут, курс — 5–7 дней.

Для профилактики вертебро-неврологической симптоматики шейного отдела позвоночника на область шейного отдела действуют диффузно-рассеянным лазерным излучением красной области спектра. Длина волны излучения — 0,65 мкм, выходная мощность — 10–15 мВт, длительность сеанса — 5 минут, курс — 7–10 дней. Процедуру проводят в положении пациента сидя в удобной позе при максимально расслабленных мышцах верхнего плечевого пояса.

Работу аккомодационного аппарата исследовали на аккомодометре типа АКА-01. Определялась ближайшая и дальняя точки ясного видения, рассчитывался объем абсолютной аккомодации. Объем абсолютной аккомодации определялся разностью между дальнейшей и ближайшей точками ясного видения, выраженной в диоптриях.

Результаты исследования. Во время работы на микросборщик действует комплекс неблагоприятных факторов, среди которых особое место занимают сенсорные нагрузки при длительности сосредоточенного наблюдения во время работы с микроскопом более 51 %, рабочая поза. Это ведет к развитию устойчивого утомления зрительного анализатора, а статическое и динамическое напряжение мышц рук при работе, в свою очередь, сопровождается развитием перенапряжения мышц верхних конечностей, ангиоспазма. Напряжение мышц шейного отдела позвоночника приводит к развитию вертебро-неврологической симптоматики шейного отдела позвоночника. Работа в режиме «сидя» — неудобный рабочий стул, отсутствие подлокотников, подставки для ног — может приводить к заболеваниям суставов верхних и нижних конечностей. Работающие жалуются на чувство дискомфорта в глазах: жжение, двоение, боль, покраснение глаз, слезотечение, затуманивание зрения, а также боль в области лба и висков, боли в шейном отделе позвоночника, тяжесть в области надплечий, боли в шейно-затылочной области, при повороте головы. Кроме этого, выявлялись жалобы на онемение пальцев рук, боли в кистях, их небольшую отечность. Объективное обследование выявило понижение остроты зрения в 31 % случаев, спазм аккомодации в 62 % случаев, болезненность движений в шейном отделе позвоночника, уплотнение паравerteбральных, надлопаточных мышц, болезненность надлопаточных точек и точек Эрба: вертебро-неврологическая симптоматика шейного уровня позвоночника у микросборщиков выявлена в 68,6 % случаев, нарушение регионарного кровообращения кистей рук — в 32,2 % случаев, гипестезия кончиков пальцев кистей рук — в 27,4 % случаев.

Экспериментальные исследования показали, что в основе механизма действия лазерного

излучения лежит изменение тонуса сосудов, увеличение амплитуды и частоты сокращения сосудов, улучшение кровенаполнения, обменных процессов в исследуемых органах. Усиливается выведение недоокисленных продуктов, так как повышается активность антиоксидантной системы [6–11]. Происходит активация окислительно-восстановительной тиолдисульфидной системы, активизируются обменные процессы в клетках организма [12–15].

После проведения профилактических мероприятий уменьшаются жалобы на боль, резь в глазах, слезотечение, головные боли и плохой сон.

Исследование аккомодационного аппарата в динамике рабочего дня до проведения профилактических мероприятий установило, что объем абсолютной аккомодации находится в пределах возрастной нормы и при выполнении работ высокой точности с использованием микроскопа снижается к концу рабочего дня. Уже через 2 часа работы наблюдается удаление ближайшей точки ясного видения на 0,55 дптр и приближение дальнейшей точки ясного видения на 0,96 дптр.

В таблице представлены средние величины объема абсолютной аккомодации работающих до и после профилактических мероприятий.

После проведения 5 сеансов по 10 минут отмечается увеличение объема абсолютной аккомодации в период наблюдения до работы на 28 %, после работы – на 19 %. Достоверное увеличение объема абсолютной аккомодации отмечается в период наблюдения до работы и в конце смены через 5 дней восстановления и далее (см. таблицу). В дальнейшие дни наблюдения отмечается рост объема аккомодации в течение 10 дней с последующим снижением к 30-му дню наблюдения. При этом сохраняются повышенные цифры по сравнению с исходными данными до действия излучения на 32 %. Эффект действия связан с приближением ближней точки ясного зрения и удалением дальней точки ясного зрения, т. е. объем аккомодации существенно увеличивается, что свидетельствует о снятии спазма аккомодации.

Уменьшается количество жалоб на боли в шейном отделе позвоночника, в руках, исчезает онемение пальцев кистей рук, улучшается сон. Применение методов профилактики приводит к исчезновению вертебро-неврологической симптоматики шейного отдела позвоночника у всех работающих.

Кровенаполнение пальцев кистей рук увеличивается по сравнению с исходным состоянием на 66 %.

Обсуждение. На микросборщиц действует комплекс неблагоприятных факторов, среди которых особое место занимают сенсорные нагрузки. Работа с микроскопом при длительности сосредоточенного наблюдения более 51 % рабочего времени приводит к развитию зрительного утомления, спазму аккомодации. Спазм аккомодации, называемый также ложной близорукостью и синдромом усталых глаз, – это нарушение аккомодации вдаль, которое вызывает зафиксированное напряжение цилиарной мышцы, в данном случае за счет длительной, более 50 % времени смены, работы под микроскопом. Важно своевременно выявить спазм аккомодации и провести профилактические мероприятия, что позволяет как восстановить качество зрения, так и предупредить осложнения, связанные с нарушением аккомодации [16–18].

Действие лазерного излучения улучшает кровоснабжение и питание глазных мышц. Это было установлено при проведении экспериментальных исследований на животных при действии на глаза излучением гелий-неонового лазера. Показано, что активация окислительно-восстановительной тиолдисульфидной системы глаза способствует регенерации родопсина, SH-группы которого необходимы для его функционирования, выявляются усиление обменных процессов, увеличение кровенаполнения [19].

Улучшения со стороны костно-мышечной системы наблюдаются при действии лазерного излучения за счет изменения тонуса сосудов, увеличения амплитуды и частоты сокращения сосудов, улучшения кровенаполнения, обменных процессов в исследуемых органах. Усиливается выведение недоокисленных продуктов, так как повышается активность антиоксидантной системы. Происходит активация окислительно-восстановительной тиолдисульфидной системы. Активизируются обменные процессы в сетчатой оболочке глаза, клетках кожи, костной ткани. Появление ответной реакции антиперекисных ферментных систем крови свидетельствует об усилении процессов свободнорадикального окисления. Это препятствует появлению свободных радикалов, перекисных соединений, способствующих прогрессированию заболевания [19–21].

Аналогичные данные получены и при применении данного способа у ювелиров [22].

Заключение. Многолетние исследования патогенеза действия лазерного излучения позволили обосновать метод снятия зрительного утомления при работе со зрительными нагрузками, разработать методы профилактики заболеваний костно-мышечной системы верхних конечностей,

Таблица. Средние величины объема абсолютной аккомодации глаза у представителей обследуемой группы в динамике исследования ($M \pm m$), дптр

Table. Average values of the volume of absolute accommodation of the eye in the examined cohort in the course of the study ($M \pm m$), diopters

Период наблюдения / Observation period	До работы / Before work shift	В конце смены / After work shift
Исходное состояние / Initial condition	6,61 ± 1,19	6,01 ± 1,18
После 5 сеансов / After 5 sessions	8,43 ± 1,16	7,82 ± 1,15
Через 5 дней восстановления / After 5 days of recovery	9,04 ± 1,14*	8,71 ± 1,17*
Через 10 дней восстановления / After 10 days of recovery	9,71 ± 1,21*	8,97 ± 1,13*
Через 20 дней восстановления / After 20 days of recovery	9,24 ± 1,13*	8,84 ± 1,16*
Через 30 дней восстановления / After 30 days of recovery	9,04 ± 1,18*	8,77 ± 1,21*

Примечание: * – достоверные изменения по отношению к исходному состоянию.

Note: * significant changes compared to the initial condition.

вертебро-неврологической симптоматики шейного отдела позвоночника.

Низкоинтенсивное лазерное излучение эффективно снимает спазм аккомодации и нормализует работоспособность аккомодационного аппарата, действие излучения лазера красной области спектра на область шейного отдела позвоночника приводит к исчезновению вертебро-неврологических симптомов шейного отдела; действие на тыльную поверхность кистей рук – к улучшению кровоснабжения.

Внедрение разработанных методов профилактики предупредит развитие профессиональных заболеваний, снизит инвалидизацию больных.

Список литературы

1. Белоус А.И., Лабунов В.А., Солодуха В.А. Современная микроэлектроника: тенденции развития, проблемы и угрозы // 4-я Международная научная конференция «Электронная компонентная база и микроэлектронные модули». Сборник тезисов, Республика Крым, г. Алушта, 1–6 октября 2018 г. 2018. М.: Техносфера, 2019. С. 18–23.
2. Назаркин М.Ю. Микроэлектроника в медицине // 4-я Международная научная конференция «Электронная компонентная база и микроэлектронные модули». Сборник тезисов, Республика Крым, г. Алушта, 1–6 октября 2018 г. М.: Техносфера, 2018. С. 169.
3. Интегральные микросхемы – Научная библиотека. Электронный ресурс. Доступно по: http://scask.ru/b_book_re.php?id=11 (дата обращения: 01.10.2019).
4. Global semiconductor market is projected to grow 10.1 % year-on-year in 2021 owing to surging demand for HPC and 5G: MIC. October 19, 2020. https://mic.iii.org.tw/English/PressRelease_Detail.aspx?sqno=13061&type=Press&DataClass=Press%20Room
5. Проектирование чистых помещений. Под ред. В. Уайта. Пер. с англ. Второе издание. М.: изд. «Клинтрум», 2004. 360 с.
6. Родионова Л.П., Гончарова Л.Л., Ушкова И.Н. Изучение состояния антиоксидантной системы экспериментальных животных при гигиеническом нормировании лазерного излучения // Гигиена труда и профессиональные заболевания. 1986. № 11. С. 49–51.
7. Соколовский В.В., Ушкова И.Н., Березин Ю.Д. и др. О стимулирующем эффекте действия излучения гелий-неонового лазера на глаза кролика // Офтальмологический журнал. 1990. № 3. С. 176–178.
8. Ушкова И.Н., Гришина Е.Ф., Покровская Л.А. О нормировании отраженного лазерного излучения // Врачебное дело. 1986. № 10. С. 112–116.
9. Ушкова И.Н., Малькова Н.Ю., Покровская Л.А. О безопасности лечения излучением лазеров различных длин волн // Материалы международного симпозиума по применению лазеров в хирургии и медицине. М., 1988. С. 286–288.
10. Ушкова И.Н., Малькова Н.Ю., Покровская Л.А. Чувствительность организма животных к излучению СО₂-лазера // Гигиена и санитария. 1989. № 10. С. 45–47.
11. Ушкова И.Н. Предельно-допустимый уровень лазерного излучения длиной волны 10,6 мкм // Радиобиология. 1990. № 30. Вып. 4. С. 512–516.
12. Атчабаров Б.А., Бойко З.Ф. К механизму лечебного действия монохроматического красного света низкой интенсивности // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 1980. № 6. С. 53–54.
13. Корочкин И.М., Облокулов И.У., Федулаев Ю.Н. Эффективность применения инвазивной гелий-неоновой лазеротерапии в комбинации с тренталом у больных с хронической сердечной

недостаточностью // Лазерная медицина. 2007. Т. 11. № 2. С. 4–7.

14. Малькова Н.Ю., Журба В.М. Методы и аппаратура для профилактики и лечения производственно обусловленных заболеваний // Медицина труда и промышленная экология. 2017. № 9. С. 119–120.
15. Зубкова С.М., Крылов О.А. Действие гелий-неонового лазера на окислительно-восстановительные процессы в митохондриях // Вопросы экспериментальной и клинической физиотерапии: тр. ЦНИИ курортологии и физиотерапии. М., 1976. Т. 32. С. 18–19.
16. Peinado GA, Merino Sanz P, Del Cerro Pérez I, Gómez de Liaño Sánchez P. Unilateral accommodation spasm: Case report and literature review. *Arch Soc Esp Oftalmol* (Engl Ed). 2019;94(6):285–287. doi: 10.1016/j.oftal.2019.01.010
17. Starynets MO, Ocheredko OM. [Evaluation on changes in risk of spasm of accommodation in pupils due to implementation of prevention program]. *Wiad Lek.* 2018;71(3 pt 2):628–634. (In Ukrainian.)
18. Gedar Totuk OM, Aykan U. A new treatment option for the resistant spasm of accommodation: clear lens extraction and multifocal intraocular lens implantation. *Int J Ophthalmol.* 2018;11(1):172–174. doi: 10.18240/ijo.2018.01.28
19. Соколов И.А., Малькова Н.Ю. Зрительное утомление в современных условиях и пути его профилактики. Медицина труда и промышленная экология. 2018. № 5. С. 39–43. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-5-39-43>
20. Ерофеев Н.П., Захарова Л.Б., Малькова Н.Ю. Сократительная активность гладкомышечных клеток воротной вены при действии лазерного излучения // В сб. науч. работ под ред. чл.-корр. РАЕН, д.м.н., проф. А.В. Борисова. Структурно-функциональные основы лимфатической системы. СПб., 1997. С. 63–63.
21. Соколовский В.В. Тиоловые соединения в биохимических механизмах жизнедеятельности // В сб. науч. тр. под ред. проф. В.В. Соколовского. Тиоловые соединения в биохимических механизмах патологических процессов. Л.: ЛСГМИ, 1979. С. 5–9.
22. Малькова Н.Ю. Петрова М.Д. Опыт применения комплекса лечебно-профилактических мероприятий у ювелиров // Профилактическая медицина – 2019: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 14–15 ноября 2019 г. / под ред. А.В. Мельцера, И.Ш. Якубовой. Ч. 2. СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2019. С. 40–45.

References

1. Belous AI, Labunov VA, Solodukha VA. [Modern microelectronics: development trends, problems and threats.] In: *Proceedings of the Fourth International Scientific Conference "Electronic Component Base and Microelectronic Modules", Alushta, Republic of Crimea, October 1–6, 2018.* Moscow: Tekhnosfera Publ., 2018:18–23. (In Russ.)
2. Nazarkin MYu. [Microelectronics in medicine.] In: *Proceedings of the Fourth International Scientific Conference "Electronic Component Base and Microelectronic Modules", Alushta, Republic of Crimea, October 1–6, 2018.* Moscow: Tekhnosfera Publ., 2018:169. (In Russ.)
3. [Integrated Circuits – Scientific Library.] (In Russ.) Accessed September 19, 2021. http://scask.ru/b_book_re.php?id=11
4. Global semiconductor market is projected to grow 10.1 % year-on-year in 2021 owing to surging demand for HPC and 5G: MIC. October 19, 2020. https://mic.iii.org.tw/English/PressRelease_Detail.aspx?sqno=13061&type=Press&DataClass=Press%20Room

5. *Cleanroom Design*. Whyte W, ed. 2nd ed. Moscow: Cleanroom Publ., 2004. (In Russ.)
6. Rodionova LP, Goncharova LL, Ushkova IN. [The study of the antioxidant system of experimental animals in the course of hygienic standardization of laser radiation.] *Gigiena Truda i Professional'nye Zabollevaniya*. 1986;(11):49–51. (In Russ.)
7. Sokolovskiy VV, Ushkova IN, Berezin YuD, et al. [On the stimulating effect of radiation of a helium-neon laser on rabbit's eyes.] *Oftal'mologicheskii Zhurnal*. 1990;(3):176–178. (In Russ.)
8. Ushkova IN, Grishina EF, Pokrovskaya LA. [On standardization of reflected laser radiation.] *Vrachebnoye Delo*. 1986;(10):112–116. (In Russ.)
9. Ushkova IN, Mal'kova NYu, Pokrovskaya LA. [About the safety of treatment with laser radiation of various wavelengths.] In: *Proceedings of the International Symposium on Laser Applications in Surgery and Medicine*. Moscow, 1988:286–288. (In Russ.)
10. Ushkova IN, Mal'kova NYu, Pokrovskaya LA. [Sensitivity of animals to radiation of a CO₂ laser.] *Gigiena i Sanitariya*. 1989;(10):45–47. (In Russ.)
11. Ushkova IN. [The maximum permissible level of laser radiation with a wavelength of 10.6 microns.] *Radiobiologiya*. 1990;(30(4)):512–516. (In Russ.)
12. Atchabarov BA, Boyko ZF. [On the mechanism of therapeutic action of low-intensity monochromatic red light.] *Voprosy Kurortologii, Fizioterapii i Lechebnoy Fizicheskoy Kul'tury*. 1980;(6):53–54. (In Russ.)
13. Korochkin IM, Oblokulov IU, Fedulajev YuN. The efficiency of combination of invasive He-Ne lasertherapy and preparation trental in patients with chronic cardiac insufficiency. *Lazernaya Meditsina*. 2007;11(2):4–7. (In Russ.)
14. Mal'kova NYu, Zhurba VM. Techniques and equipment for prevention and treatment of occupationally caused diseases. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2017;(9):119–120. (In Russ.)
15. Zubkova SM, Krylov OA. [Effect of a helium-neon laser on redox processes in mitochondria.] In: *Issues of Experimental and Clinical Physiotherapy: Collection of Works of the Central Research Institute of Balneology and Physiotherapy*. Moscow, 1976;32:18–19. (In Russ.)
16. Peinado GA, Merino Sanz P, Del Cerro Pérez I, Gymez de Liaño Sánchez P. Unilateral accommodation spasm: Case report and literature review. *Arch Soc Esp Ophthalmol* (Engl Ed). 2019;94(6):285–287. doi: 10.1016/j.oftal.2019.01.010
17. Starynets MO, Ocheredko OM. [Evaluation on changes in risk of spasm of accommodation in pupils due to implementation of prevention program]. *Wiad Lek*. 2018;71(3 pt 2):628–634. (In Ukrainian.)
18. Gedar Totuk OM, Aykan U. A new treatment option for the resistant spasm of accommodation: clear lens extraction and multifocal intraocular lens implantation. *Int J Ophthalmol*. 2018;11(1):172–174. doi: 10.18240/ijo.2018.01.28
19. Sokolov IA, Mal'kova NYu. Visual fatigue nowadays and ways of its prevention. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2018;(5):39–43. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2018-5-39-43
20. Yerofeyev NP, Zakharova LB, Mal'kova NYu. [Contractile activity of smooth muscle cells of the portal vein under the effect of laser radiation.] In: Boriso-va AV, ed. *Structural and Functional Foundations of the Lymphatic System*. St. Petersburg, 1997:63. (In Russ.)
21. Sokolovskiy VV. [Thiol compounds in biochemical mechanisms of vital activity.] In: Sokolovskiy VV, ed. *[Thiol Compounds in Biochemical Mechanisms of Pathological Processes]*. Leningrad: LSGMI Publ., 1979:5–9. (In Russ.)
22. Mal'kova NYu, Petrova MD. [Experience in applying a complex of medical and preventive measures for jewelers.] In: *Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation "Preventive Medicine – 2019", St. Petersburg, November 14–15, 2019*. Meltzer AV, Yakubova ISh, eds. St. Petersburg: Mechnikov SZGMU Publ., 2019;(2):40–45. (In Russ.)



© Логинова Н.Н., 2021

УДК 613.62:616.85:617.57

Оценка степени выраженности профессиональной патологии и коморбидного статуса у больных с профессиональной полинейропатией верхних конечностей

Н.Н. Логинова

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

Резюме

Введение. Профессиональная полинейропатия верхних конечностей от воздействия физических перегрузок регулярно регистрируется среди работников различных профессий. Однако современные данные о комплексной оценке состояния больных с данной патологией (выраженность профессиональной патологии, наличие сопутствующих общих заболеваний) практически отсутствуют.

Цель исследования – характеристика степени выраженности ПП и коморбидного статуса у работников различных профессиональных групп, оценка их значимости для планирования мероприятий по профессиональной реабилитации больных.

Материалы и методы. Изучены степень выраженности профессиональной полинейропатии и коморбидный статус у больных различных профессий (сельскохозяйственные, строительные и промышленные рабочие, шахтеры).

Результаты. По всем группам работников профессиональная полинейропатия регистрируется преимущественно у лиц среднего и пожилого возраста в умеренно выраженных проявлениях, в большинстве случаев сочетается с другими профессиональными заболеваниями опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы. У шахтеров, страдающих данным вариантом полинейропатии, часто отмечается и хронический пылевой бронхит. Из непрофессиональных заболеваний во всех группах наиболее распространены ишемическая болезнь сердца, гипертоническая болезнь, дорсопатии, остеоартрозы различных локализаций, которые ограничивают трудоспособность больных.

Обсуждение. У больных разных профессиональных групп имеются различия по степени выраженности полинейропатии и коморбидному статусу, что надо учитывать при планировании реабилитации работников. Отмечено несовершенство действующей нормативной базы в области экспертизы профессиональной пригодности, в соответствии с которой больным с профессиональной полинейропатией не могут быть установлены противопоказания для продолжения работы в условиях физических перегрузок, что затрудняет медицинскую и профессиональную реабилитацию работников.

Заключение. Указанные особенности нормативных актов осложняют проведение эффективной реабилитации больных с профессиональной полинейропатией и иными ассоциированными с ней заболеваниями и должны быть исправлены.

Ключевые слова: профессиональная полинейропатия, коморбидность, трудоспособность, профессиональная реабилитация.

Для цитирования: Логинова Н.Н. Оценка степени выраженности профессиональной патологии и коморбидного статуса у больных с профессиональной полинейропатией верхних конечностей // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 9. С. 84–90. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-84-90>

Сведения об авторе:

✉ Логинова Наталья Николаевна – врач-невролог отделения клинических исследований; e-mail: klinika-5@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2239-3138>.

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

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 08.07.21 / Принята к публикации: 20.08.21 / Опубликовано: 30.09.21

Assessment of Disease Severity and Comorbidity Status in Patients with Occupational Polyneuropathy of Upper Extremities

Nataliya N. Loginova

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

Summary

Introduction: Occupational polyneuropathy of upper extremities induced by physical overload is often registered among workers of various occupations. Yet, modern science lacks up-to-date results of a comprehensive assessment of the condition of such patients in terms of occupational disease severity and the presence of concomitant non-occupational diseases.

Objective: To establish severity of the occupational disease and comorbidity status in workers of various occupations, to assess their significance for planning measures aimed at professional rehabilitation of patients.

Materials and methods: Severity of occupational polyneuropathy and comorbidity status were established in agricultural, construction, industrial, and mining workers.

Results: In all cohorts of workers, occupational polyneuropathy is generally registered in middle-aged and elderly people usually experiencing moderate symptoms; in most cases, it is combined with other occupational diseases of the musculoskeletal system and the peripheral nervous system. Miners suffering from this type of polyneuropathy are often diagnosed with chronic industrial bronchitis. Of non-occupational disorders, ischemic heart disease, hypertension, dorsopathies, and osteoarthritis of various sites prevail in all occupational cohorts and limit the ability of patients to work.

Discussion: The severity of polyneuropathy and comorbidity status of patients from different occupational cohorts vary and this fact shall be taken into account when planning medical and professional rehabilitation of workers, which is usually hampered due to imperfection of the current regulations on examining professional suitability, according to which occupational peripheral neuropathy cases shall not stop working in conditions of physical overload.

Conclusions: It is critical to attend to the flaws of current regulations, which impede effective rehabilitation of patients with occupational polyneuropathy and other associated diseases.

Keywords: occupational polyneuropathy, comorbidity, ability to work, rehabilitation.

For citation: Loginova NN. Assessment of disease severity and comorbidity status in patients with occupational polyneuropathy of upper extremities. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(9):84-90. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-84-90>

Author information:

✉ Nataliya N. Loginova, neurologist, Clinical Research Department, Northwest Public Health Research Center; e-mail: klinika-5@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2239-3138>.

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

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

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

Received: June 8, 2021 / Accepted: August 20, 2021 / Published: September 30, 2021

Введение. Профессиональная полинейропатия (ПП) верхних конечностей от воздействия физических перегрузок является достаточно широко и регулярно регистрируемым профессиональным заболеванием (ПЗ) в Северо-Западном федеральном округе РФ. По нашим расчетам, среди пациентов, проходивших обследование в ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора (далее — СЗНЦ) за 2018–2020 гг., ПП отмечалась у 20,6 % больных, которым впервые был установлен диагноз ПЗ, и у 24,4 % пациентов, находившихся под динамическим наблюдением после установления диагноза ПЗ. По данным, предоставляемым в СЗНЦ центрами профпатологии указанной территории, частота регистрации ПП в Северо-Западном федеральном округе за 2018–2020 гг. колебалась в диапазоне 14,6–19,2 % от всех ПЗ периферической нервной системы или 45,8–54,9 % от всех ПЗ, вызванных физическими перегрузками.

Рассматриваемый нами вариант ПП трудно поддается лечению, даже при регулярной комплексной медицинской реабилитации его клиническая симптоматика сохраняется годами [1–4]. Поэтому важным этапом в реабилитации больных является подбор для них новой профессии, условия труда в которой не противопоказаны пациентам по состоянию здоровья. Как по данным исследований 80-х годов прошлого века [1], так и в настоящее время (по данным наших исследований) ПП преимущественно регистрируется у больных среднего и пожилого возраста. По нашим данным, в современной ситуации в разных профессиональных группах возраст больных на момент первичной диагностики ПП колеблется от 48 до 51 года, когда риск развития ряда общих (не профессиональных) заболеваний является уже существенным. Кроме того, ПП, как правило, у одного и того же больного сочетается еще с 1–2 иными ПЗ. В такой ситуации при разработке рекомендаций по трудоустройству больных с профессиональными неврологическими заболеваниями в иные профессии важное значение имеет информация не только о степени выраженности неврологической патологии, но и о наличии других ПЗ, а также и о том, с какими иными общими заболеваниями сочетается имеющийся у больного комплекс профессиональной патологии [5–7].

Указанный вывод основан и на предписаниях вступившего в силу с 01.04.2021 приказа Министерства здравоохранения Российской Федерации от 28.01.2021 № 29н¹ (далее — Приказ 29н), согласно которому для заболевания или группы заболеваний, выявленных у работника,

устанавливается перечень вредных производственных факторов (ВПФ), которые квалифицируются как медицинские противопоказания для допуска к работе. Кроме того, выраженные сопутствующие заболевания, такие как гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца, могут осложнять проведение медицинской реабилитации больных с ПП, так как в связи с их наличием могут возникнуть противопоказания для проведения медикаментозного, физиотерапевтического и даже санаторно-курортного лечения. В связи с этим анализ степени выраженности профессиональной патологии и коморбидности имеет большое значение в разработке реабилитационных мероприятий для больных с ПП.

В РФ исследования по комплексной оценке состояния здоровья больных с ПП выполнены более 30 лет назад [1], в современных исследованиях и методических пособиях о реабилитации и лечении больных с неврологическими заболеваниями [8, 9] специфика ПП практически не затрагивается. В зарубежных публикациях освещаются варианты ПП при заболеваниях опорно-двигательного аппарата, отмечается роль физических перегрузок при развитии синдрома запястного канала [10–13], а случаи ПП от воздействия физических перегрузок описываются в зарубежной научной печати как казуистика, причем с предположением об обнаружении нового, ранее неизвестного ПЗ [14], что делает актуальным международное сотрудничество, обмен опытом и накопленной научной информацией по современным исследованиям и методическим пособиям о реабилитации и лечении больных с неврологическими заболеваниями [15–20].

Цель исследования — характеристика степени выраженности ПП и коморбидного статуса у работников различных профессиональных групп, оценка их значимости для планирования мероприятий по профессиональной реабилитации больных.

Материалы и методы исследования. Проведен ретроспективный анализ результатов обследования и динамического наблюдения 268 пациентов с установленным диагнозом ПП, наблюдавшихся в отделении профессиональной патологии СЗНЦ. Сроки динамического наблюдения составляли от 8 до 15 лет. При первичном обследовании больных (на момент экспертизы связи заболевания с профессией) и их последующем динамическом наблюдении оценивались степень выраженности ПП, ее сочетание с другими ПЗ, наличие имеющейся соматической патологии. Все больные кроме осмотра невролога проходили также осмотр терапевта, хирурга, а по показаниям — эндокринолога,

¹ Приказ Министерства здравоохранения РФ от 28 января 2021 г. № 29н «Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры» (с изменениями и дополнениями).

ангиохирурга. Женщины осматривались гинекологом. В процессе обследования больных для оценки выраженности ПП проводились стимуляционная электронейромиография моторных и сенсорных волокон срединного, локтевого нервов рук на электромиографе Viking Select, тепловизионное исследование рук с цветным блоком обработки информации, динамометрия кистей рук.

Степень выраженности ПП оценивалась в соответствии с методическими рекомендациями авторского коллектива СЗНЦ², согласно которым выделяются три степени выраженности ПП (I – начальная, II – умеренно выраженная, III – выраженная). Кроме того, в практике работы профпатологов Северо-Западного федерального округа РФ было традиционно принято выделение степени выраженности ПП I–II как промежуточной между начальной и умеренно выраженной.

В связи с гипотезой о том, что специфика профессиональной деятельности обуславливает особенности формирования профессиональной и иной патологии, а также последующей профессиональной реабилитации больных работников, пациенты по виду профессиональной деятельности были разделены на 4 группы. Первая группа была представлена 56 женщинами, работавшими в тепличном хозяйстве в профессиях тепличницы, рабочей по защите растений, рабочей по сбору грибов.

Вторая группа была представлена 26 мужчинами-шахтерами таких специальностей, как проходчик, электрослесарь подземный, горнорабочий подземный, машинист горно-выемочных машин.

В третью группу вошли 52 женщины, работавшие в городском жилищно-коммунальном хозяйстве по профессии маляра и штукатура. Четвертая группа была образована из 134 больных прочих специальностей (54 мужчины и 81 женщина). В профессиях электросварщика ручной сварки, сборщика корпусов металлических судов были заняты только мужчины. В других профессиях (заточники, мясообвалщики, судовые маляры, граверы) были представлены как мужчины, так и женщины.

Распределение больных по возрасту и стажу работы в условиях воздействия физических перегрузок представлено в табл. 1 и 2.

Результаты исследования. Распределение больных по степени выраженности ПП представлено в табл. 3. Как следует из данных таблицы, у всех больных степень выраженности ПП была от начальных до умеренно выраженных явлений. По данным архива СЗНЦ, больные с выраженными явлениями ПП среди работников предприятий Северо-Западного федерального округа РФ после 1990 г. не выявлялись.

В наибольшей степени наблюдаемые различия связаны с величиной удельного веса пациентов со II (умеренно-выраженной) степенью ПП в первой группе (48,2 %), тогда как в остальных группах удельный вес больных с указанной степенью ПП составляет 15,4–31,3 %. При сравнении рассматриваемого распределения в группах II–IV различия уже статистически не значимы ($p > 0,05$).

Таблица 1. Распределение больных различных профессиональных групп по возрасту

Table 1. Age distribution of patients of various occupations, years

Профессиональная группа / Occupational cohort	Средний / Average ($M \pm m$)	Минимальный / Minimum	Максимальный / Maximum	Медиана / Median [LQ; UQ]
I тепличницы / greenhouse female workers	50,57 $\pm$ 0,71	35	63	51 [47; 54]
II шахтеры / miners	48,62 $\pm$ 1,6	28	67	49 [43; 53]
III маляры и штукатуры / painters and plasterers	49,94 $\pm$ 0,68	38	65	51 [47; 53]
IV разные профессии, м / miscellaneous, m	48,87 $\pm$ 1,00	33	64	50 [44; 55]
IV разные профессии, ж / miscellaneous, f	48,63 $\pm$ 0,74	30	66	53 [45; 53]

Примечание: при сравнении распределений по критерию «хи-квадрат» достоверные ($p < 0,05$) различия между группами не выявляются.

Note: Differences between the cohorts are not statistically significant when comparing distributions by chi square criterion ($p < 0.05$).

Таблица 2. Распределение больных различных профессиональных групп по стажу

Table 2. Distribution of patients of various occupations by length of service, years

Профессиональная группа / Occupational cohort	Средний / Middle ($M \pm m$)	Минимальный / Minimum	Максимальный / Maximum	Медиана / Median [LQ; UQ]
I тепличницы / greenhouse female workers	25,57 $\pm$ 1,03	7	38	27 [20; 32]
II шахтеры / miners	18,77 $\pm$ 0,82	10	30	18 [16; 21]
III маляры и штукатуры / painters and plasterers	28,13 $\pm$ 1,21	10	40	30 [20; 35]
IV разные профессии, м / miscellaneous, m	23,83 $\pm$ 1,23	8	40	24 [18; 31]
IV разные профессии, ж / miscellaneous, f	21,15 $\pm$ 0,74	9	40	20 [16; 28]

Примечание: при сравнении распределений по критерию Краскела – Уоллиса выявляются достоверные ($p < 0,05$) различия между группами.

Note: Differences between the cohorts are statistically significant when comparing distributions by Kruskal–Wallis criterion ($p < 0.05$).

² Кузнецов В.В., Орницан Э.Ю., Меркурьева Л.И. и др. Современные методы диагностики, лечения, экспертизы трудоспособности и реабилитации больных с профессиональными заболеваниями опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы. СПб., 2003. 49 с.

В проанализированных группах у подавляющего большинства пациентов полинейропатия сочеталась с другими ПЗ костно-мышечной или периферической нервной системы (табл. 4). Наиболее часто отмечались сочетания ПП с миофиброзом, эпикондилезом, плече-лопаточным периартрозом, радикулопатией шейно-плечевого или пояснично-крестцового уровня. Диапазоны профессиональных заболеваний приводятся в соответствии с приказом от 27.04.2012 № 417н (далее – Приказ 417н)³. Степень выраженности всех указанных ПЗ была от начальной до умеренно-выраженной.

При сравнении включенных в исследование групп по критерию «хи-квадрат» между ними выявляются достоверные различия по следующим признакам: по доле больных с двумя и более ПЗ ($p < 0,01$), по доле больных, у которых ПП соче-

тается с ПЗ костно-мышечной системы ($p < 0,05$), радикулопатиями ($p < 0,01$) и профессиональным бронхитом ($p < 0,01$).

Из общих (непрофессиональных) заболеваний у больных в целом по всей совокупности взятых в обследование пациентов с ПП наиболее часто встречались: гипертоническая болезнь (ГБ) – 19,4 %, ишемическая болезнь сердца (ИБС) – 10 %, сочетание ГБ и ИБС – 6,3 %, церебро-васкулярная болезнь (ЦВБ) – 5,9 %, дорсопатии (заболевания одами по МКБ М40–М54) – 29,8 %, деформирующие остеоартрозы (ДОА) – 3,6 %. Распространенность указанных расстройств здоровья среди больных с ПП различных профессиональных групп приведена в табл. 5.

При оценке степени выраженности важных для продолжения трудовой деятельности функций (в первую очередь, сенсорной и двигательной)

Таблица 3. Распределение больных (%) по степени выраженности заболевания

Table 3. Distribution of patients by disease severity (%)

Степень выраженности профессиональной полинейропатии / Severity of occupational polyneuropathy	Группы / Cohorts				
	I	II	III	IV м / m	IV ж / f
I	5,3	7,6	1,9	3,7	1,2
I–II	44,6	76,9	68,6	72,2	67,9
II	48,2	15,4	31,3	24	30,8

Примечание: при сравнении распределений по критерию «хи-квадрат» выявляются достоверные ($p < 0,05$) различия между группами.

Note: Differences between the cohorts are statistically significant when comparing distributions by chi square criterion ($p < 0.05$).

Таблица 4. Частота (%) встречаемости других профессиональных заболеваний у больных с профессиональной полинейропатией

Table 4. Frequency of other occupational diseases in patients with occupational polyneuropathy (%)

Характеристика сочетанности профессиональной патологии / Description of comorbidity	Группа / Cohort				
	I	II	III	IV м / m	IV ж / f
Группа больных с двумя и более профессиональными заболеваниями / A cohort of patients suffering from two or more occupational diseases	67,8	<u>100</u>	66,6	61	73,1
Сочетание профессиональной полинейропатии с радикулопатией шейно-плечевого или пояснично-крестцового уровня / Occupational polyneuropathy and cervicobrachial or lumbosacral radiculopathy	12,5	<u>42,3</u>	17,6	5,5	17
Сочетание профессиональной полинейропатии с патологией костно-мышечной системы (миофиброз, эпикондилез, плече-лопаточный периартроз, деформирующий артроз) / Occupational polyneuropathy and musculoskeletal disorders (myofibrosis, epicondylosis, humeral-scapular periarthrosis, arthrosis deformans)	<u>62,5</u>	38,4	<u>72,5</u>	37	<u>54,8</u>
Сочетание профессиональной полинейропатии с хронический бронхитом / Occupational polyneuropathy and chronic bronchitis	0	<u>84,6</u>	1,9	5,5	3,7

Таблица 5. Частота (%) выявления общих заболеваний у больных при первичном установлении диагноза профессионального заболевания

Table 5. Frequency of detection of some non-occupational disorders in incident cases of the occupational disease (%)

Общие заболевания / Non-occupational diseases	Профессиональные группы / Occupational cohorts				
	I	II	III	IV м / m	IV ж / f
Болезни органов кровообращения / Diseases of the circulatory system					
ИБС и (или) гипертоническая болезнь / Ischemic heart disease and/or hypertension	<u>19,6</u>	3,8	13,4	5,5	6,1
Цереброваскулярная болезнь / Cerebrovascular disease	8,9	0	5,7	1,8	8,6
Болезни костно-мышечной системы / Diseases of the musculoskeletal system					
Дорсопатии / Dorsopathies	21,4	<u>38,4</u>	45,0	24,0	27,1
Деформирующие остеоартрозы разных локализаций / Deforming osteoarthritis of different sites	7,1	0	1,9	1,8	3,7

Примечание: различие между группами по частоте наличия ИБС и (или) гипертонической болезни, определенное по критерию «хи-квадрат» Пирсона, достоверно ($p < 0,05$).

Note: The difference between the cohorts by the frequency of detection of IHD and/or hypertension, as determined by the Pearson's chi-square criterion, are statistically significant ($p < 0.05$).

³ Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 27.04.2012 № 417н «Об утверждении перечня профессиональных заболеваний» (с изменениями и дополнениями).

у пострадавших выявлены нарушения только в рамках начальных или умеренно выраженных проявлений, то есть сохранялась способность к выполнению трудовой деятельности в обычных условиях труда при снижении квалификации, тяжести, напряженности и (или) уменьшении объема работы, либо отмечалась неспособность продолжать работу по основной профессии при сохранении возможности в обычных условиях труда выполнять трудовую деятельность более низкой квалификации. Таким образом, выраженность ПЗ принципиально позволяла больным продолжить трудовую деятельность в профессиях, не связанных с воздействием противопоказанных ВПФ.

Обсуждение. Проведенные сравнения позволяют сделать вывод, что ряд профессиональных групп, в которых регулярно отмечалась ПП, имеют специфические особенности в состоянии здоровья, влияющие на разработку комплекса мероприятий медицинской реабилитации и трудовых рекомендаций для больных в плане подбора им профессии, работа в которой не будет создавать риск ухудшения здоровья.

Наиболее своеобразной профессиональной группой являются шахтеры, среди которых у всех больных наряду с ПП выявляется еще хотя бы одно ПЗ, при этом более чем у 80 % наряду с ПП отмечен и пылевой бронхит. Отмеченная ситуация с широким распространением профессионального бронхита у работников угольных шахт объясняется их длительной работой в условиях повышенной запыленности угольной и породной пылью. Среди работников остальных специальностей лишь в IV профессиональной группе у некоторых больных, ранее занятых на электросварке и газорезке, наряду с ПП эпизодически отмечались и заболевания бронхолегочной системы от воздействия пыли и сварочного аэрозоля. У работников шахтерских специальностей достоверно ($p < 0,05$) чаще выявляются сочетания ПП с профессиональными радикулопатиями, а сочетание ПП с ПЗ костно-мышечной системы более характерно для работников иных профессиональных групп. Эта закономерность тоже связана с особенностью труда работников угольных шахт, на которых физические перегрузки обусловлены не только повышенной статической нагрузкой на руки, но подъемом и переноской значительных тяжестей, длительной работой в неудобной позе, частыми наклонами, что является фактором повышенного риска развития дорсопатий, в том числе и с клиникой радикулопатии. Наименьший стаж работы до развития ПП может быть обусловлен у шахтеров наиболее высоким уровнем физических перегрузок верхних конечностей, которые на северных шахтах сочетаются с воздействием охлаждающего микроклимата, общей и локальной вибрации.

В распределении среди больных сравниваемых групп общих (непрофессиональных) заболеваний

достоверные различия выявляются лишь по величине доли больных, у которых выявлены ГБ и ИБС как без ассоциации, так и в сочетании друг с другом. Доля таких больных максимальна у работников тепличного хозяйства (19,6 %), несколько ниже — у строительных маляров и штукатуров (13,4 %). В двух других группах такого рода патология встречается ощутимо реже.

В создавшейся ситуации представляется уместным подробно рассмотреть вопрос о том, на какое число профессиональных групп целесообразно дробление больных с ПП для удобства организации реабилитационной работы с ними. Выделение шахтеров в отдельную группу очевидно оправданно по вышеприведенным основаниям. А по большинству ранее рассматриваемых критериев различия между работниками тепличного хозяйства, строительного производства и машиностроительных предприятий представляются, как правило, недостоверными (за исключением сводной группы по ИБС и ГБ) и мало значимыми для планирования их медицинской реабилитации.

Однако при планировании мероприятий по профессиональной реабилитации больных наряду с характеристикой имеющихся расстройств здоровья следует принимать во внимание и такие критерии, как мотивация больного к продолжению трудовой деятельности, в том числе с освоением новых профессий квалифицированного труда, и наличие у пациента навыков работы в иных профессиях, условия труда в которых не создадут риск прогрессирования имеющихся у него заболеваний. В плане учета двух последних обстоятельств между взятыми в исследование группами при попытке подбора для них разных вариантов продолжения трудовой деятельности были выявлены дополнительные существенные и достоверные ($p < 0,05$) различия (табл. 6).

Так, при разработке трудовых рекомендаций больным шахтерских специальностей оказалось, что лишь небольшая часть этих больных (8,3 %) имеют навыки работы в иных профессиях, таких как электрик, строительный мастер, мастер участка техники безопасности, горный диспетчер. В возрасте около 50 лет большинство шахтеров, работавших на территориях, приравненных к Крайнему Северу или расположенных на Крайнем Севере, получают право на досрочный выход на пенсию. В такой ситуации формируется своеобразная «рентная» ориентация: бывший работник не хочет продолжать трудовую деятельность, явно декларируя настрой жить в качестве неработающего пенсионера, получающего пожизненный дополнительный доход в связи с наличием комплекса ПЗ. У работников тепличного хозяйства, а также строительных маляров и штукатуров подобная мотивация отмечалась в возрасте, приближающемся к 55 годам. Мотивация к отказу от попытки освоить работу в иных профессиях у данных больных подкреплялась тем обстоятельствам, что

Таблица 6. Возможности и мотивация больных с ПП к продолжению трудовой деятельности в иных профессиях
Table 6. Opportunities and motivation of occupational polyneuropathy cases to continue working in other professions

Профессиональная группа / Occupational cohort	Доля больных (%) с навыками работы в других профессиях / Proportion of patients with skills in other professions (%)	Доля больных (%) с мотивацией к продолжению трудовой деятельности / Proportion of patients motivated to continue working (%)
I	24,9	25,0
II	8,3	7,7
III	29,3	31,4
IV (мужчины / men)	77,7	77,8
IV (женщины / women)	39,5	41,8

более 70 % работниц этих профессиональных групп не имели ни иного профессионального образования, ни навыков работы в каких-либо специальностях кроме тех, в которых у них были зарегистрированы ПЗ.

Для значительной доли (42–78 %) работников IV группы (разные профессии многопрофильных предприятий машиностроения), как мужчин, так и женщин, оказалась характерна активная позиция в плане поиска возможности работать далее в иных профессиях квалифицированного труда на многопрофильном машиностроительном предприятии. При этом указанные пациенты примерно с такой же частотой имели навыки работы в альтернативных специальностях, не противопоказанных им по состоянию здоровья. Например, слесари-сборщики успешно переходили на работу контролера ОТК или мастера производственного обучения, бывшие сварщики продолжали работать наладчиками сварочного оборудования или слесарями по газу. Поэтому для разработки мероприятий профессиональной реабилитации больных с учетом навыка работы в иных профессиях и мотивации к профессиональному переобучению целесообразно использовать разбивку больных на все основные 4 профессиональные группы с учетом пола.

При рассмотрении вопроса об определении противопоказаний (то есть перечня ВПФ, воздействие которых следует исключить при продолжении больным трудовой деятельности в дальнейшем) приходится заключить, что в настоящее время логика действующих в области экспертизы профессиональной пригодности нормативных актов явно несовершенна. Еще в методических публикациях прошлого века [1] было отмечено, что для больных с ПЗ, вызванными физическими перегрузками, в том числе и ПП, следует рекомендовать смену трудовой деятельности с исключением физических тяжелых работ, так как основой успешной реабилитации больных является исключение причин, вызвавших развитие ПЗ. Во время публикации указанной монографии профильные приказы Министерства здравоохранения позволяли обосновать такие рекомендации. Проблема с их выполнением в отношении всех работников с патологией рассматриваемого профиля состояла в том, что многие больные не хотели менять работу из опасения потери привычного заработка [1].

В настоящее время тезис о наличии веских оснований к переводу больных с ПП на работы с исключением физических перегрузок по-прежнему актуален. Учитывая наличие у существенной части больных иных ПЗ от воздействия указанного фактора, а также ряда общих заболеваний, проявления которых могут усиливаться при продолжении физически тяжелых работ (ИБС, ГБ), указанные рекомендации также следует признать обоснованными. Для большей части шахтеров при определении противопоказаний для дальнейшей трудовой деятельности по такой логике следует указать контакт с промышленными аэрозолями (пыли, газы и аэрозоли раздражающего действия).

Но в настоящее время обоснование ссылками на действующие приказы Министерства здравоохранения таких, казалось бы, очевидных рекомендаций невозможно. При проведении экспертизы профессиональной пригодности выводы, обязательные к исполнению, должны быть основаны по указаниям вступившего в силу с 01.04.21 Приказа 29н, согласно которому при определении противопоказаний к работе в условиях

воздействия ВПФ не предусмотрены логические рассуждения о риске прогрессирования имеющихся у работника ПЗ или иных заболеваний. По формальной логике указанного приказа для выявленных у больных заболеваний определяют коды по МКБ, затем по полученным кодам находятся перечни ВПФ, которые должны быть указаны как противопоказанные.

Кодировка ПЗ по МКБ в РФ определяется Приказом Минздрава 417н. Согласно ему ПП кодируются по МКБ как G62.8, миофиброз — M62.8, радикулопатия пояснично-крестцового уровня — M54.5, радикулопатия шейно-плечевого уровня — M54.1, поражения плеча, связанные с физическим функциональным перенапряжением, — M75.0–M75.8, эпикондилез — M77.0–M77.1. Однако в Приказе 29н среди кодов расстройств здоровья, для которых предусмотрено определение противопоказаний к работе в условиях воздействия ВПФ, нет обозначений, соответствующих перечисленным ПЗ. Хронический пылевой бронхит (J41.0), регулярно выявляемый у больных с ПП шахтерских специальностей, согласно Приказу 29н может быть основанием для установления противопоказаний к работе во вредных условиях труда, только если квалифицирован как «рецидивирующая форма заболеваний с частотой обострения 4 и более раза за календарный год». Но ни у одного из наблюдавшихся нами пациентов с указанным заболеванием столь высокой частоты обострений не было.

В итоге получается парадоксальная ситуация, когда даже больному с комплексом 3–4 ПЗ от воздействия физических перегрузок и производственной пыли невозможно определить обязательные к исполнению противопоказания для работы в условиях контакта с ВПФ, вызвавших профессиональную патологию. По причине уже указанных особенностей Приказа 29н невозможно квалифицировать как противопоказания для работ в условиях воздействия физических перегрузок и непрофессиональные заболевания костно-мышечной системы, встречающиеся у больных с ПП. В отношении ИБС, ГБ и ЦВБ определение противопоказаний по предписаниям Приказа 29н возможно лишь в случае очевидной декомпенсации состояния больного. Например, для ЦВБ — лишь при выраженном нарушении функции, а для болезней, сопровождающихся повышенным кровяным давлением, — только при «выраженных нарушениях функции, осложненных хронической сердечной недостаточностью III–IV функционального класса по NYHA», для ИБС — в случаях «с выраженными нарушениями функции, осложненными хронической сердечной недостаточностью III–IV функционального класса по NYHA».

Описанная ситуация, очевидно, значительно осложняет проведение адекватной профессиональной реабилитации больных с ПП и иными ассоциированными с ней заболеваниями и должна быть исправлена в скорейшее время.

Заключение. Основными профессиональными группами больных, среди которых типична диагностика ПП, являются работники растениеводства, шахтеры, строительные маляры и штукатуры, работники разных профессий машиностроительных предприятий. Имеются типовые, связанные с принадлежностью больного к определенной профессиональной группе, варианты сочетания ПП с рядом профессиональных и общих заболеваний, на основании которых могут быть конкретизированы

мероприятия медицинской реабилитации и рекомендации для подбора больных с ПП вариантов трудоустройства в новые профессии квалифицированного труда, работа в которых не будет создавать риск для прогрессирования расстройств здоровья. Для планирования мероприятий медицинской реабилитации допустимо укрупнить группировку больных с ПП на 2 группы: шахтеры и работники прочих профессий. Но для разработки мероприятий профессиональной реабилитации больных с учетом навыка работы в иных профессиях и мотивации к профессиональному переобучению целесообразно использовать разбивку больных на все основные 4 профессиональные группы с учетом пола.

Реализация подхода максимально раннего перевода больных с ПП на работы, не связанные с воздействием ВПФ, которые вызвали развитие ПЗ, требует изменения нормативных актов, регламентирующих проведение экспертизы профессиональной пригодности. В них должен быть предусмотрен указанный принцип раннего трудоустройства больных с ПП с исключением воздействия ВПФ, вызвавших развитие профессиональной патологии и создающих риск ее стойкого сохранения или даже прогрессирования.

Список литературы

1. Грацианская Л.Н., Элькин М.А. Профессиональные заболевания конечностей от функционального перенапряжения. Л.: Медицина: Ленингр. отд-ние, 1984. 167 с.
2. Гребенков С.В., Кочетова О.А., Малькова Н.Ю. Анализ российского и зарубежного подходов к проблеме профессиональной полиневропатии верхних конечностей // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59. № 9. С. 607–608. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-607-608
3. Картапольцева Н.В., Русанова Д.В., Лакхман О.Л. Эффективность габапентина в лечении профессиональной полиневропатии // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2011. Т. 111. № 1. С. 88–90.
4. Кочетова О.А., Куприна Н.И., Малькова Н.Ю., Шиллов В.В. Профессиональные полиневропатии верхних конечностей – современные подходы к диагностике, лечению и профилактике // Медицина труда и промышленная экология. 2018. № 3. С. 6–9.
5. Кочетова О.А., Малькова Н.Ю., Куприна Н.И. Состояние здоровья у лиц с профессиональной полиневропатией верхних конечностей // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 12. С. 1226–1230. doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-12-1226-1230
6. Кочетова О.А., Малькова Н.Ю. Изучение условий труда у лиц с профессиональной полиневропатией верхних конечностей // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 7. С. 636–641. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-7-636-640
7. Куприна Н.И., Севрюков В.В. Профессиональные полиневропатии верхних конечностей от физических перегрузок // Известия российской военной-медицинской академии. 2020. Т. 39. № S2. С. 142–143.
8. Бабанов С.А., Бараева Р.А. Современные подходы к диагностике и лечению профессиональных полиневропатий // Санитарный врач. 2014. № 6. С. 26–36.
9. Гидаятова М.О., Ямщикова А.В., Флейшман А.Н. Клинико-электронейромиографическое исследование у шахтеров с профессиональной полинейропатией верхних конечностей // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 7. С. 713–717. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-7-713-717
10. Baron SL, Habes D. Occupational musculoskeletal disorders among supermarket cashiers. *Scand J Work Environ Health*. 1992;18(Suppl 2):127–129.
11. Margolis W, Kraus JF. The prevalence of carpal tunnel syndrome symptoms in female supermarket checkers. *J Occup Med*. 1987;29(12):953–956.
12. Barbieri PG, Pizzoni T, Scolari L, Lucchini R. [Symptoms and upper limb work-related musculo-skeletal disorders among 173 supermarket cashiers]. *Med Lav*. 2013;104(3):236–243. (In Ital.)
13. Andréu JL, Otón T, Silva-Fernández L, Sanz J. Hand pain other than carpal tunnel syndrome (CTS): the role of occupational factors. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2011;25(1):31–42. doi: 10.1016/j.berh.2010.12.001
14. Özdemir G. Working hand syndrome: A new definition of non-classified polyneuropathy condition. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96(25):e7235. doi: 10.1097/MD.00000000000007235
15. Гребенков С.В., Кочетова О.А., Милутка Е.В., Малькова Н.Ю. Профессиональная полиневропатия: современный взгляд на проблему в России и за рубежом. Обзор литературы // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 6. С. 631–635. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-631-635
16. Егоров В.Н., Качан Т.Д., Степаненко А.Ф., Таятина Т.В., Недоруба Е.А., Кобзарь О.Н. Современные аспекты социально-трудовой реабилитации больных с сочетанными формами профессиональной патологии // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 5. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26728/> (дата обращения 21.01.2021).
17. Бадалян О.Л., Крикова Е.В., Тертыйшник О.Ю., Чуканова А.С., Бурд С.Г. Применение Мильгаммы и Мильгаммы композитум в лечении полиневропатий различного генеза // Фарматека. 2009. № 7. С. 63–68.
18. Яковлева Н.В., Горблянский Ю.Ю., Пиктушанская Т.Е. Коморбидный статус больных пояснично-крестовой радикулопатией шахтеров угольщиков // Медицина труда и промышленная экология. 2016. № 1. С. 32–35.
19. Левин О.С. Полинейропатии: клиническое руководство. М.: Мед. информ. Агентство (ОАО Ярослав. полигр. комб.), 2005. 495 с.
20. Смышчек В.Б. Реабилитация больных и инвалидов. М.: Медицинская литература, 2017. 560 с.

References

1. Gratsianskaya LN, Elkin MA. [Occupational Diseases of Extremities Induced by Functional Stress.] Leningrad: Meditsina: Leningr. otd-nie Publ., 1984. (In Russ.)
2. Grebenkov SV, Kochetova OA, Malkova NY. Analysis of Russian and foreign approaches to the problem of professional polyneuropathy of the upper extremities. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2019;59(9):607–608. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-607-608
3. Kartapol'tseva NV, Rusanova DV, Lakhman OL. Efficacy of gabapentine in the treatment of professional polyneuropathy. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii im. S.S. Korsakova*. 2011;111(1):88–90. (In Russ.)
4. Kochetova OA, Kuprina NI, Mal'kova NYu, Shilov VV. Occupational polyneuropathy of upper limbs – contemporary approach to diagnosis, treatment and prevention. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2018;(3):6–9. (In Russ.)
5. Kochetova OA, Malkova NYu, Kuprina NI. Study of the health state in patients with occupational polyneuropathy of upper extremities. *Gigiena i Sanitariya*. 2018;97(12):1226–1230. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-12-1226-1230
6. Kochetova OA, Malkova NY. Study of working conditions in patients with occupational polyneuropathy of upper extremities. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(7):636–641. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-7-636-640
7. Kuprina NI, Sevrukov VV. Professional polyneuropathy of the upper extremities from physical overload. *Izvestiya Rossiyskoy Voenno-Meditsinskoy Akademii*. 2020;39(S2):142–143. (In Russ.)
8. Babanov SA, Baraeva RA. Current approaches to diagnosis and treatment of occupational polyneuropathy. *Sanitarnyy Vrach*. 2014;(6):26–36. (In Russ.)
9. Gidayatova MO, Yamshchikova AV, Fleishman AN. Clinico-electroneuromyographic study in miners with occupational polyneuropathy of the upper extremities. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(7):713–717. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-7-713-717
10. Baron SL, Habes D. Occupational musculoskeletal disorders among supermarket cashiers. *Scand J Work Environ Health*. 1992;18 Suppl 2:127–129.
11. Margolis W, Kraus JF. The prevalence of carpal tunnel syndrome symptoms in female supermarket checkers. *J Occup Med*. 1987;29(12):953–956.
12. Barbieri PG, Pizzoni T, Scolari L, Lucchini R. [Symptoms and upper limb work-related musculo-skeletal disorders among 173 supermarket cashiers]. *Med Lav*. 2013;104(3):236–243. (In Ital.)
13. Andréu JL, Otón T, Silva-Fernández L, Sanz J. Hand pain other than carpal tunnel syndrome (CTS): the role of occupational factors. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2011;25(1):31–42. doi: 10.1016/j.berh.2010.12.001
14. Özdemir G. Working hand syndrome: A new definition of non-classified polyneuropathy condition. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96(25):e7235. doi: 10.1097/MD.00000000000007235
15. Grebenkov SV, Kochetova OA, Milutka EV, Malkova NYu. Occupational polyneuropathy. Modern outlook of the problem in Russia and abroad. Review. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;(98(6)):631–635. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-631-635
16. Egorov VN, Kachan TD, Stepanenko AF, Tayutina TV, Nedoruba EA, Kobzar ON. Modern aspects of social-labor rehabilitation of patients with combined forms of professional pathology. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya*. 2017;(5). Accessed January 22, 2021. <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26728/>
17. Badalyan OL, Krikova EV, Tertyshnik OYu, Chukanova AS, Burd SG. Milgamma and Milgamma compozitum use in the treatment of polyneuropathies of different genesis. *Farmateka*. 2009;(7):63–69. (In Russ.)
18. Yakovleva NV, Gorblyansky YuYu, Pictushanskaya TE. Comorbid state in coal miners suffering from lumbosacral radiculopathy. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2016;(1):32–35. (In Russ.)
19. Levin OS. [Polyneuropathies: Clinical Guidelines.] Moscow: Med. inform. Agentstvo (OAO Yarosl. poligr. komb) Publ., 2005. (In Russ.)
20. Smychek VB. [Rehabilitation of the Sick and Disabled.] Moscow: Meditsinskaya Literatura Publ., 2017. (In Russ.)

ВАЛЕРИЙ ПЕТРОВИЧ ЧАЩИН
(к 75-летию со дня рождения)

15 сентября 2021 года исполнилось 75 лет со дня рождения и 52 года врачебной, научно-педагогической, организаторской и общественной деятельности Валерия Петровича Чашина — заслуженного деятеля науки Российской Федерации, доктора медицинских наук, профессора.

После окончания Ленинградского санитарно-гигиенического медицинского института им. И.И. Мечникова Валерий Петрович служил в армии в качестве начальника медпункта, работал санитарным врачом в г. Кандалакше Мурманской области. В 1976 году был переведен на работу в организованную с его участием Научно-исследовательскую лабораторию (НИЛ) комплексных проблем гигиены с клиникой профзаболеваний Минздрава РСФСР в г. Кировске Мурманской области на должность заместителя главного врача. Эту лабораторию он возглавлял с 1982 года. В 1993 году был назначен на должность заместителя директора по науке Ленинградского НИИ гигиены труда и профессиональных заболеваний (ныне — ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора), которым затем руководил с 2001 по 2011 год. В настоящее время — помощник директора ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора по научной и инновационной деятельности.

Научную деятельность В.П. Чашин начал в 1975 году, поступив в заочную аспирантуру Архангельского медицинского университета. В 1979 году защитил кандидатскую диссертацию на тему «Гигиена труда и профессиональная патология при электролитическом получении алюминия в условиях Севера», а в 1988-м — докторскую диссертацию на тему «Гигиена труда в производстве цветных металлов на Крайнем Севере». В 1996 году ему присвоено ученое звание профессора.

Под руководством Валерия Петровича успешно выполнен ряд крупных научно-исследовательских работ по проблемам охраны здоровья работающих в горнодобывающей и металлургической промышленности, а также населения, проживающего в экологически кризисных районах Крайнего Севера. В рамках федеральных и международных (18 грантов) программ им проведены многолетние исследования по проблемам охраны здоровья населения, проживающего



в Арктической зоне Российской Федерации, разработана современная система оценки и мониторинга вредного влияния основных экологических факторов риска, включая стойкие органические загрязнения и тяжелые металлы, с целью снижения заболеваемости и преждевременной смертности. В частности, совместно с финским Институтом профессионального здоровья (FION), норвежским Институтом профессионального здоровья (STAMI) выполнен проект «Сохранение благополучия, здоровья и работоспособности горнорабочих в Баренц-регионе: общая проблема».

Значительный вклад В.П. Чашин внес в разработку научных основ гигие-

нической классификации факторов риска и профилактики нарушений репродуктивного здоровья населения, за что удостоен звания лауреата премии Правительства Российской Федерации 2001 года в области науки и техники.

В.П. Чашин является автором и соавтором более 330 научных работ (из них 120 опубликованы в зарубежных изданиях), в том числе 12 монографий, 7 патентов на изобретения, 29 нормативно-методических документов.

В 2001 году Валерий Петрович избран заведующим кафедрой гигиены окружающей и производственной среды Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И.И. Мечникова; с 2016 по 2019 год он — профессор кафедры гигиены условий воспитания, обучения, труда и радиационной гигиены; с 2015 года по настоящее время — главный научный сотрудник Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»; имеет звание адъюнкт-профессора Северо-Западного университета (США, г. Глендейл). Под его руководством защищено 23 кандидатские и 17 докторских диссертаций по проблемам гигиены, медицины труда и медицинской экологии, что свидетельствует об успешном формировании научной школы.

В.П. Чашин внес существенный вклад в организацию практического здравоохранения Северо-Западного федерального округа. На базе руководимой им клиники (НИЛ) в Мурманской области был организован один из первых в России региональных центров профпатологии. С 2001 по 2014 год В.П. Чашин — главный специалист по профпатологии Комитета по здравоохранению администрации Санкт-Петербурга. Одним из первых он установил

диагнозы профзаболеваний у медицинских работников, спортсменов, артистов. Материалы его многолетних исследований использованы при подготовке двух федеральных законов и постановлений Правительства Российской Федерации.

В.П. Чашин выполняет большую научно-общественную работу, многие годы являясь членом научных советов Минздравсоцразвития России по медицине труда и профпатологии, по экологии человека и гигиене окружающей среды, а также экспертных групп по окружающей среде и здоровью и по профессиональному здоровью Международного союза по приполярной медицине; членом правления АНО «Международная академия медицины Форума Коха и Мечникова» Берлинского университета; участником германо-российской экспертной группы «Петербургский диалог»; экспертом от России в рабочих группах по здоровью международного Арктического совета. В.П. Чашин избран членом ряда международных академий: Нью-Йоркской академии наук (США), Европейской академии естественных наук (Германия), Академии «Северный Форум» (Финляндия).

За высокие достижения в научной, организационной и практической деятельности по охране здоровья населения В.П. Чашин награжден орденом Почета, удостоен звания лауреата премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники

(2001 г.), звания «Заслуженный деятель науки Российской Федерации», награжден медалью «За укрепление боевого содружества» (2006 г.), медалью Э. Циолковского и дипломом Международной астронавтической федерации (2006 г.). Неоднократно награждался почетными грамотами министра здравоохранения Российской Федерации, председателя Госкомитета санэпиднадзора России, губернатора Санкт-Петербурга, губернатора Мурманской области, министра экономического развития и торговли РФ, председателя Российского фонда социального страхования. Награжден памятной золотой медалью Национального института здоровья США, а также имеет ряд других отечественных и зарубежных наград.

В.П. Чашин пользуется заслуженным авторитетом и уважением среди коллег, научной и медицинской общественности Российской Федерации, у руководителей промышленных предприятий Северо-Западного региона, а также в зарубежных научных кругах приарктических стран.

Валерия Петровича отличают высочайший профессионализм, эрудиция и новаторство, организаторский талант, открытость для научных контактов и сотрудничества, доброжелательность.

От всей души желаем Валерию Петровичу доброго здоровья, дальнейшей плодотворной научной деятельности, свершения творческих замыслов, счастья!

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