

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



ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ И СРЕДА ОБИТАНИЯ

Том 29 · 2021

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya – ZNiSO

Volume 29 · 2021

№ 11

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, эпидемиоло-
гии, 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. Кику 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 «РНМУ 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. Вишневого» 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 «РНМУ 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 ФГБНУ «Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова 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., acad. 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., acad. 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., acad. РАН; директор ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева» Роспотребнадзора (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)
- В.Ю. Семенов д.м.н., проф.; заместитель директора по организационно-методической работе Института 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., acad. 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, почетный член Федерации европейских токсикологов и европейских обществ токсикологии (Eurotox); заведующий кафедрой токсикологии и судебно-медицинской экспертизы Школы медицины Университета Крита и Университетской клиники Ираклиона (г. Ираклион, Греция)
- 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 № 11 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@fcgie.ru
Сайт журнала: <https://zniso.fcgie.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@fcgie.ru, тел.: (495) 633-1817

Опубликовано 30.11.2021
Формат издания 60x84/8
Печ. л. 11,75
Периодичность – 12 раз в год
Плановый тираж 1000 экз.
Цена свободная

Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 11. С. 7–94.
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

**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 11, 2021
Established in 1993

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

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

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

The main objectives of the journal are:

- ✦ To 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.fcgiie.ru/>

© FBHI Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2021

EDITORIAL BOARD

Anna Yu. Popova, Editor-in-Chief

Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Doctor of the Russian Federation; Head of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; Head of the Department for Organization of Sanitary and Epidemiological Service, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russian Federation

Vasily Yu. Ananyev, Deputy Editor-in-Chief

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

Galina M. Trukhina, Deputy Editor-in-Chief

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

Nataliya A. Gorbacheva, Executive Secretary

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

Vasily G. Akimkin	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Doctor of the Russian Federation; Director of the Central Research Institute of Epidemiology; Head of the Department of Disinfectology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation
Elena V. Anufrieva	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 Geocology and Environmental Monitoring Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation
Victor T. Komov	Dr. Sci. (Biol.), Professor; Deputy Director for Research, I.D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters, Borok, Yaroslavl Region, Russian Federation
Eduard I. Korenberg	Dr. Sci. (Biol.), Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; 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. Kutyrev	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Director of the Russian Anti-Plague Research Institute "Microbe", Saratov, Russian Federation
Natalia A. Lebedeva-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. Vavilov Institute of General Genetics, Moscow, Russian Federation
Dmitry A. Shpilev	Dr. Sci. (Sociol.), Assoc. Prof.; Professor of the Department of General Sociology and Social Work, 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 11, 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: November 30, 2021

Publication format: 60x84/8

Printed sheets: 11.75

Planned circulation: 1,000 copies

Publication frequency: 12 issues per year

Free price

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.

2021;29(11):7–94.

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

- Газимова В.Г., Шастин А.С., Малых О.Л., Цепилова Т.М., Устюгова Т.С. Некоторые региональные аспекты заболеваемости трудоспособного населения Уральского федерального округа7
- Ермолицкая М.З., Кику П.Ф., Абакумов А.И. Смертность от рака молочной железы в Приморском крае: анализ данных и моделирование 16
- Марченко Б.И., Плуготаренко Н.К., Семина О.А. Нейронные сети в задачах аналитического обеспечения систем социально-гигиенического и экологического мониторинга 23

МЕДИЦИНА ТРУДА

- Шкарин В.В., Латышевская Н.И., Орлов Д.В., Филатов Б.Н., Жукова Т.В., Беляева А.В. Гигиеническая оценка риска нарушения теплового состояния при использовании средств индивидуальной защиты медицинскими работниками лаборатории31
- Шастин А.С., Газимова В.Г., Малых О.Л., Устюгова Т.С., Цепилова Т.М. Некоторые вопросы заболеваемости с временной утратой трудоспособности в Уральском федеральном округе37

ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

- Сетко А.Г., Жданова О.М., Лукьянов П.В. Физиолого-гигиеническая характеристика когнитивных функций, определяющих успешность обучения школьников в условиях различной напряженности образовательного процесса 45
- Седоченко С.В., Черных А.В. Анализ динамики результатов холодовой пробы и адаптационных параметров студентов спортсменов колледжа в ответ на применение закалывающих процедур 53

КОММУНАЛЬНАЯ ГИГИЕНА

- Нарутдинов Д.А., Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Разгулин С.А. Оценка среды обитания человека на различных территориях Красноярского края по погодно-климатическим условиям 61
- Синева И.М., Хафизова А.А., Пермяков И.А. Гигиенические детерминанты психического здоровья городского населения: обзор литературы67

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

- Скупневский С.В., Трухина Г.М., Пухаева Е.Г., Бадтиева А.К., Руря Ф.К., Батагова Ф.Э., Фарниева Ж.Г. К механизму формирования аутоиммунных патологий, обусловленных воздействием инактивированных *Mycobacterium tuberculosis*76
- Смелянский В.П., Жуков К.В., Бородай Н.В., Никитин Д.Н., Таратутина М.Н., Кондратенко Е.В. Современное состояние проблемы природно-очаговых инфекций на территории Волгоградской области83

ЮБИЛЕИ И ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

- Памяти выдающегося ученого: 120 лет со дня рождения профессора Феликса Станиславовича Околова94

CONTENTS

ISSUES OF MANAGEMENT AND
PUBLIC HEALTH

- Gazimova V.G., Shastin A.S., Malykh O.L., Tsepilova T.M., Ustyugova T.S. Some regional aspects of disease incidence in the working-age population of the Ural Federal District7
- Ermolitskaya M.Z., Kiku P.F., Abakumov A.I. Breast cancer mortality in the Primorsky Region: Data analysis and modeling16
- Marchenko B.I., Plugotarenko N.K., Semina O.A. Neural networks for the tasks of analytical support of public health and environment monitoring systems23

OCCUPATIONAL MEDICINE

- Shkarin V.V., Latyshevskaya N.I., Orlov D.V., Filatov B.N., Zhukova T.V., Belyaeva A.V. Hygienic assessment of risks of thermal balance disruption in medical laboratory workers using personal protective equipment for biohazards31
- Shastin A.S., Gazimova V.G., Malykh O.L., Ustyugova T.S., Tsepilova T.M. Some issues of morbidity with temporary incapacity for work in the Ural Federal District37

PEDIATRIC HYGIENE

- Setko A.G., Zhdanova O.M., Lukyanov P.V. Physiological and hygienic characteristics of cognitive functions determining successful student learning under conditions of different schooling intensity45
- Sedochenko S.V., Chernykh A.V. Analysis of changes in thermoregulatory adaptation of college athletes following cold exposure training53

COMMUNAL HYGIENE

- Narutdinov D.A., Rakhmanov R.S., Bogomolova E.S., Razgulin S.A. Assessment of weather and climate-related risks to human health in different areas of the Krasnoyarsk Region61
- Sineva I.M., Khafizova A.A., Permyakov I.A. Environmental determinants of urban mental health: A literature review67

EPIDEMIOLOGY

- Skupnevskiy S.V., Trukhina G.M., Pukhaeva E.G., Badtiev A.K., Rurua F.K., Batagova F.E., Farnieva Zh.G. On the mechanism of development of autoimmune diseases following exposure to inactivated *Mycobacterium tuberculosis*76
- Smelyansky V.P., Zhukov K.V., Borodai N.V., Nikitin D.N., Taratutina M.N., Kondratenko E.V. The problem of natural focal infectious diseases in the Volgograd Region: A state-of-the-art review83

ANNIVERSARIES AND COMMEMORATIONS

- In memory of an outstanding scientist: 120 years since the birth of Professor Felix S. Okolov94



Некоторые региональные аспекты заболеваемости трудоспособного населения Уральского федерального округа

В.Г. Газимова¹, А.С. Шастин¹, О.Л. Малых², Т.М. Цепилова¹, Т.С. Устюгова¹

¹ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, ул. Попова, д. 30, г. Екатеринбург, 620014, Российская Федерация

²Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Вадковский пер., д. 18, стр. 5 и 7, г. Москва, 127994, Российская Федерация

Резюме

Введение. Достижение национальных целей по повышению ожидаемой продолжительности жизни и обеспечению устойчивого роста численности населения Российской Федерации в значительной степени зависит от состояния здоровья и смертности населения в трудоспособном возрасте. Управление рисками здоровью этой категории населения невозможно без наличия объективной информации о заболеваемости. Отсутствие объективной информации о заболеваемости населения трудоспособного возраста затрудняет выработку и реализацию оптимальных решений по сохранению здоровья этой категории граждан.

Цель: оценить показатели и особенности заболеваемости с диагнозом, установленным впервые в жизни (первичной заболеваемости), у взрослого населения трудоспособного возраста Уральского федерального округа.

Материалы и методы. Предметом исследования являлись сборники статистических материалов о заболеваемости населения Российской Федерации, опубликованные на сайте ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Минздрава России. Численность населения трудоспособного возраста определена по данным Федеральной службы государственной статистики. Произведен расчет относительных показателей первичной заболеваемости населения трудоспособного возраста в целом по Российской Федерации, в целом по Уральскому федеральному округу и по отдельным субъектам Российской Федерации, входящим в Уральский федеральный округ, за 5 лет (с 2015 по 2019 г.) на 100 000 населения соответствующего возраста. Расчет показателей первичной заболеваемости населения трудоспособного возраста выполнен в программном средстве MS Excel. Статистический анализ данных проводился с использованием программного продукта Statistica 10.

Результаты. Впервые установлены абсолютные и относительные показатели первичной заболеваемости, структура заболеваемости по отдельным классам МКБ-10 и региональные особенности заболеваемости взрослого населения трудоспособного возраста в субъектах Уральского федерального округа. Выявлены статистически значимые различия уровня первичной заболеваемости населения Уральского федерального округа от общероссийских показателей.

Заключение. Первичная заболеваемость населения Уральского федерального округа в целом статистически значимо выше, чем в среднем по России. Показатели заболеваемости в отдельных субъектах округа имеют существенные различия. Показатели заболеваемости трудоспособного населения должны включаться в систему социально-гигиенического мониторинга и учитываться при разработке территориальных программ государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи.

Ключевые слова: взрослое население, трудоспособный возраст, первичная заболеваемость, Уральский федеральный округ, региональные особенности.

Для цитирования: Газимова В.Г., Шастин А.С., Малых О.Л., Цепилова Т.М., Устюгова Т.С. Некоторые региональные аспекты заболеваемости трудоспособного населения Уральского федерального округа // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 11. С. 7–15. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-7-15>

Сведения об авторах:

Газимова Венера Габдрахмановна – к.м.н., заведующая отделом организации медицины труда ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора; e-mail: venera@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3591-3726>.

✉ **Шастин** Александр Сергеевич – к.м.н., старший научный сотрудник отдела организации медицины труда ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора; e-mail: shastin@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8363-5498>.

Малых Ольга Леонидовна – к.м.н., заместитель начальника управления научного и аналитического обеспечения Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; e-mail: malyh_ol@rosпотребнадzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8394-627X>.

Цепилова Татьяна Михайловна – научный сотрудник лаборатории социально-гигиенического мониторинга и управления риском ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора; e-mail: zaikinatm@inbox.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1678-3180>.

Устюгова Татьяна Сергеевна – заведующая отделением планирования и внедрения НИР ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора; e-mail: ustjugova@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7342-6510>.

Информация о вкладе авторов: Шастин А.С. – концепция и дизайн исследования; сбор и обработка материала, статистическая обработка; написание текста; Газимова В.Г. – написание текста; Малых О.Л. – написание текста; Цепилова Т.М. – сбор и обработка материала, статистическая обработка; Устюгова Т.С. – редактирование текста.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 22.04.21 / Принята к публикации: 03.11.21 / Опубликовано: 30.11.21

Some Regional Aspects of Disease Incidence in the Working-Age Population of the Ural Federal District

Venera G. Gazimova,¹ Aleksandr S. Shastin,¹ Olga L. Malykh,²
Tatyana M. Tsepilova,¹ Tatyana S. Ustyugova¹

¹Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

²Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Bldgs 5 and 7, 18 Vadkovsky Lane, Moscow, 127994, Russian Federation

Summary

Background: Achievement of the national goals to increase life expectancy and ensure sustained population growth in the Russian Federation largely depends on the health status and mortality rates in the working-age population. Health risk management for this cohort is impossible without effective disease incidence data, the lack of which impedes the development and implementation of optimal solutions in health maintenance.

Objective: To assess rates and features of disease incidence in the working-age population of the Ural Federal District.

Materials and methods: We acquired data on disease incidence in the Russian Federation from statistical yearbooks published on the website of the Federal Research Institute for Health Organization and Informatics of the Russian Ministry of Health and on the size of the working-age population from the Federal State Statistics Service. We estimated age-specific incidence rates (per 100,000) in the working-age population of the Russian Federation, the Ural Federal District and its administrative territories for 2015–2019 using MS Excel. The statistical data analysis was performed using the Statistica 10 software. The incidence structure by ICD-10 disease categories was determined.

Results: We were first to establish absolute and relative incidence rates, incidence structure by ICD-10 disease categories, and regional features of disease incidence in the working-age population residing in the Ural Federal District. We found significant differences between district and federal average incidence rates.

Conclusions: The incidence in the Ural Federal District was significantly higher than the national average. Incidence rates differed significantly between certain territories of the district. Incidence rates in the working-age population shall be included in the system of public health monitoring and taken into account when developing local programs of governmental guarantees of free medical services to citizens.

Keywords: adult population, working age, incidence, Ural Federal District, regional features.

For citation: Gazimova VG, Shastin AS, Malykh OL, Tsepilova TM, Ustyugova TS. Some regional aspects of disease incidence in the working-age population of the Ural Federal District. *Zdorov'e Naseleeniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(11):7–15. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-7-15>

Author information:

Venera G. **Gazimova**, Cand. Sci. (Med.), Head of the Department for Organization of Occupational Medicine, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: venera@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3591-3726>.

✉ Aleksandr S. **Shastin**, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Department for Organization of Occupational Medicine, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: shastin@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8363-5498>.

Olga L. **Malykh**, Cand. Sci. (Med.), Deputy Head of the Scientific and Analytical Support Office, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; e-mail: malykh_ol@rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8394-627X>.

Tatyana M. **Tsepilova**, Researcher, Laboratory of Public Health Monitoring and Risk Management, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: zaikinatm@inbox.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1678-3180>.

Tatyana S. **Ustyugova**, Head of the Department for Research Planning and Implementation, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: ustyugova@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7342-6510>.

Author contributions: Shastin A.S. developed the study conception and design; Shastin A.S., Tsepilova T.M. acquired, processed and analyzed data; Shastin A.S., Gazimova V.G., Malykh O.L. wrote the manuscript; Ustyugova T.S. edited the manuscript. 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: April 22, 2021 / Accepted: November 3, 2021 / Published: November 30, 2021

Введение. Здоровье – важнейшая часть человеческого капитала [1, 2]. Отдельные специалисты предлагают рассматривать здоровье в качестве самостоятельного понятия «капитал здоровья», позволяющего использовать личный человеческий капитал возможно более продолжительное время [3].

Негативные демографические процессы старения населения характерны для Российской Федерации, как и для большинства стран с развитой экономикой [4, 5]. Экономике страны ожидается рост среднего возраста трудоспособного населения [6, 7].

В этих условиях изучение состояния здоровья населения трудоспособного возраста обретает стратегически важное значение.

Достижение национальных целей по повышению ожидаемой продолжительности жизни и обеспечению устойчивого роста численности населения Российской Федерации¹ в значительной степени зависит от состояния здоровья и смертности населения в трудоспособном возрасте [8–11]. Изучению состояния здоровья взрослого населения России и его региональным особенностям посвящено значительное количество исследований отечественных специалистов [12–16]. В то же время исследованию показателей заболеваемости населения трудоспособного возраста уделяется

явно недостаточное внимание. Хотя публикации о результатах таких исследований позволяют рассматривать особенности состояния здоровья той категории населения, которая обеспечивает экономическую безопасность страны [17–21]. Управление рисками здоровью этой категории населения невозможно без наличия объективной информации о заболеваемости. В настоящее время показатели заболеваемости трудоспособного населения не являются предметом статистического наблюдения и не предусматриваются федеральным планом статистических работ². Отсутствие объективной картины затрудняет выработку и реализацию оптимальных решений по сохранению здоровья населения трудоспособного возраста.

Цель исследования: оценить показатели заболеваемости с диагнозом, установленным впервые в жизни (первичной заболеваемости), и особенности заболеваемости взрослого населения трудоспособного возраста в целом по Российской Федерации в субъектах Российской Федерации, входящих в состав Уральского федерального округа (далее – УФО).

Материалы и методы. Предметом исследования являлись сборники статистических материалов о заболеваемости населения Российской Федерации, опубликованные на сайте ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации

¹ Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года».

² Распоряжение Правительства Российской Федерации от 06.05.2008 № 671-р «Об утверждении Федерального плана статистических работ».

и информатизации здравоохранения» Минздрава России^{3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14}. Численность населения трудоспособного возраста определена по данным бюллетеней Федеральной службы государственной статистики о численности населения по субъектам Российской Федерации по основным возрастным группам¹⁵. Авторами произведен расчет относительных показателей первичной заболеваемости взрослого населения трудоспособного возраста: женщины 18–54 года, мужчины 18–59 лет (далее – взрослого населения трудоспособного возраста) в целом по РФ, в целом по УФО и по отдельным субъектам РФ, входящим в УФО, за

5 лет (с 2015 по 2019 г.) на 100 000 населения соответствующего возраста. Расчет показателей выполнен в программном средстве MS Excel. Установлена структура заболеваемости по классам МКБ-10. Структура показателей заболеваемости по классам МКБ-10 определена без учета случаев по классу XV (O00–O99) «Беременность, роды и послеродовой период».

Анализ данных проводился методами описательной и сравнительной статистики. Рассчитаны среднемноголетние (СМ) и медианные (М) значения показателей, стандартное отклонение (σ). Проверка нормальности распределения проведена

³ Александрова Г.А., Поликарпов А.В., Голубев Н.А., Оськов Ю.И., Кадулина Н.А., Беляева И.М. и др. Заболеваемость взрослого населения России в 2015 году. Статистические материалы. Часть III. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 2016. 159 с.

⁴ Александрова Г.А., Поликарпов А.В., Голубев Н.А., Оськов Ю.И., Кадулина Н.А., Беляева И.М. и др. Общая заболеваемость взрослого населения России в 2015 году. Статистические материалы. Часть IV. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 2016. 159 с.

⁵ Поликарпов А.В., Александрова Г.А., Голубев Н.А., Тюрина Е.М., Оськов Ю.И., Шелепова Е.А. и др. Заболеваемость взрослого населения России в 2017 году. Статистические материалы. Часть III. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 2018. 160 с.

⁶ Поликарпов А.В., Александрова Г.А., Голубев Н.А., Тюрина Е.М., Оськов Ю.И., Шелепова Е.А. и др. Общая заболеваемость взрослого населения России в 2017 году. Статистические материалы. Часть IV. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Минздрава Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 2018. 160 с.

⁷ Александрова Г.А., Голубев Н.А., Тюрина Е.М., Оськов Ю.И., Шелепова Е.А., Поликарпов А.В., и др. Заболеваемость взрослого населения России в 2019 году с диагнозом, установленным впервые в жизни. Статистические материалы. Часть III. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 2020. 160 с.

⁸ Александрова Г.А., Голубев Н.А., Тюрина Е.М., Оськов Ю.И., Шелепова Е.А., Поликарпов А.В. и др. Общая заболеваемость взрослого населения России в 2019 году. Статистические материалы. Часть IV. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 2020. 160 с.

⁹ Александрова Г.А., Поликарпов А.В., Голубев Н.А., Оськов Ю.И., Кадулина Н.А., Беляева И.М. и др. Заболеваемость населения старше трудоспособного возраста (с 55 лет у женщин и с 60 лет у мужчин) по России в 2015 году. Статистические материалы. Часть VII. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 2016. 184 с.

¹⁰ Александрова Г.А., Поликарпов А.В., Голубев Н.А., Оськов Ю.И., Кадулина Н.А., Беляева И.М. и др. Общая заболеваемость населения старше трудоспособного возраста (с 55 лет у женщин и с 60 лет у мужчин) по России в 2015 году. Статистические материалы. Часть VIII. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 2016. 196 с.

¹¹ Поликарпов А.В., Александрова Г.А., Голубев Н.А., Тюрина Е.М., Оськов Ю.И., Шелепова Е.А. и др. Заболеваемость населения старше трудоспособного возраста (с 55 лет у женщин и с 60 лет у мужчин) по России в 2017 году. Статистические материалы. Часть VII. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 2018. 183 с.

¹² Поликарпов А.В., Александрова Г.А., Голубев Н.А., Тюрина Е.М., Оськов Ю.И., Шелепова Е.А. и др. Общая заболеваемость населения старше трудоспособного возраста (с 55 лет у женщин и с 60 лет у мужчин) по России в 2017 году. Статистические материалы. Часть VIII. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 2018. 195 с.

¹³ Александрова Г.А., Голубев Н.А., Тюрина Е.М., Оськов Ю.И., Шелепова Е.А., Поликарпов А.В. и др. Заболеваемость населения старше трудоспособного возраста (с 55 лет у женщин и с 60 лет у мужчин) по России в 2019 году с диагнозом, установленным впервые в жизни. Статистические материалы. Часть VII. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 2020. 183 с.

¹⁴ Александрова Г.А., Голубев Н.А., Тюрина Е.М., Оськов Ю.И., Шелепова Е.А., Поликарпов А.В. и др. Общая заболеваемость населения старше трудоспособного возраста (с 55 лет у женщин и с 60 лет у мужчин) по России в 2019 году. Статистические материалы. Часть VIII. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 2020. 195 с.

¹⁵ Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. [Электронный ресурс.] Доступно по: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781>.

с использованием критерия Шапиро – Уилка W. В связи с тем что некоторые переменные имеют ненормальное распределение, использованы непараметрические методы анализа. Для оценки различий показателей применен критерий Манна – Уитни (непараметрический аналог *t*-критерия Стьюдента в случае сравнения двух независимых групп). Критический уровень значимости нулевой статистической гипотезы принимался равным 0,05. Проведена сравнительная оценка уровня первичной заболеваемости трудоспособного населения в субъектах УФО относительно общероссийских показателей, а также попарное сравнение по всем субъектам округа (*p*).

Результаты. Показатели первичной заболеваемости взрослого населения трудоспособного возраста Российской Федерации и Уральского федерального округа за 2015–2019 гг. представлены в табл. 1.

По УФО и по большинству субъектов первичная заболеваемость взрослого трудоспособного населения выше, чем в целом по Российской Федерации. Самый высокий уровень отмечен в Ямало-Ненецком АО (далее – ЯНАО). Практически во всех субъектах, кроме Тюменской области, наблюдается тенденция к росту первичной заболеваемости. Самый высокий темп роста зафиксирован в ЯНАО (на 16,7 % к 2015 г.). Только в Тюменской области отмечено снижение уровня первичной заболеваемости (на 2,1 %).

Ведущая причина первичной заболеваемости во всех исследуемых субъектах – болезни органов дыхания (далее – БОД). В 2015–2019 гг. отмечается рост заболеваемости как в целом по стране (с 15 871,9 случая на 100 000 трудоспособного населения, или 31,0 %, в 2015 г. до 16 980,7 случая на 100 000 населения, или 33,4 %, в 2019 г.), так и в каждом из субъектов УФО. Самая высокая первичная заболеваемость БОД – в Челябинской области (20 168,4 случая на 100 000 в 2015 г., или 34,9 % от всех причин первичной заболеваемости, и 20 179,0 в 2019 г., или 33,8 %). Наивысший уровень зарегистрирован в 2018 г. в ЯНАО – 26 279,5 случая. Самый низкий уровень – в Тюменской области (рост с 12 380,5 случая в 2015 г., или 30,2 %, до 13 417,0 в 2019 г., или 33,5 %). Самый значительный рост заболеваемости на 24,3 % отмечается в Ханты-Мансийском автономном округе (далее – ХМАО) с 13 318,1 случая в 2015 г. (26,3 % от всех случаев) до 16 551,6 случая в 2019 г. (31,0 % от всех случаев), а также в Свердловской

области – на 24,0 % (с 14 171,3 случая, или 30,2 %, до 17 572,9 случая в 2019 г., или 36,0 %). В ЯНАО отмечен рост на 8,9 %, в Тюменской области – на 8,4 %, в Курганской области – на 7,6 %.

На втором месте в большинстве случаев стоят травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин. В 2015–2019 гг. в целом по стране сохранялся стабильный уровень первичной заболеваемости от этих причин (8697,8 случая в 2015 г., или 17,0 %, и 8535,2 случая на 100 000 трудоспособного населения в 2019 г., или 16,8 %). Показатели первичной заболеваемости от этого класса болезней в УФО выше, чем в целом по стране, на 8,9–19,0 % с незначительной тенденцией к росту (с 9474,9 до 9883,5 случая на 100 000 трудоспособного населения). Самый высокий уровень регистрировался в Челябинской области при существенном росте как самого показателя (с 11 375,6 случая в 2015 г. до 12 926,0 случая в 2019 г., или на 13,6 %), так и его доли в общей структуре первичной заболеваемости (с 19,7 % в 2015 г. до 21,7 % в 2019 г.). Самый низкий уровень – в Тюменской области с устойчивой тенденцией к снижению: с 5282,5 случая в 2015 г. до 4915,8 случая в 2019 г., или на 6,9 %. В Курганской области отмечается рост на 7,5 %, в Свердловской области – на 5,5 %, в ЯНАО – на 1,8 %. В ХМАО зафиксировано снижение на 11,6 %.

Ямало-Ненецкий автономный округ является единственным регионом УФО, где на втором месте в структуре первичной заболеваемости взрослого трудоспособного населения находятся болезни мочеполовой системы. При этом уровень первичной заболеваемости от травм, отравлений и некоторых других последствий воздействия внешних причин в течение всего исследуемого периода был выше общероссийских показателей на 0,6–6,8 %.

Болезни мочеполовой системы (далее – БМПС) в РФ и УФО стабильно занимают третье место в структуре первичной заболеваемости трудоспособного населения и демонстрируют умеренную тенденцию к снижению как самого уровня заболеваемости (РФ – с 5418,6 случая в 2015 г. до 5207,3 случая в 2019 г., или на 3,9 %; УФО – с 5110,3 случая в 2015 г. до 5024,6 случая в 2019 г., или на 1,7 %), так и к снижению доли в структуре (РФ – с 10,6 % в 2015 г. до 10,2 % в 2019 г.; УФО, соответственно, с 9,9 до 9,4 %).

Самый высокий уровень заболеваемости БМПС зарегистрирован в ЯНАО – он превышает

Таблица 1. Первичная заболеваемость взрослого населения трудоспособного возраста Российской Федерации и Уральского федерального округа на 100 000 населения трудоспособного возраста за 2015–2019 гг. (зарегистрировано болезней всего)

Table 1. Disease incidence in the working-age population of the Russian Federation and the Ural Federal District (per 100,000), 2015–2019

Административные территории / Administrative territories	Годы / Years				
	2015	2016	2017	2018	2019
Российская Федерация / Russian Federation	51 153,1	51 828,9	51 344,9	51 516,5	50 902,8
Уральский федеральный округ / Ural Federal District	51 505,1	53 825,9	53 223,4	53 403,0	53 529,4
Курганская область / Kurgan Region	61 490,8	67 412,1	67 730,6	64 093,6	64 429,4
Свердловская область / Sverdlovsk Region	46 997,8	50 910,8	50 213,6	47 817,8	48 874,5
Тюменская область без АО / Tyumen Region (excluding autonomous areas)	40 981,7	41 640,5	40 517,0	40 859,0	40 104,9
Ханты-Мансийский АО – Югра / Khanty-Mansi Autonomous Area – Yugra	50 640,0	52 661,0	51 303,7	55 028,2	53 322,6
Ямало-Ненецкий АО / Yamal-Nenets Autonomous Area	62 045,5	64 124,8	66 642,0	75 904,1	72 386,3
Челябинская область / Chelyabinsk Region	57 782,4	58 335,4	57 816,1	58 560,2	59 612,8

общероссийские показатели в 1,7–2,1 раза с устойчивой тенденцией к росту (с 10 023,6 случая в 2015 г. до 11 080,9 случая в 2019 г., или на 10,5 %). Доля этой патологии в структуре первичной заболеваемости в ЯНАО составляла 14,0–16,2 %. Стабильно более низкие, чем в РФ и УФО, показатели заболеваемости в этом классе болезней зарегистрированы в Свердловской, Тюменской и Челябинской областях. Самая низкая доля болезней мочеполовой системы в общей структуре отмечена в Челябинской области (7,2–7,6 %) при незначительной тенденции к росту (с 4237,0 случая в 2015 г. до 4433,2 случая в 2019 г., или на 4,6 %). В остальных регионах УФО отмечается умеренное снижение первичной заболеваемости. В регионах УФО болезни мочеполовой системы также в основном занимали третье место. Исключение составили ЯНАО (2-е место в 2015–2019 гг.), Челябинская область (4-е место в 2015–2016 гг.), Курганская область (4-е место в 2019 г.).

Болезни кожи и подкожной клетчатки (далее – БКПК) на протяжении всего исследуемого периода занимали четвертое место среди причин первичной заболеваемости трудоспособного населения в РФ и УФО с ежегодным снижением и самого показателя (РФ – с 3555,2 случая в 2015 г. до 3183,5 случая в 2019 г., или на 10,5 %; УФО – с 3817,1 случая в 2015 г. до 3141,1 случая в 2019 г., или на 17,7 %), и доли в структуре (РФ – с 6,9 до 6,3 % соответственно; УФО – с 7,4 до 5,9 %). Из субъектов РФ, входящих в состав УФО, только в ХМАО этот класс болезней на протяжении всего исследуемого периода занимал 4-е место. В Свердловской области и ЯНАО 4–5-е места, в Курганской области 5–7-е места, в Тюменской области 4–6-е места. В Челябинской области болезни кожи и подкожной клетчатки в 2015–2016 гг. занимали 3-е место в структуре первичной заболеваемости трудоспособного населения.

Самые высокие уровни заболеваемости БКПК регистрировались в Челябинской области (4868,9 случая в 2015 г., 4612,1 случая в 2016 г., 4023,0 случая в 2019 г.), Курганской области (4405,9 случая в 2017 г.), ХМАО (4109,0 случая в 2018 г.). Самые низкие уровни заболеваемости регистрировались в Тюменской области (2857,8 случая в 2015 г., 2525,8 случая в 2017 г., 2289,5 случая в 2019 г.), ЯНАО (2841,4 случая в 2016 г., 2257,7 случая в 2018 г.). В ЯНАО отмечается рост показателей заболеваемости (с 2930,6 случая в 2015 г. до 3260,3 случая в 2019 г., или на 11,3 %). В остальных субъектах показатели заболеваемости снижаются. Наиболее значительное снижение наблюдается в Курганской области (с 4282,2 случая в 2015 г. до 3143,8 в 2019 г., или на 26,6 %) и Свердловской области (соответственно с 3251,3 до 2421,6 случая, или на 25,5 %).

Необходимо отметить, что в 2015 г. в Курганской области на 4-м месте находились болезни класса I (A00–B99) «Некоторые инфекционные и паразитарные болезни» с показателем 4415,5 случая на 100 000 трудоспособного населения, превышавшим показатель по РФ в 2,2 раза и УФО в 1,8 раза.

Значительное количество иных классов болезней не имеют устойчивого рангового места в структуре первичной заболеваемости трудоспособного населения субъектов УФО.

Болезни системы кровообращения (далее – БСК) в 2015–2016 гг. занимали 6-е место и 5-е место в 2017–2019 гг. в целом по РФ с тенден-

цией к росту и уровня заболеваемости (с 2545,6 случая в 2015 г. до 2879,7 случая в 2019 г., или на 12,3 %), и доли в структуре (соответственно с 5,0 до 5,7 %). В целом по УФО показатели заболеваемости по этому классу болезней незначительно ниже общероссийских с теми же тенденциями роста уровня заболеваемости (с 2302,9 случая в 2015 г. до 2706,0 в 2019 г., или на 17,5 %) и доли в структуре (с 4,5 до 5,1 %).

Среди регионов УФО самые высокие показатели в этом классе болезней за весь исследуемый период регистрировались в Курганской области с очень высоким ростом и уровнем заболеваемости (с 2752,8 случая в 2015 г. до 6060,1 случая в 2019 г., или на 120,1 %), и доли в структуре (соответственно с 4,5 до 9,4 %, или на 108,9 %). Самый низкий уровень заболеваемости регистрировался в ХМАО (1945,6 случая в 2015 г., 1847,7 случая в 2016 г., 2061,9 случая в 2017 г., 1845,7 случая в 2019 г.) и в Тюменской области (2394,3 случая в 2018 г.). Существенный рост заболеваемости БСК отмечается в ЯНАО (с 2212,9 случая в 2015 г. до 3770,2 случая в 2019 г., или на 70,4 %). Относительно незначительный рост заболеваемости отмечается в Свердловской области (с 2416,9 случая в 2015 г. до 2722,3 случая в 2019 г., или на 12,6 %) и Тюменской области (на 8,8 %). Динамика изменений показателей уровня заболеваемости в Челябинской области, ЯНАО, ХМАО не носила линейного характера, но в исследуемый период показатели данных субъектов УФО были ниже общероссийских и окружных показателей.

Болезни органов пищеварения занимали в структуре первичной заболеваемости взрослого трудоспособного населения 5–7-е места в РФ и 5–8-е места в УФО. С 2016 г. показатель уровня заболеваемости в целом по УФО превышал общероссийский. Показатели уровня заболеваемости болезнями органов пищеварения населения трудоспособного возраста по регионам УФО характеризуются значительной степенью неоднородности. Так, самые высокие показатели уровня заболеваемости зарегистрированы в ЯНАО (4061,5 случая в 2015 г., 5672,1 случая в 2018 г., 5445,3 случая в 2019 г.) и в Курганской области (4336,3 случая в 2016 г., 4679,1 случая в 2017 г.). Экстремально высокие показатели в УФО превышали общероссийские в 1,6–2,3 раза. Самые низкие показатели регистрировались в Тюменской области (от 1373,7 случая до 1503,4 случая в 2015–2018 гг.) и Свердловской области (1674,1 случая в 2019 г.). Общероссийские показатели превышали экстремально низкие показатели субъектов УФО в 1,4–1,8 раза. Изменения показателей уровня заболеваемости болезнями органов пищеварения в субъектах УФО в исследуемый период носили волнообразный характер.

Болезни костно-мышечной системы (далее – БКМС) занимали в разные годы 5–7-е места в структуре первичной заболеваемости трудоспособного населения как в РФ, так и в УФО. Общероссийский и окружной уровень заболеваемости в целом находился на одном уровне (соответственно 2529,8–2588,4 случая по РФ и 2469,1–2697,7 по УФО). Самый высокий уровень заболеваемости БКМС с тенденцией к росту регистрировался в ЯНАО (с 4488,6 случая в 2015 г. до 4866,5 случая в 2019 г., или на 8,4 %). В структуре причин первичной заболеваемости трудоспособного населения ЯНАО БКМС занимают

4-е место. Высокий уровень заболеваемости при нестабильной динамике показателей отмечался в Курганской области (4024,1 случая в 2015 г., 2757,4 случая в 2016 г., 4393,6 случая в 2019 г.). Снижался уровень заболеваемости в Свердловской области (с 2599,6 случая в 2015 г. до 2122,1 в 2019 г., или на 18,4 %). Самые низкие показатели установлены в Тюменской области с ежегодным снижением уровня заболеваемости (с 2044,3 случая в 2015 г. до 1267,2 в 2019 г., или на 38,0 %).

Первичная заболеваемость некоторыми инфекционными и паразитарными болезнями трудоспособного населения УФО за весь исследуемый период была выше, чем в среднем по РФ, на 11,1–21,3 % с обоюдными тенденциями к снижению (РФ – с 2013,6 случая в 2015 г. до 1745,8 случая в 2019 г., или на 13,3 %; УФО – с 2442,8 случая в 2015 г. до 1939,6 случая в 2019 г., или на 20,6 %). Самый высокий уровень заболеваемости отмечен в Курганской области с ежегодным снижением показателей (с 4415,5 случая в 2015 г. до 2459,1 случая в 2019 г., или на 44,3 %). Свердловская область оказалась единственным субъектом в УФО с показателями более низкими, чем в целом по РФ, а также с ежегодным снижением уровня заболеваемости (с 1994,2 случая в 2015 г. до 1452,2 случая в 2019 г., или на 27,2 %). В целом во всех регионах УФО, кроме Тюменской области, снижался уровень заболеваемости трудоспособного населения некоторыми инфекционными и паразитарными болезнями.

В остальных классах болезней также установлены некоторые существенные отличия в показателях уровней заболеваемости в РФ и в субъектах, входящих в состав УФО.

В Тюменской, Курганской областях и ЯНАО заболеваемость болезнями эндокринной системы, расстройствами питания и нарушениями обмена веществ в 1,8–2,9 раза превышала общероссийские показатели. В Челябинской области, наоборот, уровень заболеваемости был ниже общероссийского весь исследуемый период на 23,0–37,3 %.

Заболеваемость трудоспособного населения психическими расстройствами и расстройствами поведения в Курганской области в 2,2–2,6 раза превышала общероссийский уровень. При этом показатели Курганской области снизились с 1113,6 случая в 2015 г. до 504,6 случая, или на 54,7 %, в 2019 г. В Челябинской области и ЯНАО уровень заболеваемости этим классом болезней также был выше, чем в среднем по России, а в Свердловской и Тюменской областях, ХМАО – ниже.

Заболеваемость болезнями нервной системы в УФО в целом ниже, чем по России. Самый низкий уровень заболеваемости отмечен в Челябинской области. Ниже общероссийских показатели заболеваемости в Свердловской области и ХМАО. Выше средних по стране с тенденцией к снижению находятся показатели в Курганской области. Отмечается значительный ежегодный рост заболеваемости болезнями нервной системы с уже высокого уровня 2015 г. в ЯНАО. При среднероссийских показателях 1015,5–1063,6 случая в ЯНАО за 5 лет рост составил 81,7 % (с 1732,0 случая в 2015 г. до 3147,7 случая в 2019 г.).

Уровень заболеваемости болезнями глаза и его придаточного аппарата и болезнями уха и сосцевидного отростка в целом по УФО сопоставим со средним по стране с незначительными отклонениями в большую и меньшую сторону в течение исследуемого периода.

Наибольшие показатели заболеваемости болезнями глаза и его придаточного аппарата отмечались в Курганской области в 2015–2017 гг. (с превышением общероссийских на 34,2–41,7 %) и в ЯНАО в 2018–2019 гг. (с превышением общероссийских на 46,8 и 53,4 %). Самые низкие показатели отмечены в Тюменской области (ниже общероссийских на 16,2–30,2 %). Самые высокие показатели заболеваемости болезнями уха и сосцевидного отростка выявлены в Курганской области (с превышением общероссийских на 15,6–25,1 %), самые низкие – в Тюменской области (ниже общероссийских на 31,0–36,8 %).

Дополнительно необходимо отметить, что по 97,3 % всех случаев первичной заболеваемости трудоспособного населения УФО по классу болезней МКБ-10 XVIII (R00–R99) «Симптомы, признаки и отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях, не классифицированные в других рубриках» зарегистрировано в Свердловской (64,8 %) и Курганской областях (32,5 %).

Результаты сравнения первичной заболеваемости в субъектах УФО относительно показателей по Российской Федерации в целом, а также попарного сравнения субъектов, входящих в состав УФО, представлены в табл. 2.

Представленные в таблице среднемноголетние первичной заболеваемости трудоспособного населения в большинстве субъектов Уральского федерального округа статистически значимо отличаются от общероссийских показателей. Исключением является Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, где *p*-значение непараметрического критерия Манна – Уитни составило 0,347. В большинстве субъектов округа уровни первичной заболеваемости трудоспособного населения имеют статистически значимые различия, за исключением пары Курганская область / Ямало-Ненецкий автономный округ (*p* = 0,465). Различия принимались как статистически значимые при *p* < 0,05.

Обсуждение. Полученные результаты свидетельствуют о том, что показатели первичной заболеваемости взрослого населения трудоспособного возраста Уральского федерального округа в целом статистически значимо выше, чем в среднем по России.

Экстремальные показатели среднемноголетней заболеваемости в округе отличаются в 1,67 раза (в ЯНАО 68220,5 случая на 100 000 трудоспособного населения, в Тюменской области 40820,6 случая).

Структуры заболеваемости в отдельных субъектах совпадают между собой и с общероссийским и окружными показателями только по одному параметру: ведущей причиной первичной заболеваемости являются болезни органов дыхания, что характерно и для других регионов страны, а также иных возрастных групп населения [12, 13, 16, 20, 22]. Наиболее выражены региональные особенности первичной заболеваемости трудоспособного населения в Ямало-Ненецком автономном округе.

В отдельных классах МКБ-10 отмечаются кратные отличия в уровне заболеваемости как между субъектами, так и показатели субъектов и средние показатели по России. Изменение динамики показателей заболеваемости в субъектах округа носят зачастую разнонаправленный характер. Региональные особенности заболеваемости

Таблица 2. P-значение и среднемноголетние показатели первичной заболеваемости взрослого населения трудоспособного возраста Российской Федерации и Уральского федерального округа на 100 000 населения трудоспособного возраста за 2015–2019 гг.

Table 2. P-values and long-term incidence rates in the working-age population of the Russian Federation and the Ural Federal District (per 100,000), 2015–2019

Административные территории / Administrative territories	Российская Федерация / Russian Federation	Уральский федеральный округ / Ural Federal District	Курганская область / Kurgan Region	Свердловская область / Sverdlovsk Region	Тюменская область / Tyumen Region	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра / Khanty-Mansi Autonomous Area – Yugra	Ямало-Ненецкий автономный округ / Yamal-Nenets Autonomous Area	Челябинская область / Chelyabinsk Region
Российская Федерация / Russian Federation	51349,2*	0,028	0,009	0,016	0,009	0,347	0,009	0,009
Уральский федеральный округ / Ural Federal District	0,028	53097,4*	0,009	0,009	0,009	0,347	0,009	0,009
Курганская область / Kurgan Region	0,009	0,009	65031,3*	0,009	0,009	0,009	0,465	0,009
Свердловская область / Sverdlovsk Region	0,016	0,009	0,009	48962,9*	0,009	0,016	0,009	0,009
Тюменская область / Tyumen Region	0,009	0,009	0,009	0,009	40820,6*	0,009	0,009	0,009
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра / Khanty-Mansi Autonomous Area – Yugra	0,347	0,347	0,009	0,016	0,009	52591,1*	0,009	0,009
Ямало-Ненецкий автономный округ / Yamal-Nenets Autonomous Area	0,009	0,009	0,465	0,009	0,009	0,009	68220,5*	0,009
Челябинская область / Chelyabinsk Region	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	58421,4*

Примечание: * – среднемноголетние показатели первичной заболеваемости взрослого трудоспособного населения на 100 000 населения трудоспособного возраста.

Note: * – long-term incidence rates in the working-age population (per 100,000).

в отдельных классах МКБ-10 требуют дополнительного изучения.

Изучение детерминант значимых различий в уровне первичной заболеваемости не являлось целью настоящего исследования. У авторов нет оснований утверждать, что высокие показатели заболеваемости свидетельствуют о худшем состоянии популяционного здоровья в регионе. Существенные отличия показателей заболеваемости в разных субъектах РФ отмечаются и другими авторами [12, 13]. Значительные отличия в состоянии популяционного здоровья в различных регионах отмечаются и в зарубежных источниках [23]. Высокие показатели первичной заболеваемости могут также обуславливаться и степенью доступности медицинской помощи [13, 21, 24, 25].

Заключение. Показатели первичной заболеваемости являются важными индикаторами для оценки состояния здоровья трудоспособного населения в системе социально-гигиенического мониторинга для управления риском здоровью.

В большинстве субъектов УФО первичная заболеваемость взрослого населения трудоспособного возраста статистически значимо выше, чем в среднем по Российской Федерации.

При попарной оценке показателей статистически значимые различия уровня первичной заболеваемости взрослого трудоспособного населения установлены практически во всех субъектах, кроме Курганской области и Ямало-Ненецкого автономного округа.

Региональные особенности первичной заболеваемости трудоспособного населения должны учитываться при планировании нормативов объ-

емов медицинской помощи и нормативов финансового обеспечения территориальных программ государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи.

Анализ показателей первичной заболеваемости, разработка мер по совершенствованию оказания медицинской помощи трудоспособному населению должны входить в сферу постоянных профессиональных интересов органов управления в сфере охраны здоровья субъектов Российской Федерации и главных внештатных специалистов Минздрава России.

Список литературы

1. Becker GS. *Human Capital*. Chicago: University of Chicago Press, 1964.
2. Shultz T. Capital formation by education. *J Polit Econ*. 1967;68:571.
3. Grossman M. On the concept of health capital and demand for health. *J Polit Econ*. 80(2):223–255.
4. World Population Prospects. The 2017 Revision. Volume II: Demographic Profiles. New York: United Nations, 2017.
5. Аганбегян А.Г. Негативный демографический тренд в России – возможности преодоления или смягчения. Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2020. № 1 (60). С. 5–16.
6. Аганбегян А.Г. Демографическая драма на пути перспективного развития России. // Народонаселение. 2017. № 3 (77). С. 4–23.
7. Шагин А.С., Газимова В.Г., Гагарина М.С., Малых О.Л., Гусельников С.Р. Возможности анализа заболеваемости с временной утратой трудоспособности субъектов предпринимательской деятельности.

- Профилактическая медицина. 2019. Т. 22. № 4–2. С. 12–16. doi: 10.17116/profmed20192204212
8. Стародубов В.И., Соболева Н.П., Савченко Е.Д. К вопросу об укреплении и сохранении здоровья работающих на предприятиях (на примере Центрального федерального округа) // Менеджер здравоохранения. 2018. № 1. С. 35–41.
 9. Ревич Б.А., Харькова Т.Л. Чем болеют и от чего гибнут россияне трудоспособного возраста. *Демоскоп Weekly*. 2016. № 691–692. С. 1–20.
 10. Антипова С.И., Антипов В.В., Савина И.И. Заболеваемость как фактор риска смертности трудоспособного населения. *Медицинские новости*. 2016. № 6. С. 29–39.
 11. Петрова Н.Г., Тептин С.Е., Погосян С.Г. Современные проблемы охраны здоровья работающего населения России. *Ученые записки СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова*. 2014. Т. 21. № 1. С. 19–22.
 12. Иванова А.Е., Павлов Н.Б., Михайлов А.Ю. Тенденции и региональные особенности здоровья взрослого населения России // *Социальные аспекты здоровья населения*. 2011. Т. 3 (19). С. 25.
 13. Савина А.А., Леонов С.А., Сон И.М., Михайлова Ю.В., Фейгинова С.И., Кудрина В.Г. Основные тенденции первичной заболеваемости населения в субъектах Российской Федерации в 2008–2017 гг. // *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2019. Т. 27 (2). С. 118–122.
 14. Сабаев А.В., Голева О.П., Тасова З.Б. Анализ динамики первичной заболеваемости населения Омской области // *Здоровье населения и среда обитания*. 2019. № 7 (316). С. 13–16. doi: 10.35627/2219-5238/2019-316-7-13-16
 15. Ефимова Н.В., Мыльникова И.В. Эпидемиологические аспекты общей заболеваемости населения Ямало-Ненецкого автономного округа // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2014. Т. 16 (5-2). С. 923–926.
 16. Хабриев Р.У., Мингазова Э.Н., Шигабутдинова Т.Н., Мансурова Р.Г. Динамика основных показателей заболеваемости населения Республики Татарстан. *Общественное здоровье и здравоохранение*. 2020. № 2 (66). С. 5–10.
 17. Стрельченко О.В., Чернышев В.М., Мингазов И.Ф., Герасимова Э.В., Семенова В.Г. Состояние здоровья трудоспособного населения в Сибирском федеральном округе // *Современные проблемы гигиены, токсикологии и медицины труда: Науч.-практ. конф. с международным участием, посвящ. 90-летию образования ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора*. Омск, 2020. С. 265–273.
 18. Воевода М.И., Чернышев В.М., Стрельченко О.В., Мингазов И.Ф. Особенности состояния здоровья трудоспособного населения в Сибирском федеральном округе // *Всероссийский экономический журнал*. 2019. Т. 49. № 6. С. 26–42. doi: 10.30680/ES00131-7652-2019-6-26-42
 19. Лысенко И.Л., Чирков В.А., Бреусов А.В. Тенденции заболеваемости и прогноз потерь здоровья населения трудоспособного возраста // *Общественное здоровье и здравоохранение*. 2014. № 2 (42). С. 28–30.
 20. Ефимова Н.В. Региональные аспекты оценки заболеваемости трудоспособного населения субъектов Сибирского федерального округа // *Современные проблемы науки и образования*. 2017. № 2. С. 114.
 21. Сабгайда Т.П., Окунев О.Б. Изменение заболеваемости детей, подростков и взрослого населения болезнями основных классов в постсоветский период // *Социальные аспекты здоровья населения*. 2012. № 1 (23). С. 1.
 22. Погодина В.А., Бабенко А.И., Хаятова З.Б., Бабенко Е.А. Сравнительный анализ показателей здоровья у взрослого контингента в городе Новосибирске. *Социальные аспекты здоровья населения*. 2018. № 1 (59). С. 1.
 23. Noonan VK, Kopec JA, Noreau L, et al. Comparing the content of participation instruments using the International Classification of Functioning, Disability and Health. *Health Qual Life Outcomes*. 2009;7:93. doi: 10.1186/1477-7525-7-93
 24. Firulina II. Analysis of morbidity of the population of the Samara Region on the main classes of diseases. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya*. 2015;(3):578. (In Russ.)
 25. Чеченин Г.И., Жилина Н.М., Крипальский Л.Н., Дуреев В.Н. Достоверность медико-статистических данных о заболеваемости и причинах смертности как необходимое условие повышения уровня общественного здоровья и качества жизни граждан // *Общественное здоровье и здравоохранение*. 2017. № 3 (55). С. 25–33.

References

1. Becker GS. *Human Capital*. Chicago: University of Chicago Press, 1964.
2. Shultz T. Capital formation by education. *J Polit Econ*. 1967;68:571.
3. Grossman M. On the concept of health capital and demand for health. *J Polit Econ*. 80(2):223–255.
4. World Population Prospects. The 2017 Revision. Volume II: Demographic Profiles. New York: United Nations, 2017.
5. Aganbegyan AG. The negative demographic trend in Russia – the options for overcoming or mitigating. *Ekonomika Severo-Zapada: Problemy i Perspektivy Razvitiya*. 2020;(1(60)):5–16. (In Russ.)
6. Aganbegyan AG. Demographic drama on the path of perspective development of Russia. *Narodonaselenie*. 2017;(3(77)):4–23. (In Russ.) doi: 10.26653/1561-7785-2017-3-1
7. Shastin AS, Gazimova VG, Gagarina MS, Malykh OL, Gusel'nikov SR. Diseases with temporary disability: analytic tools as available to private companies. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2019;22(4-2):12–16. (In Russ.) doi: 10.17116/profmed20192204212
8. Starodubov VI, Soboleva NP, Savchenko ED. To the question about the strengthening and preservation of health of employees in the enterprises (on the example of the Central Federal District). *Menedzher Zdravookhraneniya*. 2018;(1):35–41. (In Russ.)
9. Revich BA, Kharkova TL. What do Russian working age population suffer and die from? *Demoskop Weekly*. 2016;(691-692):1–20. (In Russ.)
10. Antipova SI, Antipov VV, Savina II. Morbidity as a risk factor of mortality in the working-age population. *Meditsinskie Novosti*. 2016;(6):29–38. (In Russ.)
11. Petrova NG, Teptin SE, Pogosyan SG. Current problems of health protection of the working population in Russia. *Uchenye Zapiski SPbGМУ im. Akad. I.P. Pavlova*. 2014;21(1):9–22. (In Russ.)
12. Ivanova AE, Pavlov NB, Mikhaylov AYU. Trends and regional peculiarities of adult health in Russia. *Sotsial'nye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya*. 2011;3(19):25. (In Russ.)
13. Savina AA, Leonov SA, Son IM, Mihailova IuV, Feiginova SI, Kudrina VG. The main trends in primary morbidity of population in the subjects of the Russian Federation in 2008–2017. *Problemy Sotsial'noy Gigieny, Zdravookhraneniya i Istorii Meditsiny*. 2019;(27(2)):118–122. (In Russ.) doi: 10.32687/0869-866X-2019-27-2-118-122
14. Sabayev AV, Goleva OP, Tasova ZB. Analysis of dynamics of primary morbidity of the Omsk region population. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2019;(7(316)):13–16. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-316-7-13-16
15. Efimova NV, Mylnikova IV. Epidemiological aspects of common incidences of the population in Yamal-Nenets

- Autonomous District. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Tsentra Rossiyskoy Akademii Nauk*. 2014;16(5-2):923-926. (In Russ.)
16. Khabriev RU, Mingazova EN, Shigabutdinova TN, Mansurova RG. Dynamics of the main indicators of population morbidity in Tatarstan Republic. *Obshchestvennoe Zdorov'e i Zdravookhranenie*. 2020;2(66):5-10. (In Russ.)
 17. Strelchenko OV, Chernyshev VM, Mingazov IF, Gerasimova EV, Semenova VG. [Health status of the working age population in the Siberian Federal District.] In: *Current Issues of Hygiene, Toxicology and Occupational Medicine: Research and Practice Conference with international participation devoted to the 90th Anniversary of the Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Omsk, February 27-28, 2020*. Omsk: Omsk Humanitarian Academy Publ., 2020:265-273. (In Russ.)
 18. Voyevoda MI, Chernyshev VM, Strelychenko OV, Mingazov IF. Physical conditions of working population in the Siberian Federal District. *ECO*. 2019;49(6):26-42. (In Russ.) doi: 10.30680/ECO0131-7652-2019-6-26-42
 19. Lysenko IL, Chirkov VA, Breusov AV. Incidence's trends and prognosis of health loss of working age population. *Obshchestvennoe Zdorov'e i Zdravookhranenie*. 2014;2(42):28-30. (In Russ.)
 20. Efimova NV. Regional aspects of assessment of morbidity working-age population of the subjects of the Siberian Federal Okrug. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya*. 2017;2(2):114. (In Russ.)
 21. Sabgayda TP, Okunev OB. Trends of incidence and prevalence for the main classes of diseases among Russian child, adolescent and adult population during the post-soviet period. *Sotsial'nye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya*. 2012;(1(23)):1. (In Russ.) Accessed October 25, 2021. <http://vestnik.mednet.ru/content/view/383/30/lang,ru/>
 22. Pogodina VA, Babenko AI, Khaiatova ZB, Babenko EA. Comparative analysis of health indicators of the adult population in the city of Novosibirsk. *Sotsialnye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya*. 2018;(1(59)):1. (In Russ.) doi: 10.21045/2071-5021-2018-59-1-1
 23. Noonan VK, Kopec JA, Noreau L, et al. Comparing the content of participation instruments using the International Classification of Functioning, Disability and Health. *Health Qual Life Outcomes*. 2009;7:93. doi: 10.1186/1477-7525-7-93
 24. Firulina II. Analysis of morbidity of the population of the Samara Region on the main classes of diseases. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya*. 2015;(3):578. (In Russ.)
 25. Chechenin GI, Zhilina NM, Kripalsky LN, Due reev VN. The reliability of medical and statistical data on morbidity and causes of mortality as a necessary condition for enhancing public health and life quality of citizens. *Obshchestvennoe Zdorov'e i Zdravookhranenie*. 2017;(3(55)):25-33. (In Russ.)



© Коллектив авторов, 2021

УДК 614



Смертность от рака молочной железы в Приморском крае: анализ данных и моделирование

*М.З. Ермолицкая^{1,2}, П.Ф. Кикун³, А.И. Абакумов¹*¹ФГБУН «Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН», ул. Радио, д. 5, г. Владивосток, 690041, Российская Федерация²ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса», ул. Гоголя, д. 41, г. Владивосток, 690014, Российская Федерация³ФГАУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Школа медицины, п. Аякс, д. 10, о. Русский, г. Владивосток, 690922, Российская Федерация

Резюме

Введение. В Приморском крае наблюдается устойчивая тенденция к росту заболеваемости и смертности от рака молочной железы. Образ жизни человека, материальное благосостояние, доступность и своевременность получения медицинской помощи наряду с генетическими предрасположенностями оказывают существенное влияние на продолжительность жизни и смертность пациентов с установленным диагнозом, что имеет большое значение для общественного здравоохранения, особенно при выработке стратегии повышения качества жизни и укрепления здоровья населения.

Цель: анализ ситуации и разработка модели, позволяющей прогнозировать уровень смертности на основе данных по распространенности раком молочной железы и социально-экономическим показателям качества жизни населения Приморского края.

Материалы и методы. Исследование проведено на основе данных Федеральной службы государственной статистики и медико-информационного аналитического центра Приморского края за период с 1994 по 2019 год. Для анализа статистических данных применен корреляционный анализ, для разработки модели – искусственные нейронные сети.

Результаты. В крае в целом с 2000 по 2019 год наблюдается тенденция роста уровня смертности от рака молочной железы (39,13 %). Статистический анализ взаимосвязи между социально-экономическими показателями и коэффициентом смертности показал наличие значимых корреляций, на основе которых разработана нейросетевая модель. Наибольший вес при прогнозировании оказывают показатели, характеризующие уровень материального благосостояния населения и качество медицинского обслуживания пациентов.

Выводы. Выявленные взаимосвязи демонстрируют возможность их учета при проектировании управленческих решений по увеличению продолжительности жизни и улучшению ее качества для пациентов с раком молочной железы.

Ключевые слова: рак молочной железы, качество жизни населения, искусственная нейронная сеть.

Для цитирования: Ермолицкая М.З., Кикун П.Ф., Абакумов А.И. Смертность от рака молочной железы в Приморском крае: анализ данных и моделирование // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 11. С. 16–22. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-16-22>

Сведения об авторах:

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

✉ **Кикун** Павел Федорович – д.м.н., проф., директор департамента общественного здоровья и профилактической медицины Школы медицины ФГАУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»; e-mail: kiku.pf@dvfu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3536-8617>.

Абакумов Александр Иванович – д.ф.м.н., проф., заведующий лабораторией математического моделирования биофизических процессов ФГБУН «Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН»; e-mail: abakumov@iacp.dvo.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2235-9025>.

Информация о вкладе авторов: Ермолицкая М.З. – подготовка и реализация дизайна исследования; сбор, обработка и анализ данных, интерпретация результатов; подготовка текста статьи; Кикун П.Ф. – получение данных для анализа, интерпретация результатов, проверка; Абакумов А.И. – интерпретация результатов, редактирование.

Финансирование: Работа выполнена в рамках госзадания № 0202-2019-0009. Тема: Разработка передовых методов и технологий создания интеллектуальных информационных и управляющих систем.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 06.10.21 / Принята к публикации: 03.11.21 / Опубликована: 30.11.21

Breast Cancer Mortality in the Primorsky Region: Data Analysis and Modeling

*Marina Z. Ermolitskaya^{1,2} Pavel F. Kiku,³ Aleksandr I. Abakumov¹*¹Institute of Automation and Control Processes, 5 Radio Street, Vladivostok, 690041, Russian Federation²Vladivostok State University of Economics and Service, 41 Gogol Street, Vladivostok, 690014, Russian Federation³School of Medicine, Far Eastern Federal University, 10 Ajax Village, Russky Island, Vladivostok, 690922, Russian Federation

Summary

Introduction: In the Primorsky Region, there is a steady upward trend in breast cancer morbidity and mortality. Lifestyle, material wellbeing, availability and timeliness of receiving medical care, along with genetic predisposition, have a significant impact on life expectancy and mortality of cancer patients, which is of great importance for public health, especially when developing a strategy to improve the quality of life and health status of the population.

Objective: The study aimed to analyze the situation and to develop a model for mortality prediction based on breast cancer prevalence rates and socio-economic indicators of the population of the Primorsky Region.

Materials and methods: The study was carried out based on data from the Federal State Statistics Service and the Medical Information Analytical Center of the Primorsky Region for 1994–2019. Correlation analysis was used to analyze statistical data and the prediction model was developed using artificial neural networks.

Results: In 2000–2019, there was a rise in breast cancer mortality by 39.13 % in the region. The statistical analysis of the relationship between socio-economic indicators and the mortality rate showed significant correlations, which were further

used for the development of a neural network model. We observed that predictions were most influenced by parameters of material well-being and health care quality.

Conclusion: The established relationships prove the necessity of considering them when designing management decisions aimed to increase life expectancy and improve the quality of life in breast cancer patients.

Keywords: breast cancer, quality of life in the population, artificial neural network.

For citation: Ermolitskaya MZ, Kiku PF, Abakumov AI. Breast cancer mortality in the Primorsky Region: Data analysis and modeling. *Zdorov'e Naseleeniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(11):16–22. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-16-22>

Author information:

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

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

Aleksandr I. **Abakumov**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor; Head of the Laboratory of Mathematical Modeling of Biophysical Processes, Institute of Automation and Control Processes; e-mail: abakumov@iacp.dvo.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2235-9025>.

Author contributions: *Ermolitskaya M.Z.* developed the study design and conception, did data collection, processing, and analysis, and wrote the manuscript; *Kiku P.F.* acquired data, checked and interpreted the results; *Abakumov A.I.* interpreted the results; all authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript

Funding: The work was carried out as part of state task No. 0202-2019-0009. Topic: Development of advance methods and technologies for creating intelligent information and control systems.

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

Received: October 6, 2021 / Accepted: November 3, 2021 / Published: November 30, 2021

Введение. Злокачественные новообразования относятся к основным классам болезней и причин смерти населения нашей планеты. За последние 20 лет в мире наблюдается стабильный рост онкологических больных с впервые в жизни установленным диагнозом. Первое место в структуре онкологических заболеваний у женщин занимает рак молочной железы (РМЖ). По оценкам специалистов Международного агентства по изучению рака (МАИР) в 2020 году рак молочной железы диагностировали у 2,3 млн человек, 685 тысяч от него скончались. Зафиксированы случаи злокачественных новообразований грудной железы и у мужчин (0,5–1 % всех случаев рака груди), причем смертность среди пациентов данной категории очень высока.

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) наибольшее количество случаев заболеваемости и смертности от рака молочной железы зафиксировано в странах с низким и средним уровнем дохода. Самые высокие значения стандартизованных по возрасту коэффициентов смертности среди женского населения отмечены в Полинезии (19,1 на 100 тыс. населения), Африке (16,8) и Азии (12,5)¹ [1].

В России также наблюдается тенденция роста численности населения с онкологическими заболеваниями. В структуре смертности от всех причин злокачественные новообразования занимают второе место (в 2019 году – 16,4 %, в 2018 году – 16,1 %). При этом показатель смертности от рака молочной железы медленно снижается в среднем на 0,2 % в год. Удельный вес показателя смертности от РМЖ в 2019 году составил 7,4 %, в 2014 году – 7,9 % (у женщин в 2019 году – 15,9 %, в 2014 году – 16,7 %)². Высокие показатели смертности от РМЖ значительно влияют на ожидаемую продолжительность жизни женского населения и имеют большое значение в связи с социально-экономическими потерями общества [2, 3].

Качество жизни населения наряду с генетическими предрасположенностями оказывает существенное влияние на выживаемость пациентов с установленным диагнозом «рак молочной железы». В ряде опубликованных работ отмечается, что образ жизни человека, питание, эмоцио-

нальное состояние и загрязнение окружающей среды воздействуют на продолжительность жизни и смертность [4–8]. При этом роль многих факторов недостаточно изучена и активно обсуждается в научной литературе [9].

Цель исследования – анализ ситуации и разработка модели, позволяющей прогнозировать уровень смертности на основе данных по распространенности раком молочной железы и социально-экономическим показателям качества жизни населения Приморского края.

Материалы и методы. В основу статьи положена статистическая информация об уровне заболеваемости и смертности от рака молочной железы в Приморском крае за период с 1994 по 2019 год. Исходная выборка данных состояла из 26 наблюдений и 15 факторов, характеризующих социально-экономические стороны жизни населения: доход (среднедушевые денежные доходы в месяц, руб.), заработная плата (среднемесячная номинальная начисленная заработная плата в расчете на одного работника), прожиточный уровень (величина прожиточного уровня в среднем на душу населения, руб. в месяц), инвестиции (инвестиции в основной капитал на душу населения в фактически действующих ценах), коэффициент Джини (индекс концентрации доходов), объем платных услуг населению в расчете на душу населения, жилье (введено в действие общей площади жилых домов и общежитий, тыс. м²), коэффициент фондов (соотношение доходов 10 % наиболее и наименее обеспеченного населения), ВРП (валовой региональный продукт на душу населения), численность населения (на 1 января, тыс. человек), численность среднего медицинского персонала на 10 тыс. человек населения, обеспеченность больничными койками на 10 тыс. населения, ИЧР (индекс человеческого развития), индекс образования, уровень безработицы (по методологии МОТ). Численные значения данных показателей были получены из материалов официального сайта Федеральной службы государственной статистики². Показатели заболеваемости и смертности на 100 тыс. населения предоставлены медико-информационным аналитическим центром Приморского края. Взятые показатели, по нашему мнению, характеризуют

¹ WHO. Cancer: Factsheet. September 21, 2021. Accessed November 25, 2021. URL: <http://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/cancer/>

² Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт: URL: <https://rosstat.gov.ru>.

социально-экономическую и социально-демографическую стороны жизни населения и могут быть взаимосвязаны с уровнем смертности от рака молочной железы.

Первичная обработка и анализ исходных данных осуществлялись в программе R-Studio (Version 1.0.153). Проверка нулевых гипотез проводилась методом Р. Фишера на заданном уровне значимости 0,05 [10].

Для определения существенности влияния выбранных показателей на коэффициент смертности от рака молочной железы использовали корреляцию Пирсона для нормально распределенных данных и метод тау Кендала в противном случае. Критерий Шапиро – Уилка применяли для проверки данных на нормальность распределения.

Построение модели зависимости коэффициента смертности от факторов жизни осуществлялось с помощью искусственных нейронных сетей (ИНС) с использованием функции neuralnet (пакет neuralnet в R-Studio). Предварительно данные были стандартизованы (функция scale) и разделены случайным образом на обучающую и тестовую выборки (75 и 25 %, функция sample). Настройка искусственной нейронной сети осуществлялась экспериментально; рассматривали одно-, двух- и трехуровневые структуры с числом нейронов на каждом слое от 1 до 8. Коэффициенты матрицы весов на первом шаге обучения сети инициализировались случайным образом. Обучение сводилось к оптимальному подбору коэффициентов матрицы весов для минимизации функции ошибки. В качестве функции ошибок рассчитывали среднеквадратическую ошибку (MSE). Качество полученной модели проверяли на обучающей и тестовой выборках с помощью следующих показателей: коэффициент детерминации (R^2) и ошибка аппроксимации (А).

Результаты и обсуждение. В структуре онкологических заболеваемости рак молочной железы занимает ведущее положение у женского населения в России (21,2 %): абсолютное число случаев, зафиксированных в 2019 году, составляет 74 490, из них 572 приходится на мужское население и 73 918 – на женское. Увеличение случаев заболеваемости наблюдается у женщин в возрастной группе 30–59 лет, у мужчин – 60 лет и старше. При этом показатели смертности медленно сни-

жаются: среднегодовой темп отрицательного прироста составляет по «грубым» показателям 1,15 %, по стандартизованным показателям (мировой стандарт) – 2,33 %; отрицательный прирост смертности по отношению к 2009 году – 10,8 % по «грубым» показателям и 20,69 % по стандартизованным показателям (рис. 1). Абсолютное число случаев смерти от рака молочной железы в 2019 году равнялось 21 871 (151 мужчина и 21 720 женщин). Средний возраст умерших составил 66,5 года. Показатели заболеваемости и смертности городского населения выше, чем сельского².

Кумулятивный риск умереть от рака молочной железы в возрасте до 75 лет при условии отсутствия других причин смерти у женщин России имеет тенденцию к уменьшению: в 2000 году этот показатель был равен 1,95 %, в 2019 – 1,58 %. Уменьшение показателей смертности, возможно, связано с увеличением доли заболеваний, выявленных на ранних стадиях, а также со своевременным применением современных и эффективных средств лечения больных. В рамках национального проекта «Здравоохранение», целью которого является повышение к 2024 году ожидаемой продолжительности жизни при рождении до 78 лет и снижение смертности населения трудоспособного возраста до 350 случаев на 100 тыс. населения, реализуется программа «Борьба с онкологическими заболеваниями». Согласно этой программе смертность от новообразований, в том числе злокачественных, должна быть снижена до 185 случаев на 100 тыс. населения.

В Приморском крае реализуется региональный проект «Борьба с онкологическими заболеваниями в Приморском крае». Проект направлен на снижение смертности от новообразований, в том числе злокачественных, до 204,5 случая на 100 тыс. населения и увеличение доли злокачественных новообразований, выявленных на ранних стадиях (I–II стадии), до 63 % к 2024 году. В рамках проекта в 2019 году стартовала информационно-коммуникационная компания, направленная на раннее выявление онкологических заболеваний и повышение приверженности пациентов к лечению. Также предусмотрена организация сети центров амбулаторной онкологической помощи в 11 межрайонных медицинских центрах края^{2,3}.

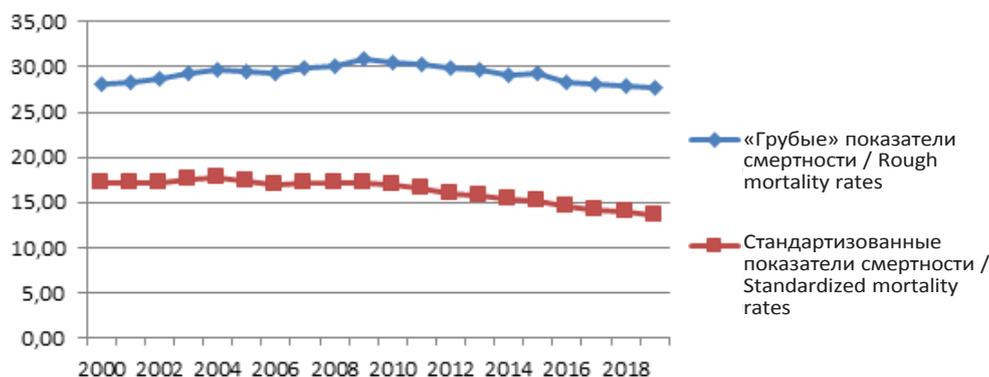


Рис. 1. Динамика смертности от рака молочной железы в России на 100 тыс. населения с использованием мирового стандарта возрастного распределения населения: «грубые» показатели, стандартизованные показатели

Fig. 1. Rough and standardized breast cancer mortality rates per 100 thousand population in the Russian Federation, 2000–2019

³ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Приморском крае в 2020 году». Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. 324 с

По данным медико-информационного аналитического центра Приморского края, за последние годы в крае наблюдалась устойчивая тенденция к росту заболеваемости и смертности от рака молочной железы (рис. 2). В 2019 году абсолютное число больных с данным диагнозом составляло 958 человек, из них 10 мужчин и 948 женщин (для сравнения в 2009 году – 666 человек, в 2014 году – 889 человек). «Грубый» показатель заболеваемости на 100 тыс. населения был равен 50,44 %, стандартизованный – 31,05 % (для женщин 96,75 % и 54,91 % соответственно). Абсолютное число зафиксированных случаев смерти равнялось 360 человек, из них 4 мужчин и 356 женщин (в 2009 году – 347 человек, в 2014 году – 293 человека). «Грубый» показатель смертности на 100 тыс. населения составил 18,95 %, стандартизованный – 10,39 % (для женщин 35,96 % и 17,41 % соответственно). Отношение числа смертей к числу новых случаев на 100 тыс. населения (стандартизованный показатель) в 2019 году составило 0,33 усл. ед. (в 2014 году – 0,31 усл. ед.).

Прирост уровня смертности в крае за период с 2000 по 2019 год составил 39,13 % (с 2009 года – 13,17 %). Наибольшая величина прироста отмечена в Анучинском, Ханкайском, Октябрьском районах, а также в городах Артем, Дальнереченск и Находка. При этом снижение уровня смертности наблюдалось в восьми районах края (Хорольский, Шкотовский, Хасанский, Пожарский, Партизанский, Красноармейский, Ковалеровский, Черниговский) и в городах Фокино, Партизанск и Спасск. Улучшение ситуации в некоторых районах за последние 5 лет сопровождается увеличением числа лиц взрослого населения, прошедших диспансеризацию (в том числе онкоскрининг), на 91,73 %; увеличением численности врачей-онкологов (прирост численности врачей-онкологов составил 30,77 % на 100 тыс. населения); расширением профильных госучреждений по лечению онкологии в крае, что обеспечивает доступность и своевременность получения медицинской помощи населением и позволяет проводить раннюю диагностику и хронизацию заболевания. В связи с этим в крае наблюдается рост числа выявленных заболеваний РМЖ на I стадии с 17,6 % в 2014 году до 29,1 % в 2019 году и числа пациентов, состоящих на учете 5 лет и более, с 3351 до 5148 человек³.

Статистический анализ взаимосвязи между социально-экономическими показателями и

коэффициентом смертности показал наличие значимых корреляций (таблица).

Коэффициент смертности имеет обратную значимую зависимость со следующими показателями: численность населения, уровень безработицы, обеспеченность больничными койками, численность среднего медицинского персонала. Сильная прямая связь наблюдается с индексом образования и прямая умеренная с остальными показателями, что согласуется с опубликованными данными официальных источников³ [11–14]. В Приморском крае наблюдается положительная динамика по анализируемым социально-экономическим показателям. С 2000 года в 19,9 раза увеличился валовый региональный продукт на душу населения; инвестиции на душу населения возросли в 24,5 раза; среднемесячная заработная плата – в 21,9 раза; среднедушевые денежные доходы – в 19,8 раза; прожиточный уровень – в 10,8 раза. При этом реальные денежные доходы населения края уменьшились в 0,89 раза, что можно связать с ростом расходов на обязательные платежи и разнообразные взносы. Объем платных услуг населению в расчете на душу населения увеличился в 18,9 раза. В 3 раза больше введено в действие общей площади жилых домов и общежитий. В 0,55 раза сократился уровень безработицы, при этом численность населения уменьшилась в 0,89 раза. Индекс человеческого развития вырос в 1,2 раза. Люди пытаются заработать как можно больше, трудятся много, некоторые сразу в нескольких местах. На этом фоне отмечен рост показателей, характеризующих дифференциацию населения края: прирост показателей коэффициента Джини и коэффициента фондов составил 20,62 и 51,07 % соответственно. Следует отметить, что в разрезе муниципальных образований занятость населения, доходность и обеспеченность медицинским персоналом остается различной, что в свою очередь оказывает влияние на качество жизни населения и уровень смертности. По мнению специалистов, на генетические предпосылки заболеваемости раком молочной железы приходится по разным оценкам от 5 до 15 %. Наибольшее влияние на вероятность формирования заболеваемости и смертности оказывает образ жизни человека.

Для построения модели зависимости коэффициента смертности от значимых показателей качества жизни использовали искусственные нейронные сети (ИНС). В итоге получили наилучшую

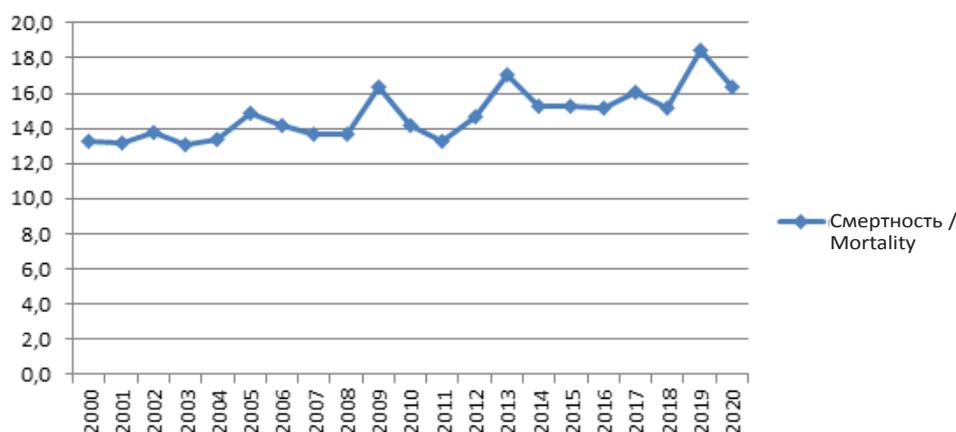


Рис. 2. Динамика смертности от рака молочной железы на 100 тыс. населения Приморского края
Fig. 2. Breast cancer mortality rates per 100 thousand population of the Primorsky Region, 2000–2019

Таблица. Коэффициенты корреляции между коэффициентом смертности и другими показателями
Table. Coefficients of statistically significant correlation between socio-economic indicators and mortality rates

Показатели / Indicators	Коэффициент корреляции / Correlation coefficient	Уровень значимости / <i>p</i> -value
Доход / Income	0,737	9,744e-08
Среднемесячная зарплата / Average monthly salary	0,737	9,744e-08
Прожиточный уровень / Subsistence level	0,726	1,539e-07
Инвестиции на душу населения / Investments per capita	0,598	1,506e-05
Коэффициент Джини / Gini coefficient	0,641	4,114e-06
Объем платных услуг населению / Volume of paid services to population	0,737	9,744e-08
Жилье / Housing	0,417	0,0026
Коэффициент фондов / Funds ratio	0,572	4,05e-05
Валовый региональный продукт на душу населения / Gross regional product per capita	0,737	9,744e-08
Численность населения / Size of population	-0,737	9,744e-08
Численность среднего медицинского персонала / Number of paramedical personnel	-0,429	0,0019
Обеспеченность больничными койками / Availability of hospital beds	-0,578	0,0016
ИЧР / Human development Index	0,683	8,005e-07
Индекс образования / Education Index	0,827	1,031e-07
Уровень безработицы / Unemployment rate	-0,721	2,527e-07

Примечание: курсивом выделены показатели с нормальным видом распределения. Для них рассчитаны коэффициенты корреляции Пирсона, для остальных показателей представлены коэффициенты корреляции Кендалла.

Note: Indicators with normal distribution type are italicized. For them, Pearson's correlation coefficients are calculated, for the remaining indicators, Kendall's correlation coefficients are presented.

нейросетевую модель, состоящую из двух слоев с двумя нейронами в каждом слое (рис. 3).

Коэффициент детерминации при этом равен 0,88 на тестовой выборке и 0,95 на обучающей выборке; ошибка аппроксимации на тестовой выборке составила 12,23 %, на обучающей выборке – 31,38 %; значение среднеквадратической ошибки на тестовой выборке – 0,007, на обучающей выборке – 0,0005. Полученные оценки свидетельствуют о хорошем качестве нейросетевой модели.

Согласно полученным результатам наибольший вес при прогнозировании с помощью ИНС имеют следующие показатели: доход, средне-

месячная заработная плата, ИЧР, уровень безработицы, обеспеченность больничными койками и численность среднего медицинского персонала, что согласуется с результатами корреляционного анализа. То есть при прогнозировании значения коэффициента смертности необходимо учитывать показатели, характеризующие уровень материального благосостояния населения и качество медицинского обслуживания пациентов.

Таким образом, по данным официальной статистики в Приморском крае в целом наблюдается устойчивая тенденция к росту заболеваемости и смертности от рака молочной железы.

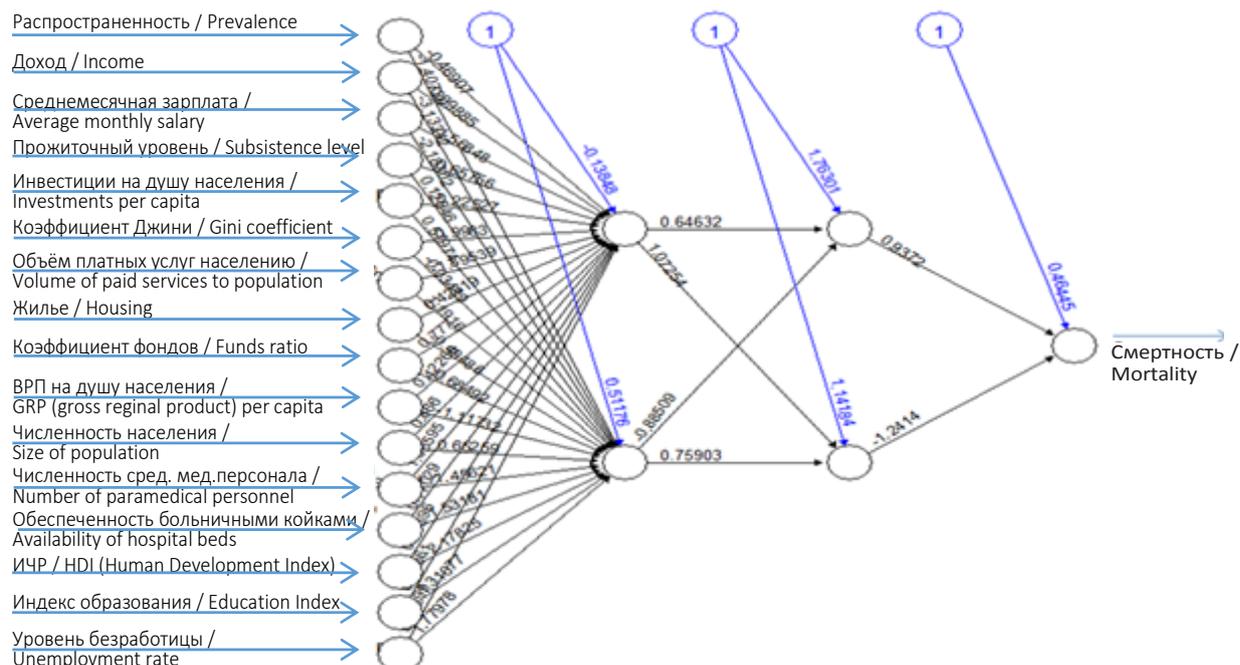


Рис. 3. График обученной искусственной нейронной сети

Fig. 3. Plot of a trained artificial neural network

При этом в некоторых районах и городах края уровень смертности снижается. Такая ситуация, возможно, возникла из-за неравномерного социально-экономического развития муниципальных территориальных образований и дифференциации населения края по уровню доходов. Выявленные в результате статистического анализа взаимосвязи и разработанная на их основе искусственная нейронная сеть могут быть использованы при прогнозировании коэффициента смертности от РМЖ на региональном уровне.

Данное исследование отличается от других [13–18] временным интервалом (с 1994 по 2019 год), территориальной принадлежностью, набором исследуемых показателей, характеризующих социально-экономическую составляющую жизни людей, и выбором искусственных нейронных сетей для разработки прогнозной модели. Дальнейшее исследование предполагает уменьшение временного интервала (с 2000 года) и изучение влияния показателей на коэффициент смертности от рака молочной железы у женского населения Приморского края и ДФО в целом. Результаты исследования могут быть использованы в качестве дополнительного инструмента при оказании адресной помощи пациентам, а также при разработке и совершенствовании методик, позволяющих снизить смертность от РМЖ на региональном уровне.

Выводы

1. Результаты данного исследования позволили проследить динамику заболеваемости и смертности от рака молочной железы с учетом социально-экономических показателей качества жизни населения Приморского края начиная с 1994 года.

2. Качество разработанной нейросетевой модели дает возможность использовать ее для прогнозирования коэффициента смертности, а выявленные взаимосвязи могут быть учтены при проектировании управленческих решений по увеличению продолжительности жизни и улучшению ее качества для пациентов с заболеванием РМЖ на территории края.

Список литературы

1. Siegel RL, Miller KD, Jemal A. Cancer statistics, 2020. *CA Cancer J Clin.* 2020;70(1):7–30. doi: 10.3322/caac.21590
2. Худайкулова А.Т., Худайкулов Т.К. Социально-экономические последствия смертности женщин от рака молочной железы в Узбекистане // Злокачественные опухоли. 2015. № 1. С. 53–56.
3. Игисинов Н.С., Тогузбаева А.Я. К оценке утраченного жизненного потенциала в связи со смертностью от рака молочной железы в Казахстане // Онкология и радиология Казахстана. 2017. № 13S (45). С. 69–70.
4. Нурманова А., Султанова З.И., Аннаоразов Ы.А. Факторы и их роль в заболеваемости, смертности, выживаемости при раке молочной железы // Вестник Казахского национального медицинского университета (КазНМУ). 2018. № 1. С. 112–114.
5. Французова И.С. Анализ факторов риска развития рака молочной железы // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 3 (81) С. 68–74.
6. Кикю П.Ф., Веремчук Л.В., Жерновой М.В. Роль экологических и социально-гигиенических факторов в распространении онкологических заболеваний. Владивосток: Издат. дом Дальневосточного федерального университета, 2012. 192 с.

7. Sternfeld B, Weltzien E, Quesenberry CP, et al. Physical activity and risk of recurrence and mortality in breast cancer survivors: findings from the LACE study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2009;18(1):87–95. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-08-0595
8. Freedman DM, Dosemeci M, McGlynn K. Sunlight and mortality from breast, ovarian, colon, prostate, and non-melanoma skin cancer: a composite death certificate based case–control study. *Occup Environ Med.* 2002;59(4):257–262. doi: 10.1136/oem.59.4.257
9. Kolpak E, Frantsuzova IS. Causes of morbidity and mortality from breast cancer. *Eurasian J Anal Chem.* 2017;12(5):779–791. doi: 10.12973/ejac.2017.00210a
10. Кабаков Р.И. Р в действии. Анализ и визуализация данных в программе R. / Пер. с англ. П.А.Волковой. М.: ДМК Пресс, 2014. 358 с.
11. Писарева Л.Ф., Перинов Д.А., Одинцова И.Н., и др. Эпидемиология рака молочной железы. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2017. 190 с.
12. Писарева Л.Ф., Ляхова Н.П., Перинов Д.А. и др. Заболеваемость раком молочной железы и смертность от него коренного и пришлого населения республики Бурятия // Профилактическая медицина. 2019. Т. 22. № 2. С. 62–67. doi: 10.17116/profmed20192202162
13. Tyrer J, Duffy SW, Cuzick J. A breast cancer prediction model incorporating familial and personal risk factors. *Stat Med.* 2004;23(7):1111–1130. doi: 10.1002/sim.1668
14. Elwood M, Tawfiq E, TinTin S, et al. Development and validation of a new predictive model for breast cancer survival in New Zealand and comparison to the Nottingham prognostic index. *BMC Cancer.* 2018;18(1):897. doi: 10.1186/s12885-018-4791-x
15. Sekeroglu B, Tuncal K. Prediction of cancer incidence rates for the European continent using machine learning models. *Health Informatics J.* 2021;27(1):1460458220983878. doi: 10.1177/1460458220983878
16. Asghari Jafarabadi M, Iraj Z, Dolatkah R, Jafari-Koshki T. Modeling the factors associated with mortality in patients with breast cancer: a machine learning approach. [Preprint] 2020. Accessed September 23, 2021. doi: 10.21203/rs.3.rs-57685/v1
17. Jafari-Koshki T, Schmid VJ, Mahaki B. Trends of breast cancer incidence in Iran during 2004–2008: a Bayesian space–time model. *Asian Pac J Cancer Prev.* 2014;15(4):1557–1561. doi: 10.7314/apjcp.2014.15.4.1557
18. Foerster R, Foerster FG, Wulff V, et al. Matched–pair analysis of patients with female and male breast cancer: a comparative analysis. *BMC Cancer.* 2011;11:335. doi: 10.1186/1471-2407-11-335

References

1. Siegel RL, Miller KD, Jemal A. Cancer statistics, 2020. *CA Cancer J Clin.* 2020;70(1):7–30. doi: 10.3322/caac.21590
2. Khudaykulov AT, Khudaykulov TK. Socio-economic consequences of female mortality from breast cancer in Uzbekistan. *Malignant Tumours.* 2015;(1):53–56. (In Russ.) doi: 10.18027/2224-5057-2015-1-53-56
3. Iginov HC, Toguzbayeva AY. To the assessment of the lost life potential due to mortality from breast cancer in Kazakhstan. *Onkologiya i Radiologiya Kazakhstana.* 2017;13S(45):69–70. (In Russ.)
4. Nurmanova A, Sultanova ZI, Anaorazov YA. Factors and their role in morbidity, mortality, survival in mammary cancer. *Vestnik Kazakhskogo Natsional'nogo Meditsinskogo Universiteta (KazNMU).* 2018;(1):112–114. (In Russ.)
5. Frantsuzova IS. Analysis of risk factors of breast cancer development. *Mezhdunarodnyy Nauchno-Issledovatel'skiy Zhurnal.* 2019;(3(81)):68–74. (In Russ.) doi: 10.23670/IRJ.2019.81.3.011
6. Kiku PF, Veremchuk LV, Zhernovoy MV. The role of environmental and socio-hygienic factors in the

- spread of cancer. Izdatel'skiy dom Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta Publ.; 2012. 192 p. (In Russ.)
7. Sternfeld B, Weltzien E, Quesenberry CP, *et al.* Physical activity and risk of recurrence and mortality in breast cancer survivors: findings from the LACE study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2009;18(1):87–95. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-08-0595
 8. Freedman DM, Dosemeci M, McGlynn K. Sunlight and mortality from breast, ovarian, colon, prostate, and non-melanoma skin cancer: a composite death certificate based case–control study. *Occup Environ Med.* 2002;59(4):257–262. doi: 10.1136/oem.59.4.257
 9. Kolpak E, Frantsuzova IS. Causes of morbidity and mortality from breast cancer. *Eurasian J Anal Chem.* 2017;12(5):779–791. doi: 10.12973/ejac.2017.00210a
 10. Kabacoff RI. *R in Action. Data analysis and Graphics with R.* Trans. by Volkova PA. Moscow: DMK Press Publ.; 2014. (In Russ.)
 11. Pisareva LF, Perinov DA, Odintsova IN, *et al.* [Epidemiology of Breast Cancer.] Tomsk: Tomsk State University Publ.; 2017. (In Russ.)
 12. Pisareva LF, Lyakhova NP, Perinov DA, *et al.* Breast cancer incidence and mortality rates in native and alien populations of the Republic of Buryatia. *Profilakticheskaya Meditsina.* 2019;22(2):62–67. (In Russ.) doi: 10.17116/profmed20192202162
 13. Tyrer J, Duffy SW, Cuzick J. A breast cancer prediction model incorporating familial and personal risk factors. *Stat Med.* 2004;23(7):1111–1130. doi: 10.1002/sim.1668
 14. Elwood M, Tawfiq E, TinTin S, *et al.* Development and validation of a new predictive model for breast cancer survival in New Zealand and comparison to the Nottingham prognostic index. *BMC Cancer.* 2018;18(1):897. doi: 10.1186/s12885-018-4791-x
 15. Sekeroglu B, Tuncal K. Prediction of cancer incidence rates for the European continent using machine learning models. *Health Informatics J.* 2021;27(1):1460458220983878. doi: 10.1177/1460458220983878
 16. Asghari Jafarabadi M, Iraj Z, Dolatkah R, Jafari-Koshki T. Modeling the factors associated with mortality in patients with breast cancer: a machine learning approach. [Preprint] 2020. Accessed September 23, 2021. doi: 10.21203/rs.3.rs-57685/v1
 17. Jafari-Koshki T, Schmid VJ, Mahaki B. Trends of breast cancer incidence in Iran during 2004–2008: a Bayesian space–time model. *Asian Pac J Cancer Prev.* 2014;15(4):1557–1561. doi: 10.7314/apjcp.2014.15.4.1557
 18. Foerster R, Foerster FG, Wulff V, *et al.* Matched–pair analysis of patients with female and male breast cancer: a comparative analysis. *BMC Cancer.* 2011;11:335. doi: 10.1186/1471-2407-11-335





Нейронные сети в задачах аналитического обеспечения систем социально-гигиенического и экологического мониторинга

Б.И. Марченко^{1,2}, Н.К. Плуготаренко¹, О.А. Семина¹

¹ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» Минобрнауки России, ул. Б. Садовая, д. 105/42, г. Ростов-на-Дону, 344006, Российская Федерация

²Филиал ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ростовской области» в г. Таганроге, ул. Б. Проспект, д. 16-а, г. Таганрог, 347930, Российская Федерация

Резюме

Введение. Обеспечение дальнейшего роста эффективности системы социально-гигиенического мониторинга требует интеграции современной методологии анализа риска здоровью населения с комплексом адаптированных унифицированных традиционных и инновационных аналитических методов, а также тесного информационного взаимодействия с системой экологического мониторинга.

Цель: апробация и оценка точности прогнозирования заболеваемости злокачественными новообразованиями посредством искусственной нейронной сети.

Материалы и методы. Анализируемые временные ряды представлены сведениями из статистических отчетных форм о злокачественных новообразованиях в городе Таганроге Ростовской области. Использованы две модели прогнозирования – регрессионная и посредством искусственной нейронной сети прямого распространения сигнала типа многослойного перцептрона. Искусственная нейронная сеть со 117 нейронами в скрытом слое создана в среде пакета прикладных программ Matlab R2021a с набором инструментов для синтеза и анализа нейронных сетей Neural Network Toolbox, при ее обучении применен алгоритм Левенберга – Марквардта.

Результаты. Апробация двух моделей прогнозирования выполнена на обучающих выборках различной продолжительности – 34 года и 15 лет. При сравнительной оценке точности прогнозов на 2018 и 2019 гг. рассчитывались абсолютные и относительные погрешности. Точность нейросетевой модели прогнозирования выше, чем регрессионной модели, как по сумме злокачественных новообразований, так и по большинству отдельных локализаций. Так, абсолютные погрешности прогнозов на 2018 год при применении регрессионной и нейросетевой моделей составляли 17,05 и 1,49 на 100 тысяч населения, на 2019 год – соответственно 39,07 и 4,42 на 100 тысяч населения. Точность прогноза снижалась при уменьшении продолжительности временного ряда и удалении от границ обучающей выборки.

Заключение. Искусственная нейронная сеть типа многослойного перцептрона прямого распространения сигнала обеспечивает более точные прогнозы при использовании минимума входной информации по сравнению с результатами применения регрессионной модели, что является ее несомненным преимуществом.

Ключевые слова: нейронная сеть прямого распространения сигнала, обучение нейронных сетей, социально-гигиенический мониторинг, экологический мониторинг, аналитическое обеспечение, злокачественные новообразования.

Для цитирования: Марченко Б.И., Плуготаренко Н.К., Семина О.А. Нейронные сети в задачах аналитического обеспечения систем социально-гигиенического и экологического мониторинга // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 11. С. 23–30. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-23-30>

Сведения об авторах:

✉ **Марченко** Борис Игоревич – д.м.н., доцент; профессор Института нанотехнологий, электроники и приборостроения ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» Минобрнауки России, кафедра техносферной безопасности и химии; врач-эпидемиолог отделения социально-гигиенического мониторинга филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ростовской области» в г. Таганроге; e-mail: borismarch@gmail.com; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6173-329X>.

Плуготаренко Нина Константиновна – к.т.н., доцент; заведующая кафедрой техносферной безопасности и химии Института нанотехнологий, электроники и приборостроения ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» Минобрнауки России; e-mail: plugotarenko@mail.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0853-8510>.

Семина Олеся Александровна – магистрант Института нанотехнологий, электроники и приборостроения ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» Минобрнауки России; кафедра техносферной безопасности и химии; e-mail: semina@sfedu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4263-5103>.

Информация о вкладе авторов: *Марченко Б.И.* – концепция и разработка дизайна исследования; управление проектом; сбор материала и формирование баз данных; статистическая и аналитическая обработка; написание текста статьи; утверждение окончательного варианта статьи; *Плуготаренко Н.К.* – концепция исследования; ресурсы и программное обеспечение; методология; обучение нейронной сети; проверка и редактирование материала; *Семина О.А.* – обзор публикаций по теме статьи; обучение нейронной сети; аналитическая обработка материала; ответственность за целостность всех частей статьи.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 27.05.21 / Принята к публикации: 03.11.21 / Опубликовано: 30.11.21

Neural Networks for the Tasks of Analytical Support of Public Health and Environment Monitoring Systems

Boris I. Marchenko^{1,2}, Nina K. Plugotarenko¹, Olesja A. Semina¹

¹Southern Federal University, 105/42 Bolshaya Sadovaya Street, Rostov-on-Don, 344006, Russian Federation

²Branch of the Center for Hygiene and Epidemiology in the Rostov Region in the City of Taganrog, 16-a Bolshoi Prospekt Street, Taganrog, 347930, Russian Federation

Summary

Introduction: Ensuring a further improvement of efficiency of the public health monitoring system requires integration of the modern health risk analysis methodology with a complex of adapted unified traditional and innovative analytical methods and data exchange with the environmental monitoring system.

Objectives: The study aimed to test and assess the accuracy of predicting the incidence of malignant neoplasms using an artificial neural network.

Materials and methods: The analyzed time series are presented by information from statistical reporting forms on malignant neoplasms in the city of Taganrog, Rostov Region. We applied a regression model and a forecasting modeling technique based on a feedforward artificial neural network of a multilayer perceptron type. An artificial neural network with 117 neurons in a hidden layer was created in the environment of the Matlab R2021a application package with a set of tools for

the synthesis and analysis of neural networks Neural Network Toolbox using the Levenberg-Marquardt algorithm for its learning.

Results: Approbation of two forecasting models was carried out on learning samples of different duration including 15 and 34 years. In a comparative assessment of the accuracy of forecasts for 2018 and 2019, absolute and relative errors were estimated. The accuracy of the neural network forecasting model was higher than that of the regression model both for the total of malignant neoplasms and for most cancer sites. The absolute errors of forecasts for 2018 when using regression and neural network models were 17.05 and 1.49 per 100,000 population, for 2019 – 39.07 and 4.42, respectively. The prediction accuracy dropped with a decrease in the time series duration and an increase in the distance from the boundaries of the learning sample.

Conclusions: The feedforward artificial neural network of the multilayer perceptron type provides more accurate predictions using minimal input information compared to the regression model, which is its undoubted advantage.

Keywords: feedforward neural network, training neural networks, public health monitoring, environmental monitoring, analytical support, malignant neoplasms.

For citation: Marchenko BI, Plugotarenko NK, Semina OA. Neural networks for the tasks of analytical support of public health and environment monitoring systems. *Zdorov'e Naseleyniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(10):23–30. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-10-23-30>

Author information:

✉ Boris I. Marchenko, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor; Professor, Department of Technosphere Safety and Chemistry, Institute of Nanotechnologies, Electronics and Equipment Engineering, Southern Federal University, the Department of Technosphere Safety and Chemistry; epidemiologist, Branch of the Center for Hygiene and Epidemiology in the Rostov Region in the city of Taganrog; e-mail: borismarch@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6173-329X>.

Nina K. Plugotarenko, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor; Head of the Department of Technosphere Safety and Chemistry, Institute of Nanotechnologies, Electronics and Equipment Engineering, Southern Federal University; e-mail: plugotarenko@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0853-8510>.

Olesja A. Semina, Master's Degree Student, Department of Technosphere Safety and Chemistry, Institute of Nanotechnologies, Electronics and Equipment Engineering, Southern Federal University; e-mail: semina@sfedu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4263-5103>.

Author contributions: Marchenko B.I. developed the research conception and design, managed the project, did data collection and developed databases, did statistical and analytical data processing, and wrote the manuscript; Plugotarenko N.K. developed the research concept, was responsible for resources, software, and methodology, and did neural network learning; Semina O.A. did a literature review on the topic, neural network learning, and analytical data processing; 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: May 27, 2021 / Accepted: November 3, 2021 / Published: November 30, 2021

Введение. В обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия и гигиенической безопасности населения России ключевое значение приобретает совершенствование национальной системы социально-гигиенического мониторинга (СГМ), что призвано обеспечить минимизацию воздействия факторов неопределенности при разработке и принятии адекватных ситуации управленческих решений в условиях относительного дефицита исходной информации. Успешное решение задач в различных отраслях гигиены, эпидемиологии и экологии определяет приоритетность инновационной методологической базы как инструментария, расширяющего информационно-аналитический потенциал ученых и практиков. Это нашло свое отражение в проекте «Концепции развития системы государственного социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года», в котором сформулированы актуальные задачи, решение которых призвано обеспечить существенное повышение эффективности информационно-аналитического обеспечения СГМ и результативности мероприятий риск-менеджмента; постулируется межведомственный и междисциплинарный характер системы СГМ, включая его тесные взаимосвязи с экологическим мониторингом (ЭМ) [1].

Анализ риска здоровью населения, обусловленного влиянием вредных и опасных факторов среды обитания, объединяющий в себе процедуры оценки риска, риск-менеджмента и информирования о риске, относится к наиболее актуальным междисциплинарным направлениям научной и практической деятельности. Так, к числу стратегических приоритетов в решении проблем в области экологии, что призвано обеспечить сохранение и укрепление здоровья нации, отнесена задача существенного увеличения научной поддержки деятельности по обеспечению экологической безопасности населения России, в том числе на основе широкого внедрения современной мето-

дологии оценки рисков здоровью [2]. В качестве научной основы организации и ведения СГМ рассматривается количественная характеристика причинно-следственных связей в системе «среда обитания – здоровье населения» с выходом на прогноз состояния здоровья населения, формируемого в условиях воздействия комплекса экологических, медико-биологических и социально-экономических факторов. Успешное решение поставленных задач диктует необходимость дальнейшего совершенствования методического, кадрового, информационно-аналитического и аппаратно-программного обеспечения; существенного расширения региональных и федерального информационных фондов СГМ [3–10]. Это нашло свое отражение в концепции научного обеспечения деятельности Роспотребнадзора на 2021–2025 гг., предусматривающей внедрение и развитие наукоемких технологий аналитических исследований, методов моделирования и прогнозирования ситуаций, основанных на цифровой информационной поддержке оптимизационных управленческих решений в целях оценки, динамического наблюдения с выходом на прогноз и минимизации рисков здоровью населения [11].

Современная методология анализа риска здоровью населения должна гармонично дополняться комплексом других адаптированных для ведения СГМ аналитических методов – как традиционных, так и инновационных. Подобная интеграция призвана обеспечить рост результативности системы СГМ на федеральном, региональном и муниципальном уровнях. Оптимизация изучения причинно-следственных связей в системе «окружающая среда – здоровье населения» с оперированием значительными по объему и сложными по структуре информационными массивами требует унификации технологических аналитических исследований. Находит свое применение модифицированный метод анализа эпидемиологического риска с выходом на частную

и комплексную оценку состояния здоровья населения в системе СГМ [12]. Перспективным является применение многомерных статистических методов, которые позволяют трансформировать многомерные массивы анализируемых данных в пригодный для предметной интерпретации вид и выявлять закономерности в обилии исходной информации, например, факторного анализа при процедуре структурирования данных, кластерного анализа в целях классификации и множественного регрессионного анализа для экстраполяции [13, 14]. Разрабатываются принципы применения при ведении СГМ и в процедуре оценки риска здоровью населения современных географических информационных систем (ГИС) и доступных сведений космического мониторинга совместно с результатами наземного динамического наблюдения – инструментального и лабораторного контроля показателей качества и безопасности среды обитания [15, 16].

Одним из направлений совершенствования аналитического обеспечения гигиенических и эпидемиологических исследований может стать применение искусственных нейронных сетей (ИНС), представляющих собой программно или аппаратно реализованные математические модели, функционирующие подобно биологическим нейронным сетям. ИНС организуются как массивы взаимосвязанных искусственных нейронов – простых по устройству процессоров, которые за счет их объединения в достаточно большую сеть приобретают способность решать сложные задачи. Основным преимуществом ИНС перед традиционными алгоритмами является то, что они не программируются, а обучаются. К результатам успешного обучения относится способность ИНС к выявлению сложных линейных и нелинейных зависимостей, к процедурам обобщения, к параллельной обработке информации, а также универсальность механизма обработки данных, адаптивность и устойчивость к ошибкам. Разработано значительное число типов ИНС, находящихся применение для решения задач по аппроксимации функций, классификации и распознавания образов, прогнозирования, идентификации, оценивания и ассоциативного управления; они применяются в различных сферах: от распознавания лиц и голоса до диагностики патологии человека [17–19]. Одним из преимуществ ИНС при прогнозировании является то, что отсутствует необходимость построения тренда

для исследуемого временного ряда, выделения в нем циклической и случайной компонент. ИНС в процессе обучения, используя минимальный объем входных данных, самостоятельно определяет соответствующие параметры и учитывает их при расчете прогноза. Предварительная настройка ИНС в основном сводится к определению количества нейронов в скрытых слоях и выбору алгоритма обучения [20].

Цель исследования: апробация и оценка точности прогнозирования заболеваемости злокачественными новообразованиями посредством искусственной нейронной сети.

Материалы и методы. Анализируемые временные ряды представлены сведениями из статистических отчетных форм № 35 (1984–2015 гг.) и № 7 (2016–2019 гг.) о злокачественных новообразованиях (ЗН) в г. Таганроге Ростовской области. При аналитической обработке исходных данных использован комплекс методов вариационной статистики. Реализованы две модели прогнозирования – регрессионная и нейросетевая. Регрессионная модель предусматривала подбор аппроксимирующих функций с построением теоретических линий тенденций методом наименьших квадратов и их экстраполяцию на среднесрочную перспективу [21, 22]. Нейросетевая модель выполнена как ИНС прямого распространения (без обратных связей) типа многослойного персептрона (Feed-Forward MLP) с архитектурой из последовательных слоев нейронов – входного, скрытого и выходного, осуществляющих преобразование входного сигнала в выходной (рис. 1).

ИНС была сформирована в среде пакета прикладных программ Matlab R2021a с набором инструментов для синтеза и анализа нейронных сетей Neural Network Toolbox. Для обучения ИНС применен алгоритм Левенберга – Марквардта (Levenberg–Marquardt method), предназначенный для оптимизации параметров нелинейных регрессионных моделей при решении задач о наименьших квадратах [23, 24]. Критериями оптимизации являлись значения среднеквадратичных ошибок на обучающих выборках (динамические ряды из годовых показателей частоты ЗН). По результатам оценки обучения ИНС определено, что наиболее точный прогноз обеспечивается при 117 нейронах в скрытом слое. При аналитической обработке применены профессиональный пакет статистических программ IBM SPSS Statistics (Statistical Package for Social Science) version 19.0,

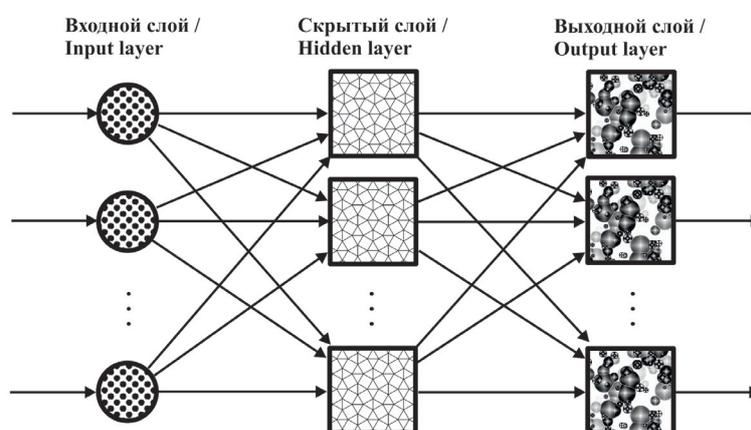


Рис. 1. Архитектура искусственной нейронной сети прямого распространения сигнала типа многослойного персептрона
Fig. 1. Architecture of a feedforward artificial neural network of a multilayer perceptron type

а также программное обеспечение собственной разработки – специализированный программный комплекс Turbo oncologist 2.01 и программа Turbo Dynamics 1.02 (среднесрочное экстраполяционное прогнозирование).

Результаты. Результаты анализа многолетней динамики показателей с выходом на прогноз в рамках гигиенических, эпидемиологических и экологических исследований служат важным критерием выбора приоритетов при разработке управленческих решений и базисом ретроспективной, по принципу обратной связи, оценки эффективности реализованных мероприятий. Сравнительная оценка точности прогнозов, полученных с применением регрессионной и нейросетевой моделей, выполнена на основе временных рядов из годовых показателей частоты ЗН (сумма локализаций, кожа без меланомы; молочная железа; трахея, бронхи и легкое; желудок; ободочная кишка; тело матки). Выбор ЗН для сравнительного анализа точности регрессионной и нейросетевой моделей прогнозирования обусловлен тем, что данная патология характеризуется высокой социально-экономической значимостью, тяжестью клинического течения и высокой долей в структуре причин смертности, доказанной для отдельных локализаций экологической зависимостью и наличием достоверных сведений о регистрируемой онкологической заболеваемости. Актуальность проблемы ЗН для населения Таганрога определяется неблагоприятной ситуацией по онкологической заболеваемости при среднемноголетнем уровне за 2006–2020 гг. (480,11 ‰), превышающем показатель для городского населения Ростовской области (373,98 ‰) в 1,28 раза (первое ранговое место), а также сформировавшейся с 1985 года устойчивой тенденцией к росту частоты ЗН при среднегодовом темпе прироста +2,03 % (рис. 2).

В структуре ЗН за 2006–2020 гг. приоритетной локализацией является кожа (без учета меланомы) при удельном весе 15,08 %, на втором ранговом месте находится молочная железа (12,50 %), на третьем – трахея, бронхи и легкое (9,14 %); затем

следуют ободочная кишка (6,84 %), предстательная железа (6,14 %) и желудок (6,04 %).

Апробация обеих моделей прогнозирования выполнена на обучающих выборках различной продолжительности – 34 года (1984–2017 гг.) и 15 лет (2003–2017 гг.). В обоих случаях прогнозировались показатели частоты ЗН на 2018 и 2019 гг. При реализации регрессионной модели проводился выбор оптимальных вариантов аппроксимации из набора, включающего шесть функций (прямолинейную, логарифмическую, степенную, экспоненциальную, параболы 2-го и 3-го порядка) с последующим экстраполяционным прогнозированием по теоретическим линиям тенденций, рассчитанных методом наименьших квадратов. Разработанная программа ИНС, моделирующая многослойный перцептрон прямого распространения сигнала, обеспечивала построение прогнозов при обучении по алгоритму Левенберга – Марквардта и фиксированном числе нейронов в скрытом слое, равном 117. Результатами работы программы ИНС являются данные спрогнозированных временных рядов. На заключительном этапе проводилась сравнительная оценка точности полученных обоими методами среднесрочных прогнозов частоты ЗН по величинам их абсолютных (ΔX , ‰) и относительных (ΔY , %) погрешностей.

Точность нейросетевой модели прогнозирования по данным обучающих выборок продолжительностью 34 года оказалась выше, чем регрессионной как по сумме ЗН, так и по большинству отдельных локализаций. Так, абсолютная погрешность прогноза суммарной заболеваемости ЗН на 2018 год с применением нейронной сети (1,49 ‰) меньше, чем при регрессионной модели (17,05 ‰) в 11,44 раза при относительных погрешностях соответственно 0,29 и 3,35 %; абсолютная погрешность прогноза на 2019 год для нейросетевой модели (4,42 ‰) меньше, чем для регрессионной (39,07 ‰) в 8,84 раза при относительных погрешностях 0,89 и 7,89 %. Абсолютные погрешности прогнозов частоты ЗН отдельных локализаций на 2018 год, полученных с применением регрессионной

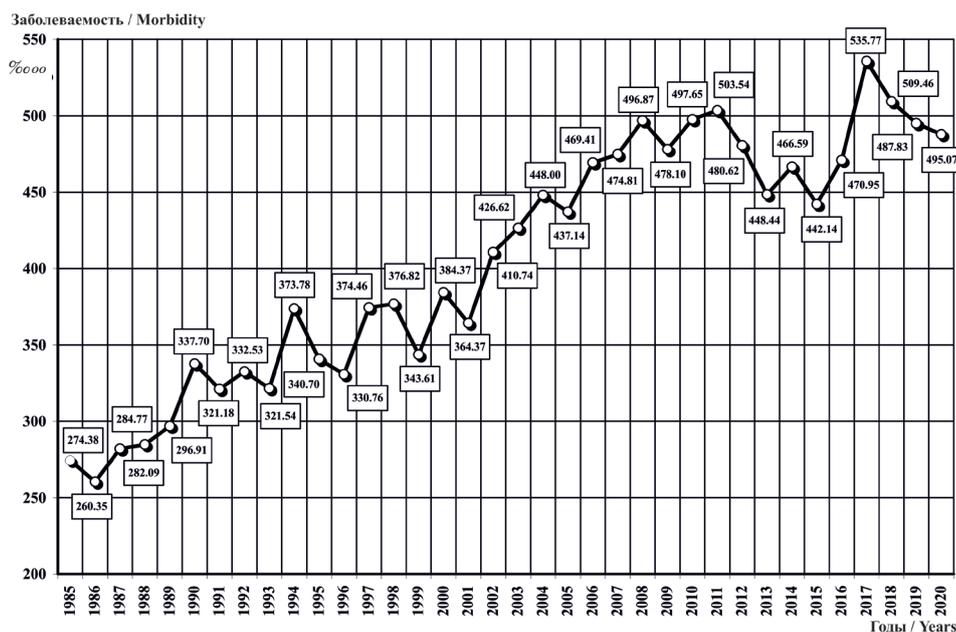


Рис. 2. Динамика заболеваемости злокачественными новообразованиями в городе Таганроге (на 100 000 населения)

Fig. 2. Cancer incidence rates in the city of Taganrog (per 100,000 population)

модели, также превышали соответствующие показатели альтернативного метода в 1,37–26,61 раза, относительные погрешности – на 5,56–42,19 %. Среди прогнозов на 2019 год с применением нейронной сети менее точный результат получен только в отношении ЗН ободочной кишки, а для ЗН молочной железы отмечено полное совпадение результатов обеих моделей (табл. 1).

Преимущество нейросетевой модели в точности прогнозов на 2018 год по сравнению с

регрессионной моделью в основном сохраняется при меньшей, пятнадцатилетней продолжительности обучающей выборки. Так, абсолютные погрешности соответствующих прогнозов для суммы ЗН различаются в 30,29 раза (0,63 и 19,08 ‰), а относительные погрешности – на 3,62 %. В то же время несколько более точный прогноз общей онкологической заболеваемости на 2019 год получен с применением регрессионной модели. Применение нейросетевой модели по

Таблица 1. Сравнительная оценка точности прогнозов частоты злокачественных новообразований методами экстраполяции по теоретическим линиям тенденций и применения нейронной сети прямого распространения по данным за 1984–2019 гг.

Table 1. Comparative assessment of the accuracy of cancer incidence forecasts by extrapolation along theoretical lines of trends and using a feedforward neural network according to data for 1984–2019

Годы / Years	Наименования показателей / Indicators	Локализации злокачественных новообразований / Tumor sites						
		Всего / Total	Желудок / Stomach	Кишка ободочная / Colon	Легкие, бронхи, трахея / Lung, bronchi, trachea	Кожа (без меланомы) / Skin (except melanoma)	Железы молочные / Breast	Тело матки / Uterus
Фактические зарегистрированные относительные показатели частоты злокачественных новообразований на 100 тысяч населения / Registered cancer incidence rates 100 thousand population (‰)								
2018	Заболеваемость злокачественными новообразованиями / Cancer incidence (‰)	509,46	29,59	25,99	37,99	85,98	79,98	19,19
2019	Заболеваемость злокачественными новообразованиями / Cancer incidence (‰)	495,07	23,67	26,88	46,54	97,09	58,17	20,06
Прогнозы частоты злокачественных новообразований методом экстраполяции по теоретическим линиям тенденций за 1984–2019 гг. / Cancer incidence rates predicted by extrapolation along theoretical lines of trends based on data for 1984–2019								
2018	Прогнозы заболеваемости / Predicted cancer incidence rates (‰)	526,51	23,53	37,87	43,40	71,35	68,71	25,65
	Абсолютные погрешности прогнозов заболеваемости / Absolute errors of predicted rates (ΔХА, ‰)	17,05	6,06	11,88	5,41	14,63	11,27	6,46
	Относительные погрешности прогнозов заболеваемости / Relative errors of predicted rates (ΔYA, %)	3,35	20,50	45,70	14,23	17,02	14,10	33,66
2019	Прогнозы заболеваемости / Predicted cancer incidence rates (‰)	534,14	22,30	38,67	43,33	72,07	70,09	26,18
	Абсолютные погрешности прогнозов заболеваемости / Absolute errors of predicted rates (ΔХА, ‰)	39,07	1,37	11,79	3,21	25,02	11,92	6,12
	Относительные погрешности прогнозов заболеваемости / Relative errors of predicted rates (ΔYA, %)	7,89	5,78	43,87	6,90	25,77	20,48	30,53
Прогнозы частоты злокачественных новообразований методом нейронной сети прямого распространения типа многослойного персептрона по данным за период 1984–2019 годы / Cancer incidence rates predicted using the technique of a feedforward neural network of the multilayer perceptron type (Feed-Forward MLP) based on data for 1984–2019								
2018	Прогнозы заболеваемости / Predicted cancer incidence rates (‰)	507,97	25,17	25,08	35,84	85,43	75,71	22,50
	Абсолютные погрешности прогнозов заболеваемости / Absolute errors of predicted rates (ΔХА, ‰)	1,49	4,42	0,91	2,15	0,55	4,27	3,31
	Относительные погрешности прогнозов заболеваемости / Relative errors of predicted rates (ΔYA, %)	0,29	14,94	3,50	5,66	0,64	5,34	17,25
2019	Прогнозы заболеваемости / Predicted cancer incidence rates (‰)	499,49	23,50	39,50	46,12	88,14	70,09	19,90
	Абсолютные погрешности прогнозов заболеваемости / Absolute errors of predicted rates (ΔХА, ‰)	4,42	0,17	12,62	0,42	8,95	11,92	0,16
	Относительные погрешности прогнозов заболеваемости / Relative errors of predicted rates (ΔYA, %)	0,89	0,72	46,95	0,90	9,22	20,49	0,80
Соотношения абсолютных погрешностей прогнозов частоты злокачественных новообразований методами экстраполяции по теоретическим линиям тенденций (ΔХА) и применения нейронной сети прямого распространения (ΔХВ) по данным за период 1984–2019 гг. / Ratios of absolute errors of predicted cancer incidence rates by extrapolation along theoretical lines of trends (ΔХА) and using a feedforward neural network (ΔХВ) based on data for 1984–2019								
2018	Соотношение / ratio ΔХА/ΔХВ	11,44	1,37	13,05	2,51	26,61	2,64	1,95
2019	Соотношение / ratio ΔХА/ΔХВ	8,84	8,05	0,93	7,65	2,80	1,00	38,27
Разница относительных погрешностей прогнозов частоты злокачественных новообразований методами экстраполяции по теоретическим линиям тенденций (ΔYA) и применения нейронной сети прямого распространения (ΔYB) по данным за период 1984–2019 гг. / Difference of relative errors of predicted cancer incidence rates by extrapolation along theoretical lines of trends (ΔYA) and using a feedforward neural network (ΔYB) based on data for 1984–2019								
2018	Разница / Difference ΔYA–ΔYB (%)	3,05	5,56	42,19	8,57	16,38	8,76	16,42
2019	Разница / Difference ΔYA–ΔYB (%)	7,00	5,06	–3,08	6,00	16,55	–0,01	29,73

ПРИЖИМ ЛЕВЫХ И ПРАВЫХ КРАЙОВЫХ ЛИСТОВ К СПИНИ

результатам прогнозирования на 2018 год оказалось предпочтительнее в отношении частоты ЗН для всех учитываемых отдельных локализаций, за исключением трахеи, бронхов и легкого, на 2019 год – для ЗН желудка, кожи без учета меланомы и тела матки (табл. 2).

Заключение. Апробация и результаты сравнительного анализа среднесрочных прогнозов заболеваемости злокачественными новообразованиями свидетельствуют о более высокой их точности при использовании искусственной

нейронной сети типа многослойного персептрона прямого распространения сигнала по сравнению с результатами применения регрессионной модели с экстраполяционным прогнозированием по теоретическим линиям тенденций, рассчитанных методом наименьших квадратов. Наиболее точные прогнозы были получены на выходе искусственной нейронной сети со 117 нейронами в скрытом слое, обученной по алгоритму Левенберга – Марквардта. Нейросетевая модель позволила получить достаточно точные прогнозы при использовании

Таблица 2. Сравнительная оценка точности прогнозов частоты злокачественных новообразований методами экстраполяции по теоретическим линиям тенденций и применения нейронной сети прямого распространения по данным за 2003–2019 гг.

Table 2. Comparative assessment of the accuracy of predicted cancer incidence rates by extrapolation along theoretical lines of trends and using a feedforward neural network based on data for 2003–2019

Годы / Years	Наименования показателей / Indicators	Локализации злокачественных новообразований / Cancer sites						
		Всего / Total	Желудок / Stomach	Кишка ободочная / Colon	Легкие, бронхи, трахея / Lung, bronchi, trachea	Кожа (без меланомы) / Skin(except melanoma)	Железы молочные / Breast	Тело матки / Uterus
Фактические зарегистрированные относительные показатели частоты злокачественных новообразований на 100 тысяч населения / Registered relative rates of malignant neoplasms per 100 thousand population (‰)								
2018	Заболеваемость злокачественными новообразованиями / Cancer incidence rates (‰)	509,46	29,59	25,99	37,99	85,98	79,98	19,19
2019	Заболеваемость злокачественными новообразованиями / Cancer incidence rates (‰)	495,07	23,67	26,88	46,54	97,09	58,17	20,06
Прогнозы частоты злокачественных новообразований методом экстраполяции по теоретическим линиям тенденций за 2003–2019 гг. / Predicted cancer incidence rates by extrapolation along theoretical lines of trends based on data for 2003–2019								
2018	Прогнозы заболеваемости / Predicted incidence rates (‰)	490,38	20,36	37,15	38,10	69,45	70,24	23,33
	Абсолютные погрешности прогнозов заболеваемости / Absolute errors of predicted rates (ΔХА, ‰)	19,08	9,23	11,16	0,11	16,53	9,74	4,14
	Относительные погрешности прогнозов заболеваемости / Relative errors of predicted rates (ΔYA, %)	3,75	31,19	42,94	0,29	19,23	12,18	21,57
2019	Прогнозы заболеваемости / Predicted incidence rates (‰)	491,62	18,92	37,48	37,23	69,57	71,83	23,42
	Абсолютные погрешности прогнозов заболеваемости / Absolute errors of predicted rates (ΔХА, ‰)	3,45	4,75	10,60	9,31	27,52	13,66	3,36
	Относительные погрешности прогнозов заболеваемости / Relative errors of predicted rates (ΔYA, %)	0,70	20,07	39,43	20,00	28,34	23,48	16,75
Прогнозы частоты злокачественных новообразований методом нейронной сети прямого распространения типа многослойного персептрона по данным за период 2003–2019 годы / Predicted cancer incidence rates using the technique of a feedforward neural network of the multilayer perceptron type (Feed-Forward MLP) based on data for 2003–2019								
2018	Прогнозы заболеваемости / Predicted incidence rates (‰)	508,83	21,56	27,09	42,86	79,20	70,46	18,50
	Абсолютные погрешности прогнозов заболеваемости / Absolute errors of predicted rates (ΔХА, ‰)	0,63	8,03	1,10	4,87	6,78	9,52	0,69
	Относительные погрешности прогнозов заболеваемости / Relative errors of predicted rates (ΔYA, %)	0,12	27,14	4,23	12,82	7,89	11,90	3,60
2019	Прогнозы заболеваемости / Predicted incidence rates (‰)	512,92	21,36	39,60	32,90	85,79	75,70	23,08
	Абсолютные погрешности прогнозов заболеваемости / Absolute errors of predicted rates (ΔХА, ‰)	7,85	2,31	12,72	13,64	11,30	17,53	3,02
	Относительные погрешности прогнозов заболеваемости / Relative errors of predicted rates (ΔYA, %)	3,61	9,76	47,32	29,31	11,64	30,14	15,05
Соотношения абсолютных погрешностей прогнозов частоты злокачественных новообразований методами экстраполяции по теоретическим линиям тенденций (ΔХА) и применения нейронной сети прямого распространения (ΔХВ) по данным за период 2003–2019 гг. / Ratios of absolute errors of predicted cancer incidence rates by extrapolation along theoretical lines of trends (ΔХА) and using a feedforward neural network (ΔХВ) based on data for 2003–2019								
2018	Соотношение / ratio ΔХА/ΔХВ	30,29	1,15	10,15	0,02	2,44	1,02	6,00
2019	Соотношение / ratio ΔХА/ΔХВ	0,19	2,06	0,83	0,68	2,44	0,78	1,11
Разница относительных погрешностей прогнозов частоты злокачественных новообразований методами экстраполяции по теоретическим линиям тенденций (ΔYA) и применения нейронной сети прямого распространения (ΔYB) по данным за период 2003–2019 гг. / Difference of relative errors of predicted cancer incidence rates by extrapolation along theoretical lines of trends (ΔYA) and using a feedforward neural network (ΔYB) based on data for 2003–2019								
2018	Разница / Difference ΔYA–ΔYB (%)	3,62	4,06	38,71	–12,53	11,34	0,28	17,98
2019	Разница / Difference ΔYA–ΔYB (%)	–2,91	10,31	–7,89	–9,30	16,71	–6,65	1,69

минимума входной информации – только временных рядов из годовых показателей частоты злокачественных новообразований без учета их особенностей (тренда, циклической и случайной компонент) и влияния внешних факторов. Таким образом, точность полученных прогнозов позволяет предположить, что правильно обученная нейронная сеть обладает способностью восстанавливать функцию без какой-либо дополнительной информации, что является несомненным преимуществом нейросетевых моделей по сравнению с другими способами среднесрочного прогнозирования. По результатам апробации нейронной сети можно сделать вывод о прямой зависимости точности прогноза от продолжительности исходного временного ряда и обратной зависимости – от расстояния между прогнозируемым элементом и границей обучающей выборки.

Список литературы

1. Попова А.Ю., Кузьмин С.В., Гурвич В.Б. и др. Информационно-аналитическая поддержка управления риском для здоровья населения на основе реализации концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года // *Здоровье населения и среда обитания*. 2019. № 9 (318). С. 4–12. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-318-9-4-12>
2. Попова А.Ю. Стратегические приоритеты Российской Федерации в области экологии с позиции сохранения здоровья нации // *Здоровье населения и среда обитания*. 2014. № 2 (25). С. 4–7.
3. Рахманин Ю.А., Леванчук А.В., Копытенкова О.И. Совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга территорий крупных городов // *Гигиена и санитария*. 2017. Т. 96. № 4. С. 298–301. doi: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-4-298-301>
4. Зайцева Н.В., Жданова-Заплесвичко И.Г., Землянова М.А., Пережогин А.Н., Савиных Д.Ф. Опыт организации и проведения санитарно-эпидемиологических исследований по выявлению и доказательству связи нарушений здоровья населения с качеством атмосферного воздуха в зонах влияния хозяйствующих субъектов // *Здоровье населения и среда обитания*. 2021. № 1 (334). С. 4–15. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-334-1-4-15>
5. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В., Кирьянов Д.А. Методические аспекты и результаты оценки демографических потерь, ассоциированных с вредным воздействием факторов среды обитания и предотвращаемых действиями Роспотребнадзора, в регионах Российской Федерации // *Здоровье населения и среда обитания*. 2018. № 4 (301). С. 15–20. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2018-301-4-15-20>
6. Попова А.Ю., Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Мишина А.Л., Ярушин С.В. Современные вопросы оценки и управления риском для здоровья // *Гигиена и санитария*. 2017. Т. 96, № 12. С. 1125–1129. doi: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129>
7. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В. К вопросу об имплементации оценки качества жизни населения в систему социально-гигиенического мониторинга // *Анализ риска здоровью*. 2018. № 3. С. 4–12. doi: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.3.01>
8. Кузьмин С.В., Гурвич В.Б., Диконская О.В. и др. Социально-гигиенический мониторинг и информационно-аналитические системы обеспечения оценки и управления риском для здоровья населения и риск-ориентированной модели надзорной деятельности // *Гигиена и санитария*. 2017. Т. 96. № 12. С. 1130–1136. doi: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-12-1130-1136>
9. Ракитский В.Н., Авалиани С.Л., Новиков С.М., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А. Анализ риска здоровью при воздействии атмосферных загрязнений как составная часть стратегии уменьшения глобальной эпидемии неинфекционных заболеваний // *Анализ риска здоровью*. 2019. № 4. С. 30–36. doi: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.03>
10. Зайцева Н.В., Май И.В., Кирьянов Д.А., Горяев Д.В., Клейн С.В. Социально-гигиенический мониторинг на современном этапе: состояние и перспективы развития в сопряжении с риск-ориентированным надзором // *Анализ риска здоровью*. 2016. № 4. С. 4–16. doi: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2016.4.01>
11. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Кузьмин С.В., Май И.В. Приоритеты научной поддержки деятельности санитарно-эпидемиологической службы в области гигиены: поиск ответов на известные угрозы и новые вызовы // *Анализ риска здоровью*. 2021. № 1. С. 4–14. doi: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.1.01>
12. Айдинов Г.Т., Марченко Б.И., Синельникова Ю.А. Применение комплексной оценки состояния здоровья населения в задачах совершенствования системы социально-гигиенического мониторинга // *Гигиена и санитария*. 2016. Т. 95. № 10. С. 980–985. doi: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-10-980-985>
13. Айдинов Г.Т., Марченко Б.И., Софьяникова Л.В., Синельникова Ю.А. Применение многомерных статистических методов при выполнении задач совершенствования информационно-аналитического обеспечения системы социально-гигиенического мониторинга // *Здоровье населения и среда обитания*. 2015. № 7 (268). С. 4–8.
14. Айдинов Г.Т., Марченко Б.И., Синельникова Ю.А. Многомерный анализ структуры и долевого вклада потенциальных факторов риска при злокачественных новообразованиях трахеи, бронхов и легкого // *Анализ риска здоровью*. 2017. № 1. С. 47–55. doi: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.1.06>
15. Студеникина Е.М., Стёпкин Ю.И., Клепиков О.В., Колнет И.В., Попова Л.В. Проблемные вопросы использования географических информационных систем в социально-гигиеническом мониторинге и риск-ориентированном надзоре // *Здоровье населения и среда обитания*. 2019. № 6 (315). С. 31–36. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-315-6-31-36>
16. Епринцев С.А., Клепиков О.В., Шекоян С.В. Дистанционное зондирование Земли как способ оценки качества окружающей среды урбанизированных территорий // *Здоровье населения и среда обитания*. 2020. № 4 (325). С. 5–12. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-325-4-5-12>
17. Гафаров Ф.М., Галимянов А.Ф. Искусственные нейронные сети и приложения. Казань: Издательство Казанского университета, 2018. 121 с.
18. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. М.: Горячая линия – Телеком, 2001. 382 с.
19. Шляхов Г.Г. Искусственные нейронные сети и их приложения // *Вестник Пермского университета*. Серия: Информационные системы и технологии. 2007. № 10 (15). С. 99–102.
20. Червяков Н.И., Тихонов Э.Е. Применение нейронных сетей для задач прогнозирования и проблемы идентификации моделей прогнозирования на нейронных сетях // *Нейрокомпьютеры: разработка, применение*. 2003. № 10-11. С. 25–31.
21. Сепетлиев Д. Статистические методы в научных медицинских исследованиях. М.: Медицина, 1968. 420 с.

22. Марченко Б.И. Здоровье на популяционном уровне: статистические методы исследования. Таганрог: Сфинкс, 1997. 432 с.
 23. Пархоменко С.С., Леденева Т.М. Обучение нейронных сетей методом Левенберга – Марквардта в условиях большого количества данных // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2014. № 2. С. 98–106.
 24. Пархоменко С.С. О сокращении времени обработки большого количества данных нейронными сетями методом Левенберга – Марквардта // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 1-1 (20). С. 80–83.
- References**
1. Popova AYu, Kuzmin SV, Gurvich VB, *et al.* Data-driven risk management for public health as supported by the experience of implementation for development concept of the social and hygienic monitoring framework in the Russian Federation up to 2030. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2019;(9(318)):4–12. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-318-9-4-12
 2. Popova AYu. Strategic priorities of the Russian Federation in the field of ecology from the position of preservation of health of the nation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2014;(2(251)):4–7. (In Russ.)
 3. Rakhmanin YuA, Levanchuk AV, Kopytenkova OI. Improvement of the system of social and hygienic monitoring of territories of large cities. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(4):298–301. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-4-298-301
 4. Zaitseva NV, Zhdanova-Zaplesvichko IG, Zemlyanova MA, Perezhogin AN, Savinykh DF. Experience in organizing and conducting epidemiological studies to detect and prove the causal relationship between ambient air quality and health disorders in the population of industrially contaminated sites. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;(1(334)):4–15. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-334-1-4-15
 5. Zaitseva NV, May IV, Klein SV, Kiryanov DA. Methodological aspects and results of estimation of demographic loss associated with harmful influence of environment factors and preventive activities of Rospotrebnadzor in regions of the Russian Federation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2018;(4(301)):15–20. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2018-301-4-15-20
 6. Popova AYu, Gurvich VB, Kuzmin SV, Mishina AL, Yarushin SV. Modern issues of the health risk assessment and management. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(12):1125–1129. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129
 7. Popova AYu, Zaitseva NV, May IV. On implementation of population life quality assessment into social-hygienic monitoring system. *Health Risk Analysis*. 2018;(3):4–12. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2018.3.01
 8. Kuzmin SV, Gurvich VB, Dikonskaya OV, *et al.* Socio-hygienic monitoring and information analysis systems supporting the health risk assessment and management and a risk-focused model of supervisory activities in the sphere of securing sanitary and epidemiologic public welfare. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(12):1130–1136. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1130-1136
 9. Rakitskii VN, Avaliani NV, Novikov SM, Shashina TA, Dodina NS, Kislitsin VA. Health risk analysis related to exposure to ambient air contamination as a component in the strategy aimed at reducing global non-infectious epidemics. *Health Risk Analysis*. 2019;(4):30–36. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2019.4.03
 10. Zaitseva NV, May IV, Kiryanov DA, Goryaev DV, Kleyn SV. Social and hygienic monitoring today: state and prospects in conjunction with the risk-based supervision. *Health Risk Analysis*. 2016;(4):4–16. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2016.4.01
 11. Popova AYu, Kuzmin SV, Zaitseva NV, May IV. Priorities in scientific support provided for hygienic activities accomplished by a sanitary and epidemiologic service: how to face known threats and new challenges. *Health Risk Analysis*. 2021;(1):4–14. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2021.1.01
 12. Aydinov GT, Marchenko BI, Sinelnikova YuA. The application of complex assessment of the health status of the population in tasks of the improvement of the socio-hygienic monitoring system. *Gigiena i Sanitariya*. 2016;95(10):980–985. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-10-980-985
 13. Aydinov GT, Marchenko BI, Sofyanikova LV, Sinelnikova YuA. The application of multidimensional statistical methods in the tasks of improving of information and analytical providing of the system socio-hygienic monitoring. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2015;(7(268)):4–8. (In Russ.)
 14. Aydinov GT, Marchenko BI, Sinelnikova YuA. Multivariate analysis of structure and contribution per shares made by potential risk factors at malignant neoplasms in trachea, bronchial tubes and lung. *Health Risk Analysis*. 2017;(1):47–55. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2017.1.06
 15. Studenikina EM, Stepkin YuI, Klepikov OV, Kolnet IV, Popova LV. Problematic issues of the geographic information systems use in socio-hygienic monitoring and risk-based supervision. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2019;(6(315)):31–36. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-315-6-31-36
 16. Yepintsev SA, Klepikov OV, Shekoyan SV. Remote sensing of the Earth as a method of assessing environmental quality of urban areas. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;(4(325)):5–12. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-325-4-5-12
 17. Gafarov FM, Galimyanov AF. [Artificial Neural Networks and Applications]. Kazan: Kazan University Publ.; 2018. (In Russ.)
 18. Kruglov VV, Borisov VV. [Artificial Neural Networks. Theory and Practice]. Moscow: Goryachaya Liniya – Telekom Publ.; 2001. (In Russ.)
 19. Shlyakhov GG. Artificial neural networks and its applications. *Vestnik Permskogo Universiteta. Series: Information Systems and Technologies*. 2007;(10(15)):99–102. (In Russ.)
 20. Chervyakov NI, Tikhonov EE. Neural networks application for problems of forecasting and a problem of identification of forecasting's models. *Neyrokomputery: Razrabotka, Primenenie*. 2003;(10-11):25–31. (In Russ.)
 21. Sepetliev D. [Statistical Methods in Scientific Medical Research]. Moscow: Meditsina Publ.; 1968. (In Russ.)
 22. Marchenko BI. [Public Health: Statistical Research Methods]. Taganrog: Sfinks Publ.; 1997. (In Russ.)
 23. Parkhomenko SS, Ledeneva TM. Training neural networks of the method Levenberg-Marquardt in larger the amount of data. *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Series: Systems Analysis and Information Technologies*. 2014;(2):98–106. (In Russ.)
 24. Parkhomenko SS. A Levenberg-Marquardt algorithm execution time reducing in case of large amount of the data. *Mezhdunarodnyy Nauchno-Issledovatel'skiy Zhurnal*. 2014;(1-1(20)):80–83. (In Russ.)





Гигиеническая оценка риска нарушения теплового состояния при использовании средств индивидуальной защиты медицинскими работниками лаборатории

В.В. Шкарин¹, Н.И. Латышевская^{1,2}, Д.В. Орлов¹,
Б.Н. Филатов¹, Т.В. Жукова³, А.В. Беляева^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, пл. Павших борцов, д. 1, г. Волгоград, 400131, Российская Федерация

²ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр», пл. Павших борцов, д. 1, г. Волгоград, 400131, Российская Федерация

³ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России, пер. Нахичеванский, д. 29, г. Ростов-на-Дону, 344022, Российская Федерация

Резюме

Введение. Особенности деятельности медицинского персонала в лабораториях различной специализации могут привести к формированию условий труда, не соответствующих гигиеническим требованиям.

Цель: оценить риск нарушения теплового состояния медицинских работников ПЦР-лаборатории в условиях пандемии COVID-19 при использовании средств индивидуальной защиты от биологического фактора.

Материалы и методы. Исследование проводилось в зимний период в ПЦР-лабораториях. Осуществлено изучение параметров микроклимата в производственных помещениях (температура, относительная влажность, скорость движения воздуха), рассчитан индекс тепловой нагрузки воздушной среды. Для оценки теплового состояния медицинских работников сформирована группа наблюдения: 31 женщина, средний возраст 32,48 ± 1,45, стаж работы в ПЦР-лаборатории – 3–9 мес. Определялся комплекс показателей: температура кожи в пяти точках, подъязычная температура, оценивались теплоощущения. Рассчитывалась средневзвешенная температура кожи, частота сердечных сокращений (ЧСС). Измерения проводились в начале и конце смены. Динамика работоспособности оценивалась по результатам контактной треморометрии.

Результаты. Выявлено достоверное увеличение всех определяемых величин. Средневзвешенная температура кожи в конце смены достигала 33,85 ± 0,24 °С, что превышало верхнюю границу допустимой величины. Величины ЧСС и теплоощущений приближались к верхним значениям (предельно допустимое тепловое состояние человека). Результаты треморометрии свидетельствуют о снижении работоспособности по истечении смены. Все это говорит о напряжении реакций терморегуляции, о риске нарушения теплового состояния при использовании медиками данного типа средств индивидуальной защиты (СИЗ) в лаборатории ПЦР-диагностики.

Заключение. Анализ результатов исследования позволяет сделать вывод о риске нарушений теплового состояния медицинских работников при использовании СИЗ от биологического фактора. Степень выраженности напряжения реакций терморегуляции зависит от технических и конструктивных характеристик используемых СИЗ. Необходимо физиолого-гигиеническое обоснование продолжительности периодов работы медицинских работников ПЦР-лабораторий при использовании различных видов СИЗ от биологического фактора, что аргументирует актуальность дальнейших исследований.

Ключевые слова: оценка риска, тепловое состояние, биологический фактор, ПЦР-лаборатория.

Для цитирования: Шкарин В.В., Латышевская Н.И., Орлов Д.В., Филатов Б.Н., Жукова Т.В., Беляева А.В. Гигиеническая оценка риска нарушения теплового состояния при использовании средств индивидуальной защиты медицинскими работниками лаборатории // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 11. С. 31–36. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-31-36>

Сведения об авторах:

Шкарин Владимир Вячеславович – д.м.н., доцент, заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения Института НМФО ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: fuv-ozz@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7520-7781>.

Латышевская Наталья Ивановна – д.м.н., проф., заведующая кафедрой общей гигиены и экологии ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России; заведующая лабораторией мониторинга и изучения техногенных факторов окружающей среды ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр»; e-mail: latyshnata@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8367-745X>.

Орлов Дмитрий Валерьевич – соискатель кафедры общей гигиены и экологии ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: platmed@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8233-4538>.

Филатов Борис Николаевич – д.м.н., проф., профессор кафедры общей гигиены и экологии ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: filatov@rihtop.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2502-8814>.

Жукова Татьяна Васильевна – д.м.н., проф., заведующая кафедрой общей гигиены ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: zog.zhukova@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8344-5467>.

✉ **Беляева** Алина Васильевна – к.б.н., доцент кафедры общей гигиены и экологии ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России; старший научный сотрудник лаборатории мониторинга и изучения техногенных факторов окружающей среды ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр»; e-mail: bel.alina@list.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2723-8938>.

Информация о вкладе авторов: Шкарин В.В., Латышевская Н.И. – разработка дизайна исследования; курирование данных; формальный анализ; Орлов Д.В., Беляева А.В. – получение данных для анализа, анализ полученных данных; методология; Шкарин В.В., Латышевская Н.И., Филатов Б.Н., Жукова Т.В. – написание текста рукописи, концептуализация, проверка; Филатов Б.Н., Латышевская Н.И. – обзор публикаций по теме статьи, редактирование материала.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение правил биоэтики: исследование проведено с обязательным соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации 1975 года с дополнениями 2008 года. Медицинскими работниками заполнялась форма «Информированное добровольное согласие на проведение исследования», разработанная в соответствии с требованиями локального этического комитета Волгоградского государственного медицинского университета.

Статья получена: 17.05.21 / Принята к публикации: 03.11.21 / Опубликовано: 30.11.21

Hygienic Assessment of Risks of Thermal Balance Disruption in Medical Laboratory Workers Using Personal Protective Equipment for Biohazards

Vladimir V. Shkarin,¹ Natalia I. Latyshevskaya,^{1,2} Dmitrii V. Orlov,¹
Boris N. Filatov,¹ Tatyana V. Zhukova,³ Alina V. Belyaeva^{1,2}

¹Volgograd State Medical University, 1 Pavshikh Bortsov Square, Volgograd, 400131, Russian Federation

²Volgograd Medical Scientific Center, 1 Pavshikh Bortsov Square, Volgograd, 400131, Russian Federation

³Rostov State Medical University, 29 Nakhichevansky Lane, Rostov-on-Don, 344022, Russian Federation

Summary

Introduction: Specifics of activities of medical personnel in different types of laboratories can potentially create working conditions that violate occupational safety and health regulations.

Objective: The study aimed to assess health risks of thermal balance disruption in PCR laboratory staff wearing personal protective equipment for biohazards in the context of the COVID-19 pandemic.

Materials and methods: The study was conducted in winter 2020–2021 in PCR laboratories of the Volgograd Region. It included measurements of laboratory microclimate parameters, such as relative humidity, air temperature and velocity, used to estimate the heat load index. An observation cohort of 31 female medical laboratory workers aged 32.48 ± 1.45 years with a three to nine months experience of work in the PCR laboratory was formed to monitor the thermal state at the start and end of the work shift by measuring skin temperature at five points, sublingual temperature, and heat sensation. The results of measurements were used to estimate the mean skin temperature and heart rate while the dynamics of work ability was assessed by the results of contact tremorometry.

Results: We established a significant increase in all measured values. The mean skin temperature at the end of the shift reached 33.85 ± 0.24 °C, thus exceeding the upper limit of the permissible value. The heart rate and heat sensation parameters approached the upper values of the maximum permissible thermal state of a person. Contact tremorometry results indicated a decrease in the performance by the end of the work shift. The findings gave evidence of tension of thermoregulatory reactions and the risk of thermal balance disruption posed by the use of a specific type of personal protective equipment in the PCR laboratory.

Conclusion: The research results provide strong support for the conclusion that the use of PPE for biohazards poses a risk of thermal balance disruption in medical laboratory personnel. The severity of stress of thermoregulatory reactions depends on technical and design characteristics of the PPE used. The necessity of a physiological and hygienic substantiation of acceptable duration of work of medical workers wearing various types of PPE for biohazards in PCR laboratories justifies the importance of further studies.

Keywords: risk assessment, thermal state, biohazard, PCR laboratory.

For citation: Shkarin VV, Latyshevskaya NI, Orlov DV, Filatov BN, Zhukova TV, Belyaeva AV. Hygienic assessment of risks of thermal balance disruption in medical laboratory workers using personal protective equipment for biohazards. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(11):31–36. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-31-36>

Author information:

Vladimir V. Shkarin, Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Head of the Department of Public Health and Health Care, Institute of Continuous Medical and Pharmaceutical Education, Volgograd State Medical University; e-mail: fuv-ozz@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7520-7781>.

Natalia I. Latyshevskaya, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of General Hygiene and Ecology, Volgograd State Medical University; Head of the Laboratory for Monitoring and Study of Technogenic Environmental Factors, Volgograd Medical Research Center; e-mail: latyshnata@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8367-745X>.

Dmitrii V. Orlov, postgraduate student, Department of General Hygiene and Ecology, Volgograd State Medical University; e-mail: platmed@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8233-4538>.

Boris N. Filatov, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of General Hygiene and Ecology, Volgograd State Medical University; e-mail: filatov@rihtop.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2502-8814>.

Tatyana V. Zhukova, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of General Hygiene, Rostov State Medical University; e-mail: zog.zhukova@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8344-5467>.

✉ Alina V. Belyaeva, Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Department of General Hygiene and Ecology, Volgograd State Medical University; Senior Researcher, Laboratory for Monitoring and Study of Technogenic Environmental Factors, Volgograd Medical Research Center; e-mail: bel.alina@list.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2723-8938>.

Author contributions: V.V. Shkarin, N.I. Latyshevskaya: research design development; data curation; formal analysis; D.V. Orlov, A.V. Belyaeva: obtaining data for analysis, analyzing the data obtained; methodology; V.V. Shkarin, N.I. Latyshevskaya, B.N. Filatov, and T.V. Zhukova: writing the text of the manuscript; conceptualization; examination; B.N. Filatov, N.I. Latyshevskaya: review of publications on the topic of the article, editing of the material. All authors have read and agreed to the published 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.

Compliance with the rules of bioethics: The research was conducted in accordance with the Helsinki Declaration. Medical workers filled out the Informed Consent to Research Form developed in accordance with the requirements of the local ethics committee of Volgograd State Medical University.

Received: May 17, 2021 / Accepted: November 3, 2021 / Published: November 30, 2021

Введение. Особенности трудовой деятельности медицинского персонала в лабораториях различной специализации (клинические, испытательные и др.) могут привести к формированию условий труда, не соответствующих гигиеническим требованиям. Работы, посвященные комплексной оценке организации и условий труда медиков – работников клинико-диагностических лабораторий, аргументировали ведущие производственные факторы риска их здоровью: сенсорные и эмоциональные нагрузки, неудобная вынужденная рабочая поза, нерациональный режим труда и отдыха, потенци-

альный риск контакта с возбудителем инфекции и др. [1–7]. Осуществляемая специальная оценка условий труда в клинико-диагностических лабораториях классифицирует их как вредные (3.2) по биологическому фактору. В период пандемии COVID-19 работа медиков наряду с перечисленными рисками в условиях и организации труда может быть связана с потенциальным риском нарушения теплового состояния из-за необходимости использования средств индивидуальной защиты от биологического фактора [7–9], что регламентировано рядом нормативно-методических документов^{1,2}.

¹ Приказ МЗ РФ от 19 марта 2020 г. № 198н «О временном порядке организации работы медицинских организаций в целях реализации мер по профилактике и снижению рисков распространения новой коронавирусной инфекции COVID-19» (с изменениями на 4 декабря 2020 г.).

² Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации № 6 от 13.03.2020 «О дополнительных мерах по снижению рисков распространения COVID-2019».

Материалы, используемые для изготовления таких СИЗ, как правило, имеют низкую воздухо- и паропропускаемость, что может способствовать перегреванию [10]. Представляется актуальным изучение состояния системы терморегуляции, обеспечивающей тепловой баланс, при различных параметрах окружающей среды и физической нагрузки [10–13]. Выполнение профессиональных обязанностей в таких условиях предъявляет к организму работающего особые требования, что аргументирует необходимость изучения и оценки теплового состояния медицинских работников различных медицинских подразделений в период пандемии COVID-19 как объективного критерия риска их здоровью.

Цель исследования: оценить риск нарушения теплового состояния медицинских работников ПЦР-лаборатории в условиях пандемии COVID-19 при использовании средств индивидуальной защиты от биологического фактора.

Материалы и методы. Исследование проводилось в зимний период на базах ПЦР-лабораторий ГБУЗ «Городская детская поликлиника № 2», г. Волжский, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Волгоградской области».

Осуществлено изучение параметров микроклимата в основных производственных помещениях ПЦР-лабораторий. Измерение и оценка параметров микроклимата производилась в соответствии с требованиями ряда санитарных документов^{3,4,5}. Измерялись следующие параметры микроклимата: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха (прибор testo-400). Для расчета индекса тепловой нагрузки воздушной среды (ТНС) использовали термогигрометр ТКА-ПКМ-24 [14].

Для оценки теплового состояния медицинских работников была сформирована группа наблюдения: женщины, 31 человек, средний возраст $32,48 \pm 1,45$, стаж работы в ПЦР-лаборатории – от 3 до 9 месяцев.

Определялся комплекс показателей, наиболее информативных и доступных для определения в условиях реальной профессиональной деятельности [15–17]: температура кожи в пяти точках (лоб, грудь, кисть, бедро, голень), подъязычная температура, оценивались теплоощущения (T_o) по семибалльной шкале. Рассчитывалась средневзвешенная температура кожи (СВТК). Все измерения проводились дважды за смену: в начале смены и по окончании смены, которая длилась 5 часов без перерыва на обед в связи с производственной необходимостью. С целью валидации получаемых данных все измерения проводились два раза с использованием двух видов приборов: термометр контактный ТК-5.01ПТ и комплекс регистраторов температуры TRKO-1G. Различия в величине получаемых результатов не превышали $\pm 0,03$ °C. Также регистрировалась

частота сердечных сокращений (ЧСС) с помощью пульсоксиметра «Элокс-01М». Оценка полученных результатов выполнялась в соответствии с требованиями методических указаний⁶. Динамика работоспособности оценивалась по результатам контактной треморометрии (делением значения общего числа касаний на время выполнения теста определяется количество касаний в 1 сек) [18]. Все полученные данные обработаны вариационно-статистическим методом с вычислением средних величин (M), ошибок репрезентативности ($\pm m$), достоверность различий определялась по t -критерию Стьюдента.

Результаты. Функционал врача-лаборанта и фельдшера-лаборанта в ПЦР-лабораториях включает в себя: работу в «грязной» зоне боксов (подготовка реактивов, подготовка проб для амплификации и закладка проб в амплификатор) и работу в «чистой» зоне за компьютером (интерпретация результатов амплификации с использованием программного модуля амплификатора, работа с документацией и отчетами); эти операции выполняет один и тот же сотрудник, переходя из одной зоны в другую. Выполняемая работа – сидя-стоя с незначительным физическим напряжением (категория работ по энергозатратам – Ia)⁷.

Параметры микроклимата в помещениях ПЦР-лаборатории обеспечивались за счет водяного отопления и, при необходимости, кондиционирования воздушной среды; осуществленные измерения позволили классифицировать микроклимат как допустимый (табл. 1). В соответствии с требованиями санитарных правил⁸ медицинские работники осуществляли свои профессиональные функции, используя СИЗ от биологического фактора. В нашем исследовании медицинские работники использовали костюм защитный медицинский нестерильный⁹, включающий комбинезон, шапочку, бахилы, перчатки. Также использовались респиратор медицинский защитный фильтрующий из нетканых материалов 3-го класса защиты (FPP3) и защитные герметичные очки. Комбинезон надевался на хирургический костюм, выполненный из хлопчатобумажной ткани.

Результаты определения основных показателей теплового состояния работников ПЦР-лабораторий в начале и конце смены представлены в табл. 2. Выявлено достоверное увеличение всех определяемых величин. При этом такой наиболее значимый критерий теплового состояния, как средневзвешенная температура кожи, в конце смены достигал $33,85 \pm 0,24$ °C, что превышало верхнюю границу допустимой величины (33,8). Величины ЧСС и T_o приближались к верхним значениям, характеризующим предельно допустимое тепловое состояние человека (для продолжительности работ не более трех часов за рабочую смену). Результаты треморометрии (увеличение

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

⁴ СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений», (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 1 октября 1996 г. № 21). М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.

⁵ МУК 4.3.2756–10 «Методические указания по измерению и оценке микроклимата производственных помещений».

⁶ МУК 4.3.1895–04 «Методические указания по оценке теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания».

⁷ СП 1.3.3118–13 «Безопасность работы с микроорганизмами I–II групп патогенности (опасности)».

⁸ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 ноября 2013 г. № 64 «Об утверждении санитарно-эпидемиологических правил СП 1.3.3118–13 «Безопасность работы с микроорганизмами I–II групп патогенности (опасности)».

⁹ ТУ 32.50.50-001-0182609432–2020 (регистрационное удостоверение № РЗН 2020/11730).

числа касаний в 1 секунду) свидетельствуют о существенном снижении работоспособности по истечении пяти часов работы¹⁰.

Как указано выше, условия труда медицинских работников в рабочих зонах ПЦР-лабораторий по показателю «микроклимат» классифицировались как допустимые. В то же время в соответствии с требованиями методических указаний⁹ при осуществлении профессиональных функций с использованием спецодежды с низкой влаго-паро-воздухопроницаемостью оценку микроклимата следует проводить с использованием физиологических методов, основанных на изучении теплового состояния организма и его работоспособности [11, 19–22]. Полученные в данной работе показатели свидетельствуют о напряжении реакций терморегуляции [21, 23] и, следовательно, о риске нарушения теплового состояния при использовании медиками СИЗ^{1,2}. Степень риска перегрева работающих в конкретных условиях, по предложению Афанасевой Р.Ф. и соавт. [19], определяется величиной накопленного тепла в организме. Конюхов А.В. и соавт., изучая в условиях эксперимента особенности теплового состояния добровольцев при использовании СИЗ от биологического фактора «Тайвек 600 Плюс», определили повышение температуры «оболочки» тела и его «ядра» уже к третьему часу работы³ [10]. Увеличение теплосодержания при этом достигало $2,6 \pm 1,6$ кДж/кг, а среднее значение ЧСС – 98 ± 18 уд./мин, что соответствует умеренному риску перегрева и сопровождается ухудшением самочувствия, снижением работоспособности. Можно предположить, что в нашем исследовании, осуществленном в условиях реальной профессиональной деятельности, динамика

показателей теплового состояния будет иметь такой же характер. Более продолжительная работа медицинских работников ПЦР-лабораторий в СИЗ от биологического фактора однозначно приведет к формированию профессионально-обусловленной усталости [24, 25] и, следовательно, ухудшению качества работы.

Заключение. Анализ результатов исследования, а также данных гигиенической литературы позволяет сделать вывод о существовании риска нарушений теплового состояния медицинских работников при использовании СИЗ от биологического фактора. Степень выраженности напряжения реакций терморегуляции зависит от технических и конструктивных характеристик используемых СИЗ. Необходимо физиолого-гигиеническое обоснование продолжительности периодов работы медицинских работников ПЦР-лабораторий при использовании различных видов СИЗ от биологического фактора, что аргументирует актуальность дальнейших исследований.

Список литературы

1. Бадамшина Г.Г., Зиятдинов В.Б., Фатхутдинова Л.М. Актуальные вопросы оценки условий труда медицинских работников по уровню биологического фактора // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59. № 9. С. 551–551. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-551-552
2. Болонкина Т.А., Дементьев А.А., Шатрова Н.В., Рудакова М.Н. Влияние работы в условиях пандемии коронавирусной инфекции на функциональное состояние центральной нервной системы медицинских работников станции скорой медицинской помощи // Вестник новых медицинских технологий. 2020. № 6. С. 81–86. doi: 10.24411/2075-4094-2020-16744

Таблица 1. Параметры микроклимата в помещениях ПЦР-лабораторий, $M \pm m$

Table 1. Microclimate parameters in the PCR laboratories, $M \pm m$

Место исследования / Measurement location	Температура воздуха, °C / Air temperature, °C	Относительная влажность, % / Relative humidity, %	Скорость движения воздуха, м/с / Air velocity, m/s	ТНС-индекс, °C / Heat load index, °C
Чистая зона / Clean area	$22,20 \pm 2,11$	$62,13 \pm 4,33$	$0,2 \pm 0,03$	22,23
Грязная зона / Dirty area	$23,14 \pm 1,82$	$67,35 \pm 3,68$	$0,2 \pm 0,02$	22,65

Таблица 2. Показатели теплового состояния медицинских работников ПЦР-лабораторий, $M \pm m$

Table 2. Indicators of the thermal state of medical workers in PCR laboratories, $M \pm m$

Показатели / Indicators	Время смены / Time of work shift		Верхняя граница допустимого теплового состояния / Upper limit of permissible thermal state
	Начало / Start	Конец / End	
t кожи лба, °C / forehead temp., °C	$32,38 \pm 0,20$	$33,92 \pm 0,18^*$	
t кожи груди, °C / breast temp., °C	$32,08 \pm 0,18$	$34,47 \pm 0,19$	
t кожи кисти, °C / hand temp., °C	$31,26 \pm 0,17$	$32,94 \pm 0,20^*$	
t кожи бедра, °C / thigh temp., °C	$31,40 \pm 0,08$	$33,58 \pm 0,17^*$	
t кожи голени, °C / shin temp., °C	$30,54 \pm 0,26$	$32,82 \pm 0,18$	
подъязычная t, °C / sublingual temp., °C	$36,76 \pm 0,04$	$37,43 \pm 0,04^*$	
СВТК, °C / Mean skin temperature, °C	$31,62 \pm 0,21$	$33,85 \pm 0,24^*$	33,8
Увеличение ЧСС, уд./мин / Increase in heart rate, beats/min	$73,30 \pm 2,82$	$85,21 \pm 4,23^*$	8
Теплоощущения (баллы) / Heat sensation (points)	$4,01 \pm 0,10$	$5,79 \pm 0,12^*$	5,0
Тремометрия (число касаний в 1 сек) / Tremometry (number of touches per second)	$5,94 \pm 1,41$	$7,22 \pm 2,25$	Возрастание более 20 % / > 20 % increase

Примечание: * – достоверность различий $p \leq 0,05$.

Note: * statistical significance of differences, $p \leq 0.05$.

¹⁰ Физиолого-гигиенические требования к организации режимов работы при повышенной продолжительности рабочей смены (до 12 часов). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2016. 40 с.

3. Важенина А.А., Транковская Л.В., Анищенко Е.Б. Условия труда работников испытательного лабораторного центра учреждения Роспотребнадзора // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 4. С. 418–423. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-4-418-423
4. Мендалиев Н.А., Куракбаев К.К., Бейсембаева Ш.А. Удовлетворенность работой и факторы связанные с ней среди специалистов клинично-диагностических лабораторий // Вестник Казахского национального медицинского университета. 2017. № 1. С. 519–522.
5. Ненахов И.Г., Стёпкин Ю.И., Механтьева Л.Е. Комплексная оценка условий трудового процесса сотрудников испытательных лабораторных центров // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 8. С. 721–728. doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-8-721-726
6. Панков В.А., Лахман О.Л., Кулешова М.В., Руквишников В.С. Эмоциональное выгорание у медицинских работников в условиях работы в экстремальных ситуациях // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 10. С. 1034–1041. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-10-1034-1041
7. Танышина О.В., Вечорко В.И., Женина Е.А. Работа медицинских сестер столичного многопрофильного стационара в условиях борьбы с пандемией COVID-19 // Профилактическая медицина. 2020. Т. 23. № 8. С. 19–23. doi: 10.17116/prgfmed20202308119
8. Вечорко В.И., Кицул И.С., Захарова Е.Г., Борова Е.В. Заболеваемость с временной утратой трудоспособности сотрудников медицинской организации при новой коронавирусной инфекции // Здравоохранение Российской Федерации. 2021. Т. 65. № 1. С. 5–11. doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-1-5-11
9. Брико Н.И., Каграманян И.Н., Никифоров В.В., Суранова Т.Г., Чернявская О.П., Полежаева Н.А. Пандемия Covid-19. Меры борьбы с ее распространением в Российской Федерации. Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2020. Т. 19. № 2. С. 4–12. doi: 10.31631/2073-3046-2020-19-2-4-12
10. Конюхов А.В. Особенности теплового состояния медицинских работников при использовании средств индивидуальной защиты от биологических факторов. Медицина труда и промышленная экология. 2020. Т. 60. № 11. С. 801–803. doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-11-801-8
11. Лосик Т.К., Иванов И.В., Зибарев Е.В., Конюхов А.В. Комплексный способ определения энерготрат у работников на производстве // Медицина труда и промышленная экология. 2020. Т. 60. № 2. С. 123–127. doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-2-123-127
12. Истомин С.В., Турченко В.Н., Гамаюнов С.Ю. Воздействие неблагоприятных температурных условий труда на работников АПК // Научная жизнь. 2020. Т. 15. № 6 (106). С. 792–808. doi: 10.35679/1991-9476-2020-15-6-792-808
13. Кожевникова Н.Ю. Температура воздушной среды производственных помещений как вредный фактор условий труда // Аграрное образование и наука. 2016. № 6. С. 3.
14. Рудаков М.Л., Степанов И.С. Оценка профессионального риска при воздействии нагревающего микроклимата при ведении подземных горных работ // Записки горного института. 2017. Т. 225. С. 364–368. doi: 10.18454/PMI.2017.3.364
15. Витте Н.К. Тепловой обмен человека и его гигиеническое значение. Киев: Госмедиздат. 1956. 148 с.
16. Arens E, Zhang H. The skin's role in human thermoregulation and comfort. In: Thermal and Moisture Transport in Fibrous Materials. Pan N., Gibson P., eds. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, 2006:560–602. doi: 10.1533/9781845692261.3.560
17. Chudecka M, Szczepanowska E, Kempnińska-Podhorodecka A. Changes of thermoemission of upper extremities in female handball players – the preliminary study. *Medicina Sportiva*. 2008;12(3):99–102. doi: 10.2478/v10036-008-0019-5
18. Васильева Ю.А. Уровень тремора и силы нервных процессов у лиц с различным исходным тоном вегетативной нервной системы // Вестник Курганского государственного университета. 2016. № 2 (41). С. 11–14.
19. Афанасьева Р.Ф., Чеботарев А.Г., Константинов Е.И. Методические подходы к установлению класса условий труда по параметрам микроклимата на рабочих местах горнодобывающих предприятий // Горная промышленность. 2013. № 6 (112). С. 72.
20. Бурмистрова О.В., Лосик Т.К., Шупорин Е.С. Физиолого-гигиеническое обоснование разработки методики оценки спецодежды для защиты работающих в нагревающей среде по показателям теплового состояния // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59. № 12. С. 1013–1019. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-12-1013-1019
21. Латышевская Н.И., Квартовкина Л.К. Оценка профессионального риска для здоровья, в том числе репродуктивного, женщин-работниц пищевых предприятий // Медицина труда и промышленная экология. 1999. № 3. С. 36–39.
22. Павлова Т.В., Марковская В.А. Влияние теплового стресса на физическую и психическую работоспособность в экстремальных ситуациях. Проблемы правоохранительной деятельности. 2017. № 4. С. 34–38.
23. Морозова Т.В. Оценка нагревающего микроклимата как фактора риска нарушений репродуктивного здоровья у работников в полимерперерабатывающей промышленности // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 11(308). С. 50–57. doi: 10.35627/2219-5238/2018-308-11-50-57
24. Сорокин Г.А. Хронофизиологическое исследование профессионально-обусловленной усталости // Физиология человека. 2008. Т. 34. № 6. С. 70–77.
25. Сорокин Г.А., Суслов В.Л., Яковлев Е.В., Фролова Н.М. Профессиональное выгорание врачей: значение интенсивности и качества работы // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 12. С. 1221–1225. doi: 10.47470/0016-9900-2018-97-12-1221-1225

References

1. Badamshina GG, Ziatdinov VB, Fatkhutdinova LM. Topical issues of assessment of working conditions of medical workers on the level of biological factor. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2019;59(9):551–552. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-551-552
2. Bolonkina TA, Dementiev AA, Shatrova NV, Rudakova MN. Influence of work under the conditions of the COVID-19 pandemic on the functional state of the central nervous system of medical workers of the emergency station. *Vestnik Novykh Meditsinskikh Tekhnologiy*. 2020;(6):81–86. (In Russ.) doi: 10.24411/2075-4094-2020-16744
3. Vazhenina AA, Trankovskaya LV, Anishchenko EB. Hygienic assessment of working conditions of employees in the Test laboratory center of the office of Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-being. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(4):418–423. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2019-98-4-418-423
4. Mendaliyev NA, Kurakbayev KK, Beisembaeva ShA. Job satisfaction and associated factors among specialists of clinical diagnostic laboratory. *Vestnik Kazakhskogo Natsional'nogo Meditsinskogo Universiteta*. 2017;(1):519–522. (In Russ.)
5. Nenakhov IG, Stepkin YuI, Mekhanteva LE. Complex evaluation of conditions of labor process of employees of test laboratory centers. *Gigiena i Sanitariya*. 2018;97(8):721–728. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2018-97-8-721-726
6. Pankov VA, Lakhman OA, Kuleshova MV, Rukavishnikov VS. Emotional burnout in medical workers

- during the work in extreme conditions. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(10):1034–1041. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-10-1034-1041
7. Tanshina OV, Vechorko VI, Genina EA. Nurses' work in the capital's multi-disciplinary hospital in the fight against the COVID-19 pandemic. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2020;23(8):19–23. (In Russ.) doi: 10.17116/profmed20202308119
 8. Vechorko VI, Kitsul IS, Zakharova EG, Borovova EV. Morbidity with a temporary disability of employees of medical institutions under a new coronavirus infection. *Zdravookhraneniye Rossiyskoy Federatsii*. 2021;65(1):5–11. (In Russ.) doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-1-5-11
 9. Briko NI, Kagramanyan IN, Nikiforov VV, Suranov va TG, Chernyavskaya OP, Polezhaeva NA. Pandemic COVID-19. Prevention measures in the Russian Federation. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2020;19(2):4–12. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2020-19-2-4-12
 10. Konyukhov AV, Geregei AM, Lemeshko VI. Features of the thermal state of medical workers when using personal protective equipment against biological factors. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2020;60(11):801–803. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-11-801-803
 11. Losik TK, Ivanov IV, Zibarev EV, Konyukhov AV. Integrated process of determining the level of energy consumption of workers in the workplace. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2020;60(2):123–127. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-2-123-127
 12. Istomin SV, Turchenko VN, Gamayunov SY. The impact of unfavorable temperature working conditions on agricultural workers. *Nauchnaya Zhizn'*. 2020;15(6(106)):792–808. (In Russ.) doi: 10.35679/1991-9476-2020-15-6-792-808
 13. Kozhevnikova NY. The temperature of the air environment of industrial premises as a harmful factor in working conditions. *Agrarnoe Obrazovanie i Nauka*. 2016;(6):3. (In Russ.)
 14. Rudakov ML, Stepanov IS. Assessment of professional risk caused by heating microclimate in the process of underground mining. *Zapiski Gornogo Instituta*. 2017;225:364–368. (In Russ.) doi: 10.18454/PMI.2017.3.364
 15. Witte NK. [*Human Heat Exchange and Its Hygienic Value*.] Kiev: Gosmedizdat Publ., 1956. (In Russ.)
 16. Arens E, Zhang H. The skin's role in human thermoregulation and comfort. In: *Thermal and Moisture Transport in Fibrous Materials*. Pan N., Gibson P., eds. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, 2006:560–602. doi: 10.1533/9781845692261.3.560
 17. Chudecka M, Szczepanowska E, Kempnińska-Podhorodecka A. Changes of thermoemission of upper extremities in female handball players – the preliminary study. *Medicina Sportiva*. 2008;12(3):99–102. doi: 10.2478/v10036-008-0019-5
 18. Vasilieva JA. The level of tremor and strength of nervous processes in individuals with different initial tonus of the autonomic nervous system. *Vestnik Kurganskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2016;(2(41)):11–14. (In Russ.)
 19. Afanasieva RF, Chebotarev AG, Konstantinov EI. Methodological approaches to the categorization of the working environment by workplace microclimate parameter at mines. *Gornaya Promyshlennost'*. 2013;(6(112)):72. (In Russ.)
 20. Burmistrova OV, Losik TK, Shuporin ES. Physiological and hygienic substantiation of development of a technique of an estimation of overalls for protection working in the heating environment on indicators of a thermal condition. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2019;59(12):1013–1019. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-12-1013-1019
 21. Latyshevskaya NI, Kvartovkina LK. Evaluation of occupational risk for reproductivity in female workers of food industry. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 1999;(3):36–39. (In Russ.)
 22. Pavlova TV, Markovskaya VA. Influence of thermal stress on physical and psychic working efficiency in extreme situations. *Problemy Pravoookhranitel'noy Deyatel'nosti*. 2017;(4):34–38. (In Russ.)
 23. Morozova TV. Heating microclimate assessment as a risk factor of reproductive health damage in workers in the polymerprocessing industry. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2018;(11(308)):50–57. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2018-308-11-50-57
 24. Sorokin GA. Chronophysiological study of occupationally conditioned fatigue. *Fiziologiya Cheloveka*. 2008;34(6):70–77. (In Russ.)
 25. Sorokin GA, Suslov VL, Yakovlev EV, Frolova NM. Professional burnout in doctors: the value of the intensity and quality of the work. *Gigiena i Sanitariya*. 2018;97(12):1221–1225. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2018-97-12-1221-1225





Некоторые вопросы заболеваемости с временной утратой трудоспособности в Уральском федеральном округе

А.С. Шастин¹, В.Г. Газимова¹, О.Л. Малых², Т.С. Устюгова¹, Т.М. Цепилова¹

¹ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, ул. Попова, д. 30, г. Екатеринбург, 620014, Российская Федерация

²Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Вадковский пер., д. 18, стр. 5 и 7, г. Москва, 127994, Российская Федерация

Резюме

Введение. В условиях снижения численности трудоспособного населения мониторинг состояния здоровья и исследование заболеваемости работающих граждан должны входить в число важнейших задач специалистов в сфере общественного здоровья и организации здравоохранения, а также специалистов по медицине труда. Управление рисками здоровья работающего населения требует наличия полных и достоверных данных о заболеваемости этой категории граждан. Средний возраст работающих граждан в Российской Федерации в долгосрочной перспективе будет расти. В этих условиях особенно важно иметь доступную и непротиворечивую информацию о заболеваемости работающего населения.

Цель: оценить показатели заболеваемости с временной утратой трудоспособности в субъектах Российской Федерации, входящих в состав Уральского федерального округа.

Материалы и методы. Исследованы показатели заболеваемости с временной утратой трудоспособности, публикуемые Федеральной службой государственной статистики в единой межведомственной информационно-статистической системе в разделе 15.12 «Информация о причинах временной нетрудоспособности» и разделе 2.9.1.4 «Федеральный проект «Укрепление общественного здоровья»». Произведено ранжирование субъектов Российской Федерации по числу случаев и дней временной нетрудоспособности на 100 работающих. Определены уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности в субъектах Уральского федерального округа по шкале оценки Е.Л. Ноткина. Статистический анализ проведен с использованием программного средства STATISTICA 10. Определены среднеемноголетние значения отдельных показателей (СМ), медианные значения (М) и среднеквадратичное отклонение (σ), коэффициенты вариации (Кv). Оценка различия показателей проведена с использованием критерия Манна-Уитни.

Результаты. Показатели заболеваемости с временной утратой трудоспособности в субъектах Уральского федерального округа в 2019 г. значительно снизились по отношению к 2010 г. Практически весь объем снижения показателей приходится на 2015 год. В единой межведомственной информационно-статистической системе содержатся противоречивые данные о заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

Заключение. Целесообразно рассмотреть вопрос об изменении методических подходов к организации федерального статистического наблюдения за заболеваемостью с временной утратой трудоспособности. Показатели заболеваемости с временной утратой трудоспособности должны быть включены в систему социально-гигиенического мониторинга.

Ключевые слова: работающее население, заболеваемость с временной утратой трудоспособности.

Для цитирования: Шастин А.С., Газимова В.Г., Малых О.Л., Устюгова Т.С., Цепилова Т.М. Некоторые вопросы заболеваемости с временной утратой трудоспособности в Уральском федеральном округе // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 11. С. 37–44. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-37-44>

Сведения об авторах:

✉ **Шастин** Александр Сергеевич – к.м.н., старший научный сотрудник отдела организации медицины труда ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора; e-mail: shastin@ymrc.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8363-5498>.

Газимова Венера Абдрахмановна – к.м.н., заведующая отделом организации медицины труда ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора; e-mail: venera@ymrc.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3591-3726>.

Малых Ольга Леонидовна – к.м.н., заместитель начальника управления научного и аналитического обеспечения Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; e-mail: malyh_ol@rosпотребнадzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8394-627X>.

Устюгова Татьяна Сергеевна – заведующая отделением планирования и внедрения НИР ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора; e-mail: ustyugova@ymrc.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7342-6510>.

Цепилова Татьяна Михайловна – научный сотрудник лаборатории социально-гигиенического мониторинга и управления риском ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора; e-mail: zaikinatm@inbox.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1678-3180>.

Информация о вкладе авторов: Шастин А.С. – концепция и дизайн исследования; сбор и обработка материала, статистическая обработка; написание текста; Газимова В.Г. – написание текста; редактирование текста; Малых О.Л. – редактирование текста; Устюгова Т.С. – редактирование текста; Цепилова Т.М. – статистическая обработка.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 22.04.21 / Принята к публикации: 03.11.21 / Опубликована: 30.11.21

Some Issues of Morbidity with Temporary Incapacity for Work in the Ural Federal District

Aleksandr S. Shastin,¹ Venera G. Gazimova,¹ Olga L. Malykh,²
Tatyana S. Ustyugova,¹ Tatyana M. Tsepilova¹

¹Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers,
30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

²Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing,
Bldgs 5 and 7, 18 Vadkovsky Lane, Moscow, 127994, Russian Federation

Summary

Introduction: In the context of a decreasing size of the working-age population, monitoring of the health status and disease incidence in this cohort shall be one of the most important tasks of public and occupational health professionals. Health risk management for the working population in the Russian Federation requires complete and reliable data on its morbidity, especially in view of the fact that its average age demonstrates a stable growth. It is, therefore, crucial to have precise and

consistent information about the morbidity of the working-age population.

Objective: The study aimed to assess incidence rates of diseases with temporary incapacity for work in the constituent entities of the Ural Federal District of the Russian Federation.

Materials and methods: We reviewed data on disease incidence rates published by the Federal State Statistics Service in the Common Interdepartmental System of Statistical Information, Section 15.12, Causes of Temporary Disability, and Section 2.9.I.4, Federal Project for Public Health Promotion. The constituent entities under study were ranked according to the number of cases and days of temporary incapacity per 100 workers and E.L. Notkin scale was used to determine grade the incidence. The statistical analysis was performed using STATISTICA 10 software. Long-term average values of certain indicators, median values, standard deviation (σ) and coefficients of variation were estimated. The difference in the indices was assessed using the Mann-Whitney test.

Results: Compared to 2010, incidence rates of diseases with temporary incapacity for work in the constituent entities of the Ural Federal District in 2019 demonstrated a significant decline. The sharp drop was observed in 2015. We also established that the Common Interdepartmental System of Statistical Information contains contradictory information on disease incidence.

Conclusion: It is expedient to consider the issue of revising guidelines for organization of federal statistical monitoring of morbidity with temporary incapacity for work and to include this indicator in the system of public health monitoring.

Keywords: working-age population, morbidity with temporary incapacity for work.

For citation: Shastin AS, Gazimova VG, Malykh OL, Ustyugova TS, Tsepilova TM. Some issues of morbidity with temporary incapacity for work in the Ural Federal District. *Zdorov'e Naseleyniya i Sreda Obitaniya*. 2021;29(11):37–44. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-37-44>

Author information:

✉ Aleksandr S. Shastin, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Department for Organization of Occupational Medicine, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: shastin@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8363-5498>.

Venera G. Gazimova, Cand. Sci. (Med.), Head of the Department for Organization of Occupational Medicine, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: venera@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3591-3726>.

Olga L. Malykh, Cand. Sci. (Med.), Deputy Head of the Scientific and Analytical Support Office, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; e-mail: malykh_ol@rosпотребнадзор.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8394-627X>.

Tatyana S. Ustyugova, Head of the Department for Research Planning and Implementation, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: ustyugova@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7342-6510>.

Tatyana M. Tsepilova, Researcher, Laboratory of Public Health Monitoring and Risk Management, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: zaiikatm@inbox.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1678-3180>.

Author contributions: Shastin A.S. developed the study conception and design, collected and processed data, and drafted the manuscript; Tsepilova T.M. analyzed and interpreted data; Gazimova V.G., Malykh O.L. and Ustyugova T.S. wrote and revised the manuscript; all authors reviewed the results, contributed to the discussion 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: April 22, 2021 / Accepted: November 3, 2021 / Published: November 30, 2021

Введение. Высокий уровень здоровья населения — залог успешного развития национальной экономики и важный показатель качества трудового потенциала [1–4]. В условиях более чем 15-летнего снижения численности населения в возрастной категории «трудоспособное население» мониторинг состояния здоровья и исследование заболеваемости работающих граждан должны входить в число основных направлений деятельности специалистов в сфере общественного здоровья и организации здравоохранения, а также специалистов по медицине труда [5]. Управление рисками здоровью работающего населения требует наличия полных и достоверных данных о заболеваемости этой категории граждан. Заболеваемость с временной утратой трудоспособности (далее — ЗВУТ) является одной из самых значимых причин экономических потерь общества, обусловленных медицинскими причинами [6–11]. Показатели ЗВУТ — важнейший источник данных для оценки состояния здоровья работающего населения [12–14]. Средний возраст работающих граждан в Российской Федерации в долгосрочной перспективе будет расти [15, 16]. В этих условиях особенно важно иметь доступную и непротиворечивую информацию о заболеваемости работающего населения. Основной источник информации о ЗВУТ — годовая форма федерального статистического наблюдения 16-ВН «Сведения о причинах временной нетрудоспособности». В соответствии с Федеральным планом статистических работ (далее — ФПСР) показатели ЗВУТ Федеральная служба государственной статистики (далее — Росстат) публикует в единой межведомственной информационно-статистической системе (далее — ЕМИСС).

Цель исследования — оценить показатели заболеваемости с временной утратой трудоспособности в субъектах Российской Федерации, входящих в состав Уральского федерального округа (далее — УФО).

Материалы и методы. В исследовании использованы показатели заболеваемости с временной утратой трудоспособности, публикуемые Федеральной службой государственной статистики в единой межведомственной информационно-статистической системе в разделе 15.12 «Информация о причинах временной нетрудоспособности» (далее — раздел 15.12) и разделе 2.9.I.4 (далее — раздел 2.9.I.4) «Федеральный проект «Укрепление общественного здоровья»». Проведено ранжирование субъектов Российской Федерации по числу случаев и дней временной нетрудоспособности (ВН) на 100 работающих. Определены уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности в субъектах РФ, входящих в Уральский федеральный округ, по шкале оценки показателей заболеваемости с временной утратой трудоспособности Е.Л. Ноткина [17]. Статистический анализ проведен с использованием программного средства STATISTICA 10. При анализе данных применены методы описательной статистики. Рассчитаны среднемноголетние значения показателей (СМ), медианные значения (М) и среднее квадратичное отклонение (σ), коэффициенты вариации (Кв). В связи с тем, что некоторые переменные имеют ненормальное распределение, использованы методы непараметрического анализа. Оценка различий показателей 2010–2014 и 2015–2019 годов проведена с использованием критерия Манна — Уитни (непараметрическим аналогом

t-критерия Стьюдента в случае сравнения двух независимых групп). Проверка нормальности распределения проводилась с использованием критерия Шапиро – Уилка *W*. Критический уровень значимости нулевой статистической гипотезы принимался равным 0,05.

Результаты. Показатели числа случаев временной нетрудоспособности на 100 работающих в целом по Российской Федерации, Уральскому федеральному округу и субъектам РФ в составе УФО за 2010–2019 гг. представлены в табл. 1.

В 2019 г. во всех субъектах УФО наблюдается снижение числа случаев временной нетрудоспособности (далее – ВН) на 100 работающих по отношению к 2010 г. Самые высокие темпы снижения в Ямало-Ненецком автономной округе (на 38,9 %). Самый низкий темп снижения в Курганской области (на 14,4 %).

Относительно нестабильная динамика заболеваемости с ВН отмечается в Свердловской области. После значительного снижения в 2015 г. относительно 2014 г. (на 28,7 %) в 2018 г. отмечается подъем относительно 2017 г. на 39,3 %. Число случаев ВН на 100 работающих в Свердловской области в 2018 г. было самым высоким в стране.

Самое заметное снижение показателя во всех субъектах отмечено в 2015 г. относительно 2014 г.: в Свердловской области – на 28,7 %, в ЯНАО – на 27,0 %, в Тюменской области – на 24,8 %, в ХМАО – на 22,1 %, в Челябинской области – на 18,4 %, в Курганской области – на 16,7 %.

По шкале оценки Ноткина в 2010 г. в ЯНАО уровень ЗВУТ по числу случаев на 100 работающих соответствовал оценке «низкий». В остальных субъектах УФО и по округу в целом – оценке «ниже среднего». В 2019 г. уровень «ниже среднего» сохранился в Курганской области. Уровень «низкий» отмечен в Свердловской и Челябинской областях. В остальных субъектах и по УФО в целом уровень «очень низкий».

Показатели числа дней временной нетрудоспособности на 100 работающих в целом по Российской Федерации, Уральскому федеральному округу и субъектам РФ в составе УФО за 2010–2019 гг. представлены в табл. 2.

По отношению к 2010 г. во всех регионах УФО и по округу в целом в 2019 г. отмечено снижение числа дней ВН на 100 работающих. Самые высокие темпы снижения – в Ямало-Ненецком автономной округе (на 38,2 %). Самый низкий темп снижения – в Курганской области (на 12,2 %). Динамика показателя во всех субъектах, кроме Свердловской области, была достаточно устойчивой. В Свердловской области в 2018 г. отмечен рост почти на 41,4 % со снижением в 2019 г. на 28,1 %. Только в одном регионе РФ в 2018 г. число случаев на 100 работающих было выше, чем в Свердловской области (Новгородская область – 978,3 дня).

В остальных субъектах УФО самое значительное снижение показателя отмечается в 2015 г. относительно 2014 г.: в ЯНАО – на 21,8 %,

Таблица 1. Число случаев временной нетрудоспособности на 100 работающих в Российской Федерации и субъектах Уральского федерального округа

Table 1. Incident cases of diseases with temporary incapacity for work per 100 working people in the Russian Federation and the constituent entities of the Ural Federal District

Территория / Territory	Год / Year									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Российская Федерация / Russian Federation	60,3	57,9	57,2	56,7	54,8	43,6	43,3	43,9	44,3	43,0
Уральский федеральный округ / Ural Federal District	67,1	65,3	63,6	64,8	64,3	48,8	48,9	47,9	54,9	49,5
Курганская область / Kurgan Region	74,2	72,9	73,0	72,3	70,0	58,3	57,5	61,6	64,1	63,5
Свердловская область / Sverdlovsk Region	69,4	68,0	65,4	67,5	70,3	50,1	50,8	47,8	66,6	51,0
Тюменская область / Tyumen Region	64,1	61,2	58,1	66,4	64,9	48,8	50,2	46,5	50,0	46,9
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра / Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra	66,6	62,9	57,2	59,1	57,5	44,8	44,9	45,2	47,2	48,1
Ямало-Ненецкий автономный округ / Yamalo-Nenets Autonomous Okrug	58,4	51,7	52,7	51,9	48,6	35,5	35,9	36,0	35,5	35,7
Челябинская область / Chelyabinsk Region	66,3	64,9	66,5	66,3	63,5	51,8	50,4	51,5	49,9	50,6

Таблица 2. Число дней временной нетрудоспособности на 100 работающих в Российской Федерации и субъектах Уральского федерального округа

Table 2. The number of days of temporary incapacity for work per 100 working people in the Russian Federation and the constituent entities of the Ural Federal District

Территория / Territory	Год / Year									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Российская Федерация / Russian Federation	790,2	795,6	736,7	720,3	697,1	592,9	584,4	583,8	594,6	579,2
Уральский федеральный округ / Ural Federal District	886	878,7	806	816,1	794,4	667,3	659,4	648,6	751,3	646,5
Курганская область / Kurgan Region	995,5	1 052,5	972	967,4	935,6	858,7	828,9	868,6	884,4	874,0
Свердловская область / Sverdlovsk Region	938,9	941,6	837,3	875,3	852,8	714,8	705,1	662,8	937,5	674,1
Тюменская область / Tyumen Region	857,8	799,3	753,6	770,4	749,1	598,5	623,4	603,2	642,4	600,1
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра / Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra	899,6	821,5	769,6	776,1	772,7	652,8	648,4	647,5	675	635,8
Ямало-Ненецкий автономный округ / Yamalo-Nenets Autonomous Okrug	806,4	754,1	715,7	678	634,7	496,1	495,2	497,7	518,9	498
Челябинская область / Chelyabinsk Region	824,4	858,6	795,2	784,3	759,5	649,8	630,8	649,4	631,7	633,9

в Тюменской области – на 20,1 %, в ХМАО – на 15,5 %, в Челябинской области – на 14,4 %, в Курганской области – на 8,2 %.

В 2010 г. по шкале Ноткина во всех субъектах УФО и по округу в целом уровень заболеваемости по показателю «Число дней ВН на 100 работающих» соответствовал оценке «средний». В 2012 г. в Курганской области отмечен уровень ЗВУТ «выше среднего».

В 2019 г. уровень «средний» сохранился в Курганской области. В Свердловской, Тюменской, Челябинской областях, в ХМАО и по округу в целом уровень ЗВУТ по этому показателю соответствовал оценке «ниже среднего». В ЯНАО – «очень низкий».

В целом, по шкале Ноткина уровень ЗВУТ по числу случаев ВН на 100 работающих в субъектах УФО выше, чем уровень ЗВУТ по числу дней ВН на 100 работающих.

Показатели средней длительности одного случая временной нетрудоспособности в целом по Российской Федерации, Уральскому федеральному округу и субъектам РФ в составе УФО за 2010–2019 гг. представлены в табл. 3.

Самые низкие показатели средней длительности одного случая ВН по УФО за исследуемый период наблюдались в Челябинской и Тюменской областях. Самые высокие среднееголетние показатели зарегистрированы в Курганской области. В большинстве субъектов округа среднееголетняя длительность одного случая временной нетрудоспособности превышает общероссийский уровень. Устойчивых трендов повышения либо снижения этого показателя в субъектах округа не выявлено.

Шкала оценки показателей ЗВУТ Ноткина не предусматривает оценку уровня средней длительности одного случая временной нетрудоспособности. Тем не менее это показатель является весьма важным, поскольку отражает и тяжесть заболевания, повлекшего временную нетрудоспособность.

В соответствии с федеральным планом статистических работ показатели ЗВУТ традиционно публикуются в разделе 15.12 «Информация о причинах временной нетрудоспособности».

Важность мониторинга и анализа ЗВУТ в национальном масштабе подчеркивается тем фактом, что в рамках Федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» в 2018–2019 гг. осуществлялось дополнительное статистическое наблюдение за этим показателем в числе показателей социально-экономического развития РФ, необходимых для мониторинга достижения показателей национальных и федеральных проектов, в разделе 2.9.1.4. «Федеральный проект «Укрепление общественного здоровья»».

Сравнительная оценка уровня ЗВУТ по числу случаев ВН по данным двух разделов ЕМИСС в целом по Российской Федерации, Уральскому федеральному округу и субъектам РФ в составе УФО за 2018–2019 гг. представлена в табл. 4.

В обоих разделах ЕМИСС паспорт показателя имеет одинаковое название «Число случаев временной нетрудоспособности (на 100 работающих)».

Тем не менее нами не установлено ни одного совпадения этих показателей. Уровень ЗВУТ, отраженный в разделе 2.9.1.4, всегда превышал аналогичный показатель, представленный в разделе 15.12. Только в ЯНАО более высокие показатели раздела 2.9.1.4 не изменили оценку уровня ЗВУТ. Во всех остальных субъектах округа оценка уровня ЗВУТ по числу случаев на 100 работающих ухудшилась. В Челябинской области уровень за 2018 г. ухудшился сразу на 2 ранга шкалы Ноткина.

Кроме того, в паспорте показателя раздела 2.9.1.4 указано, что методика расчета утверждена приказом Минздрава России от 18.04.2019 № 226¹. Данная методика предусматривает расчет дополнительного показателя «Число случаев временной нетрудоспособности (на 1 тыс. населения)».

Таким образом, данный показатель, публикуемый в соответствии с ФПСР, в разных разделах

Таблица 3. Средняя длительность одного случая временной нетрудоспособности на 100 работающих в Российской Федерации и субъектах Уральского федерального округа

Table 3. The average number of days of sick leave per case of a disease with temporary incapacity for work per 100 working people in the Russian Federation and the constituent entities of the Ural Federal District

Территория / Territory	Год / Year										СМ / LT*
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Российская Федерация / Russian Federation	13,1	12,9	12,9	12,7	12,7	13,6	13,5	13,3	13,4	13,5	13,2
Уральский федеральный округ / Ural Federal District	13,2	13,5	12,7	12,6	12,4	13,7	13,5	13,5	13,7	13,1	13,2
Курганская область / Kurgan Region	13,4	14,4	13,3	13,4	13,4	14,7	14,4	14,1	13,8	13,8	13,9
Свердловская область / Sverdlovsk Region	13,5	13,8	12,8	13,0	12,1	14,3	13,9	13,9	14,1	13,2	13,5
Тюменская область / Tyumen Region	13,4	13,1	13,0	11,6	11,5	12,3	12,4	13,0	12,8	12,8	12,6
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра / Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra	13,5	13,1	13,5	13,1	13,4	14,6	14,4	14,3	14,3	13,2	13,7
Ямало-Ненецкий автономный округ / Yamalo-Nenets Autonomous Okrug	13,8	14,6	13,6	13,1	13,1	14,0	13,8	13,8	14,6	13,9	13,8
Челябинская область / Chelyabinsk Region	12,4	13,2	12	11,8	12	12,5	12,5	12,6	12,7	12,5	12,4

Примечание: * – среднееголетняя длительность одного случая ВН за 10 лет.

Note: * – ten-year average sick leave duration per case.

¹ Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 18 апреля 2019 г. № 226 «Об утверждении методик расчета показателей Национального проекта «Демография» и входящего в него федерального проекта «Формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек». В настоящее время утратил силу.

ЕМИСС содержит разные значения по каждому из субъектов РФ [18]. Противоречивость статистических данных затрудняет анализ заболеваемости с временной нетрудоспособностью. И, как следствие, ограничивает возможности выработки и реализации эффективных управленческих решений.

Результаты исследования свидетельствуют о значительном улучшении показателей ЗВУТ и в целом по России, и в субъектах Уральского федерального округа по числу случаев и дней временной нетрудоспособности на 100 работающих и относительной стабильности средней длительности 1 случая временной нетрудоспособности.

На фоне этой позитивной тенденции специалисты не перестают высказывать озабоченность состоянием здоровья работающего населения [19–23].

Наблюдаемые в субъектах УФО с 2015 г. значительно более низкие показатели числа случаев и дней ВН на 100 работающих не имеют тренда к снижению. Напротив, в ХМАО, ЯНАО, Курганской и Свердловской областях отмечен незначительный рост по числу случаев ВН. В ЯНАО, Курганской и Тюменской областях – незначительный рост по числу дней ВН на 100 работающих.

Представленные в табл. 1 и 2 показатели свидетельствуют о том, что фактически весь десятилетний объем снижения показателей ЗВУТ достигнут в 2015 г., что совпадает с прекращением действия предыдущего нормативного акта в части регулирования медицинской статистической отчетности по форме 16–ВН: Постановления Государственного Комитета РФ по статистике от 29.06.1999 № 49 «Об утверждении годовых форм федерального государственного статистического наблюдения за заболеваемостью населения,

профилактическими прививками и медицинской помощью женщинам и детям».

Так до 2014 года включительно показатели ЗВУТ по числу случаев на 100 работающих в целом по РФ соответствовали прогнозу специалистов ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» МЗ РФ [24]. С введением в действие приказа Росстата от 25 декабря 2014 г. № 723 «Об утверждении статистического инструментария для организации Министерством здравоохранения Российской Федерации федерального статистического наблюдения в сфере здравоохранения» (далее – приказ Росстата № 723) снижение этого показателя в 2015 году составило 20,4% по отношению к 2014 году и значительно отклонилось от прогнозных показателей до более низкого уровня (табл. 1).

Результаты оценки статистической значимости различия отдельных показателей ЗВУТ в исследуемых субъектах в периоды 2010–2014 и 2015–2019 гг. представлены в табл. 5.

В целом по РФ, в целом по УФО и во всех субъектах округа установлено статистически значимое различие показателей ЗВУТ и по числу случаев ВН, и по числу дней ВН на 100 работающих. В 2015–2019 годах указанные показатели достоверно ниже, чем в 2010–2014 годах.

Таким образом, можно констатировать, что улучшение статистических показателей заболеваемости работающего населения в период 2015–2019 годов ассоциировано с введением в действие приказа Росстата № 723².

Заключение. Управление рисками здоровьем работающего населения – стратегическая задача государства. Процессы управления требуют эффективной и полной информации для принятия эффективных решений.

Таблица 4. Число случаев временной нетрудоспособности на 100 работающих (уровень) в Российской Федерации и субъектах Уральского федерального округа

Table 4. The number of cases of temporary incapacity for work per 100 working people (level) in the Russian Federation and the constituent entities of the Ural Federal District

Территория / Territory	Раздел / Section 15.12		Раздел / Section 2.9.1.4	
	Год / Year		Год / Year	
	2018	2019	2018	2019
Российская Федерация / Russian Federation	44,3 (очень низкий / very low)	43,0 (очень низкий / very low)	56,0 (низкий / low)	54,8 (низкий / low)
Курганская область / Kurgan Region	64,1 (ниже среднего / below the average)	63,5 (ниже среднего / below the average)	82,6 (средний / average)	83,7 (средний / average)
Свердловская область / Sverdlovsk Region	66,6 (ниже среднего / below the average)	51,0 (низкий / low)	89,0 (средний / average)	68,5 (ниже среднего / below the average)
Тюменская область / Tyumen Region	50,0 (низкий / low)	46,9 (очень низкий / very low)	61,6 (ниже среднего / below the average)	58,1 (низкий / low)
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра / Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra	47,2 (очень низкий / very low)	48,1 (очень низкий / very low)	61,3 (ниже среднего / below the average)	62,8 (ниже среднего / below the average)
Ямало-Ненецкий автономный округ / Yamalo-Nenets Autonomous Okrug	35,5 (очень низкий / very low)	35,7 (очень низкий / very low)	48,0 (очень низкий / very low)	47,0 (очень низкий / very low)
Челябинская область / Chelyabinsk Region	49,9 (очень низкий / very low)	50,6 (низкий / low)	65,8 (ниже среднего / below the average)	67,1 (ниже среднего / below the average)

² Приказ Федеральной службы государственной статистики от 25 декабря 2014 г. № 723 «Об утверждении статистического инструментария для организации Министерством здравоохранения Российской Федерации федерального статистического наблюдения в сфере здравоохранения».

Таблица 5. Среднеголетние и медианные показатели числа случаев и дней временной нетрудоспособности на 100 работающих в Российской Федерации и субъектах Уральского федерального округа

Table 5. Long-term and median indicators of the number of cases and days of temporary incapacity for work per 100 working people in the Russian Federation and the constituent entities of the Ural Federal District

Субъект	2005–2014			2015–2019			p
	CM / LT	M ± σ	Cv	CM / LT	M ± σ	Cv	
Число случаев временной нетрудоспособности на 100 работающих / Number of cases of temporary incapacity for work per 100 working people							
Российская Федерация / Russian Federation	57,4	57,2 ± 2,00	3,5	43,6	43,6 ± 0,51	1,2	0,009
Уральский федеральный округ / Ural Federal District	65,02	64,8 ± 1,32	2,0	50,0	48,9 ± 2,80	5,6	0,009
Курганская область / Kurgan Region	72,48	72,9 ± 1,55	2,1	61,0	61,6 ± 2,99	4,9	0,009
Свердловская область / Sverdlovsk Region	68,12	68 ± 1,88	2,8	53,3	50,8 ± 7,56	14,2	0,016
Тюменская область / Tyumen Region	62,94	64,1 ± 3,30	5,2	48,5	48,8 ± 1,72	3,5	0,009
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра / Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra	60,66	59,1 ± 4,02	6,6	46,0	45,2 ± 1,51	3,3	0,009
Ямало-Ненецкий автономный округ / Yamalo-Nenets Autonomous Okrug	52,66	51,9 ± 3,57	6,8	35,7	35,7 ± 0,23	0,6	0,009
Челябинская область / Chelyabinsk Region	65,5	66,3 ± 1,29	2,0	50,8	50,6 ± 0,79	1,6	0,009
Число дней временной нетрудоспособности на 100 работающих / Number of days of temporary incapacity for work per 100 working people							
Российская Федерация / Russian Federation	748,0	736,7 ± 43,39	5,8	587,0	584,4 ± 6,53	1,1	0,009
Уральский федеральный округ / Ural Federal District	836,24	816,1 ± 42,86	5,1	674,62	659,4 ± 43,68	6,5	0,009
Курганская область / Kurgan Region	984,6	972 ± 43,55	4,4	862,92	868,6 ± 21,16	2,5	0,009
Свердловская область / Sverdlovsk Region	889,18	875,3 ± 48,55	5,5	738,86	705,1 ± 113,09	15,3	0,047
Тюменская область / Tyumen Region	786,04	770,4 ± 44,68	5,7	613,52	603,2 ± 19,00	3,1	0,009
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра / Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra	807,9	776,1 ± 55,48	6,9	651,9	648,4 ± 14,36	2,2	0,009
Ямало-Ненецкий автономный округ / Yamalo-Nenets Autonomous Okrug	717,78	715,7 ± 66,45	9,3	501,18	497,7 ± 9,97	2,0	0,009
Челябинская область / Chelyabinsk Region	804,4	795,2 ± 38,22	4,8	639,12	633,9 ± 9,63	1,5	0,009

Примечание: в таблице представлены CM – среднеголетний показатель, M ± σ – Медиана ± стандартное отклонение, Cv – коэффициент вариации, p – значение непараметрического критерия Манна – Уитни. Различия принимались как статистически значимые при p < 0,05.

Note: The table shows LT – long-term average; M ± σ – median ± standard deviation; Cv – coefficient of variation; p-value of the nonparametric Mann – Whitney test; statistical significance at p < 0.05

Целесообразно рассмотреть вопрос об изменении методических подходов к организации федерального статистического наблюдения за заболеваемостью с временной утратой трудоспособности [25].

Федеральные органы исполнительной власти должны обеспечить наличие достоверной и непротиворечивой информации о заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

Показатели заболеваемости с временной утратой трудоспособности должны быть включены в систему социально-гигиенического мониторинга.

Список литературы

1. Барбашова Е.В., Конкин В.А., Шуметов В.Г. Общественное здоровье в оценке качества трудового потенциала: региональный аспект // Региональные исследования. 2019. № 1 (63). С. 75–85.
2. Козлова О.А., Макарова М.Н., Бедрина Е.Б., Федорова А.Э., Уханова А.В., Проворова А.А. и др. Средовые факторы формирования здоровья населения регионов России в контексте концепции

устойчивого развития. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2020.

3. Косяченко Г.Е., Сычик С.И., Ракевич А.В. Деятельность органов государственного санитарного надзора по сохранению здоровья трудоспособного населения Республики Беларусь // Здоровоохранение Кыргызстана. 2018. № 2. С. 139–142.
4. Ковальчук Т.А., Павленко О.И., Орехова О.В., Прокопчук О.Л. Ризики розвитку професійної патології у працівників провідних професій сучасного конвертерного виробництва. Довкілля та здоров'я. 2016. № 1 (77). С. 76–79.
5. Измеров Н.Ф. Национальная система медицины труда как основа сохранения здоровья работающего населения России // Здоровоохранение Российской Федерации. 2008. № 1. С. 7–8.
6. Амреева Л.М. Эпидемиологический анализ заболеваемости с временной утратой трудоспособности рабочих промышленного предприятия // Наука и образование – 2014: сборник материалов с конференции. 2014. С. 15–20.
7. Жигарловский Б.А. Временная нетрудоспособность при гриппе и ОРВИ в Российской Федерации и Москве // Эпидемиология и вакцинопрофилактика.

2019. Т. 18. № 3. С. 4–12. doi: 10.31631/2073-3046-2019-18-3-4-12
8. Ревич Б.А., Харькова Т.Л. Чем болеют и от чего гибнут россияне трудоспособного возраста // Демоскоп Weekly. 2016. № 691–692. С. 1–20.
 9. Лебедева-Несевря Н.А., Голева О.И., Маркова Ю.С. Экономическая оценка потерь, связанных с заболеваемостью работающего населения (на примере территорий с различным уровнем модернизации) // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. № 11. С. 448–466. doi: 10.5281/zenodo.1488418
 10. Голева О. И. Оценка налоговых потерь от смертности и заболеваемости населения: подходы к оценке (на примере Пермского края) // Пермский финансовый журнал. 2016. № 1 (14). С. 51–59.
 11. Тарасова Т.Н., Суслин С.А., Барина Ж.В., Бочкарева М.Н. Анализ состояния и структуры заболеваемости с временной утратой трудоспособности среди работающего населения Самарской области // Наука и инновации в медицине. 2019. Т. 4. № 2. С. 53–57. doi: 10.35693/2500-1388-2019-4-2-53-57
 12. Харлашова Н.В., Чеботарев П.А., Кученева Е.Е. Санитарно-гигиеническая оценка условий труда и состояния здоровья работников основного производства ОАО «Нафтан» // Здоровье и окружающая среда. 2012. № 20. С. 122–128.
 13. Бейгель Е.А., Ефимова Н.В., Солодкова Е.В., Цаплина Т.Н. Экономический ущерб, обусловленный заболеваемостью с временной утратой трудоспособности // Здоровоохранение Российской Федерации. 2018. Т. 62. № 5. С. 259–264. doi: 10.18821/0044-197X-2018-62-5-259-264
 14. Гапон В.О., Голованова И.А., Беликова И.В., Плужникова Т.В., Ляхова Н.А. Оценка заболеваемости с временной утратой трудоспособности в системе социально-гигиенического мониторинга // Вестник проблем биологии и медицины. 2012. Вып. 2. Т. 1. № 2 (92). С. 23–25.
 15. Аганбегян А.Г. Демографическая драма на пути перспективного развития России // Народонаселение. 2017. № 3 (77). С. 4–23. doi: 10.26653/1561-7785-2017-3-1
 16. Шасти́н А.С., Газимова В.Г., Гагарина М.С., Малых О.Л., Гусельников С.Р. Возможности анализа заболеваемости с временной утратой трудоспособности субъектов предпринимательской деятельности // Профилактическая медицина. 2019. Т. 22. № (2-4): С. 12–16. doi: 10.17116/prof-med20192204212
 17. Ноткин Е.Л. Об углубленном анализе данных заболеваемости с временной утратой трудоспособности // Гигиена и санитария. 1979;5:40–46.
 18. Шасти́н А.С., Газимова В.Г., Гурвич В.Б. Показатели заболеваемости с временной утратой трудоспособности в Российской Федерации в 2018–2019 годах // Профилактическая медицина. 2021. Т. 24. № 5 (приложение). С. 84–85.
 19. Стародубов В.И., Соболева Н.П., Савченко Е.Д. К вопросу об укреплении и сохранении здоровья работающих на предприятиях (на примере Центрального федерального округа) // Менеджер здравоохранения. 2018. № 1. С. 35–41.
 20. Бухтияров И.В. Современное состояние и основные направления сохранения и укрепления здоровья работающего населения России // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59. № 9. С. 527–532. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532
 21. Соболевская О.В., Черепов В.М., Соболевская М.С. Лучшие корпоративные практики охраны здоровья работающего населения. В сборнике: Здоровье и безопасность на рабочем месте. Материалы III международного научно-практического форума. Минск, 2019. С. 298–302. doi: 10.31089/978-985-7153-76-3-2019-1-3-298-302
 22. Панова Т.В. Здоровье работающего населения – важнейшее условие качества и производительности труда. Экономические науки. 2018. № 161. С. 39–41.
 23. Стрельченко О.В., Чернышев В.М., Мингазов И.Ф., Герасимова Э.В., Семенова В.Г. Состояние здоровья трудоспособного населения в Сибирском федеральном округе // Современные проблемы гигиены, токсикологии и медицины труда: Науч.-практ. конф. с международным участием, посвящ. 90-летию образования ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора. Омск, 2020. С. 265–273.
 24. Леонов С.А., Сон И.М., Моравская С.В. Динамика заболеваемости с временной утратой трудоспособности в Российской Федерации в 2007–2011 годах // Менеджер здравоохранения. 2013. № 8. С. 6–14.
 25. Шасти́н А.С., Газимова В.Г. Заболеваемость с временной утратой трудоспособности в Российской Федерации. Вопросы учета и оценки. В сборнике: Актуальные вопросы производственной медицины. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Екатеринбург, 2020. С. 57–61.

References

1. Barbashova EV, Konkin VA, Shumetov VG. Public health in assessment of the quality of labor capacity: regional aspect. *Regionalnye Issledovaniya*. 2019;(1(63)):75–85. (In Russ.) doi: 10.5922/1994-5280-2019-1-7
2. Kozlova OA, Makarova MN, Bedrina EB, et al. [Environmental determinants of population health in Russian regions in the context of the concept of sustainable development.] Yekaterinburg: UB RAS Institute of Economics Publ.; 2020. (In Russ.)
3. Kosyachenko GE, Sychik SI, Rakevich AV. Activities of the state sanitary supervision bodies for health maintenance of the population of the Republic of Belarus. *Zdravookhranenie Kyrgyzstana*. 2018;(2):139–142. (In Russ.)
4. Kovalchuk TA, Pavlenko OI, Orehova OV, Prokopchuk OL. Risks of the occupational pathology development among the workers in modern converter production. *Dovkillya ta Zdorov'ya*. 2016;(1(77)):76–79. (In Ukr.)
5. Izmerov NF. The national occupational medicine system as a basis for maintaining the health of Russia's working people. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*. 2008;(1):7–8. (In Russ.)
6. Amreeva LM. [Epidemiological analysis of morbidity with temporary disability in industrial workers.] In: *Science and Education–2014: Conference Proceedings*. 2014:15–20. (In Russ.)
7. Zhigarlovsky BA. Comparative characteristics of morbidity with temporary disability due to influenza and AURI in the Russian Federation and Moscow in recent years. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2019;18(3):4–12. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2019-18-3-4-12
8. Revich BA, Kharkova TL. [What do working-age Russians suffer and die from?] *Demoskop Weekly*. 2016;(691-692):1–20. (In Russ.) Accessed November 25, 2021. <http://www.demoscope.ru/weekly/2016/0691/tema01.php>
9. Lebedeva-Nesevrya NA, Goleva OI, Markova YuS. Economic evaluation of health losses from working population (on the examples of the territories with the different level of modernization). *Byulleten' Nauki i Praktiki*. 2018;4(11):448–466. (In Russ.) doi: 10.5281/zenodo.1488418
10. Goleva OI. Evaluation of tax losses due to mortality and disease rate of population: approaches of evaluation (on the example of Perm region). *Permskiy Finansovyy Zhurnal*. 2016;(1(14)):51–59. (In Russ.)

11. Tarasova TN, Suslin SA, Barinova ZhV, Bockkareva MN. Morbidity with temporary disability among the working population of the Samara Region: status and structure analysis. *Nauka i Innovatsii v Meditsine*. 2019;4(2):53–57. (In Russ.) doi: 10.35693/2500-1388-2019-4-2-53-57
12. Harlashova NV, Chebotarev PA, Kucheneva EE. Sanitary and hygienic assessment of working conditions and workers' health status engaged in open joint stock company "Naftan", Novopolotsk. *Zdorov'ye i Okruzhayushchaya Sreda*. 2012;(20):122–128. (In Russ.)
13. Beygel' EA, Efimova NV, Solodkova EV, Tsaplina TN. The economic losses conditioned by morbidity of temporary disability in workers of oil-processing enterprise. *Zdravookhraneniye Rossiyskoy Federatsii*. 2018;62(5):259–264. (In Russ.) doi: 10.18821/0044-197X-2018-62-5-259-264
14. Gapon VO, Golovanova IA, Belikova IV, Pluzhnikova TV, Lyakhova NA. [Assessment of morbidity with temporary disability in the system of public health monitoring.] *Vestnik Problem Biologii i Meditsiny*. 2012;1(2(92)):23–25. (In Russ.)
15. Aganbegyan AG. Demographic drama on the path of perspective development of Russia. *Narodonaselenie*. 2017;(3(77)):4–23. (In Russ.) doi: 10.26653/1561-7785-2017-3-1
16. Shastin AS, Gazimova VG, Gagarina MS, Malykh OL, Guseynikov SR. Diseases with temporary disability: Analytic tools as available to private companies. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2019;22(4-2):12–16. (In Russ.) doi: 10.17116/profmed20192204212
17. Notkin EL. [On an in-depth analysis of data on morbidity with temporary disability.] *Gigiena i Sanitariya*. 1979;(5):40–46. (In Russ.)
18. Shastin AS, Gazimova VG, Gurvich VB. Morbidity rates with temporary incapacity for work in the Russian Federation in 2018–2019. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2021;24(5):84–85. (In Russ.) Accessed November 25, 2021. https://gnicpm.ru/wp-content/uploads/2021/05/prof_2021_05_pril.pdf
19. Starodubov VI, Soboleva NP, Savchenko ED. To the question about the strengthening and preservation of health of employees in the enterprises (on the example of the Central Federal District). *Menedzher Zdravookhraneniya*. 2018;(1):35–41. (In Russ.)
20. Bukhtiyarov IV. Current state and main directions of preservation and strengthening of health of the working population of Russia. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2019;59(9):527–532. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532
21. Sobolevskaya OV, Cherepov VM, Sobolevskaya MS. [Best corporate practices for health protection in the working population.] In: *Occupational Safety and Health: Proceedings of the Third International Research and Practice Forum, Novopolotsk-Polotsk, May 15–17, 2019*. Minsk, Polikraft Publ., 2019:298–302. (In Russ.) doi: 10.31089/978-985-7153-76-3-2019-1-3-298-302
22. Panova TV. Health of the working population is the most important condition for quality and labor productivity. *Ekonomicheskie Nauki*. 2018;(161):39–41. (In Russ.)
23. Strelchenko OV, Chernyshev VM, Mingazov IF, Gerasimova EV, Semenova VG. [Health status of the working population in the Siberian Federal District.] In: *Current Issues of Hygiene, Toxicology and Occupational Medicine: Proceedings of the Research and Practice Conference with International Participation devoted to the 90th Anniversary of the Novosibirsk Research Institute of Hygiene*. Omsk, 2020:275–273. (In Russ.)
24. Leonov SA, Son IM, Moravskaya SV. Dynamics of morbidity with a temporary disability in Russian Federation in the period of 2007–2011 years. *Menedzher Zdravookhraneniya*. 2013;(8):6–14. (In Russ.)
25. Shastin AS, Gazimova VG. [Morbidity with temporary disability in the Russian Federation. Incidence and evaluation issues.] In: *Current Issues of Industrial Medicine: Proceedings of the All-Russian Research and Practice Conference, Yekaterinburg, November 11, 2020*. Yekaterinburg: AMB Publ.; 2020:57–61. (In Russ.)





Физиолого-гигиеническая характеристика когнитивных функций, определяющих успешность обучения школьников в условиях различной напряженности образовательного процесса

А.Г. Сетко¹, О.М. Жданова¹, П.В. Лукьянов²

¹ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Советская, д. 6, г. Оренбург, 460000, Российская Федерация

²ООО «Клиника Лукьянова», ул. Терешковой, д. 138/3, г. Оренбург, 460050, Российская Федерация

Резюме

Введение. В условиях современного образовательного процесса, сопровождающегося высокой напряженностью интеллектуального труда, одной из важнейших задач специалистов школьной медицины является поддержка, сохранение и повышение когнитивных способностей школьников как основных предикторов академической успешности.

Цель: дать физиолого-гигиеническую характеристику когнитивных функций, определяющих успешность обучения учащихся в условиях различной напряженности образовательного процесса.

Материалы и методы. У 250 учеников многопрофильного лицея (1-я группа) и 274 учащихся средней общеобразовательной школы (2-я группа) выполнена оценка напряженности учебного процесса методом хронометража; оценена академическая успеваемость путем выкопировки данных из классных журналов учащихся. С помощью компьютерного тестирования проведено исследование функционального состояния центральной нервной системы, умственной работоспособности и когнитивных способностей школьников.

Результаты. Установлено, что у учащихся 1-й группы, обучающихся в условиях выраженного уровня напряженности образовательного процесса (класс 3.1), в сравнении с данными учеников 2-й группы с оптимальной степенью напряженности учебного труда (класс 1), отмечено достоверное увеличение средних балльных оценок по всем общеобразовательным предметам. Показано, что достижение высокого уровня академической успеваемости у учеников 1-й группы обеспечивалось за счет оптимального функционального состояния центральной нервной системы, характеризующегося стабилизацией нервных процессов и увеличением способности нервной системы формировать адаптационную функциональную систему организма в ответ на действие различных раздражителей; обусловлено доминированием левого полушария головного мозга у 61,2 % учеников, определяющего развитые навыки вербального, абстрактного, логического и аналитического мышления у 51,9-93,5 % учащихся; высокой скорости мыслительной деятельности и концентрации произвольного внимания, формирующих надежность когнитивной деятельности, и поддерживающих нормальную умственную работоспособность учащихся.

Заключение. Полученные данные способствуют более полному пониманию процессов адаптации школьников к различным факторам внутришкольной среды и учебного процесса, что, в свою очередь, необходимо использовать в рамках развития школьной медицины при организации учебной деятельности учащихся в учреждениях с интенсивным режимом обучения для повышения академической успеваемости и достижения высокой результативности образовательного процесса в пределах физиологических возможностей организма детей и подростков. При этом с физиолого-гигиенических позиций оценка когнитивных способностей у детей и подростков в процессе медико-психологического тестирования при профилизации в общеобразовательных учреждениях, реализующих программы различного уровня сложности, может стать эффективным диагностическим инструментарием при определении прогноза не только академической успеваемости учащихся, но и вопросов профилактики дезадаптации и стресса в учебной деятельности.

Ключевые слова: школьники, когнитивные функции, напряженность образовательного процесса, академическая успеваемость.

Для цитирования: Сетко А.Г., Жданова О.М., Лукьянов П.В. Физиолого-гигиеническая характеристика когнитивных функций, определяющих успешность обучения школьников в условиях различной напряженности образовательного процесса // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 11. С. 45–52. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-45-52>

Сведения об авторах:

Сетко Андрей Геннадьевич – д.м.н., проф., заведующий кафедрой гигиены детей и подростков с гигиеной питания и труда ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: a_setko@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9724-8672>.

✉ **Жданова** Олеся Михайловна – аспирант кафедры гигиены детей и подростков с гигиеной питания и труда ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: Robokors@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4694-0674>.

Лукьянов Павел Викторович – врач медико-психологического центра «Клиника Лукьянова»; e-mail: doctor.pavel@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1495-5073>.

Информация о вкладе авторов: Сетко А.Г. – концепция и дизайн исследования; редактирование; Жданова О.М. – написание текста; сбор и обработка материала; статистическая обработка; Лукьянов П.В. – написание текста; статистическая обработка; все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 05.07.21 / Принята к публикации: 03.11.21 / Опубликовано: 30.11.21

Physiological and Hygienic Characteristics of Cognitive Functions Determining Successful Student Learning Under Conditions of Different Schooling Intensity

Andrey G. Setko, Olesya M. Zhdanova, Pavel V. Lukyanov

¹Orenburg State Medical University, 6 Sovetskaya Street, Orenburg, 460000, Russian Federation

²“Lukyanov Clinic”, 138/3 Tereshkova Street, Orenburg, 460050, Russian Federation

Summary

Introduction: In the context of the modern educational process, accompanied by a high intensity of intellectual work, one of the most important tasks of school medicine specialists is to support, maintain and improve cognitive skills of schoolchildren as the main predictors of academic success.

Objective: The study aimed to give a physiological and hygienic characteristic of cognitive functions determining academic success of schoolchildren aged 15–17 years under conditions of various schooling intensity.

Materials and methods: We conducted a time study to assess schooling intensity of 250 pupils of a multidisciplinary lyceum (Group 1) and 274 pupils of a comprehensive school (Group 2) and evaluated their academic performance. Computer testing was used to study the functional state of the central nervous system, mental performance and cognitive skills of the schoolchildren.

Results: We established higher grade point averages in key disciplines among Group 1 students with high schooling intensity (class 3.1) compared to those in Group 2 with optimal intensity of the educational process (class 1). We found that high academic performance in Group 1 was attributed to the optimal functional state of the central nervous system characterized by stabilization of nervous processes and a better ability of the nervous system to form the adaptive functional system of the body in response to various stimuli; to the dominance of the left cerebral hemisphere in 61.2 % of the students, which determined mature skills of verbal, abstract, logical and analytical thinking in 51.9–93.5% of the students; high speed of mental activity and concentration of voluntary attention promoting cognitive activity and maintaining normal mental performance of the schoolchildren.

Conclusions: Our findings contribute to a better understanding of the processes of adaptation of schoolchildren to various factors of school environment and learning to be used within the development of school medicine when organizing educational activities of students at schools with an intensive learning regime in order to promote academic performance and achieve high efficiency of the educational process within physiological capabilities of children and adolescents. At the same time, from physiological and hygienic points of view, assessment of cognitive skills in children and teenagers by means of medical and psychological testing in educational establishments implementing profile training of various difficulty levels can become an effective diagnostic tool in predicting academic performance of students and help resolve issues of prevention of maladjustment and stress at school.

Keywords: schoolchildren, cognitive functions, schooling intensity, academic performance.

For citation: Setko AG, Zhdanova OM, Lukyanov PV. Physiological and hygienic characteristics of cognitive functions determining successful student learning under conditions of different schooling intensity. *Zdorov'e Naseleyniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(11):45–52. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-45-52>

Author information:

Andrey G. Setko, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Hygiene of Children and Adolescents, Food Hygiene and Occupational Health, Orenburg State Medical University; e-mail: a_isetko@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9724-8672>.

✉ Olesya M. Zhdanova, Postgraduate, of Hygiene of Children and Adolescents, Food Hygiene and Occupational Health, Orenburg State Medical University; e-mail: Robokors@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4694-0674>.

Pavel V. Lukyanov, physician, Medical Psychology Center "Lukyanov Clinic"; e-mail: doctor.pavel@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1495-5073>.

Author contributions: Setko A.G. developed the study conception and design; Zhdanova O.M. and Lukyanov P.V. did data collection and processing and wrote the manuscript; 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: July 5, 2021 / Accepted: November 03, 2021 / Published: November 30, 2021

Введение. Возрастающая потребность в получении подрастающим поколением высшего образования как гарантии достойного дохода в будущем определила необходимость обеспечения учащихся качественным и эффективным средним образованием. Однако попытки повышения эффективности образовательного процесса за счет увеличения учебных часов и объема информации, модернизации образовательных программ, внедрения инновационных технологий и информационно-технических средств в учебный процесс привели к интенсификации интеллектуального труда, а вместе с этим и к увеличению количества школьников, не справляющихся с учебной нагрузкой [1–8].

Ввиду особенности развития своих психофизиологических способностей некоторые ученики не справляются с задачами повышенного уровня сложности, не могут успешно освоить учебную программу [9–12]. Из года в год значительное количество учащихся с низкой академической успеваемостью бросают школу до получения аттестата о среднем образовании [13–18].

Низкая академическую успеваемость является причиной развития тревожности, стресса, заниженной самооценки, особенно в академической и профессиональной областях, трудностей во взаимоотношениях со сверстниками, что приводит к ухудшению психического здоровья школьников и в конечном итоге может обуславливать многочисленные проблемы в будущем учащихся, такие как деструктивное поведение, преступность, насилие, безработица и бедность [19–24].

Цель исследования — дать физиолого-гигиеническую характеристику когнитивных функций, определяющих успешность обучения учащихся

в условиях различной напряженности образовательного процесса.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие обучающиеся старшего звена (9–11-е классы) 15–17-летнего возраста. Первую группу составили 250 учеников (137 девушек и 113 юношей) многопрофильного лицея, прошедших при поступлении конкурсный отбор в форме вступительных экзаменов и психолого-педагогического тестирования. Вторая группа представлена 274 учащимися (142 девушки и 105 юношей) непрофильной средней общеобразовательной школы. Критерии включения: учащиеся с I–III группами здоровья, не имеющие острых и хронических заболеваний центральной нервной системы; наличие письменного информированного согласия учащихся и их родителей на обследование. Критерии исключения: учащиеся с острыми и хроническими заболеваниями в стадии обострения; перенесшие за две недели до начала обследования острые заболевания; отказ от обследования. Исследование было выполнено в период второй учебной четверти (ноябрь–декабрь), в утренние часы, в медицинских кабинетах общеобразовательных учреждений, с соблюдением принципов Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (Форталеза, 2013).

Оценка напряженности учебной деятельности проведена согласно федеральным рекомендациям хронометражным методом по показателям сенсорных, эмоциональных и интеллектуальных нагрузок, режима и монотонности учебного труда¹. Эффективность учебного процесса оценена путем выкопировки данных академической успеваемости из классных журналов обучающихся.

¹ Кучма В.Р., Ткачук Е.А., Ефимова Н.В. и др. Федеральные рекомендации «Гигиеническая оценка напряженности учебной деятельности обучающихся». Утверждены Профильной комиссией Минздрава России по школьной медицине, гигиене детей и подростков 14 февраля 2015 г., протокол № 4.

Диагностика функционального состояния центральной нервной системы и умственной работоспособности школьников проведена с помощью вариационной хронорефлексографии на аппаратно-программном комплексе «Способ диагностики работоспособности человека»² по функциональному уровню нервной системы (ФУС), устойчивости нервной реакции (УР), уровню функциональных возможностей сформированной функциональной системы (УФВ), средние значения которых позволили рассчитать коэффициент межполушарной асимметрии по формуле: $K_{ас} = (УФВл - УФВп) / (УФВл + УФВп) \times 100 \%$, где УФВл – уровень функциональных возможностей при выполнении сенсомоторного теста правой рукой, отражающий активность левого полушария; УФВп – уровень функциональных возможностей при выполнении сенсомоторного теста левой рукой, который отражает активность правого полушария³. Положительное значение коэффициента определяло преобладание левого полушария, отрицательное – правого.

Проведено исследование уровня сформированности вербально-логического, вербального, логического, аналитического, абстрактного и пространственного мышления с помощью компьютерного теста АСТУР⁴. Выполнена оценка когнитивных способностей с помощью теста кольца Э. Ландольта⁵, реализованного в форме компьютерной программы, по показателям скорости переработки информации (S), продуктивности (P), коэффициенту выносливости (Kp), точности (At), коэффициенту точности (Ta), амплитуды колебаний продуктивности (Pmax–Pmin).

Полученные данные подчинялись закону нормального распределения (проверку на нормальность распределения данных осуществляли путем вычисления критерия Колмогорова – Смирнова) и были представлены в виде средней арифметической и ошибки среднего ($M \pm m$). Для выявления статистически значимых различий в сравниваемых группах использован *t*-критерий Стьюдента с последующим расчетом достоверности (*p*). Значимыми считали различия при $p \leq 0,05$. Расчеты осуществлены с использованием пакета прикладных программ Microsoft Office 2013 и Statistica 13.0.

Результаты. Установлено, что напряженность учебных занятий у учащихся 1-й группы была выше

по уровню эмоциональных нагрузок в 2,5 раза, по уровню интеллектуальных и сенсорных нагрузок в 1,9 раза, по степени монотонности учебной деятельности в 1,6 раза и по режиму обучения в 1,7 раза, чем у учеников 2-й группы (табл. 1). Комплексная балльная оценка напряженности учебного труда у учащихся 1-й группы составила $2,9 \pm 0,14$ балла и соответствовала напряженной 1-й степени (класс 3.1), у школьников 2-й группы – $1,5 \pm 0,09$ балла ($p \leq 0,05$) и характеризовалась как оптимальная (класс 1).

В условиях высокой интенсивности учебного процесса у учащихся 1-й группы средняя балльная оценка академической успеваемости по всем общеобразовательным предметам была достоверно выше, чем у учеников 2-й группы (рис. 1).

Вероятно, достижение академических успехов у учеников 1-й группы обеспечивалось за счет высокого уровня функционирования центральной нервной системы (табл. 2). Так, у учащихся 1-й группы были выявлены максимальные значения устойчивости нервной реакции, которая составляла $1,3 \pm 0,08$ ед. при данных $1,0 \pm 0,10$ ед. у обследуемых 2-й группы ($p \leq 0,05$); и уровня функциональных возможностей сформированной функциональной системы – $2,5 \pm 0,09$ ед. при данных $2,2 \pm 0,11$ ед. у учеников группы сравнения ($p \geq 0,05$). Исходный функциональный уровень нервной системы у учащихся исследуемых групп не имел достоверных различий и в среднем составлял $2,4 \pm 0,03$ и $2,4 \pm 0,02$ ед. соответственно.

При распределении школьников в зависимости от типа функциональной асимметрии полушарий головного мозга было установлено, что у 61,2 % учеников 1-й группы доминирующим являлось левое полушарие головного мозга, в то время как среди обследуемых 2-й группы 56,6 % учеников имели правополушарный тип функциональной асимметрии головного мозга и 39,2 % – левополушарный (рис. 2).

В связи с этим у учеников 1-й группы вербальные способности преобладали над невербальными, о чем свидетельствовала балльная оценка уровня сформированности вербального ($22,8 \pm 0,40$ балла) и невербального (пространственного) мышления ($9,1 \pm 0,18$ балла) у обследуемых основной группы (рис. 3).

Таблица 1. Показатели напряженности учебного процесса у исследуемых учащихся (баллы)

Table 1. Indicators of intensity of the educational process in the studied schoolchildren (points)

Показатели / Indicators	Группы учащихся / Groups of schoolchildren	
	1	2
Интеллектуальные нагрузки / Intellectual workload	$3,2 \pm 0,18$	$1,7 \pm 0,22^*$
Сенсорные нагрузки / Sensory load	$2,8 \pm 0,11$	$1,5 \pm 0,16^*$
Эмоциональные нагрузки / Emotional load	$3,2 \pm 0,29$	$1,3 \pm 0,15^*$
Монотонность учебного процесса / Monotony of the learning process	$2,3 \pm 0,24$	$1,4 \pm 0,15^*$
Режим работы на учебных занятиях / Work patterns at lessons	$3,0 \pm 0,11$	$1,8 \pm 0,08^*$
Комплексная балльная оценка / Comprehensive score	$2,9 \pm 0,14$	$1,5 \pm 0,09^*$

Примечание: * – $p \leq 0,05$ при сравнении учащихся 1-й группы с данными учеников 2-й группы.

Note: * – $p \leq 0.05$ for the intergroup comparison.

² Мороз М.П. Экспресс-диагностика функционального состояния и работоспособности человека. Методическое руководство. М., 2003. 25 с.

³ Олада Э.Я., Китаев А.В., Савченко А.А., Мякишев Е.В., Пропой Г.С. Патент: Способ определения степени межполушарной асимметрии мозга. 2005.

⁴ Гуревич К.М., Аким М.К., Борисова Е.М., Логинова Г.П., Раевский А.М., Ференс Н.А. Тест АСТУР. Психологическая наука и образование. 1996. № 1 (1). С. 105–106.

⁵ Сысоев В.Н. Тест Э. Ландольта. Диагностика работоспособности. СПб., 2000. С. 23.

В сравнительном аспекте у учащихся 1-й группы относительно данных обследуемых 2-й группы уровень общих знаний был выше в 1,3 раза ($17,9 \pm 0,43$ и $13,5 \pm 0,48$ балла ($p \leq 0,05$)), степень сформированности абстрактного мышления – в 2,6 раза ($30,7 \pm 1,04$ и $11,9 \pm 0,84$ балла ($p \leq 0,05$)), аналитического мышления – в 2,1 раза ($14,2 \pm 0,30$ и $6,9 \pm 0,79$ балла ($p \leq 0,05$)), вербального мышления – в 2,4 раза ($22,8 \pm 0,40$ и $9,7 \pm 0,49$ балла ($p \leq 0,05$)), вербально-логического мышления – в 2,0 раза ($13,2 \pm 0,40$ и $6,7 \pm 0,67$ балла ($p \leq 0,05$)) и пространственного мышления – в 1,6 раза ($9,1 \pm 0,18$ и $5,8 \pm 0,43$ балла ($p \leq 0,05$)).

При этом высокий уровень развития вербальных и невербальных компонентов мышления отмечен у каждого второго ученика 1-й группы, и не более чем у 4,2–33,3 % обследуемых 2-й группы (рис. 4).

Кроме того, у учащихся 1-й группы относительно учеников 2-й группы установлено увеличение

с $1,41 \pm 0,050$ до $1,66 \pm 0,042$ ед. ($p \leq 0,05$) скорости переработки информации, отражающей скоростные параметры процесса принятия решения и связанной с ней продуктивности когнитивной деятельности с $296,57 \pm 10,782$ до $338,75 \pm 4,942$ ед. ($p \leq 0,05$), что, вероятно, обусловлено устойчивостью нервной системы к действию различных раздражителей, о чем свидетельствовало достоверное изменение коэффициента выносливости, который составлял у учащихся 1-й группы $6,15 \pm 0,120$ %, у школьников 2-й группы $23,58 \pm 0,089$ % ($p \leq 0,05$) (табл. 3). На фоне этого всего 5,2 % учащихся основной группы имели низкую скорость мыслительной деятельности и соответственно сниженную производительность когнитивного труда, поскольку лишь у 11,4 % отмечена низкая степень выносливость нервной системы, в то время как каждый пятый ученик группы сравнения имел низкую скорость (23,5 %) и продуктивность (22,6 %), у каждого

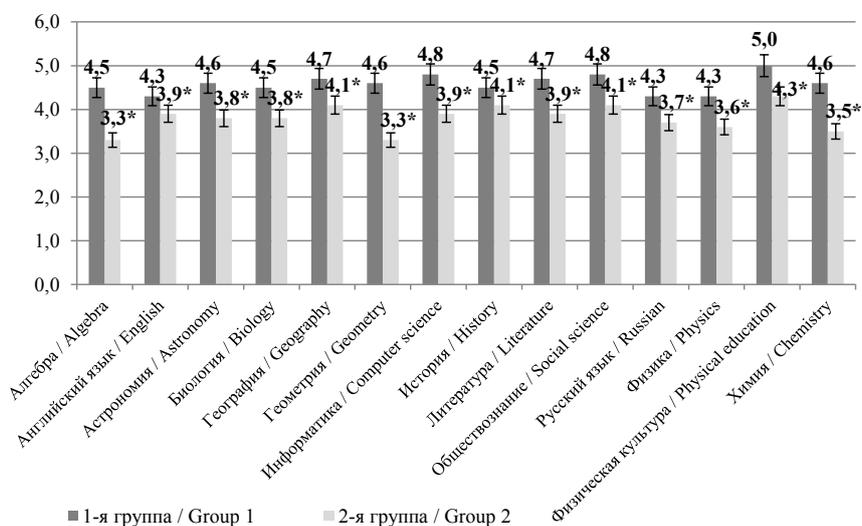


Рис. 1. Средняя балльная оценка академической успеваемости учащихся по общеобразовательным предметам

Fig. 1. Grade point averages of the schoolchildren in key disciplines

Таблица 2. Показатели функционального состояния центральной нервной системы учащихся (единицы)

Table 2. Indicators of the functional state of the central nervous system of the schoolchildren (units)

Показатели / Indicators	Группы учащихся / Groups of schoolchildren	
	1	2
Функциональный уровень нервной системы / Functional level of the nervous system	$2,4 \pm 0,03$	$2,4 \pm 0,02$
Устойчивость нервной реакции / Nervous stability	$1,3 \pm 0,08$	$1,0 \pm 0,10^*$
Уровень функциональных возможностей сформированной функциональной системы / Level of functionality of the developed functional system	$2,5 \pm 0,09$	$2,2 \pm 0,11$

Примечание: * – $p \leq 0,05$ при сравнении учащихся 1-й группы с данными учеников 2-й группы.

Note: * – $p \leq 0.05$ for the intergroup comparison.

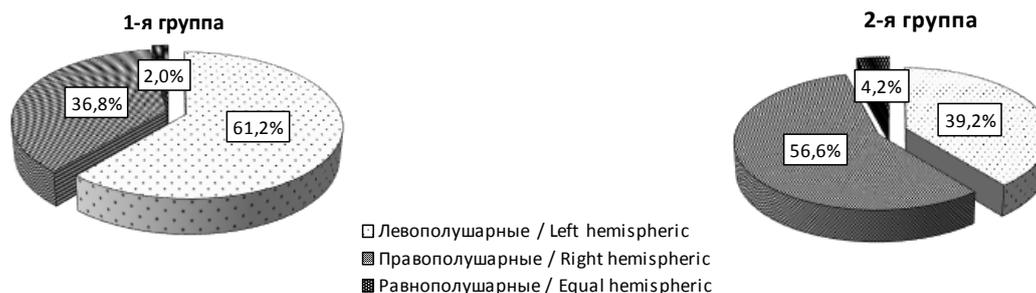


Рис. 2. Распределение учащихся в зависимости от типа функциональной асимметрии полушарий головного мозга (%)

Fig. 2. Distribution of students by the type of functional asymmetry of cerebral hemispheres (%)

третьего обследуемого выявлен низкий уровень выносливости нервной системы (40,5 %) (рис. 5).

У школьников 1-й группы отмечено также повышение эффективности когнитивной деятельности, что подтверждалось увеличением точности с $0,88 \pm 0,015$ до $0,93 \pm 0,026$ ед. ($p \leq 0,05$) и максимальным удельным весом числа учащихся с высоким уровнем точности среди 1-й группы (70,0 %) относительно данных учеников 2-й группы (45,4 %), вероятно, за счет изменения коэффициента точности с $2,44 \pm 0,016$ до $3,98 \pm 0,023$ % ($p \leq 0,05$), отражающего способность нервной системы к длительному безошибочному выполнению когнитивной деятельности. Стабильно высокий и устойчивый уровень продуктивности и точности когнитивной работоспособности определил формирование высокой степени надежности труда у учеников 1-й группы, о чем свидетельствовал минимальный показатель амплитуды колебаний продуктивности у учащихся 1-й группы – $62,81 \pm 3,007$ ед., относительно данных учеников 2-й группы – $160,83 \pm 23,131$ ед. ($p \leq 0,05$).

Интегральная оценка уровня умственной работоспособности показала, что нормальную работоспособность имели 70,1 % учеников 1-й группы и 58,0 % обследуемых 2-й группы, причем

существенно сниженную умственную работоспособность имели лишь 3,8 % учащихся 1-й группы, что в 3,7 раза меньше количества школьников группы сравнения (14,0 %) (рис. 6).

Результаты. Установлено, что в условиях выраженной напряженности учебного труда (класс 3.1) высокий уровень академической успеваемости у учеников 1-й группы обеспечивался оптимальным функциональным состоянием центральной нервной системы за счет уравновешенности нервных процессов и способности нервной системы к формированию адаптационной функциональной системы организма в ответ на действие различных раздражителей, о чем свидетельствовали данные увеличения показателей устойчивости реакции и уровня функциональных возможностей сформированной нервной системы у учащихся 1-й группы относительно школьников 2-й группы.

Согласно данным научных исследований система школьного обучения в настоящее время ориентирована преимущественно на развитие у школьников левого полушария, специализирующегося в основном на вербально-символических, лингвистических и математических функциях, при этом ученики с правополушарной активностью головного мозга, обладающие развитыми

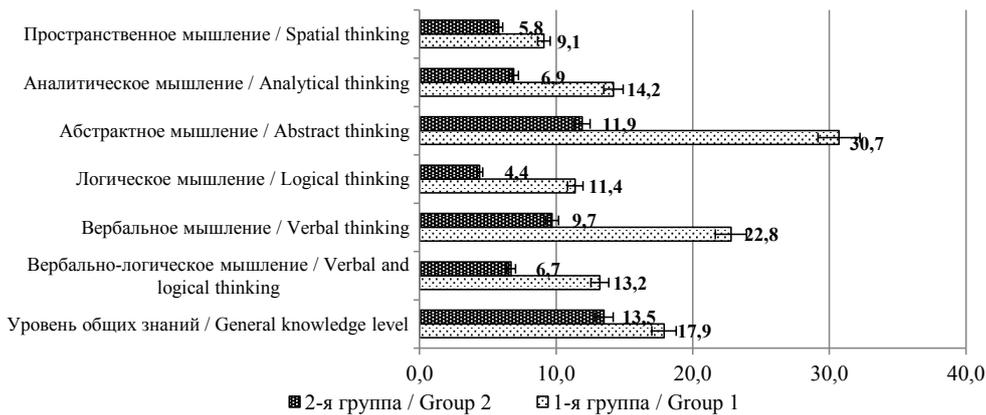


Рис. 3. Балльная оценка уровня сформированности психофизиологических функций у учащихся
Fig. 3. Score of psychophysiological maturity of the schoolchildren (points)

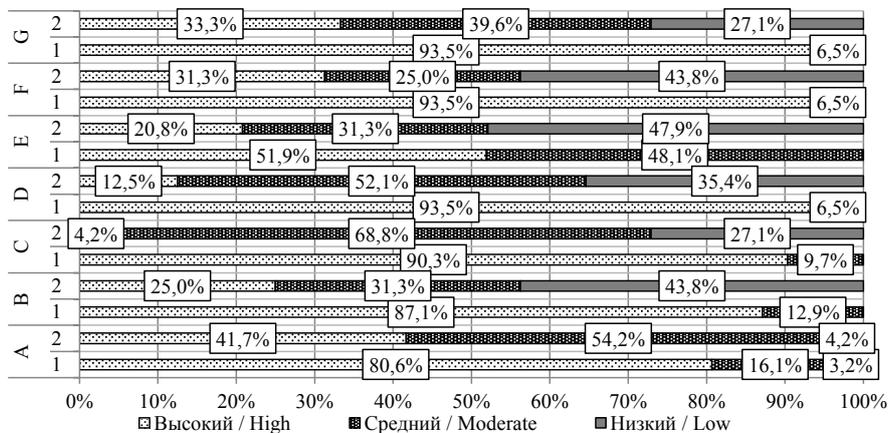


Рис. 4. Распределение учащихся в зависимости от уровня развития психофизиологических способностей (%).
A – уровень общих знаний; B – уровень вербально-логического мышления; C – уровень вербального мышления; D – уровень логического мышления; E – уровень абстрактного мышления; F – уровень аналитического мышления; G – уровень пространственного мышления

Fig. 4. Distribution of the schoolchildren of groups 1 and 2 by psychophysiological maturity (%). A – level of general knowledge; B – level of verbal and logical thinking; C – level of verbal thinking; D – level of logical thinking; E – level of abstract thinking; F – level of analytical thinking; G – level of spatial thinking

навыками решения наглядно-образных, пространственных задач, в условиях учебных нагрузок, направленных на развитие левого полушария, могут испытывать некоторые трудности и не справляться с предъявляемыми школьными нагрузками [8–11]. Так, у большинства учеников 1-й группы доминирующим являлось левое полушарие головного мозга, в то время как у каждого второго учащегося группы сравнения выявлен правополушарный тип функциональной асимметрии, что могло являться причиной снижения академической успеваемости у учеников 2-й группы в сравнении со школьниками основной группы.

Необходимым условием эффективного приращения полученных в процессе обучения знаний

является достаточный уровень сформированности мышления. Установлено, что уровень развития вербальных компонентов мышления, таких как абстрактное, аналитическое и логическое мышление, а также невербальных способностей (пространственное мышление) у учащихся 1-й группы был достоверно выше, чем у школьников 2-й группы. Развитие различных видов мышления у учеников 1-й группы, по всей видимости, обеспечивало высокую эффективность выполнения задач, связанных с анализом и обработкой вербальной и невербальной информации, что определяло высокую результативность учебного процесса.

Показано, что высокая надежность, эффективность когнитивной деятельности у учащихся 1-й

Таблица 3. Показатели когнитивной работоспособности учащихся

Table 3. Indicators of cognitive performance of the schoolchildren

Показатели / Indicators	Группы учащихся / Groups of schoolchildren	
	1	2
Скорость переработки информации (S, ед.) / Information processing speed (S, units)	1,66 ± 0,042	1,41 ± 0,050*
Продуктивность (Pt, ед.) / Productivity (Pt, units)	338,75 ± 4,942	296,57 ± 10,782*
Коэффициент выносливости (Кр, %) / Endurance coefficient (Кр,%)	6,15 ± 0,120	23,58 ± 0,089*
Точность (At, ед.) / Accuracy (At, units)	0,93 ± 0,026	0,88 ± 0,015*
Коэффициент точности (Та, %) / Accuracy factor (Та,%)	2,44 ± 0,016	3,98 ± 0,023*
Амплитуда колебаний продуктивности (Pmax–Pmin, ед.) / Amplitude of productivity fluctuations (Pmax–Pmin, units)	62,81 ± 3,007	160,83 ± 23,131*

Примечание: * – $p \leq 0,05$ при сравнении данных учащихся 1-й группы с данными учащихся 2-й группы.

Note: * – $p \leq 0.05$ for the intergroup comparison.

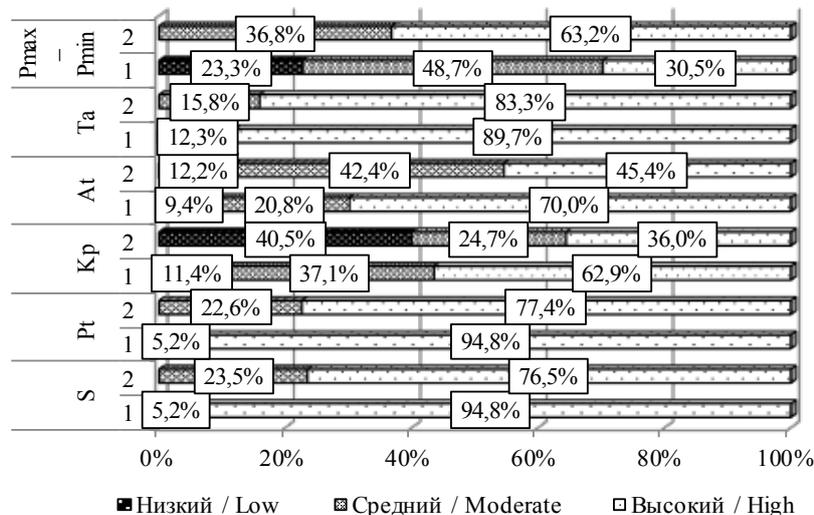


Рис. 5. Распределение учащихся в зависимости от уровня сформированности когнитивных способностей (%)

Fig. 5. Distribution of the schoolchildren by cognitive maturity (%)

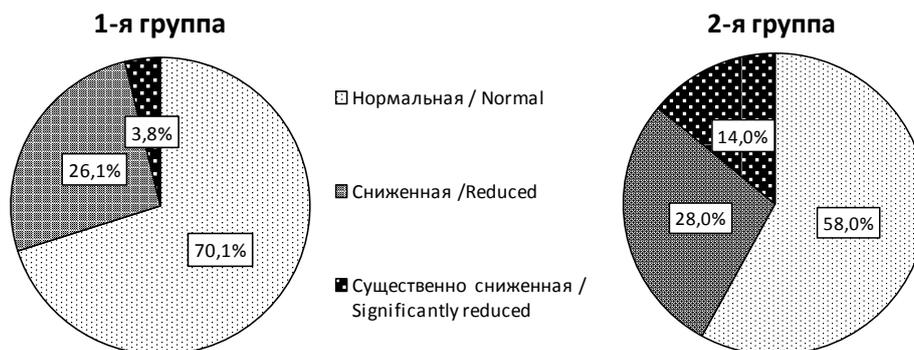


Рис. 6. Распределение учащихся в зависимости от уровня умственной работоспособности (%)

Fig. 6. Distribution of students by the level of mental performance (%)

группы формировалась за счет высокой скорости мыслительных процессов (94,8 %) и высокого уровня концентрации произвольного внимания (70,0 %), что, вероятно, было обусловлено уравновешенностью нервных процессов, о чем свидетельствовала высокая степень развития выносливости нервной системы у 62,9–89,7 % учеников 1-й группы. В то же время дестабилизация устойчивости нервных процессов у 15,8–64,0 % учеников 2-й группы, по всей вероятности, являлась функциональной основой для формирования низкой скорости мыслительных процессов у каждого пятого ученика (23,5 %) и недостаточного уровня сформированности внимания у каждого второго ученика группы сравнения (54,6 %).

Заключение. В условиях интенсификации учебного процесса достижение высокой академической успеваемости учащихся 1-й группы обеспечивалось за счет оптимального функционального состояния центральной нервной системы; доминирования левого полушария головного мозга, определяющего развитые навыки вербального, абстрактного, логического и аналитического мышления; высокой подвижности мышления и концентрации произвольного внимания, формирующей надежность когнитивной деятельности, и поддерживающих нормальную умственную работоспособность учащихся. Полученные данные способствуют более полному пониманию процессов адаптации школьников к различным факторам внутришкольной среды и учебного процесса, что, в свою очередь, необходимо использовать в рамках развития школьной медицины при организации учебной деятельности учащихся в учреждениях с интенсивным режимом обучения для повышения академической успеваемости и достижения высокой результативности образовательного процесса в пределах физиологических возможностей организма детей и подростков. При этом с физиолого-гигиенических позиций оценка когнитивных способностей у детей и подростков в процессе медико-психологического тестирования при профилизации в общеобразовательных учреждениях, реализующих программы различного уровня сложности, может стать эффективным диагностическим инструментарием при определении прогноза не только академической успеваемости учащихся, но и вопросов профилактики дезадаптации и стресса в учебной деятельности.

Список литературы

1. Кучма В.Р. Вызовы XXI века: гигиеническая безопасность детей в изменяющейся среде. Актовая речь. М.: Педиатр, 2016. 76 с.
2. Кучма В.Р. Факторы риска здоровью обучающихся в современной Российской школе: идентификация, оценка и профилактика средствами гигиены. Современная модель медицинского обеспечения детей в образовательных организациях: сборник статей VI Национального конгресса по школьной и университетской медицине с международным участием. Екатеринбург: Изд-во УГМУ, 2018. № 6. С. 20–26.
3. Сетко Н.П., Сетко А.Г., Булычева Е.В. Адаптационная медицина детей и подростков. Оренбург, ОрГМУ, 2018. 516 с.
4. Анисимова Н.В., Опарина О.Н., Сугрובה Г.А. и др. Распределение учебной нагрузки гимназистов в динамике учебного дня и недели на основе параметров умственной работоспособности. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Гуманитарные науки. 2015. № 4 (36). С. 226–234.
5. Ставцева В.В. Динамика умственной работоспособности учащихся 4–11 классов на уроках в течение учебного дня и недели. Научные ведомости белгородского государственного университета. 2012. № 3. С. 166–173.
6. Александрова И.Э. Гигиеническая оценка учебного расписания в условиях школьной цифровой среды. Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 3. С. 15–17.
7. Черницына Н.В. Динамика психофизиологических показателей работоспособности и утомления учащихся младших классов в течение учебной недели. Вестник Югорского государственного университета. 2014. № 1 (32). С. 43–47.
8. Шукина А.С., Зорин И.А. Умственная работоспособность одаренных учащихся // Актуальные проблемы гигиены и экологической медицины: Сборник материалов VI межвузовской студенческой заочной научно-практической конференции с международным участием, Гродно, 18 декабря 2020 года / Отв. редактор И.А. Наумов. Гродно: Гродненский государственный медицинский университет, 2021. С. 363–366.
9. Игнатова Ю.П., Макарова И.И., Зенина О.Ю., Аксенова А.В. Современные аспекты изучения функциональной межполушарной асимметрии мозга (обзор литературы). Экология человека. 2016. № 9. С. 30–39.
10. Блинова Н.Г., Лурье С.Б., Васина Е.В. Психофизиологическое развитие учащихся в условиях профильного обучения. Вестник Кемеровского государственного университета. 2011. № 1. С. 136–140.
11. Попова Е.В., Волокитина Т.В. Особенности развития структуры интеллекта школьников 11–18 лет. Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. 2012. № 1. С. 77–86.
12. Безруких М.М., Логинова Е.С., Парцалис Е.М. Комплексная диагностика индивидуальных нарушений когнитивного развития и их коррекция. Физиология человека. 2015. № 41 (4). С. 18–30.
13. Garcia OF, Serra E. Raising children with poor school performance: parenting styles and short- and long-term consequences for adolescent and adult development. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(7):1089. doi: 10.3390/ijerph16071089
14. Bowers AJ, Spratt R. Why tenth graders fail to finish high school: a dropout typology latent class analysis. *J Educ Stud Placed Risk*. 2012;17(3):129–148. doi: 10.1080/10824669.2012.692071
15. Bowers AJ, Spratt R, Taff SA. Do we know who will dropout? A review of the predictors of dropping out of high school: precision, sensitivity and specificity. *High Sch J*. 2013;96(2):77–100. doi: 10.1353/hsj.2013.0000
16. Lansford JE, Dodge KA, Pettit GS, Bates JE. A public health perspective on school dropout and adult outcomes: A prospective study of risk and protective factors from age 5 to 27 years. *J Adolesc Health*. 2016;58(6):652–658. doi: 10.1016/j.jadohealth.2016.01.014
17. Bugbee BA, Beck KH, Fryer CS, Arria AM. Substance use, academic performance, and academic engagement among high school seniors. *J Sch Health*. 2019;89(2):145–156. doi: 10.1111/josh.12723
18. Urrila AS, Artiges E, Massicotte JR, et al. Sleep habits, academic performance, and the adolescent brain structure. *Sci Rep*. 2017;7:41678. doi: 10.1038/srep41678
19. Schulte-Körne G. Mental health problems in a school setting in children and adolescents. *Dtsch Arztebl Int*. 2016;113(11):183–190. doi: 10.3238/arztebl.2016.0183
20. Вавилов Ю.П. Проблемы учебной неуспеваемости школьников. Ярославский педагогический вестник. 2016. № 2. С. 19–24.

21. Лубкарева К.В. Психологические проблемы неуспеваемости младших подростков. В сборнике: Будущее науки – 2019. сборник научных статей 7-й Международной молодежной научной конференции, 2019. С. 183–186.
 22. Falch T, Massih SS. The effect of education on cognitive ability. *Econ Inq.* 2011;49(3):838–856. doi: 10.1111/j.1465-7295.2010.00312.x
 23. Needham BL, Crosnoe R, Muller C. Academic failure in secondary school: The inter-related role of health problems and educational context. *Soc Probl.* 2004; 51(4):569–586. doi: 10.1525/sp.2004.51.4.569
 24. Lleras-Muney A. The relationship between education and adult mortality in the United States. *Rev Econ Stud.* 2005;72(1):189–221.
- References**
1. Kuchma VR. [Challenges of the 21st Century: Hygienic Safety of Children in a Changing Environment. Assembly Speech.] Moscow: Pediatr Publ.; 2016. (In Russ.)
 2. Kuchma VR. [Health risk factors for students in the modern Russian school: Identification, assessment and prevention with hygiene products.] In: Contemporary Model of Child Health Care in Educational Establishments: Proceedings of the Sixth National Congress on School and University Medicine with international participation. Yekaterinburg: UGMU Publ., 2018;(6):20–26. (In Russ.)
 3. Setko NP, Setko AG, Bulycheva EV. [Adaptive Medicine for Children and Adolescents.] Orenburg: OrGMU Publ.; 2018. (In Russ.)
 4. Anisimova NV, Oparina ON, Sugrobova GA, Savina LN. Study load distribution for grammar school students over academic day and week according to their mental capacity. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Povolzhskiy Region. Gumanitarnye Nauki.* 2015;(4(36)):226–234. (In Russ.)
 5. Stavtseva VV. Dynamics of intellectual working capacity of pupils 4–11 grades at lessons during educational day and week. *Nauchnye Vedomosti Belgorodskogo Gosudarstvennogo Universiteta.* 2012;(3(122)):166–173. (In Russ.)
 6. Aleksandrova IE. Hygienic assessment of the educational schedule in the conditions of the school digital environment. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2018;(3(300)):15–17. (In Russ.)
 7. Chernitsyna NV. Dynamics of psychophysiological indicators of efficiency and fatigue in junior classes during the school week. *Vestnik Yugorskogo Gosudarstvennogo Universiteta.* 2014;(1(32)):43–47. (In Russ.)
 8. Shchukina AS, Zorin IA. Mental performance of gifted students. Topical problems of hygiene and environmental medicine. In: Collection of materials of the VI inter-university student correspondence scientific and practical conference with international participation, Grodno, December 18, 2020. I.A. Naumov-Ed. Grodno: Grodnenskiy gosudarstvennyi meditsinskii universitet Publ., 2021:363–366.
 9. Ignatova JP, Makarova II, Zenina OJ, Aksenova AV. Current aspects of functional hemispheric asymmetry studying (literature review). *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology].* 2016;(9):30–39. (In Russ.)
 10. Blinova NG, Lurye SB, Vasina EV. Psychophysiological development of pupils in conditions of profile training. *Vestnik Kemerovskogo Gosudarstvennogo Universiteta.* 2011;(1(45)):136–140. (In Russ.)
 11. Popova EV, Volokitina TV. Features of intellect structure development in schoolchildren aged 11–18 years. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) Federal'nogo Universiteta. Seriya: Estestvennye Nauki.* 2012;(1):77–86. (In Russ.)
 12. Bezrukikh MM, Loginova ES, Partsalis EM. Children with impaired cognitive development: complex assessment and intervention. *Fiziologiya Cheloveka.* 2015;41(4):356–366.
 13. Garcia OF, Serra E. Raising children with poor school performance: parenting styles and short- and long-term consequences for adolescent and adult development. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16(7):1089. doi: 10.3390/ijerph16071089
 14. Bowers AJ, Sprott R. Why tenth graders fail to finish high school: a dropout typology latent class analysis. *J Educ Stud Placed Risk.* 2012;17(3):129–148. doi: 10.1080/10824669.2012.692071
 15. Bowers AJ, Sprott R, Taff SA. Do we know who will dropout? A review of the predictors of dropping out of high school: precision, sensitivity and specificity. *High Sch J.* 2013;96(2):77–100. doi: 10.1353/hsj.2013.0000
 16. Lansford JE, Dodge KA, Pettit GS, Bates JE. A public health perspective on school dropout and adult outcomes: A prospective study of risk and protective factors from age 5 to 27 years. *J Adolesc Health.* 2016;58(6):652–658. doi: 10.1016/j.jadohealth.2016.01.014
 17. Bugbee BA, Beck KH, Fryer CS, Arria AM. Substance use, academic performance, and academic engagement among high school seniors. *J Sch Health.* 2019;89(2):145–156. doi: 10.1111/josh.12723
 18. Urrila AS, Artiges E, Massicotte JR, et al. Sleep habits, academic performance, and the adolescent brain structure. *Sci Rep.* 2017;7:41678. doi: 10.1038/srep41678
 19. Schulte-Körne G. Mental health problems in a school setting in children and adolescents. *Dtsch Arztebl Int.* 2016;113(11):183–190. doi: 10.3238/arztebl.2016.0183
 20. Vavilov YuP. Problems of schoolchildren's educational backwardness. *Yaroslavskiy Pedagogicheskii Vestnik.* 2016;(2):19–24. (In Russ.)
 21. Lubkareva KV. [Psychological problems of poor school performance in younger adolescents.] In: *Future of Science—2019: Proceedings of the Seventh International Youth Conference, Kursk, April 25–26, 2019.* Kursk: Southwestern State University Publ.; 2019:183–186. (In Russ.)
 22. Falch T, Massih SS. The effect of education on cognitive ability. *Econ Inq.* 2011;49(3):838–856. doi: 10.1111/j.1465-7295.2010.00312.x
 23. Needham BL, Crosnoe R, Muller C. Academic failure in secondary school: The inter-related role of health problems and educational context. *Soc Probl.* 2004; 51(4):569–586. doi: 10.1525/sp.2004.51.4.569
 24. Lleras-Muney A. The relationship between education and adult mortality in the United States. *Rev Econ Stud.* 2005;72(1):189–221.





Анализ динамики результатов холодной пробы и адаптационных параметров студентов спортсменов колледжа в ответ на применение закаливающих процедур

С.В. Седоченко, А.В. Черных

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный институт физической культуры»,
ул. Карла Маркса, д. 59, г. Воронеж, 394036, Российская Федерация

Резюме

Введение. Объектом настоящего исследования явились особенности терморегуляторных и адаптационных процессов студентов-игровиков колледжа, занимающихся игровыми видами спорта до и после применения курса закаливания (утреннего контрастного душа), а также их отношение к закаливанию.

Цель: сравнительный анализ динамики параметров оценки терморегуляции и адаптации организма студентов колледжа в ответ на применение закаливающих процедур.

В исследовании применены следующие **методы:** мониторинга анкетирования и тестирования с использованием холодной пробы Кестнера – Маршака и системы оценки функционального состояния организма «Адаптолог-Эксперт».

Результаты анкетирования до и по окончании эксперимента позволили сформировать выборку экспериментальной группы. По окончании эксперимента повторное анкетирование по вопросам закаливания выявило значительное преобладание утвердительных ответов, а количество отрицательных и неуверенных ответов заметно снизилось. Значения холодной пробы выявили среднegrupповые показатели соответствующие верхним границам нормы, что указывало на недостаточную закаленность. По окончании эксперимента среднее время появления и исчезновения гиперемии у студентов колледжа статистически достоверно уменьшилось, что подтверждает положительное воздействие контрастного душа для совершенствования закаленности организма испытуемых. Результаты исследования с использованием системы «Адаптолог-Эксперт» показали статистически достоверные различия с исходными показателями адаптации с разнонаправленной динамикой, свидетельствующей о нормализации изучаемых параметров адаптации.

Выводы. Проведенное исследование терморегуляторных и адаптационных параметров студентов-игровиков колледжа подтвердило положительное воздействие предложенных закаливающих мероприятий на отношение к закаливанию, что позволило повысить закаленность организма испытуемых (что подтверждается статистическими расчетами) и достоверно вывело на уровень нормативные параметры адаптации.

Ключевые слова: закаливание, контрастный душ, терморегуляторные процессы, адаптационные параметры, студенты-спортсмены колледжа.

Для цитирования: Седоченко С.В., Черных А.В. Анализ динамики результатов холодной пробы и адаптационных параметров студентов спортсменов колледжа в ответ на применение закаливающих процедур // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 11. С. 53–60. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-53-60>

Сведения об авторах:

✉ **Седоченко** Светлана Владимировна – к.пед.н., доцент кафедры теории и методики физической культуры, педагогики и психологии, ведущий научный сотрудник; e-mail: 02051970@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2509-3704>.

Черных Анна Витальевна – к.м.н., доцент кафедры медико-биологических, естественно-научных и математических дисциплин ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6218-996X>.

Информация о вкладе авторов: Седоченко С.В. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка результатов, написание текста, редактирование; Черных А.В. – сбор и обработка результатов, редактирование.

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. Материал статьи одобрен ФГБОУ ВО «Воронежский государственный институт физической культуры» (Письмо № 926 от 16.12.2019).

Статья получена: 25.02.21 / Принята к публикации: 03.11.21 / Опубликована: 30.11.21

Analysis of Changes in Thermoregulatory Adaptation of College Athletes Following Cold Exposure Training

Svetlana V. Sedochenko, Anna V. Chernykh

Voronezh State Institute of Physical Culture, 59 Karl Marx Street, Voronezh, 394036, Russian Federation

Summary

Introduction: The object of this study included features of thermal regulation and adaptation processes of 18-year-old college students playing sports before and after cold exposure training (morning hot/cold contrast showers) and their attitude to such training.

Objective: To conduct a comparative analysis of changes in thermoregulation and adaptation of college students in response to cold exposure training.

Methods: We conducted a questionnaire-based survey and testing using the Kestner–Marshak capillary cold reaction test and the “Adaptolog–Expert” system for assessing the functional status of the organism. Results of the survey conducted before and after the experiment allowed us to form a sample of the experimental group. At the end of the experiment, the repeated questionnaire-based survey of the level of cold exposure training showed a significant prevalence of affirmative answers, while the number of negative and unsure answers showed a pronounced decrease. The average group values of the cold reaction test equaled the upper limit of the norm indicating insufficient cold exposure training. By the end of the experiment, the average time of appearance and disappearance of hyperemia among the college students decreased significantly, thus proving the benefit of contrast showers to improve human thermoregulation. The results of applying the “Adaptolog–Expert” system showed statistically significant differences with the initial indicators of adaptation with multidirectional dynamics, indicating normalization of the studied parameters of adaptation.

Conclusions: The study of thermoregulatory and adaptation parameters of college athletes confirmed the positive impact of the proposed technique on the students’ attitude to cold exposure training and normalized their adaptation to cold.

Keywords: cold exposure training, contrast shower, thermoregulation processes, adaptation parameters, college students-athletes.

For citation: Sedochenko SV, Chernykh AV. Analysis of changes in thermoregulatory adaptation of college athletes following cold exposure training. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(11):53–60. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-53-60>

Author information:

✉ Svetlana V. **Sedochenko**, Cand. Sci. (Ped.), Associate Professor, Department of Theory and Methodology of Physical Culture, Pedagogy and Psychology; Leading Researcher, Voronezh State Institute of Physical Culture; e-mail: 02051970@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2509-3704>.

Anna V. **Chernykh**, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Biomedical, Natural Science and Mathematical Disciplines, Voronezh State Institute of Physical Culture; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6218-996X>.

Author contributions: *Sedochenko S.V.* developed the research conception and design, did data collection and processing; *Chernykh A.V.* collected and analyzed data; both authors contributed to the discussion 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.

Compliance with the rules of bioethics: The research was carried out in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki. It was approved by the Voronezh State Institute of Physical Culture (Letter No. 926 of December 16, 2019).

Received: February 25, 2021 / Accepted: November 03, 2021 / Published: November 30, 2021

Введение. Закаливающие процедуры и их воздействие на физические или психофизиологические способности людей, занимающихся и не занимающихся физической культурой и спортом, на протяжении многих лет являются предметом пристального внимания ученых [1–9]. В исследовании Д. Вейл, посвященном изучению влияния периодического погружения в холодную воду на активное восстановление терморегуляции и работоспособности спортсменов, выявлено в ответ на холодное воздействие более эффективное изменение температуры тела и кожи, частоты сердечных сокращений, оценки теплового ощущения и оценки воспринимаемой нагрузки, а также поддержание последующих циклических характеристик высокой интенсивности [10].

Ряд исследований посвящен оценке влияния температурного воздействия, применяемого на различных этапах тренировочного процесса на механизмы терморегуляции спортсменов, при этом полученные результаты носят противоречивый характер. Например, у бегунов стратегии охлаждения улучшили спортивную работоспособность и способствовали снижению кожной температуры как перед тренировкой, так и на протяжении всего упражнения, а также снижали интенсивность потоотделения [11]. Предварительное охлаждение тора и бедра во время разминки снизило нагрузку терморегуляции, однако температурные воздействия на бедро в отличие от предварительного охлаждения туловища обеспечили более значительное улучшение производительности [12]. Коллективное исследование авторов под руководством К. Брэйд выявило влияние различных методов «предварительного охлаждения» на способность к повторным спринтам у спортсменов командных видов спорта, в том числе и на повышение результативности забегов в условиях жары [13].

В свою очередь, в исследовании Л. Тейлор и соавторов выявлено, что воздействие с помощью холодного душа перед тренировкой у женщин, занимающихся греблей на 2000 м, обусловило незначительное снижение температуры кожи и ядра тела на этапе близком к завершению дистанции, но при этом использование данной процедуры не улучшило работоспособность испытуемых [14]. Оценка эффекта восстанавливающих процедур в виде погружения в горячую/холодную воду и статического растяжения с контрольным оцениванием по параметрам: сила ног, производительность гребли и показатели боли в мышцах в течение 72 часов после интенсивного бега по лестнице, проведенного среди гребцов, выявила, что данные воздействия не ускорили восстановление [15], схожие результаты были отражены в результатах ряда ученых [16–19].

Исследование, проведенное К. Уитмор-Тернером и коллегами, показало, что у юных футболистов принятие теплого душа перед сном может улучшить

качество сна, а также стимулировать терморегуляторные процессы [20]. В свою очередь, М. Бюхайт проводил оценку взаимного влияния возрастных параметров, скорости и интенсивности бега и санаторно-курортного воздействия spa-процедур (в виде комбинированной сауны, погружения в холодную воду и джакузи) на результативность матчей у высококвалифицированных и юных футболистов, выявлена значимая эффективность воздействия у высококвалифицированных спортсменов [21].

Многие ученые исследовали терморегуляторные показатели с целью оценки динамики параметров адаптации и спортивной работоспособности при температурном воздействии на организм спортсмена [1–21]. В специальной литературе существует ряд рекомендаций по закаливанию для студентов и спортсменов, и не спортсменов различного возраста, однако ни одни из них не содержат конкретных алгоритмов применения утреннего контрастного душа. Актуальность проведенного исследования заключается в популяризации гигиенических воздействий среди спортсменов – студентов колледжа с целеустановкой закаливания организма для активации адаптационных процессов. Нами сформулированы рекомендации по закаливанию воздействию контрастного душа для студентов 18 лет, занимающихся игровыми видами спорта.

Цель исследования: сравнительный анализ динамики параметров оценки общей закаленности и адаптации организма студентов колледжа в ответ на применение закаливающих процедур.

Материалы и методы. Для решения поставленных задач применялись следующие методы исследования:

- 1) анкетирование по вопросам оценки закаленности организма студентов колледжа до и по окончании курса закаливающих процедур;
- 2) оценка уровня закаленности организма с применением холодной пробы Кестнера – Маршака до и по окончании педагогического эксперимента;
- 3) оценка адаптационного уровня с применением системы оценки функционального состояния организма «Адаптолог-Эксперт», версия 4.1.1;
- 4) методы математической статистики (расчет среднего арифметического, стандартного отклонения, ошибки среднего арифметического и *t*-критерия Стьюдента).

Оценивались следующие параметры, в холодной пробе Кестнера – Маршака: $V1$, $V2$ – время появления и исчезновения гиперемии, определяемое с помощью секундомера, стандартные отклонения ($s1$ и $s2$) рассчитываются по формуле:

$$s = (V_{max} - V_{min})/K, \quad (1)$$

где V_{max} – максимальное значение в группе, V_{min} – минимальное значение в группе, $K = 3,64$ –

коэффициент, определяемый по таблице в зависимости от числа обследованных.

В тестировании адаптационного уровня с применением системы «Адаптолог-Эксперт» оценивались параметры: степень адаптивности, энергетические (общая, немедленная, отсроченная и резервная энергия) и психологические (эмоциональная реактивность, тревожность, когнитивные функции, двигательный анализатор и ошибки выполнения).

Система «Адаптолог-Эксперт» позволяет провести интегральную оценку состояния организма, определить сбалансированность показателей регуляторных систем. Система «Адаптолог-Эксперт» применяется в медицинской практике, в спортивной медицине и на предприятиях для экспресс-оценки состояния здоровья тестируемых. В процессе исследования с помощью инфракрасного термометра, связанного с компьютерной программой, измеряется температура внешней среды и кожных покровов тела от центральных его отделов к периферическим. Перепад температуры связан с проявлением гомеостатической регуляции организма. При одинаковой температуре внешней среды перепад температуры тела у здоровых людей и больных различен, причем данный механизм является неспецифическим и мало подвержен влияниям индивидуальных особенностей организма. Расчет параметров осуществляется программным обеспечением прибора.

Отдельно поясним значение некоторых терминов, регистрируемых системой оценки функционального состояния «Адаптолог-Эксперт»¹.

1. Степень адаптивности – это характеристика адаптационного уровня на основе повторяющихся фаз изменений коэффициента реакций, характеризующих энергетический потенциал, имеющийся у организма для реализации ответа на воздействия внешней и внутренней среды [22].

2. Энергетические характеристики организма определяются на основе закономерностей изменения содержания тиреоидных гормонов в крови и предполагают оценку энергии, направленной на реализацию реакций немедленного, отсроченного типа, резервной и общей энергии. Отдельные показатели энергетики рассчитываются исходя из вероятности изменения того или иного адаптационного состояния, его направленности и выраженности с учетом временных сроков [22].

Еще в 1950 году Г. Селье предложил различать «поверхностную» и «глубокую» адаптационную энергию. Поверхностная реализуется «по первому требованию» и компенсируется за счет другой – «глубокой», которая, в свою очередь, мобилизуется путем адаптационной перестройки гомеостатических механизмов организма.

Характеристика участников и организация педагогического эксперимента.

Педагогический эксперимент по изучению и оценке терморегуляционных процессов студентов колледжа проводился на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный институт физической культуры». В исследовании приняли участие 26 студентов колледжа, занимающихся игровыми видами спорта. Средний возраст испытуемых составил 18,4 года (все студенты дали информированное согласие на проведение исследований).

При первичном обследовании спортсменов проводилось анкетирование для оценки отношения респондентов к закалывающим процедурам,

регулярности (или нет) выполнения закалывающих процедур. Также было проведено два вида тестирования: по методу холодовой пробы Кестнера – Маршака и с использованием системы оценки функционального состояния организма «Адаптолог-Эксперт». Длительность педагогического эксперимента составила 2 месяца. После проведенного исследования студентам колледжа были даны рекомендации по закалыванию организма (утренний контрастный душ). Рекомендации включали: ежедневный утренний контрастный душ, разница температур должна составлять не менее 10 °С. То есть если температура горячей воды 40 °С (время воздействия 15–20 секунд), то температура прохладной 30 °С (время воздействия 10–15 секунд), через 4–7 дней (по самочувствию) можно корректировать на 1 °С температуру горячей/прохладной воды, постепенно доводя до показателей 45 °С горячая и 20 °С прохладная (время воздействия остается без изменений). Повторять смену температур необходимо, постепенно увеличивая кратность и температурный диапазон. Общее время воздействия от 5 до 15 минут. При снижении температуры на 1 °С, если чувствуется дискомфорт, время воздействия и количество повторов можно снижать, затем постепенно увеличивать. Такой контрастный душ необходимо принимать в течение 2 месяцев, после чего эффект закалывания считается достигнутым, но останавливаться не рекомендуется, так как через 2 недели столь длительно приобретаемое свойство можно потерять.

Результаты. Перед началом проведения педагогического эксперимента студенты колледжа проходили обследование согласно выбранным методам исследования. Нами была разработана анкета по включенности студентов спортсменов колледжа в закалывающие мероприятия. Результаты анкетирования до начала и по окончании педагогического эксперимента представлены в табл. 1.

По истечении 2 месяцев было проведено повторное обследование с использованием набора тех же методик, что применялись до начала эксперимента.

Из представленной таблицы видно, что основная масса респондентов считают нужным применять закалывающие процедуры (69,2 %), но регулярно применяют их (даже в период соревнований/сессий) только 23,1 %, и лишь 11,5 % используют контрастный душ в качестве закалывающей процедуры, столько же опрошенных считают себя закаленным человеком. Затем была проведена холодовая проба Кестнера – Маршака и оценка адаптационного уровня.

Исходя из результатов анкетирования, можно заключить, что все респонденты применяли закалывание контрастным душем, однако 11,5 % анкетированных не уверены в необходимости закалывания (табл. 1).

Большинство респондентов регулярно применяли закалывающие процедуры 69,2 %. Среди опрошенных только 26,9 % не уверены, что они считают себя закаленными. Только 11,5 % ответили отрицательно на вопрос о применении закалывания в период соревнований/сессии и 19,2 % не уверены, остальные респонденты ответили утвердительно 69,2 % (т. е. 18 человек).

Анализ результатов анкетирования, полученных до начала и спустя два месяца закалывающих

¹ [Adaptolog: System for Assessing the Functional Status of the Human Body.] Accessed March 03, 2021. <http://adaptolog.com>

процедур, выявил статистически достоверные внутригрупповые отличия в положительных и отрицательных ответах, в ответах «не знаю» изменения были недостоверны. Сравнительный анализ до и после эксперимента продемонстрировал: до эксперимента преобладание отрицательных ответов (45,5 %) на вопросы анкеты, а количество утвердительных (26,6 %) и неуверенных ответов (27,5 %) было примерно одинаковым с незначительным преобладанием неуверенных; по окончании эксперимента выявлено значительное преобладание утвердительных ответов (83,3 %), а количество отрицательных (21,2 %) и неуверенных (19,2 %) ответов заметно снизилось. Таким образом, количество положительных ответов увеличилось на 56,7 %, число отрицательных ответов снизилось на 24,3 %, а доля респондентов, не уверенных в необходимости закаливающих процедур, уменьшилась на 8,3 %.

Из общего количества участников анкетирования для дальнейшей статистической обработки

данных холодной пробы и адаптационных параметров были выбраны результаты обследований 18 студентов, которые выполняли рекомендации полностью.

Из представленной таблицы видно, что средние групповые показатели холодной пробы ($V1$, $V2$) студентов колледжа не выходят за пределы границ норм, но преимущественно находятся ближе к верхним границам нормы.

Только у 3 студентов зафиксированы значения показателей пробы, указывающие на закаленность их организма, у остальных испытуемых величины полученных данных ниже среднегрупповых. В то же время расчет стандартных отклонений ($S1$, $S2$), рассчитанный по формуле 1, показал незначительный разброс полученных данных первичной гиперемии и высокую вариативность данных исчезновения гиперемии.

Первичная оценка адаптационного уровня студентов колледжа представлена в табл. 3.

Таблица 1. Результаты анкетирования студентов колледжа ($n = 26$) до начала и по окончании педагогического эксперимента
Table 1. Results of a questionnaire-based survey of college students ($n = 26$) conducted before and after the pedagogical experiment

№	Вопросы / Questions	Констатирующее анкетирование (к-во ответов, %) / Pre-exposure survey (number of answers, %)			Анкетирование после воздействия (к-во ответов, %) / Post-exposure survey (number of answers, %)		
		Да / Yes	Нет / No	Не знаю / Don't know	Да / Yes	Нет / No	Не знаю / Don't know
1	Считаете ли Вы нужным применять какие-либо виды закаливания? / Do you consider cold exposure training necessary?	69,2	19,2	11,5	88,5	—*	11,5
2	Применяете ли Вы какие-либо закаливающие процедуры? / Do you apply any cold exposure training techniques?	23,1	42,3	34,6	100*	—*	—*
3	Применяете ли Вы закаливание контрастным душем? / Do you use hot/cold contrast showers for cold exposure training?	11,5	65,4	23,1	100	—*	—*
4	Регулярно ли Вы применяете закаливающие процедуры? / Do you regularly train yourself to withstand cold ?	23,1	34,6	42,3	69,2	30,8	—*
5	Считаете ли Вы себя закаленным человеком? / Do you consider yourself to be tolerant of cold conditions?	11,5	46,2	42,3	73,1	—*	26,9
6	Делаете ли Вы закаливающие процедуры в период соревнований/сессий? / Do you practice cold exposure training during competitions/ sessions?	23,1	65,4	11,5	69,2	11,5	19,2
Усредненные данные анкетирования / Average survey results		26,92 ± 6,3	45,52 ± 6,03	27,55 ± 5,45	83,33 ± 5,74	21,15 ± 4,32	19,20 ± 2,30

Таблица 2. Результаты холодной пробы Кестнера – Маршака студентов колледжа ($n = 18$) до начала педагогического эксперимента

Table 2. Results of the Kestner–Marshak capillary cold reaction test in college students ($n = 18$) before the pedagogical experiment

	Полученные данные / Results		Расчетные данные по формулам / Estimates	
	Ср. / Mean $V1 \pm m$	Ср. / Mean $V2 \pm m$	$S1$	$S2$
Гиперемическая реакция (с.) / Hyperemic reaction (s)	9,97 ± 0,32	54,15 ± 0,94	1,91	5,67
Нормы / Norms	1–12	30–60	–	

Таблица 3. Показатели адаптационного уровня студентов колледжа ($n = 18$) до начала педагогического эксперимента

Table 3. Indicators of the adaptation level of college students ($n = 18$) before the pedagogical experiment

Параметр адаптационного уровня / Adaptation level parameter	Нормы / Norms	Показатель / Indicator, %	Параметр адаптационного уровня / Adaptation level parameter	Нормы / Norms	Показатель / Indicator, %
Степень адаптивности / Degree of adaptability	4,5–5	4,39 ± 0,17*	Эмоциональная реактивность / Emotional reactivity	85–120	259,96 ± 48,24
Общая энергия / Total energy	85–100	83,12 ± 10,92	Тревожность / Anxiety	95–110	129,28 ± 10,25
Энергия немедленного типа / Immediate energy	15–20	41,69 ± 10,44	Когнитивные функции / Cognitive functions	90–105	86,21 ± 4,37
Энергия отсроченного типа / Delayed type energy	25–30	20,12 ± 7,89	Двигательный анализатор / Motor analyzer	93–105	115,56 ± 6,39
Резервная энергия / Reserve energy	40–50	30,58 ± 5,91	Ошибки выполнения / Performance errors	95–115	117,35 ± 7,59

Из представленной таблицы видно, что параметры адаптации значительно отличаются от нормы. Так, ниже нормы выявлены следующие параметры: степень адаптивности, энергия отсроченного типа, общая и резервная энергия, когнитивные функции. Выше уровня нормы: показатели энергии немедленного и отсроченного типа, эмоциональная реактивность, тревожность, двигательный анализатор и ошибки выполнения.

Рис. 1 наглядно демонстрирует, что наиболее значительные отклонения от нормы параметров адаптационного уровня выявлены в значениях энергии немедленного (52,03 %) и отсроченного (-24,25 %) типа, в резервной энергии (-30,80 %) и в эмоциональной реактивности (53,84 %). Данная динамика указывает на нерациональный перерасход энергии испытуемых, связанный с значительно повышенной эмоциональной реактивностью.

Проведенное повторное исследование холодной пробы Кестнера – Маршака по окончании педагогического эксперимента представлено в табл. 4.

Исходя из полученных данных, можно заключить, что среднее время появления (8,71 с) и исчезновения (49,01 с) гиперемии у студентов колледжа статистически достоверно уменьшилось, что подтверждает положительное воздействие контрастного душа для совершенствования закаленности организма испытуемых. Стандартные отклонения, рассчитанные по формуле 1, имели не значительную динамику.

В показателе S1 выявлен прирост, что указывает на увеличение индивидуальности реакции стандартного отклонения полученных показателей возникновения гиперемии, а S2 остался на том же уровне (рис. 2).

Затем оценивался адаптационный уровень студентов колледжа с оценкой тех же параметров, что изучались до начала педагогического эксперимента (табл. 5). Соблюдались аналогичные условия проведения тестирования (утренние часы, состояние здоровья, температура в помещении и пр.).

Анализ полученных данных адаптации выявил статистически достоверные различия с исходными показателями адаптации с увеличением значений в степени адаптивности (от $4,39 \pm 0,17$ до $4,89 \pm 0,16$; $t = 2,14$); резервной энергии (от $83,12 \pm 10,92$ до $45,75 \pm 4,12$; $t = 2,11$), указывающим на рационализацию энергообеспечения организма; когнитивной функции (от $86,21 \pm 4,37$ до $103,15 \pm 3,89$; $t = 2,9$). Выявлен статистически значимый регресс значений энергии немедленного типа (от $41,69 \pm 10,44$ до $19,98 \pm 5,46$; $t = 2,10$), указывающий на нормализацию срочной ответной реакции организма на внешние воздействия; эмоциональной реактивности (от $259,96 \pm 48,24$ до $112,48 \pm 29,16$; $t = 2,62$); тревожности (от $129,28 \pm 10,25$ до $98,67 \pm 7,34$; $t = 2,43$); двигательного анализатора (от $115,56 \pm 6,39$ до $95,05 \pm 5,62$; $t = 2,41$) и ошибок выполнения (от $117,35 \pm 7,59$ до $96,34 \pm 4,92$; $t = 2,32$).

Не выявлено статистически достоверных изменений в параметрах общего и отсроченного типа

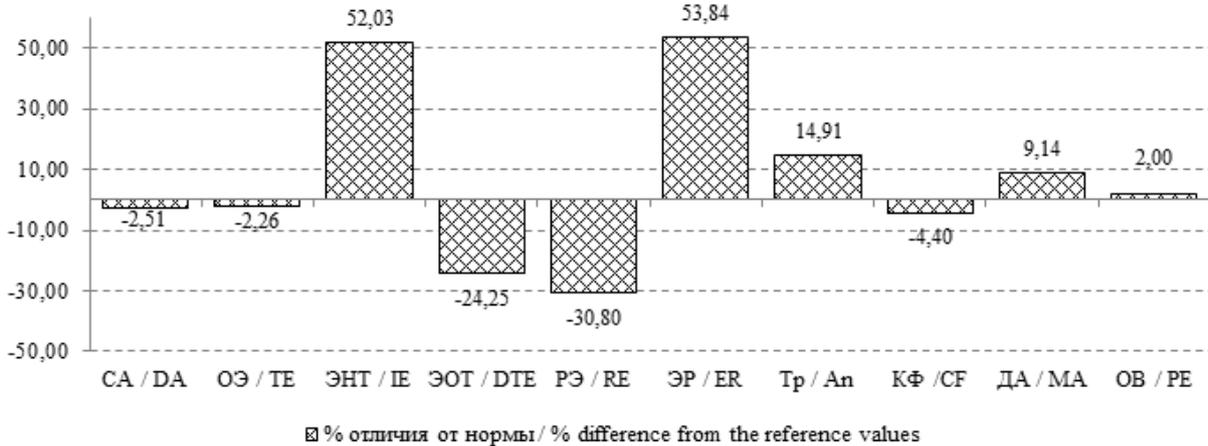


Рис. 1. Сравнительный анализ полученных параметров адаптационного уровня спортсменов – студентов колледжа с референтными нормативами:

СА – степень адаптивности, ОЭ – общая энергия, ЭНТ – энергия немедленного типа, ЭОТ – энергия отсроченного типа, РЭ – резервная энергия, ЭР – эмоциональная реактивность, Тр – тревожность, КФ – когнитивные функции, ДА – двигательный анализатор, ОВ – ошибки выполнения.

Fig. 1. Comparison of the obtained adaptation level parameters in college athletes with reference values

Abbreviations: DA, degree of adaptability; TE, total energy; IE, immediate energy; DTE, delayed type energy; RE, reserve energy; ER, emotional reactivity; An, anxiety; CF, cognitive functions; MA, motor analyzer; PE, performance errors.

Таблица 4. Результаты холодной пробы Кестнера – Маршака студентов колледжа (n = 18) после окончания педагогического эксперимента

Table 4. Results of the Kestner–Marshak capillary cold reaction test in college students (n = 18) after the pedagogical experiment

	Полученные данные / Results		Расчетные данные по формулам / Estimates	
	Ср. / Mean $V1 \pm m$	Ср. / Mean $V2 \pm m$	S1	S2
Гиперемическая реакция (с.) / Hyperemic reaction (s)	$8,71 \pm 0,31^*$	$49,01 \pm 0,91^*$	2,24	5,60
t-критерий Стьюдента / Student's t-test	$t = 2,83$	$t = 3,93$		

Примечание: * – $p \leq 0,05$, критическое значение t-критерия Стьюдента = 2,032.

Note: * – $p \leq 0,05$, critical value of Student's t-test = 2.032.

энергии, однако обнаружен прирост значений в параметрах общей энергии на 9,07 % и в значениях энергии отсроченного типа на 28,93 % (рис. 3). Продемонстрированная динамика свидетельствует о нормализации изучаемых параметров адаптации.

Выводы

1. Результаты анкетирования спортсменов – студентов колледжа, проведенные до и по окончании 2-месячного курса контрастного душа, выявили наличие активации занятий закаливающими процедурами у 56,4 % респондентов, 24,3 % не

желали проводить процедуры, 8,3 % студентов не уверены в необходимости закаливания.

2. Проведенное исследование 18 студентов-спортсменов игровых видов спорта констатировало положительное воздействие контрастного душа, что подтверждается результатами холодной пробы Кестнера – Маршака. Среднее время появления (8,71 с) и исчезновения (49,01 с) гиперемии у студентов колледжа статистически достоверно уменьшилось, что обуславливает совершенствование закаленности организма испытуемых.

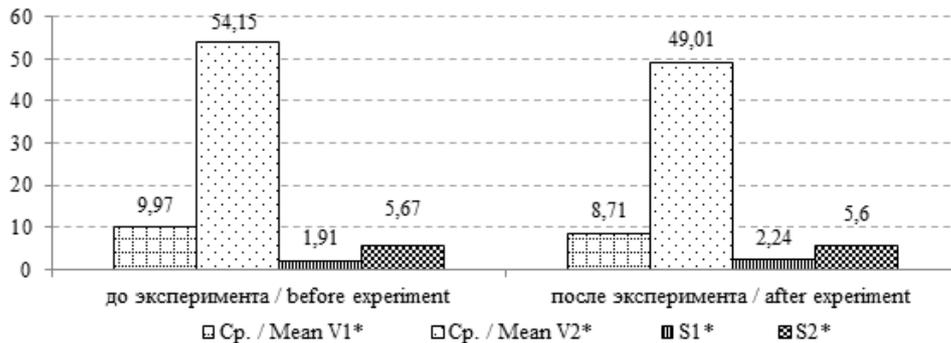


Рис. 2. Сравнительный анализ данных холодной пробы Кестнера – Маршака студентов колледжа до и по окончании эксперимента: * Ср. V1 – среднее время появления гиперемии; Ср. V2 – среднее время появления гиперемии, S1, S2 – стандартные отклонения, рассчитанные по формуле 1.

Fig. 2. Comparison of the results of the Kestner – Marshak capillary cold reaction test in college students before and after the experiment.

* Mean V1, mean time of hyperemia occurrence; Mean V2, mean time of hyperemia occurrence; S1 and S2, standard deviations estimated using formula 1.

Таблица 5. Результаты адаптационного уровня студентов колледжа (n = 18) после окончания педагогического эксперимента
Table 5. Indicators of the adaptation level of college students (n = 18) after the pedagogical experiment

Параметр адаптационного уровня / Adaptation level parameter	Показатель / Indicator, %	Параметр адаптационного уровня / Adaptation level parameter	Показатель / Indicator, %
Степень адаптивности / Degree of adaptability	4,89 ± 0,16*	Эмоциональная реактивность / Emotional reactivity	112,48 ± 29,16*
Общая энергия / Total energy	91,41 ± 12,58	Тревожность / Anxiety	98,67 ± 7,34*
Энергия немедленного типа / Immediate energy	19,98 ± 5,46 *	Когнитивные функции / Cognitive function	103,15 ± 3,89*
Энергия отсроченного типа / Delayed type energy	28,31 ± 8,57	Двигательный анализатор / Motor analyzer	95,05 ± 5,62*
Резервная энергия / Reserve energy	45,75 ± 4,12*	Ошибки выполнения / Performance errors	96,34 ± 4,92*

Примечание: * – $p \leq 0,05$, критическое значение t -критерия Стьюдента = 2,032.

Note: * – $p \leq 0,05$, critical value of Student's t -test = 2.032.

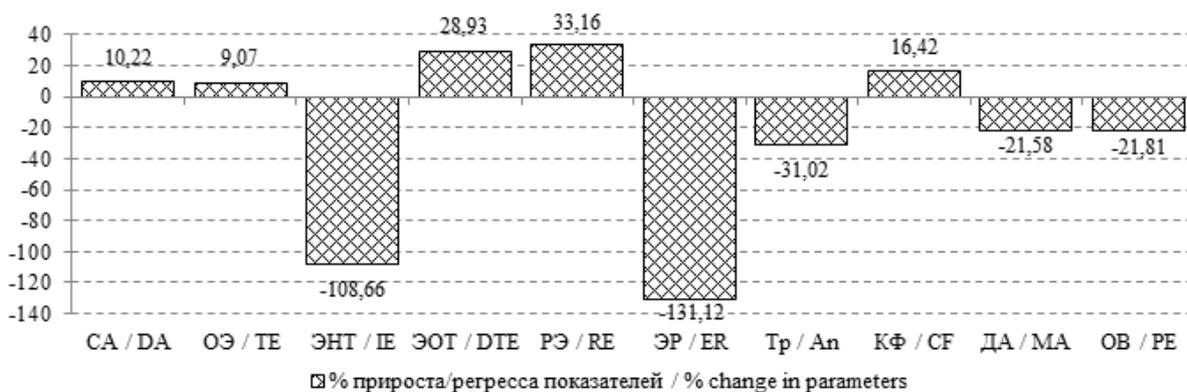


Рис. 3. Процент прироста/регресса параметров адаптационного уровня студентов колледжа до и по окончании эксперимента:

СА – степень адаптивности, ОЭ – общая энергия, ЭНТ – энергия немедленного типа, ЭОТ – энергия отсроченного типа, РЭ – резервная энергия, ЭР – эмоциональная реактивность, Тр – тревожность, КФ – когнитивные функции, ДА – двигательный анализатор, ОВ – ошибки выполнения.

Fig. 3. Percent changes in adaptation parameters of college athletes before and after the experiment

Abbreviations: DA, degree of adaptability; TE, total energy; IE, immediate energy; DTE, delayed type energy; RE, reserve energy; ER, emotional reactivity; An, anxiety; CF, cognitive functions; MA, motor analyzer; PE, performance errors.

3. Выявлена нормализация адаптационных параметров, полученных в результате исследования системой «Адаптолог-Эксперт», что подтверждается статистически достоверными различиями с исходными показателями адаптации, проявляется увеличением значений в степени адаптивности резервной энергии, указывающей на рационализацию энергообеспечения организма; когнитивной функции и статистически значимым регрессом значений энергии немедленного типа, свидетельствующей о нормализации срочной ответной реакции организма на внешние воздействия; эмоциональной тревожности.

4. Обнаружен прирост значений в параметрах общей энергии на 9,07 % и энергии отсроченного типа на 28,93 %, демонстрирующий отсутствие критического перерасхода энергии как до, так и после воздействия закалывающих процедур и свидетельствующий о нормализации энергетических показателей. Не выявлено статистически достоверных изменений в параметрах общего и отсроченного типа энергии.

5. Эффективность применения контрастного душа в качестве закалывающих процедур для студентов-спортсменов 18 лет демонстрируется результатами тестирований и инструментальных исследований. А целесообразность вышеозначенного воздействия подтверждается результатами опроса и анализом полученных данных.

Список литературы

- Архипова Т.И. Физическая культура и закалывание как важнейшие элементы физического воспитания человека. В сб.: международной научно - практической конференции «Роль и место информационных технологий в современной науке»; 16 января 2018. Магнитогорск. Уфа: «Омега Сайнс», 2018. С. 142–145.
- Ахмадуллина Х.М., Ахмадуллин У.З. Основы здорового образа жизни и профилактика болезней: учебное пособие для студентов вузов. Уфа: Академия ВЭГУ, 2017. 300 с.
- Жуковская А.О., Москаленко И.С. Понятие и механизм закалывания // Международный научный журнал «Символ Науки». 2017. № 03-2. С. 206–208.
- Коновейская А.В. Теоретические основы внедрения компонентов здорового образа жизни в образовательных учреждениях: учеб. пособие. Хабаровск: Изд-во ТГУ, 2017. 64 с.
- Мартынюк В.С., Мартынюк Н.С. Оздоровительный эффект закалывания // Теория и практика физической культуры. 2012. № 11. С. 63–66.
- Седоченко С.В., Черных А.В. Исследование динамики адаптационного потенциала спортсменов в соревновательный период (на примере стрелков из арбалета). В сб.: Всероссийская научно-практическая конференция «Здоровьесбережение студенческой молодежи: опыт, инновационные подходы и перспективы развития в системе высшего образования»; 26-27 февраля 2019. Воронеж: ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России, 2019. С. 149–154.
- Седоченко С.В. Оценка особенности адаптации организма первокурсников-спортсменов совмещающих тренировочные и учебные нагрузки в спортивном вузе // Сборник научных трудов ВГИФК за 2014–2018 г. Воронеж: Ритм, 2018. С. 229–243.
- Седоченко С.В., Черных А.В., Стрельникова А.И. Совершенствование терморегуляционных процессов юных стрелков. В сб.: III Всероссийской с международным участием научно-практической конференции «Современные тенденции и актуальные вопросы развития стрелковых видов спорта»; 5 июня 2019. Воронеж: Элист, 2019. С. 92–98.
- Фадеев О.В., Глушков П.Ю., Маркелов М.А. Закалывание в системе здорового образа жизни // Молодой ученый. Физическая культура и спорт. 2013. № 11. С. 784–788.
- Vaile J, Halson S, Gill N, Dawson B. Effect of cold water immersion on repeat cycling performance and thermoregulation in the heat. *J Sports Sci.* 2008;26(5):431–440. doi: 10.1080/02640410701567425
- Stevens CJ, Kittel A, Sculley DV, Callister R, Taylor L, Dascombe BJ. Running performance in the heat is improved by similar magnitude with pre-exercise cold-water immersion and mid-exercise facial water spray. *J Sports Sci.* 2017;35(8):798–805. doi: 10.1080/02640414.2016.1192294
- Randall CA, Ross EZ, Maxwell NS. Effect of practical precooling on neuromuscular function and 5-km time-trial performance in hot, humid conditions among well-trained male runners. *J Strength Cond Res.* 2015;29(7):1925–1936. doi: 10.1519/JSC.0000000000000840
- Brade C, Dawson B, Wallman K. Effects of different precooling techniques on repeat sprint ability in team sport athletes. *Eur J Sport Sci.* 2014;14(Suppl 1):S84–91. doi: 10.1080/17461391.2011.651491
- Taylor L, Mauger AR, Watkins SL, et al. Precooling does not improve 2,000-m rowing performance of females in hot, humid conditions. *J Strength Cond Res.* 2014;28(12):3416–3424. doi: 10.1519/JSC.0000000000000558
- Robey E, Dawson B, Goodman C, Beilby J. Effect of postexercise recovery procedures following strenuous stair-climb running. *J Res Sports Med.* 2009;17(4):245–259. doi: 10.1080/15438620902901276
- Castle P, Mackenzie RW, Maxwell N, Webborn AD, Watt PW. Heat acclimation improves intermittent sprinting in the heat but additional pre-cooling offers no further ergogenic effect. *J Sports Sci.* 2011;29(11):1125–1134. doi: 10.1080/02640414.2011.583673
- Fisher M, Paolone V, Rosene J, Drury D, Van Dyke A, Moroney D. The effect of submaximal exercise on recovery hemodynamics and thermoregulation in men and women. *Res Q Exerc Sport.* 1999;70(4):361–368. doi: 10.1080/02701367.1999.10608056
- Hasegawa H, Takatori T, Komura T, Yamasaki M. Combined effects of pre-cooling and water ingestion on thermoregulation and physical capacity during exercise in a hot environment. *J Sports Sci.* 2006;24(1):3–9. doi: 10.1080/02640410400022185
- Minett GM, Duffield R, Kellett A, Portus M. Mixed-method pre-cooling reduces physiological demand without improving performance of medium-fast bowling in the heat. *J Sports Sci.* 2012;30(9):907–915. doi: 10.1080/02640414.2012.679677
- Whitworth-Turner C, Di Michele R, Muir I, Gregson W, Drust B. A shower before bedtime may improve the sleep onset latency of youth soccer players. *Eur J Sport Sci.* 2017;17(9):1119–1128. doi: 10.1080/17461391.2017.1346147
- Buchheit M, Horobeanu C, Mendez-Villanueva A, Simpson BM, Bourdon PC. Effects of age and spa treatment on match running performance over two consecutive games in highly trained young soccer players. *J Sports Sci.* 2011;29(6):591–598. doi: 10.1080/02640414.2010.546424

References

- Arhipova TN. [Physical culture and cold exposure training as the most important elements of human physical education] [Abstract]. In: *Role and Place of Information Technologies in Contemporary Science: Proceedings of the International Research and Practice Conference, Magnitogorsk, January 16, 2018*. Ufa: OMEGA SCIENCE Publ.; 2018:142–145. (In Russ.)
- Akhmadullina KhM, Akhmadullin UZ. [*Basics of a Healthy Lifestyle and Disease Prevention: A Manual for University Students.*] Ufa: VEGU Academy; 2017. (In Russ.)

3. Zhukovskaya AO, Moskalenko IS. [The concept and mechanism of cold exposure training.] *Mezhdunarodnyy Nauchnyy Zhurnal "Simvol Nauki"*. 2017;(03-2):206–208. (In Russ.)
4. Konobeyskaya AV. [Theoretical Foundations for Implementation of Components of a Healthy Lifestyle in Educational Institutions.] Khabarovsk: TGU Publ.; 2017. (In Russ.)
5. Martynyuk VS, Martynyuk NS. [Health promoting effects of cold exposure training.] *Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kul'tury*. 2012;(11):63–66. (In Russ.)
6. Sedochenko SV, Chernykh AV. Research of the dynamics of the adaptation potential of sportsmen in the competitive period (on the example of arbal bits). In: *Health Protection of Student Youth: Experience, Innovative Approaches and Development Prospects in the System of Higher Education: Conference Proceedings, Voronezh, February 26–27, 2019*. Voronezh: N.N. Burdenko Medical University Publ.; 2019:149–154. (In Russ.)
7. Sedochenko SV. [Assessment of specific features of adaptation of freshmen-athletes combining physical and academic training in a sports university.] In: *VGIFK Collection of Articles, 2014–2018*. Voronezh: Rythm Publ., 2018:229–243. (In Russ.)
8. Sedochenko SV, Chernykh AV, Strelnikova AI. [Improvement of thermoregulatory processes in young shooters.] In: *Modern Trends and Current Issues in the Development of Shooting Sports: Proceedings of the Third All-Russian Conference with international participation dedicated to the 40th anniversary of FSBOU VGIFK, Voronezh, June 5, 2019*. Voronezh: Elist Publ.; 2019:92–98. (In Russ.)
9. Fadeev OV, Glushkov PYu, Markelov MA. [Cold exposure training in a healthy lifestyle system.] *Molodoy Uchenyy*. 2013;(11):784–788. (In Russ.)
10. Vaile J, Halson S, Gill N, Dawson B. Effect of cold water immersion on repeat cycling performance and thermoregulation in the heat. *J Sports Sci*. 2008;26(5):431–440. doi: 10.1080/02640410701567425
11. Stevens CJ, Kittel A, Sculley DV, Callister R, Taylor L, Dascombe BJ. Running performance in the heat is improved by similar magnitude with pre-exercise cold-water immersion and mid-exercise facial water spray. *J Sports Sci*. 2017;35(8):798–805. doi: 10.1080/02640414.2016.1192294
12. Randall CA, Ross EZ, Maxwell NS. Effect of practical precooling on neuromuscular function and 5-km time-trial performance in hot, humid conditions among well-trained male runners. *J Strength Cond Res*. 2015;29(7):1925–1936. doi: 10.1519/JSC.0000000000000840
13. Brade C, Dawson B, Wallman K. Effects of different precooling techniques on repeat sprint ability in team sport athletes. *Eur J Sport Sci*. 2014;14(Suppl 1):S84–91. doi: 10.1080/17461391.2011.651491
14. Taylor L, Mauger AR, Watkins SL, et al. Precooling does not improve 2,000-m rowing performance of females in hot, humid conditions. *J Strength Cond Res*. 2014;28(12):3416–3424. doi: 10.1519/JSC.0000000000000558
15. Robey E, Dawson B, Goodman C, Beilby J. Effect of postexercise recovery procedures following strenuous stair-climb running. *J Res Sports Med*. 2009;17(4):245–259. doi: 10.1080/15438620902901276
16. Castle P, Mackenzie RW, Maxwell N, Webborn AD, Watt PW. Heat acclimation improves intermittent sprinting in the heat but additional pre-cooling offers no further ergogenic effect. *J Sports Sci*. 2011;29(11):1125–1134. doi: 10.1080/02640414.2011.583673
17. Fisher M, Paolone V, Rosene J, Drury D, Van Dyke A, Moroney D. The effect of submaximal exercise on recovery hemodynamics and thermoregulation in men and women. *Res Q Exerc Sport*. 1999;70(4):361–368. doi: 10.1080/02701367.1999.10608056
18. Hasegawa H, Takatori T, Komura T, Yamasaki M. Combined effects of pre-cooling and water ingestion on thermoregulation and physical capacity during exercise in a hot environment. *J Sports Sci*. 2006;24(1):3–9. doi: 10.1080/02640410400022185
19. Minett GM, Duffield R, Kellett A, Portus M. Mixed-method pre-cooling reduces physiological demand without improving performance of medium-fast bowling in the heat. *J Sports Sci*. 2012;30(9):907–915. doi: 10.1080/02640414.2012.679677
20. Whitworth-Turner C, Di Michele R, Muir I, Gregson W, Drust B. A shower before bedtime may improve the sleep onset latency of youth soccer players. *Eur J Sport Sci*. 2017;17(9):1119–1128. doi: 10.1080/17461391.2017.1346147
21. Buchheit M, Horobeanu C, Mendez-Villanueva A, Simpson BM, Bourdon PC. Effects of age and spa treatment on match running performance over two consecutive games in highly trained young soccer players. *J Sports Sci*. 2011;29(6):591–598. doi: 10.1080/02640414.2010.546424





Оценка среды обитания человека на различных территориях Красноярского края по погодно-климатическим условиям

Д.А. Нарутдинов¹, Р.С. Рахманов², Е.С. Богомолова², С.А. Разгулин²

¹Медицинская служба войсковой части 73633,
ул. Дзержинского, д. 18, г. Красноярск, 660017, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России,
пл. Минина и Пожарского, д. 10/1, г. Нижний Новгород, 603950, Российская Федерация

Резюме

Введение. Экстремальный климатический режим оказывает негативное влияние на здоровье населения.

Цель: оценка риска здоровью населения в районах Красноярского края по эффективной температуре в динамике многолетнего наблюдения.

Материалы и методы. В двух периодах определения климатических норм 1961–1990 и 1991–2020 гг. анализировали температуру (среднемесячная и минимальная), скорость ветра (средняя и максимальная) и относительную влажность воздуха в субарктической и умеренно континентальной зонах. По эффективной температуре оценили риск здоровью.

Результаты. В субарктической зоне снизилась сила ветра (средние и максимальные значения), увеличилась длительность таких периодов, повысилась температура, влажность не изменилась. В умеренном климате изменились все показатели. В субарктической зоне в первом периоде 2-го месяца (против 3-го в первом) возможно обморожение в течение 20–30 минут. В умеренном климате опасности для человека не было. При минимальной температуре и максимальном ветре в субарктической зоне риск обморожения возможен в течение 5 месяцев (против 6): через 10–15 минут – 2 месяца, через 20–30 минут – 3 месяца. В умеренном климате, соответственно, обморожение в течение 20–30 минут возможно 2 месяца (против 3 в первом периоде).

Выводы. В интервале установления климатических норм (1991–2020 гг.) определено достоверное повышение эффективных температур в субарктической зоне при средних показателях силы ветра и температуры – в феврале–апреле и июне, при максимальном ветре и минимальной температуре – в марте–июле; в умеренном климате – соответственно в апреле и июне. Длительность периодов риска здоровью по холодовому воздействию в условиях субарктического климата при средних значениях ветра и температуры – 2 (I–II) при максимальном ветре и минимальной температуре – 5 (XI–III) месяцев; в умеренном климате, соответственно, нет риска и 2 (3) (I, II и XII) месяца.

Ключевые слова: климатические зоны, Красноярский край, эффективная температура, риск обморожения.

Для цитирования: Нарутдинов Д.А., Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Разгулин С.А. Оценка среды обитания человека на различных территориях Красноярского края по погодно-климатическим условиям // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 11. С. 61–66. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-61-66>

Сведения об авторах:

Нарутдинов Денис Алексеевич – к.м.н., начальник медицинской службы войсковой части 73633; e-mail: den007-19@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5438-8755>.

✉ **Рахманов** Рофаил Салыхович – д.м.н., профессор; профессор кафедры гигиены ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: raf53@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1531-5518>.

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

Разгулин Сергей Александрович – д.м.н., доцент, заведующий кафедрой медицины катастроф ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: kafedramk@pimunn.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8356-2970>.

Информация о вкладе авторов: Нарутдинов Д.А. – сбор первичного материала, участие в подготовке статьи; Рахманов Р.С. – концепция и дизайн исследования, написание текста; Богомолова Е.С. – участие в подготовке статьи, редактирование окончательного варианта статьи; Разгулин С.А. – участие в статистической обработке статьи и подготовке первого варианта статьи.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 08.12.20 / Принята к публикации: 03.11.21 / Опубликована: 30.11.21

Assessment of Weather and Climate-Related Risks to Human Health in Different Areas of the Krasnoyarsk Region

Denis A. Narutdinov,¹ Rofail S. Rakhmanov,² Elena S. Bogomolova,² Sergey A. Razgulin²

¹Medical Service of Military Unit 73633, 18 Dzerzhinsky Street, Krasnoyarsk, 660017, Russian Federation

²Privolzhsky Research Medical University, 10/1 Minin and Pozharsky Square, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation

Summary

Introduction: Extreme climate conditions have a negative impact on human health.

Purpose: The study aimed to assess weather and climate-related risks to human health in different areas of the Krasnoyarsk Region by effective temperatures estimated during two long-term observation periods.

Materials and methods: We analyzed ambient temperatures (average monthly and minimum), wind speed (average and maximum), and relative humidity in the subarctic and temperate continental zones estimated during the periods of determining climatic norms in 1961–1990 and 1991–2020. The health risk was assessed on the basis of effective temperatures.

Results: In the subarctic zone, the wind strength (average and maximum values) decreased, the duration of such periods increased just like the ambient temperature while the relative humidity did not change. In temperate climates, all indicators have changed. In the subarctic zone, in the second observation period, frostbite was possible within 20–30 minutes during two months (versus 3 in the first). In the temperate climate, there was no such risk to humans. At the minimum temperature and maximum wind speed in the subarctic zone, the risk of frostbite is possible during 5 months (versus 6): after 10–15 minutes during two months and after 20–30 minutes – during three months of the year. In temperate climates, frostbite is possible within 20–30 minutes during two months (versus 3 in the first period).

Conclusions: In the interval of establishing climatic norms (1991–2020), a significant increase in effective temperatures was determined: in the subarctic zone with the average wind strength and temperature in February–April and June, with maximum wind and minimum temperature – in March–July; in temperate climates, in April and June, respectively. The duration

of periods of health risks posed by cold temperature exposures in the subarctic climate with average wind and temperature values equaled two months (I–II), with maximum wind speed and minimum temperatures – five months (XI–III); in the temperate climate, it was null and 2 (3) months (I, II, and XII), respectively.

Keywords: climatic zones, Krasnoyarsk Region, effective temperature, risk of frostbite.

For citation: Narutdinov DA, Rakhmanov RS, Bogomolova ES, Razgulin SA. Assessment of weather and climate-related risks to human health in different areas of the Krasnoyarsk Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(11):61–66. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-61-66>

Author information:

Denis A. **Narutdinov**, Cand. Sci. (Med.), Head of the Medical Service of Military Unit 73633; e-mail: den007-19@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5438-8755>.

✉ Rofail S. **Rakhmanov**, Dr. Sci. (Med.), Professor; Professor of the Department of Hygiene of the Privolzhsky Research Medical University; e-mail: raf53@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1531-5518>.

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

Sergey A. **Razgulin**, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor; Head of the Department of Disaster Medicine, Privolzhsky Research Medical University; e-mail: kafedramk@pimunn.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8356-2970>.

Author contributions: *Narutdinov D.A.* did data collection of primary material and wrote the manuscript; *Rakhmanov R.S.* developed the research conception and design and wrote the manuscript; *Bogomolova E.S.* wrote and edited the manuscript; *Razgulin S.A.* did statistical data processing and drafted the manuscript; 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: December 8, 2020 / Accepted: November 03, 2021 / Published: November 30, 2021

Введение. Данные научных публикаций свидетельствуют о том, что физические факторы окружающей среды оказывают существенное негативное влияние на здоровье населения [1–6]. Особенно высока зависимость здоровья от экстремального климатического режима [7].

Показана необходимость использования различных биоклиматических показателей (сочетания метеопараметров) для установления риска здоровью человека [8–10].

Цель исследования – оценка риска здоровью населения в районах Красноярского края по эффективной температуре в динамике многолетнего наблюдения.

Материалы и методы. Ретроспективно анализировали показатели физических факторов на открытой территории последних десятилетних интервалов в двух периодах определения климатических норм (1961–1990 гг. (наблюдение № 1) и 1991–2020 гг. (наблюдение № 2)) [11, 12]: среднемесячных суточных температур, скорости движения (скорости ветра) и относительной влажности воздуха, а также среднемесячных минимальных температур и максимального ветра в субарктической и умеренно континентальной зонах края. Данные для анализа получили из Среднесибирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (г. Красноярск). С помощью компьютерной программы провели расчет эффективной температуры (ЭТ, °С) по Стивману (Robert Steadman) при использовании средних показателей, а также при расчете по минимальной температуре и максимальному ветру [13]. Отрицательные ЭТ характеризуют вероятность обморожения (< –50 – обморожение открытых участков кожи возможно менее, чем через 5 мин; –38...–50 – возможно через 10–15 мин; –28...–38 – возможно через 20–30 мин), положительные – теплового влияния (27...32 – возможно утомление при активных нагрузках, 32...40 – возможен солнечный удар при активных нагрузках, 40...55 – возможен получить солнечный удар и перегрев, возможен тепловой удар, > 55 – быстрый тепловой и солнечный удар). В диапазоне температур от –28 °С до 27 °С опасности для одетого человека нет.

Риск здоровью оценивали по холодовому влиянию – возможности обморожения при работах на открытой территории.

При статистической обработке полученных данных с помощью программного обеспечения

Statistica 6.1 достоверность различий оцениваемых показателей (средние величины и ошибки средней ($M \pm m$) для параметрических данных определяли по t -критерию Стьюдента.

Результаты. Как показал анализ, в первом наблюдении среднемесячная скорость ветра в субарктическом климате была наименьшей в июле–августе ($4,3 \pm 0,2 \dots 4,4 \pm 0,2$ м/с), к декабрю она увеличивалась до $6,1 \pm 0,2$ м/с. Во втором наблюдении минимальная скорость ветра в пределах $3,6$ м/с регистрировалась в июле–сентябре, наибольшая ($5,4 \pm 0,2$ м/с) – в декабре. В апреле, июне–декабре скорость ветра была достоверно ниже, чем в предыдущем периоде. Наименьшее значение максимального ветра регистрировали в первом периоде в августе ($10,5 \pm 0,4$ м/с), затем он нарастал до $16,2 \pm 0,7$ м/с в декабре. Во втором периоде наименьшее значение максимального ветра было в июне ($10,9 \pm 1,0$ м/с), наибольшее – в январе ($16,3 \pm 0,8$ м/с). При этом средние показатели каждого месяца в двух периодах наблюдения достоверно не различались.

Значения относительной влажности воздуха по месяцам достоверно по периодам наблюдения не различались. Минимальная влажность $63,9 \pm 2,0$ и $66,9 \pm 3,2$ % ($p = 0,475$) отмечена в июле, максимальная – в октябре ($82,0 \pm 0,6$ и $81,7 \pm 1,1$ %, $p = 0,833$).

В первом наблюдении в умеренном континентальном климате наименьшие значения средней скорости ветра регистрировали в июле–сентябре ($1,7 \pm 0,07 \dots 1,9 \pm 0,1$ м/с), наибольшие в ноябре – $3,0 \pm 0,2$ м/с. Во втором наблюдении наименьшая сила ветра была в июле ($1,4 \pm 0,05$ м/с), а в июне и августе – $1,6 \pm 0,07$ и $1,5 \pm 0,09$ м/с; наибольшая в апреле ($2,3 \pm 0,1$ м/с). За исключением августа и сентября произошло достоверное снижение силы ветра. Наибольшее значение силы максимального ветра в первом наблюдении регистрировали в августе ($5,4 \pm 0,3$ м/с), наибольшее в ноябре–декабре ($10,1 \pm 0,1 \dots 10,0 \pm 0,4$ м/с). Во втором наблюдении наименьшее значение было отмечено в июне ($5,1 \pm 0,4$ м/с) и июле ($4,8 \pm 0,2$ м/с), наибольшее в декабре ($7,9 \pm 0,2$ м/с).

Относительная влажность воздуха нарастала от наименьшего значения в мае ($54,4 \pm 1,8$ %) в первом наблюдении нарастала до $76,1 \pm 1,5$ % в августе, затем ее значения были стабильными ($70,1 \pm 2,1 \dots 70,1 \pm 1,3$ %) в октябре–январе, после чего вновь снижалась. Во втором наблюдении минимальные значения отмечены в апреле–

мае ($57,5 \pm 1,7...58,7 \pm 1,5$ %). К сентябрю она увеличивалась ($76,7 \pm 1,1$ %), сохраняясь на этих значениях до февраля, затем снижалась. При этом в ноябре и декабре влажность была достоверно выше на 3,7 % ($p = 0,012$) и 4,0 % ($p = 0,023$). В январе–марте относительная влажность также была выше на 3,9 % ($p = 0,059$), 5,1 % ($p = 0,06$) и 4,1 % ($p = 0,055$).

В субарктическом климате и летние месяцы в первом наблюдении температура воздуха на открытой территории была выше $+10$ °C с наибольшим значением в июле ($19,9 \pm 1,2$ °C). В зимние месяцы она была ниже -20 °C с минимумом в январе ($-23,8 \pm 2,2$ °C). Во втором наблюдении достоверных различий в среднемесячных показателях не было определено, за исключением апреля ($-7,3 \pm 0,9$ °C против $-10,8 \pm 1,6$ °C, $p = 0,006$). Наименьшее значение минимальной температуры регистрировали в июне ($3,3 \pm 0,8$ °C), наибольшее в январе ($-30,2 \pm 2,1$ °C). Во втором наблюдении наименьшие значения отмечены в мае ($-5,4 \pm 0,8$ °C) и июне ($6,5 \pm 0,6$ °C), наибольшие в январе–феврале ($-30,5 \pm 1,6$ °C). Во втором периоде в марте–июне произошло достоверное повышение среднемесячных минимальных температур на $2,4$ °C (май, $p = 0,024$) – $5,8$ °C (март, $p = 0,014$).

В умеренно континентальном климате среднемесячная суточная температура в летний период года в каждом наблюдении была выше $+10$ °C, достигая $18,1 \pm 0,5 ... 18,8 \pm 0,3$ °C в июле. В зимние месяцы минимальная температура была ниже -10 °C (минимум в январе ($-15,3 \pm 0,9 ... -17,3 \pm 1,6$ °C, $p = 0,354$)). Интересно, что в апреле и июне во втором наблюдении среднесуточная среднемесячная температура была выше, соответственно на $4,0$ °C ($p = 0,001$) и на $3,9$ °C ($p = 0,001$). Минимальные температуры ниже -10 °C в каждом периоде регистрировались в ноябре–феврале с минимумом в январе ($-19,3 \pm 1,0 ... -20,9 \pm 1,5$ °C). В апреле во втором наблюдении минимальная температура была выше на $3,2$ °C ($p = 0,002$).

При оценке месячных годовых показателей по данным средних температур и скорости ветра установили, что в субарктической зоне ЭТ во втором периоде в апреле–июне были на $2,0$ – $5,6$ °C выше, но достоверные различия определены только в апреле и июне (табл. 1). ЭТ, рассчитанные по минимальной температуре и максимальному ветру, показали более длительный период повышения температур: с марта по июль – 5 месяцев. Достоверные различия в эти месяцы достигали $3,7$ – $9,9$ °C (табл. 2). В умеренном климате ЭТ, по средним показателям расчета свидетельствовали о достоверном повышении температуры в апреле и июне на $3,9$ – $5,3$ °C. Это же подтверждали и данные расчета по минимальной температуре и максимальному ветру.

Эффективные температуры при средних значениях температуры и скорости ветра свидетельствовали о том, что только в субарктической зоне края в первом наблюдении в течение 2 месяцев в году (январь и февраль) было возможно обморожение открытых участков тела в течение 20–30 минут; в декабре среднее значение ЭТ были на уровне верхней границы этого интервала, что также не исключало возможность обморожения. Во втором периоде возможность такого же обморожения сократилась до 2 месяцев. В умеренном климате опасности для одетого человека по периодам наблюдения не было определено.

При более суровых погодных условиях (сочетании влияния минимальной температуры и максимального ветра) значения месячных показателей ЭТ увеличивались (табл. 2). В субарктической зоне в первом периоде наблюдения риск обморожения был возможен в течение 6 месяцев в году при нахождении на открытом воздухе. Из них 4 месяца (декабрь–март) – в течение 10–15 минут, в апреле – в течение 20–30 минут. Кроме того, в ноябре также было возможно обморожение как в течение 20–30 минут, так и через 10–15 минут. Во втором периоде наблюдения 5 месяцев в году было возможным получение холодовой травмы: из них 2 месяца (январь и февраль) – через 10–15 минут и 3 месяца (ноябрь, декабрь и март) – в течение 20–30 минут. Интересно, что в январе в каждом периоде наблюдения значения ЭТ свидетельствовали о возможном критическом риске обморожения. В умеренно континентальном климате в первом периоде в январе и феврале было возможно обморожение в течение 20–30 минут, а в декабре риск обморожения не исключался. Во втором периоде наблюдения 1 месяц (январь) в году был возможен риск холодовой травмы, не исключалась она и в феврале.

Обсуждение. Температура окружающей среды не всегда может являться мерой охлаждающего и повреждающего воздействия на организм [14, 15]. Эффект ощущений при одной и той же температуре зависит от силы ветра и влажности. При этом высокая влажность может усугублять негативное влияние ветра. В условиях низких температур метеощущения усугубляются как действием сильного ветра, так и высокой влажности [6, 9, 16]. Особенно значима роль влажности при экстремально низких температурах воздуха, высокой скорости ветра и утрате теплозащитных свойств одежды при ее увлажнении. При отсутствии средств обогрева или условий для нахождения в сухой одежде риск нахождения человека в таких условиях резко возрастает [17]. Усиление скорости ветра и уменьшение влажности приводят к увеличению потери тепла (ощущение понижения температуры воздуха) ослабление ветра и рост влажности приводят к обратному эффекту [18].

Уровень влажность воздуха, может оказывать различное негативное влияние на здоровье человека. При низких показателях отмечается сухость глаз, кожи, слизистой носа, что способствует повышению простудной заболеваемости [19, 20], особенно на фоне повышенного движения воздуха [21]. При высоких показателях на фоне повышения температуры может нарушаться терморегуляция организма, приводя к таким серьезным последствиям, как обезвоживание, усталость, тепловой удар и даже смерть [22–24]. Снижается производительность труда и повышается риск производственной травмы [24, 25]. Показано, что увеличенная относительная влажность была связана с увеличенной активностью гриппа [26]. Относительная влажность имела большее влияние из всех других физических параметров на регистрацию числа случаев COVID-19 [27–30].

Как показало наше исследование в 1991–2020 гг. (период установления климатических норм) по сравнению с предыдущим, произошло изменение погодно-климатических условий, приведшее к потеплению погоды. В субарктической зоне снизилась сила ветра (средние значения), увеличилась длительность таких периодов, повысилась

Таблица 1. Эффективные температуры по средним показателям по периодам наблюдения в различных климатических зонах, °C

Table 1. Estimated mean effective temperatures in different climatic zones during the observation periods, °C

Периоды / Periods	Показатели по месяцам года / Indicators by months of the year, $M \pm m$											
	Умеренно континентальный климат / Temperate continental climate											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	-20,8 ± 1,1	-20,7 ± 1,9	-10,9 ± 1,7	-4,4 ± 0,9	6,0 ± 1,1	12,1 ± 1,5	17,9 ± 1,1	15,0 ± 1,2	6,7 ± 0,9	-2,7 ± 1,2	-13,2 ± 1,6	-19,3 ± 1,9
3	-22,4 ± 2,0	-18,9 ± 1,8	-8,6 ± 1,2	0,5 ± 0,8	6,1 ± 0,8	17,4 ± 1,1	19,1 ± 1,0	16,1 ± 0,9	7,1 ± 1,1	-1,4 ± 1,4	-12,2 ± 1,3	-17,6 ± 2,5
$p =$	0,47	0,39	0,121	0,001	0,55	0,001	0,178	0,142	0,62	0,125	0,332	0,468
Субарктический климат / Subarctic climate												
2	-31,5 ± 2,2	-29,5 ± 1,7	-24,2 ± 1,2	-18,4 ± 2,1	-5,9 ± 0,5	6,7 ± 2,8	17,7 ± 2,6	12,9 ± 1,3	3,1 ± 1,5	-11,2 ± 0,9	-25,7 ± 2,6	-28,7 ± 2,1
3	-30,8 ± 1,7	-28,7 ± 1,8	-23,7 ± 2,1	-14,0 ± 1,3	-3,9 ± 1,4	12,3 ± 1,8	18,3 ± 1,5	12,9 ± 1,7	4,4 ± 1,6	-9,5 ± 1,5	-24,7 ± 1,3	-26,6 ± 1,7
$p =$	0,758	0,69	0,081	0,002	0,184	0,011	0,396	0,776	0,374	0,293	0,657	0,222

Таблица 2. Эффективные температуры по минимальной температуре и максимальному ветру по периодам наблюдения в различных климатических зонах, °C

Table 2. Effective temperatures by the minimum ambient temperature and maximum wind speed in different climatic zones during the observation periods, °C

Периоды / Periods	Показатели по месяцам года / Indicators by months of the year, $M \pm m$											
	Умеренно континентальный климат / Temperate continental climate											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-30,1 ± 1,1	-31,1 ± 1,9	-20,1 ± 1,5	-13,4 ± 1,1	-4,8 ± 0,6	2,3 ± 0,8	8,2 ± 1,1	6,0 ± 0,4	-1,6 ± 0,8	-10,8 ± 0,7	-22, ± 2,0	-28,8 ± 2,2
2	-28,5 ± 1,7	-26,9 ± 1,8	-14,8 ± 1,0	-7,6 ± 0,6	-3,4 ± 0,8	6,9 ± 0,5	10,4 ± 0,4	8,2 ± 0,4	-1,0 ± 0,8	-9,4 ± 1,1	-22,1 ± 0,7	-23,1 ± 2,1
$p =$	0,226	0,026	0,031	0,009	0,133	0,001	0,461	0,736	0,362	0,134	0,33	0,115
Субарктический климат / Subarctic climate												
1	-46,4 ± 2,4	-45,3 ± 2,4	-40,9 ± 1,1	-35,5 ± 1,6	-18,8 ± 0,5	-7,6 ± 1,7	1,3 ± 1,3	-0,4 ± 0,3	-8,9 ± 1,1	-23,5 ± 0,8	-38,5 ± 2,8	-43,2 ± 1,8
2	-47,5 ± 1,7	-41,3 ± 1,2	-31,0 ± 1,6	-17,0 ± 1,3	-12,8 ± 0,9	-0,4 ± 1,1	5,0 ± 0,6	0,6 ± 0,8	-10,6 ± 1,2	-21,2 ± 0,9	-34,8 ± 1,6	-37,5 ± 2,4
$p =$	0,726	0,059	0,001	0,001	0,029	0,004	0,019	0,396	0,342	0,109	0,321	0,172

температура на открытой территории. Влажность воздуха не изменилась. В умеренном климате отмечено изменение всех трех физических показателей. Это отразилось на длительности периодов риска здоровью по холодовому влиянию: по показателям средних и крайних значений силы ветра и температуры в субарктической зоне отмечено сокращение срока на 1 месяц. В умеренном климате риска здоровью при средних значениях риска не определили, а при крайних значениях также отмечено сокращение этого периода на 1 месяц. Таким образом, проведенный анализ показал разную степень риска здоровью населения Красноярского края, проживающего в разных климатических зонах.

Как известно, Правительство РФ для активного решения вопросов, связанных с изменениями климата, в числе приоритетных выделяет проведение научной оценки погодно-климатических условий как прогностической составляющей для обеспечения прогноза связи с изменением климата угроз национальной безопасности, оценку рисков и выгод для экономики страны и ее территории, а также способности адаптации к изменению климата¹.

Для оценки риска здоровью в холодное время года Роспотребнадзор рекомендует использовать интегральный показатель условий охлаждения (обморозения), который определяет время безопасной работы на открытой территории². Для устранения негативного воздействия холодных

сред на здоровье и деятельность человека, а также на производительность, качество и безопасность работы разработан стандарт оценки риска при работах в холодных средах с использованием ветрохолодового индекса³. Вместе с тем эти био-климатические индексы не учитывают «вклад» в терморегуляцию человека влажности воздуха. Совокупное влияние ветра и влажности в условиях экстремальных климатических зон может повысить риск холодовой травмы.

Таким образом, исследование показало увеличение периода безопасного нахождения на открытой территории, что имеет значение при организации работ; условия обитания стали более комфортными. Также актуализируется межведомственное обоснование критерия безопасности работ на открытой территории. Однако потепление несет и определенные риски, в частности эпидемиологические (возможный рост инфекционных и паразитарных заболеваний), медицинские (рост заболеваемости), социальные (ухудшение условий проживания местного населения, природопользования коренных народов Севера), деградация вечной мерзлоты привести к просадке грунта, заболачиванию территории [31].

Выводы

1. На территориях Красноярского края в интервале наблюдения для установления климатических норм (1991–2020 гг.) определены различия по отношению к предыдущему (1961–1990 гг.), приведшие к потеплению погоды: в субарктической зоне по

¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2011 г. № 730р «Об утверждении Комплексного плана реализации Климатической доктрины Российской Федерации на период до 2020 года».

² МР 2.2.7.2129–06 «Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях».

³ ГОСТ Р ИСО 15743–2012. Практические аспекты менеджмента риска. Менеджмент и оценка риска для холодных сред.

средней и максимальной силе ветра и средней и минимальной температуре, в умеренном климате – по среднему и максимальному ветру, средней и минимальной температуре и влажности воздуха.

2. Установлено достоверное повышение эффективных температур: в субарктической зоне при средних показателях силы ветра и температуры – в феврале–апреле и июне, при максимальном ветре и минимальной температуре – в марте–июле; в умеренном климате соответственно в апреле и июне.

3. Длительность периодов риска здоровью по холодовому воздействию в условиях субарктического климата при средних значениях ветра и температуры – 2 (I–II), при максимальном ветре и минимальной температуре – 5 (XI–III) месяцев; в умеренном климате, соответственно, нет риска и 2 (3) (I, II и XII) месяца.

Список литературы

- Черных Д.А., Тасейк О. В. Оценка риска от температурных волн, влияющих на повышение уровня смертности населения г. Красноярск // Экология человека. 2018. № 2. С. 3–8. doi: 10.33396/1728-0869-2018-2-3-8
- Диханова З.А., Мухаметжанова З.Т., Искакова А.К. и др. Влияние климата на организм человека // Гигиена труда и медицинская экология. 2017. № 1 (54). С. 12–16.
- Шипко Ю.В., Шувакин Е.В., Иванов А.В. Обобщенный биоклиматический показатель безопасности работ на открытом воздухе в суровых погодных условиях // Вестник КВГУ, Серия: география. Геоэкология. 2015. № 3. С. 33–39.
- Шипко Ю.В., Шувакин Е.В., Шуваев М.А. Регрессионные модели оценки безопасности работ персонала на открытой территории в жестких погодных условиях // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2017. № 1. С. 131–140.
- Мастрюков С.И., Червякова И.В. Обзор современных отечественных и зарубежных методов оценки ветрового охлаждения человека // Навигация и гидрография. 2014. № 38. С. 83–90.
- Григорьева Е.А., Христофорова Н.К. Биоклимат Дальнего Востока России и здоровье населения // Экология человека. 2019. № 5. С. 4–10. doi: 10.33396/1728-0869-2019-5-4-10
- Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Анисимов О.А. и др. Волны жары и холода в городах, расположенных в Арктической и Субарктической зонах как факторы риска повышения смертности населения на примере Архангельска, Мурманска и Якутска // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 9. С. 791–798. doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-9-791-798
- Синицын И.С., Георгица И.М., Иванова Т.Г. Биоклиматическая характеристика территории в медико-географических целях // Ярославский педагогический вестник. 2013. Т. 3. № 4. С. 279–283.
- Григорьева Е.А. Климатические условия Дальнего Востока как фактор развития болезней органов дыхания // Региональные проблемы. 2017. Т. 20. № 4. С. 79–85.
- Шартова Н.В., Шапошников Д.А., Константинов П.И. и др. Определение порогов температурно-зависимой смертности на основе универсального индекса теплового комфорта – UTCI // Анализ риска здоровью. 2019. № 3. С. 83–93. doi: 10.21668/health.risk/2019.3.10.
- Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Динамические климатические нормы температуры воздуха // Метеорология и гидрология. 2012. № 12. С. 5–18.
- Груза Г.В. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. М.: ИГКЭ Росгидромета и РАН, 2012. 193 с.
- Карандеев Д.Ю. Эффективная температура как фактор, влияющий на электропотребление города // Современная техника и технологии. 2015. № 2 [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/2015/02/5728> (дата обращения: 11.09.2020).
- Аленикова А.Э., Теписова Е.В. Анализ изменений гормонального профиля мужчин г. Архангельска в зависимости от факторов погоды // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2014. № 3. С. 5–15.
- Бочаров М.И. Терморегуляция организма при холодовых воздействиях (обзор). Сообщение I // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2015. № 1. С. 5–15.
- Дубровская С.В. Метеочувствительность и здоровье. М.: РИПОЛ классик, 2011. 180 с.
- Чашин В.П., Гудков А.Б., Чашин М.В. и др. Предиктивная оценка индивидуальной восприимчивости организма человека к опасному воздействию холода // Экология человека. 2017. № 5. С. 3–13. doi: 10.33396/1728-0869-2017-5-3-13
- Ivankov A. Explainer: What is wind chill? What are its effects? Profolus. Published January 31, 2019. Accessed October 25, 2021. <https://www.profolus.com/topics/explainer-what-is-wind-chill-what-are-its-effects>
- Sunwoo Y, Chou C, Takeshita J, Murakami M, Tochi-hara Y. Physiological and subjective responses to low relative humidity. *J Physiol Anthropol.* 2006;25(1):7–14. doi: 10.2114/jpa2.25.7
- Jang SI, Han J, Lee M, Seo J, Kim BJ, Kim E. A study of skin characteristics according to humidity during sleep. *Skin Res Technol.* 2019;25(4):456–460. doi: 10.1111/srt.12673
- Hashiguchi N, Tochi-hara Y. Effects of low humidity and high air velocity in a heated room on physiological responses and thermal comfort after bathing: an experimental study. *Int J Nurs Stud.* 2009;46(2):172–180. doi: 10.1016/j.ijnurstu.2008.09.014
- Marchetti E, Capone P, Freda D. Climate change impact on microclimate of work environment related to occupational health and productivity. *Ann Ist Super Sanita.* 2016;52(3):338–342. doi: 10.4415/ANN_16_03_05
- Cariappa MP, Dutt M, Reddy KP, Mukherji S. 'Health, Environment and Training': Guidance on conduct of physical exertion in hot and humid climates. *Med J Armed Forces India.* 2018;74(4):346–351. doi: 10.1016/j.mjafi.2017.09.017
- Kjellstrom T, Crowe J. Climate change, workplace heat exposure, and occupational health and productivity in Central America. *Int J Occup Environ Health.* 2011;17(3):270–281. doi: 10.1179/107735211799041931
- Dally M, Butler-Dawson J, Sorensen CJ, et al. Wet bulb globe temperature and recorded occupational injury rates among Sugarcane harvesters in Southwest Guatemala. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(21):8195. doi: 10.3390/ijerph17218195
- Suntronwong N, Vichaiwattana P, Klinfueng S, et al. Climate factors influence seasonal influenza activity in Bangkok, Thailand. *PLoS One.* 2020;15(9):e0239729. doi: 10.1371/journal.pone.0239729
- Alkhowailed M, Shariq A, Alqossayir F, Alzahrani OA, Rasheed Z, Al Abdulmonem W. Impact of meteorological parameters on COVID-19 pandemic: A comprehensive study from Saudi Arabia. *Inform Med Unlocked.* 2020;20:100418. doi: 10.1016/j.imu.2020.100418
- Pani SK, Lin N-H, Babu SR. Association of COVID-19 pandemic with meteorological parameters over Singapore. *Sci Total Environ.* 2020;740:140112. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140112
- Ward MP, Xiao S, Zhang Z. Humidity is a consistent climatic factor contributing to SARS-CoV-2 transmission. *Transbound Emerg Dis.* 2020;67(6):3069–3074. doi: 10.1111/tbed.13766

30. Ward MP, Xiao S, Zhang Z. The role of climate during the COVID-19 epidemic in New South Wales, Australia. *Transbound Emerg Dis.* 2020;67(6):2313–2317. doi: 10.1111/tbed.13631
31. Катцов В.М., Порфирьев Б.Н. Климатические изменения в Арктике: Последствия для окружающей среды и экономики // Арктика: Экология и экономика. 2012. № 2(6). С. 066–079.

References

- Chernykh DA, Taseiko OV. Assessment of the risk mortality from thermal waves in Krasnoyarsk City. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2018;(2):3–8. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2018-2-3-8
- Dikhanova ZA, Mukhametzhanova ZT, Iskakova AK, Altaeva BZ, Mukasheva BG. [Effects of climate on the human body.] *Gigiena Truda i Meditsinskaya Ekologiya*. 2017;(1(54)):12–16. (In Russ.)
- Shipko YuV, Shuvakin EV, Ivanov AV. [Generalized bioclimatic safety index for outdoor work in severe weather conditions.] *Vestnik VGU, Seriya: Geografiya. Geokologiya*. 2015;(3):33–39. (In Russ.)
- Shipko YuV, Shuvakin EV, Shuvaev MA. Regression models of assessment of the staff safety operations outdoors in severe weather condition. *Vozdushno-Kosmicheskie Sily. Teoriya i Praktika*. 2017;(1):131–140. (In Russ.)
- Mastryukov SI, Chervyakova IV. [Review of modern domestic and foreign methods for assessing human wind cooling.] *Navigatsiya i Gidrografiya*. 2014;(38):83–90. (In Russ.)
- Grigorieva EA, Khristoforova NK. Climate and human health at the Russian Far East. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2019;(5):4–10. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2019-5-4-10
- Revich BA, Shaposhnikov DA, Anisimov OA, Belolutskaia MA. Heat waves and cold spells in three Arctic and Subarctic cities as mortality risk factors. *Gigiena i Sanitariya*. 2018;97(9):791–798. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-9-791-798
- Sinitsyn IS, Georgitsa IM, Ivanova TG. The bioclimatic characteristics of the territory in medical-geographical purposes. *Yaroslavskiy Pedagogicheskii Vestnik*. 2013;3(4):279–283. (In Russ.)
- Grigorieva EA. Climatic conditions of the Far East as a factor in the development of respiratory diseases. *Regional'nye Problemy*. 2017;20(4):79–85. (In Russ.)
- Shartova NV, Shaposhnikov DA, Konstantinov PI, Revich BA. Universal thermal climate index (UTCI) applied to determine thresholds for temperature-related mortality. *Health Risk Analysis*. 2019;(3):83–93. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2019.3.10
- Gruza GV, Ran'kova EYa. Dynamic normals of surface air temperature. *Meteorologiya i Gidrologiya*. 2012;(12):5–18. (In Russ.)
- Gruza GV. [Observed and Expected Climate Changes in Russia: Ambient Temperature.] Moscow: IGKE Rosgidrometa i RAN Publ.; 2012. (In Russ.)
- Karandeev DJu. The effective temperature as a factor influencing the power consumption of the city. *Sovremennaya Tekhnika i Tekhnologii*. 2015;(2). (In Russ.) Accessed October 25, 2021. <http://technology.snauka.ru/2015/02/5728>
- Alenikova AE, Tipisova EV. Analysis of the changes in male hormone profile depending on weather conditions in Arkhangelsk. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) Federal'nogo Universiteta. Seriya: Mediko-Biologicheskie Nauki*. 2014;(3):5–15. (In Russ.)
- Bocharov MI. Thermoregulation in cold environments (review). Report I. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) Federal'nogo Universiteta. Seriya: Mediko-Biologicheskie Nauki. Zhurnal Mediko-Biologicheskikh Issledovaniy*. 2015;(1):5–15. (In Russ.)
- Dubrovskaya SV. [Weather Sensitivity and Health.] Moscow: RIPOL klassic Publ., 2011. (In Russ.)
- Chashchin VP, Gudkov AB, Chashchin MV, Popova ON. Predictive assessment of individual human susceptibility to damaging cold exposure. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2017;(5):3–13. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2017-5-3-13
- Ivanov A. Explainer: What is wind chill? What are its effects? Profolus. Published January 31, 2019. Accessed October 25, 2021. <https://www.profolus.com/topics/explainer-what-is-wind-chill-what-are-its-effects>
- Sunwoo Y, Chou C, Takeshita J, Murakami M, Tochi-hara Y. Physiological and subjective responses to low relative humidity. *J Physiol Anthropol*. 2006;25(1):7–14. doi: 10.2114/jpa2.25.7
- Jang SI, Han J, Lee M, Seo J, Kim BJ, Kim E. A study of skin characteristics according to humidity during sleep. *Skin Res Technol*. 2019;25(4):456–460. doi: 10.1111/srt.12673
- Hashiguchi N, Tochi-hara Y. Effects of low humidity and high air velocity in a heated room on physiological responses and thermal comfort after bathing: an experimental study. *Int J Nurs Stud*. 2009;46(2):172–180. doi: 10.1016/j.ijnurstu.2008.09.014
- Marchetti E, Capone P, Freda D. Climate change impact on microclimate of work environment related to occupational health and productivity. *Ann Ist Super Sanita*. 2016;52(3):338–342. doi: 10.4415/ANN_16_03_05
- Cariappa MP, Dutt M, Reddy KP, Mukherji S. 'Health, Environment and Training': Guidance on conduct of physical exertion in hot and humid climates. *Med J Armed Forces India*. 2018;74(4):346–351. doi: 10.1016/j.mjafi.2017.09.017
- Kjellstrom T, Crowe J. Climate change, workplace heat exposure, and occupational health and productivity in Central America. *Int J Occup Environ Health*. 2011;17(3):270–281. doi: 10.1179/107735211799041931
- Dally M, Butler-Dawson J, Sorensen CJ, et al. Wet bulb globe temperature and recorded occupational injury rates among Sugarcane harvesters in Southwest Guatemala. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(21):8195. doi: 10.3390/ijerph17218195
- Suntronwong N, Vichaiwattana P, Klinfueng S, et al. Climate factors influence seasonal influenza activity in Bangkok, Thailand. *PLoS One*. 2020;15(9):e0239729. doi: 10.1371/journal.pone.0239729
- Alkhowailed M, Shariq A, Alqossayir F, Alzahrani OA, Rasheed Z, Al Abdulmonem W. Impact of meteorological parameters on COVID-19 pandemic: A comprehensive study from Saudi Arabia. *Inform Med Unlocked*. 2020;20:100418. doi: 10.1016/j.imu.2020.100418
- Pani SK, Lin N-H, Babu SR. Association of COVID-19 pandemic with meteorological parameters over Singapore. *Sci Total Environ*. 2020;740:140112. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140112
- Ward MP, Xiao S, Zhang Z. Humidity is a consistent climatic factor contributing to SARS-CoV-2 transmission. *Transbound Emerg Dis*. 2020;67(6):3069–3074. doi: 10.1111/tbed.13766
- Ward MP, Xiao S, Zhang Z. The role of climate during the COVID-19 epidemic in New South Wales, Australia. *Transbound Emerg Dis*. 2020;67(6):2313–2317. doi: 10.1111/tbed.13631
- Kattsov VM, Porfiriev BN. [Climate changes in the Arctic: Implications for the environment and economy.] *Arktika: Ekologiya i Ekonomika*, 2012;(2(6)):066–079. (In Russ.)





Гигиенические детерминанты психического здоровья городского населения: обзор литературы

И.М. Синева, А.А. Хафизова, И.А. Пермяков

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», Ленинские горы, д. 1, стр. 12, г. Москва, 119234, Российская Федерация

Резюме

Введение. На сегодняшний день более половины населения Земли проживает в городах, и ожидается рост этого показателя до 68 % к 2050 году. Стремительная урбанизация, происходящая во всем мире, сопровождается значительными экологическими, экономическими и социальными трансформациями, в частности касающимися здоровья населения.

Цель: обзор и систематизация данных, касающихся особенностей воздействия ряда специфических для городской среды гигиенических факторов на психическое здоровье населения.

Результаты. В настоящем обзоре на основании изучения публикаций двух последних десятилетий представлены данные о воздействии ряда специфических для урбанизированной среды факторов на психическое здоровье и благополучие городского населения. Рассмотрено влияние некоторых особенностей городской среды и разных видов загрязнения (воздушного, светового и шумового). Основными последствиями их воздействия являются стрессовые реакции, нарушения сна, тревожные и депрессивные состояния, повышение риска манифестации и тяжести протекания психических расстройств. В качестве механизмов, опосредующих психогенное воздействие рассматриваемых факторов, выступают эндокринные и нейрофизиологические нарушения, оксидативный стресс.

Заключение. Подчеркивается необходимость учитывать при анализе и оценке дифференциальной значимости различных условий городской среды другие виды факторов (социальные, бытовые, генетические, индивидуальные психологические и физиологические особенности). Представленные данные свидетельствуют о важности продолжения исследований влияния факторов урбанизированной среды на психическое здоровье людей, результаты которых могут быть использованы в организации гигиенических мероприятий и разработке программ городского планирования.

Ключевые слова: городская среда, световое загрязнение, загрязнение воздуха, шумовое загрязнение, психическое здоровье, психологическое благополучие.

Для цитирования: Синева И.М., Хафизова А.А., Пермяков И.А. Гигиенические детерминанты психического здоровья городского населения: обзор литературы // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 11. С. 67–75. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-67-75>

Сведения об авторах:

✉ **Синева** Ирина Михайловна – к.б.н., доцент кафедры антропологии биологического факультета; e-mail: i-sineva@yandex.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3336-898X>.

Хафизова Айнур Асхадовна – аспирантка кафедры антропологии биологического факультета; e-mail: aya.khafizova@gmail.com; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4764-6792>.

Пермяков Игорь Александрович – к.м.н., старший научный сотрудник кафедры физического воспитания и спорта; e-mail: ipermyakov1960@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3085-1004>.

Информация о вкладе авторов: *Синева И.М.* предложила идею статьи, внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, осуществила редактирование окончательного варианта статьи, окончательно утвердила присланную в редакцию рукопись; *Хафизова А.А.* внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, занималась поиском и анализом литературных данных, работала над текстом статьи, подготовила первый вариант рукописи, подготовила итоговый вариант рукописи; *Пермяков И.А.* внес существенный вклад в переработку статьи и расширение освещения гигиенического аспекта.

Финансирование: работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 19-78-10013).

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 03.03.21 / Принята к публикации: 03.11.21 / Опубликовано: 30.11.21

Environmental Determinants of Urban Mental Health: a Literature Review

Irina M. Sineva, Ainur A. Khafizova, Igor A. Permyakov

Lomonosov Moscow State University, Bldg 12, 1 Leninskie Gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Summary

Introduction: More than half of the global population currently lives in cities; by 2050, this rate is expected to increase to 68 %. The worldwide process of rapid urbanization is associated with significant environmental, economic and social changes, particularly in public health. The **aim of the study:** review and systematization of data concerning the impact of a number of hygienic factors specific to the urban environment on the mental health of the population.

Results: This review is based on articles published over the last two decades and provides an overview of urban environment-related risk factors for mental health and well-being of citizens. The studies reviewed give evidence of adverse health effects of environmental exposures to air, light, and noise pollution in the cities. The main consequences of their impact on mental health include psychological distress, sleep disturbance, anxiety, depression, an increased risk of manifestation and higher severity of mental disorders, all mediated by endocrine and neurophysiological disorders and oxidative stress.

Conclusion: The analysis and assessment of the differential significance of various environmental conditions of the urban environment require consideration of other factors, including social, household, genetic, individual psychological and physiological characteristics. Our findings indicate the importance of further research on the influence of urban environment on mental health, the results of which can be implemented in various hygiene practices and urban planning programs.

Keywords: urban environment, light pollution, air pollution, noise pollution, mental health, psychological well-being.

For citation: Sineva IM, Khafizova AA, Permyakov IA. Environmental determinants of urban mental health: A literature review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(11):67–75. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-67-75>

Author information:

✉ **Irina M. Sineva**, Cand. Sci. (Biol.); Associate Professor, Department of Anthropology, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University; e-mail: i-sineva@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3336-898X>.

Ainur A. Khafizova, postgraduate student, Associate Professor, Department of Anthropology, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University; e-mail: aya.khafizova@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4764-6792>.

Igor A. Permyakov, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Department of Physical Education and Sports, Lomonosov Moscow State University; e-mail: ipermyakov1960@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3085-1004>.

Author contributions: *Sineva I.M.* developed the study conception and design; *Khafizova A.A.* contributed to the development of the study conception and design, did a literature review, and wrote the manuscript; *Permyakov I.A.* revised the manuscript and expanded the coverage of its hygienic aspect; all authors reviewed the results, contributed to the discussion, and approved the final version of the manuscript.

Funding: The research was carried out with financial support of the Russian Science Foundation, Grant No. 19-78-10013.

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

Received: March 3, 2021 / Accepted: November 03, 2021 / Published: November 30, 2021

Введение. Стремительная урбанизация, происходящая во всем мире, сопровождается значительными изменениями в образе жизни, социальном поведении и здоровье людей. Согласно прогнозу департамента Организации Объединенных Наций (ООН) по экономическим и социальным вопросам, к 2050 году 68 % населения мира (6,3 млрд) будет жить в городах. Сейчас этот показатель составляет 55 %, и в мире насчитывается около 4,2 млрд городских жителей (в 1950 году их было всего 751 млн). Хотя городские условия жизни привлекательны ввиду того, что открывают множество потенциальных возможностей (доступ к развитой системе здравоохранения, трудоустройства, образования), нельзя не учитывать риски для физического и психического здоровья населения, которые они порождают.

Метаанализ исследований о связи проживания в городах с уровнем психического здоровья обнаружил наличие корреляции между степенью урбанизации территории и риском возникновения различных психических расстройств (тревожных, психотических, аффективных, зависимостей) [1]. Также было показано, что в городах распространенность всех психических заболеваний выше на 30 %, аффективных расстройств — на 39 %, тревожных расстройств — на 21 %, вдвое выше риск манифестации шизофрении по сравнению с жителями неурбанизированных территорий [2]. В связи с этим актуальной становится необходимость расширить представления о факторах урбанизированной среды, которые оказывают наибольшее влияние на психическое состояние населения, изучить специфику их воздействия, оценить доказательность причинно-следственной связи развивающихся негативных эффектов и механизма их развития. Гигиена, как медицинская наука, рассматривает влияние совокупности физических, химических и биологических факторов окружающей среды на человека, а также включает оценку и контроль факторов, которые могут воздействовать на здоровье. Выявление гигиенических аспектов воздействия факторов внешней среды на здоровье человека необходимо с целью оценки соответствия их санитарным нормам и правилам (СанПиН), а также изучения физиологических и патофизиологических механизмов влияния того или иного фактора среды обитания на организм и определения допустимого безопасного уровня воздействия этого фактора. На основании полученной информации определяется стратегия защиты организма человека от негативного воздействия изучаемого фактора, а также уточняются и разрабатываются нормативные документы.

В качестве детерминант психического здоровья городского населения выделяются следующие гигиенические факторы: звуковой ландшафт (шумовое загрязнение), уровень загрязнения воздуха, воды, световое загрязнение, особенности городского дизайна (архитектура, особенности застройки и планировки городского пространства), транспортная инфраструктура, жилищные условия. При этом их роль не исключительно негативная, они могут обеспечивать и защиту, компенсирующую воздействие других стрессовых факторов [3].

Несмотря на отмечающееся влияние урбанизации на психическое здоровье населения России [4], в доступной отечественной литературе наблюдается недостаток обзорных работ, освещающих

возможные гигиенические факторы, влияющие на психологическое благополучие, необходимость в которых увеличивается на фоне возрастающего интереса международного научного сообщества к экopsихологическим проблемам городской среды. Настоящая работа призвана заполнить данную лауну и обозначить возможные направления гигиенических исследований для изучения влияния городской экосистемы на психическое здоровье индивидуума.

Цель настоящего исследования состоит в обзоре и систематизации данных, касающихся особенностей воздействия ряда специфических для городской среды гигиенических факторов на психическое здоровье населения.

Материалы и методы. В обзоре анализируются преимущественно зарубежные публикации в электронных базах данных (Web of Science, Scopus, PubMed, Google Scholar) в период с 2000 по 2020 год.

Результаты исследования

Городская среда

Вне зависимости от индивидуального образа жизни городские жители так или иначе входят во взаимодействие с пространством города, поэтому нельзя недооценивать влияние городских пейзажей на психологическое состояние людей [3]. Психогенное воздействие оказывает уже архитектурное пространство. Основными параметрами, которые следует учитывать, являются масштабность, форма, цвет построек. Для городского ландшафта характерно преобладание однообразных архитектурных форм: голые стены из бетона и стекла, глухие заборы, однообразные переходы и асфальтовые покрытия, преобладание одинаковых элементов (ряды окон в высотных домах). Если человек не занят переработкой разнообразной информации (в т. ч. визуальной) из внешнего мира, то возникает риск скуки, руминации, что, в свою очередь, создает опасность возникновения стресса, тревожных и депрессивных состояний, депрессии [3, 5].

Ввиду общемировой тенденции увеличения количества многоэтажных домов стали широко изучаться их визуально-психологические эффекты [6, 7]. Огромные размеры зданий вызывают у людей чувство собственной незначительности, ничтожности [7]. В частности, описывается феномен так называемого чувства подавленности (*sense of oppression* или *oppressiveness*), возникающего у городских жителей от масштабов зданий [8].

Другой важной частью городской среды является транспортная инфраструктура и необходимость для большинства городских жителей ежедневно проводить довольно продолжительное время в дороге. Качественная и хорошо продуманная транспортная система оказывает положительное влияние на психическое здоровье горожан, поскольку обеспечивает эффективное и доступное передвижение по городу и посредством этого увеличивает возможности для образования, работы, отдыха, социального взаимодействия, доступа к природе, что, в свою очередь, играет важную роль для психического здоровья [3]. Вместе с тем шум, толпа, непредсказуемость трафика, количество затраченного на дорогу времени влияют на настроение, уровень стресса, тревожности, враждебности и агрессивности [9–11]. Исследования показывают, что увеличение времени, затраченного на дорогу, связано с ухудшением качества сна [10],

проявлением симптомов депрессии [12]. Кроме того, чем больше времени люди тратят на дорогу, тем меньше времени они проводят со своими друзьями и семьей [13], что также отражается на психическом состоянии.

В то же время определенные особенности городского дизайна и планирования могут улучшить и сохранить психическое здоровье городских жителей, скомпенсировать неблагоприятное психогенное воздействие урбанизированной среды. Специалисты Центра городского дизайна и психического здоровья (*The Centre for Urban Design and Mental Health*), основываясь на результатах исследований, проведенных по всему миру, считают, что в качестве этих компенсаторных факторов могут рассматриваться зеленые зоны, пространства для физической и социальной активности, безопасные пространства. Они тесно взаимосвязаны и неотделимы друг от друга [3].

Одним из ключевых принципов городского планирования является обеспечение безопасности граждан, как экологической, так и социальной. Среда должна быть достаточно безопасной для жизнедеятельности людей, для социального взаимодействия, физической активности, что, в свою очередь, повлияет на их психологическое благополучие. Основными мерами, которые можно учесть при городском планировании, являются благоустройство улиц и жилищ, понятная планировка и наличие ориентиров, функциональное зонирование для насыщения улиц людьми в любое время дня, поддержание порядка, хорошее освещение. Для способствования социальному взаимодействию предлагается организовать разнообразные общедоступные и безопасные городские пространства, в которых могут происходить общественные мероприятия, места, где люди могут не только общаться, но и участвовать в полезных для общества акциях. Организация пространств для физической активности включает в себя не только постройку площадок для воркаута, мест для групповых видов спорта, но также расширение велосипедных и пешеходных зон. С точки зрения гигиенической науки, один из самых упоминаемых факторов для сохранения психического здоровья в городе – это озеленение городского пространства. Показано, что доступ жителей к зеленым (скверы, парки, сады) и голубым (пруды, озера и прочие водоемы) зонам уменьшает стресс, улучшает социальное и когнитивное функционирование, уменьшает симптомы тревоги и депрессии [14, 15].

В некоторых современных городах реализуются программы по улучшению здоровья граждан, и многие из них связаны с модификацией различных аспектов городской среды. Однако среди них нет таких, которые имеют своей целью улучшение непосредственно психического здоровья [3]. Следует отметить, что соматическое и психологическое здоровье тесно взаимосвязаны, и соматические болезни могут стать дополнительным стрессовым фактором, инициирующим манифестацию и вызывающим развитие психических расстройств. Однако на сегодняшний день нет однозначного мнения относительно преимуществ или минусов урбанизации для состояния здоровья населения [16]. По данным официальной статистики в 2019 году, в РФ как первичная заболеваемость, так и

заболеваемость отдельными классами болезней различается в группах городских и сельских жителей¹. Так, например, если сравнивать Москву и Московскую область, то у городских жителей чаще диагностировались новообразования, болезни эндокринной и мочеполовой системы, а среди жителей Московской области – болезни нервной системы, системы кровообращения и органов дыхания. Однако картина значительно варьирует в зависимости от субъекта РФ.

Световое загрязнение

В течение XX века искусственное освещение стало использоваться настолько широко, что его стали рассматривать как антропогенное нарушение среды обитания – световое загрязнение. Световое загрязнение сопровождается явлением индустриализации и встречается прежде всего в городских районах развитых стран [17]. В настоящий момент световое загрязнение затрагивает 99 % населения США и Европы и приблизительно 60 % населения остального мира [18]. Большое количество работ свидетельствуют о том, что оно имеет значительные экологические и социальные последствия, в том числе для физического и психического здоровья человека [19–21].

Согласно официальному определению Международной ассоциации темного неба (*the DSA*), под световым загрязнением понимается нецелесообразное, чрезмерное и инвазивное использование искусственного света, которое может иметь серьезные последствия для человека, дикой природы и экологии в целом. Основными источниками светового загрязнения являются промышленные комплексы, городское уличное освещение, архитектурное освещение, светящиеся рекламные щиты или прожекторы. Световое загрязнение – это комплексный термин, включающий ряд феноменов. Слепление светом (*glare*) представляет собой сильный визуальный дискомфорт, возникающий при взгляде на источник очень яркого света (например, частичное ослепление возникает, когда человек смотрит на солнце, на фары автомобиля). Световое вторжение (*light trespass*) возникает при проникновении нежелательного света в частную собственность извне (например, проникновение луча света от фонаря или от соседей в окно ночью). Чрезмерное освещение (*over-illumination*) – это явление, при котором освещение осуществляется с интенсивностью, превосходящей необходимую для данной деятельности (возникает, например, при использовании дизайна зданий, витрин или рекламных таблоидов с использованием многочисленных источников света или при дневном освещении). Переизбыток источников света (*clutter*) – это избыточное скопление источников света, оно может отвлекать внимание, дезориентировать и вызывать несчастные случаи (например, ДТП при отвлечении на рекламные щиты). В случае, когда весь свет от искусственных источников направляется в небо и рассеивается в нижних слоях атмосферы, увеличивается площадь светового загрязнения, создавая над городами так называемые световые купола (*skyglow*) [21].

Негативное влияние светового загрязнения на психическое здоровье человека включает: возникновение или учащение головных болей, утомляемость и усталость, возрастание уровня тревожности и стресса, снижение либидо, возникновение или

¹ Регионы России. Социально-экономические показатели: сборник. [Электронный ресурс.] Доступно по: (<https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>).

усиление депрессивных симптомов и аффективных расстройств [17, 19, 21].

Считается, что негативные последствия светового загрязнения, в том числе для психического здоровья, обусловлены нарушением биологических циклов [18]. У человека основным регулятором эндогенных биологических циклов является мелатонин, который синтезируется в эпифизе мозга в ночное время. При световом загрязнении в ночное время процесс синтеза мелатонина нарушается, что оказывает влияние на различные системы организма через ряд физиологических реакций и приводит к нарушению биологических ритмов [18, 19]. Лабораторные исследования на животных показывают, что абerrантная экспозиция искусственным освещением по ночам вызывает у них симптомы, похожие на депрессию (в частности, ангедония, уменьшение двигательной активности), и нарушения циркадных ритмов [17, 19].

Аналогичные психологические и физиологические ответы на световое загрязнение могут наблюдаться и у людей [17, 20]. Показано, что увеличение уровня искусственного ночного освещения приводит к увеличению депрессивных симптомов [22], причем эта ассоциация остается достоверной и после учета других потенциальных экологических коррелятов (загрязнение воздуха, шум, социальная разобщенность и депривация, зеленые пространства) [20].

Потенциальные механизмы влияния светового загрязнения на развитие аффективных расстройств не ограничиваются только супрессией синтеза мелатонина [17, 19]. Исследование на грызунах показало, что экспозиция тусклым светом (что является эквивалентом интенсивности освещения, которое обычно испытывают люди по ночам от телевизоров, компьютеров, ночников) по ночам вызывает симптомы, похожие на депрессию [19]. Пока не удалось точно идентифицировать механизмы, объясняющие данные квазидепрессивные состояния, но предполагаемый путь, по всей видимости, связан с гиппокампом, структурой мозга, участвующей в патофизиологии большого депрессивного расстройства [17, 23].

Еще один механизм, который может играть значительную роль в депрессивной симптоматике, вызванной различными типами нарушений биологических циклов, — нейровоспаление [19]. При экспозиции тусклым светом в ночное время у лабораторных животных наблюдается увеличение экспрессии фактора некроза опухоли альфа (TNF α) в гиппокампе; фармакологическое лечение ингибитора TNF α предупреждает депрессивные симптомы [17]. Связь между поведением и нарушением циркадных ритмов и нейровоспалением согласуется с предположительной ролью провоспалительных цитокинов и нарушений циркадного ритма в патогенезе депрессии [17].

Различные неблагоприятные последствия светового загрязнения для здоровья могут рассматриваться и как результат оксидативного стресса. Так, долговременная и непрекращающаяся экспозиция светом может вызвать оксидативный стресс [18]. Известно, что мелатонин и его метаболиты обладают способностью защиты от оксидативного стресса и заболеваний, являющихся результатом оксидативной атаки. Супрессия его синтеза в результате светового загрязнения может стать причиной развития различных патологических

процессов из-за невозможности организма справиться с оксидативным стрессом.

Загрязнение воздуха

Загрязнение атмосферного воздуха является одним из основных факторов риска для здоровья, связанных с окружающей средой. Результаты недавних эпидемиологических исследований свидетельствуют о значительном негативном эффекте аэрополлютантов на рост бремени болезней и смертности людей по всему миру [24, 25].

В число аэрополлютантов входят взвешенные частицы (*particulate matter*), газы (озон, оксид углерода, оксид и диоксид азота, диоксид серы и др.), токсичные металлы (например, свинец, ванадий, никель, медь, марганец), а также ряд органических (например, полициклические ароматические гидрокарбонаты) и биологических молекул (например, бактериальные эндотоксины) [26, 27]. Наибольшее негативное воздействие на здоровье людей оказывает загрязнение воздуха взвешенными частицами, которое является пятым среди основных факторов риска смертности в мире [24]. За последнее десятилетие в зарубежной научной литературе появляется все больше работ, посвященных изучению влияния загрязнения атмосферного воздуха не только на физическое, но и на психическое здоровье.

Взвешенные частицы являются смесью твердых и жидких органических и неорганических веществ, присутствующих в атмосферном воздухе в виде аэрозоля. Обычно выделяют следующие типы взвешенных частиц: «крупные» — с диаметром от 2,5 до 10 μm (PM₁₀), «мелкие» — с диаметром меньше 2,5 μm (PM_{2,5}), и «очень мелкие» — с диаметром меньше 0,1 μm (PM_{0,1}) [27]. От природы и размера взвешенных частиц зависят их аэродинамические свойства и биологический эффект. Наибольшую опасность для здоровья представляют мелкодисперсные частицы PM_{2,5}, которые проникают с вдыхаемым воздухом в легкие и депонируются в бронхиолах и альвеолярных пространствах, а ультрамелкодисперсные частицы могут проникать непосредственно в кровоток [26–28]. Взвешенные частицы могут накапливаться в различных органах и тканях и оказывать влияние на разные системы организма.

Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха на показатели субъективного благополучия (показатели удовлетворенностью жизнью, счастья), полученная в разных странах мира, позволяет говорить о существовании отрицательной связи между субъективным благополучием и загрязнением атмосферного воздуха [28]. Более того, экспозиция аэрополлютантами негативно влияет на психологическое состояние еще и потому, что вызывает психологический дистресс [29], а также ухудшает качество сна [30], увеличивает раздражительность [31] и тревогу [32].

Работы по изучению ассоциаций между долговременной и кратковременной экспозицией различными типами аэрополлютантов и депрессией не дают согласованных результатов [33, 34]. Например, в обзоре и мета-анализе S.J. Fan и коллег не было выявлено статистически достоверной связи между экспозицией PM_{2,5} (как долговременной, так и кратковременной) и депрессией, но обнаружена достоверная ассоциация между кратковременной экспозицией NO₂ (но не другими аэрополлютантами) и депрессией [34].

В то же время в обзоре и метаанализе I. Braithwaite и коллег обнаружена статистически достоверная связь между долговременной экспозицией $PM_{2,5}$ и риском развития депрессивных расстройств, но не обнаружена статистически достоверная связь между долговременной экспозицией PM_{10} и развитием депрессии [33]. Загрязненность воздуха также может рассматриваться как один из факторов риска манифестации расстройств шизофренического спектра [35]. Помимо этого, загрязнение воздуха негативно влияет на когнитивное функционирование и развитие различных когнитивных нарушений на всех жизненных стадиях от пренатального развития до старости [28, 32, 36].

Негативное воздействие аэрополлютантов на центральную нервную систему осуществляется посредством разнообразных клеточных, молекулярных и воспалительных путей, каждый из которых может повреждать мозговые структуры и создавать предпосылки для неврологических заболеваний. Аэрополлютанты могут воздействовать на ЦНС непосредственно (например, ультрамелкодисперсные частицы) либо опосредованно через системное воспаление.

Проникновение аэрополлютантов в ЦНС предположительно осуществляется через назальный и респираторный путь [27]. Первый путь предполагает попадание аэрополлютантов через носовую полость в обонятельную луковицу, чья слизистая непосредственно контактирует с воздухом окружающей среды, а затем в ЦНС. Второй путь предполагает попадание аэрополлютантов с вдыхаемым воздухом в легкие, где, пройдя через аэрогематический барьер, они попадают в системный кровоток и разносятся по всему организму. В случае непосредственного проникновения аэрополлютантов попадают в ЦНС либо из кровеносных сосудов, пройдя через гематоэнцефалический барьер, либо по тройничному или блуждающему нерву. Опосредованный путь предполагает, что аэрополлютанты, попадая в периферические ткани/органы или оставаясь в сосудах и воздействуя на сосудистый эндотелий, могут создавать локальный оксидативный стресс или локальные очаги воспаления, затем медиаторы воспаления попадают в кровоток, проникают через гематоэнцефалический барьер и транслицируются в ЦНС [27].

Точные патофизиологические механизмы, объясняющие вклад загрязнения воздуха в развитие неврологических и психических расстройств, не вполне ясны. Предполагается, что ведущую роль играет нейровоспаление, оксидативный стресс, активация микроглии и повреждение кровеносных сосудов головного мозга. Считается, что нейродегенеративные заболевания (например, болезнь Альцгеймера, Паркинсона) и неврологические заболевания развития (например, расстройства аутистического спектра) связаны с нейротоксичностью, вызванной долговременной экспозицией аэрополлютантами, к которой наиболее чувствительны развивающиеся и стареющие организмы [27]. Нейровоспаление играет значимую роль в патогенезе как расстройств психотического спектра [37], так и депрессии [38]. Кроме того, с депрессией связывают нарушение синтеза дофамина из-за повреждения дофаминергических нейронов в результате оксидативного стресса, вызванного аэрополлютантами [39]. Экспозиция

аэрополлютантами вызывает нарушение гипоталамо-гипофизарно-адреналовой оси, которая регулирует ответ организма на стресс через продукцию гормонов, таких как кортизол, следовательно, этот механизм может рассматриваться как важный этиологический фактор в развитие депрессии и тревожности [40].

Шумовое загрязнение

Акустическое, или шумовое, загрязнение, наряду с загрязнением воздуха, является одним из ведущих негативных факторов окружающей среды, оказывающих пагубное воздействие на физическое и психическое здоровье и благополучие людей [41].

Под шумовым загрязнением понимается раздражающий шум антропогенного происхождения. Шумом может быть назван любой нежелательный звук или сочетание звуков, нарушающие тишину, мешающие восприятию полезных звуков (человеческой речи, сигналов и пр.) и оказывающие вредное воздействие на организм человека [41].

Главным источником шумового загрязнения в урбанизированной среде являются транспортные средства, в наибольшей степени автомобили, железнодорожные поезда и самолеты, кроме того, вклад вносят промышленные предприятия, строительные и ремонтные работы. Источниками шумового загрязнения внутри зданий могут быть механические устройства (лифты, вентиляция, помпы, водяные трубы) или шумы бытового происхождения (голоса соседей, звук бытовой техники, музыкальных инструментов и пр.). Воздействие последних определяется не столько звуковыми характеристиками (периодичностью, силой звука), сколько содержанием. Так, звуки, производимые соседями (звук шагов, голоса и музыка), высокосодежательны, они с большей вероятностью отвлекут внимание невольного слушателя, вне зависимости от их интенсивности. В последнее время среди источников шума также выделяют шум от развлекательных мероприятий (шум, которому подвергаются люди вследствие своей деятельности в свободное время, например при посещении концертов, ночных клубов, спортивных мероприятий).

Влияние акустического загрязнения на здоровье может быть как специфическим, т. е. непосредственно поражающим органы слуха (нарушение или потеря слуха, тиннитус – шум в ушах) [42], так и вызывать неспецифическую физиологическую и психологическую реакцию.

Одним из первых и наиболее явных последствий воздействия шума является раздражение [43]. Раздражение рассматривается как комплексная стрессовая реакция, включающая в себя индивидуальные физиологические, эмоциональные, когнитивные и поведенческие ответы, которые могут частично фиксироваться в памяти и выражаться в вербальной форме [43]. Раздражение, вызванное шумовой экспозицией, влияет на повседневную активность, чувства, мысли, сон и может сопровождаться такими негативными реакциями, как утомление и симптомы психологического дистресса [44]. Шумовое загрязнение индуцирует различные физиологические реакции: увеличение кровяного давления, изменение циркуляции липидов и уровня глюкозы в крови, увеличение частоты сердечных сокращений и изменения в выбросе и активации адреналина, норадреналина и кортизола [45].

Воздействие шумового фактора во многом определяет негативные последствия для качества сна [44]. Люди воспринимают, оценивают и реагируют на звуки окружающей среды даже во сне [46]. В течение ночи шум может быть непрерывным (шумовой фон) или дискретным (единичные шумовые события). При этом само воздействие на сон будет зависеть не только от количества этих единичных шумов и их акустических характеристик, но и от фазы сна, уровня фонового шума и индивидуальных особенностей (например, чувствительности к шуму) [46]. Краткосрочные эффекты от нарушений сна вследствие шумовой экспозиции включают в себя плохое настроение, дневную сонливость и снижение эффективности когнитивной деятельности [46].

Вопрос о влиянии звукового ландшафта на психическое здоровье освещен в большом количестве работ, результаты которых противоречивы. Так, в целом ряде исследований установлены ассоциации между шумовой экспозицией и проявлением депрессивной симптоматики. Например, в работе немецких исследователей показано, что депрессия и генерализованное тревожное расстройство возрастают с увеличением степени раздражения от шума (вне зависимости от его источника) [47]. Также обнаружено, что транспортный шум вызывает депрессию, причем риск возникновения депрессии зависит от источников шума: от шума авиационного и железнодорожного транспорта – полиномиальная зависимость (риск нарастает, достигает максимума при 50–55 дБ, а потом спадает), а от шума автомобильного транспорта – линейная (риск растет с увеличением уровня шума). Авторы объясняют это различными акустическими свойствами шума от разных видов транспорта, а также тем, что к автомобильному шуму люди привыкают быстрее [48]. Результаты лонгитюдного исследования E. Orban и коллег показали, что долговременная шумовая экспозиция увеличивает риск возникновения депрессивных симптомов на 25–30 % чаще среди тех респондентов, кто регулярно подвергался шумовому воздействию свыше 55 дБ, чем среди тех, кто испытывал воздействие меньше 55 дБ, после учета сопутствующих факторов [49].

Однако выявленные корреляции подвергаются сомнению [50, 51]. Так, нет достаточного количества достоверных доказательств воздействия шума от различных источников (транспорт, ветряные турбины) на самооценку качества жизни и здоровья и развитие тревожных и депрессивных расстройств [50]. Несмотря на то что выявлена линейная связь между показателями шумовой экспозиции и депрессией, достоверность обнаруженных ассоциаций слабая [51]. Возможно, неоднозначность результатов, касающихся роли шума в развитии психических расстройств, обусловлена тем, что авторы рассматривают то или иное психическое состояние индивида как прямой результат шумовой экспозиции, не учитывая все сопутствующие факторы (генетические, социальные, экологические, индивидуальные), оказывающие влияние на развитие тех или иных психических расстройств [51]. Наиболее вероятной является модель сложной взаимосвязи между шумовой экспозицией, чувствительностью к шуму, нарушениями сна и психическими расстройствами.

Вероятный механизм влияния шумового загрязнения на психическое состояние состоит

в том, что шум как стрессовый фактор окружающей среды может стимулировать активацию эндокринной и автономной нервной систем [50], что вызывает выброс стрессовых гормонов, таких как катехоламины (например, адреналин/норадреналин) и кортизол, тем самым запуская пути воспалительного и оксидативного стресса [52]. Хроническая шумовая экспозиция может привести к пролонгированной активации данных стрессовых путей, что, в свою очередь, может стимулировать развитие депрессии и тревожных расстройств [53].

Заключение. На психическое здоровье и благополучие городского населения воздействует специфический комплекс экологических факторов, среди которых выделяют особенности городской среды и различные виды загрязнений (световое, воздушное и звуковое). Основными последствиями их воздействия являются повышение стресса, утомляемости, раздражения, снижение эффективности когнитивного функционирования, нарушения сна, проявление или усиление тревожной и депрессивной симптоматики, манифестация или осложнение протекания психических расстройств. Среди физиологических механизмов, опосредующих воздействие экологических стрессоров на психическое здоровье, наиболее часто упоминаются эндокринные нарушения, оксидативный стресс, нейровоспаление.

Следует отметить, что последствия воздействия вышеупомянутых гигиенических факторов на психическое здоровье зависят не только от их непосредственных характеристик, но и от ряда не связанных с ними параметров, таких как индивидуальные особенности людей, на которых это воздействие осуществляется, их социально-экономический статус и образ жизни.

К индивидуальным особенностям людей относятся пол, возраст, чувствительность к стрессовому фактору, предрасположенность к развитию определенных психических заболеваний, предшествующая история болезней и общее состояния здоровья (в частности, наличие или отсутствие хронических заболеваний).

Половые различия особенно ярко проявляются в случае реакции на шумовую экспозицию. Исследования показывают, что неблагоприятные последствия для психического здоровья под воздействием шума чаще отмечаются для женщин [54, 55], для которых, согласно результатам некоторых работ, свойственна более высокая чувствительностью к шуму [48, 49].

Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что воздействие загрязнений на психическое здоровье зависит от возраста: самые негативные последствия отмечаются при экспозиции поллютантами в наиболее экосенситивные периоды онтогенеза. Например, результаты ряда работ показали, что наиболее неблагоприятные последствия загрязнения воздуха для психического здоровья отмечаются для индивидов на ранних этапах индивидуального развития (пренатальном и раннем постнатальном) и в пожилом возрасте [36, 56], поскольку именно эти периоды характеризуются высокой чувствительностью к нейротоксичности аэрополлютатов, которая может вызвать или усугубить протекание расстройств развития и нейродегенеративных заболеваний [26]. Кроме того, отмечается, что дети более уязвимы к развитию психических отклонений

в результате загрязнения воздуха, по сравнению со взрослыми, ввиду разницы в абсорбции, метаболизме и экскреции химических агентов [56]. Из-за незрелости систем метаболизма токсичные вещества имеют больший период полураспада в детском организме, что повышает риск негативных последствий экспозиции аэрополлютантами для психического здоровья [56]. Аналогичная зависимость от возраста показана и в случае психических последствий шумовой экспозиции: психика детей и пожилых людей более чувствительна к шумовому загрязнению [44, 50]. Наиболее неблагоприятные для психического благополучия последствия светового загрязнения также показаны для детского и подросткового возраста, поскольку образ жизни молодых людей нередко отличается искусственной пролонгацией светового дня за счет смены распорядка дня (смещения периода бодрствования на вечернее и ночное время), чрезмерного использования искусственного освещения в темное время суток и активного использования разнообразных электронных устройств, приводящих к супрессии синтеза мелатонина [57].

Индивидуальная чувствительность к действию стрессового фактора в значительной степени определяет выраженность реакции и последствий для психического здоровья и благополучия (например, уровень раздражения, тревожности, психиатрических симптомов, расстройства сна) в случае шумового загрязнения [44, 51]. Также показано, что состояние здоровья и предшествующая история болезней (в частности, психических) в значительной степени определяют уязвимость психического здоровья индивидов к шумовому [50] и воздушному загрязнению [56].

Многочисленные исследования свидетельствуют о значимости учета **социально-экономического статуса** индивидов при оценке влияния экологических стрессовых факторов на психическое здоровье городского населения. Действительно, уязвимость некоторых групп населения к развитию психических заболеваний обусловлена сложной системой взаимосвязей между индивидуальной предрасположенностью, социально-бытовыми условиями жизни и средовыми факторами, и прежде, чем рассматривать действие факторов окружающей среды, в частности загрязнений различной природы, следует учитывать социально-экономический статус [3, 58, 59]. Так, например, низкий уровень доходов, неравенство, бедность, безработица, бездомность уже являются сильными факторами, повышающими риск развития психических заболеваний [3]. В некоторых работах отмечено, что ухудшение психологического состояния и психического здоровья из-за загрязнения воздуха сильнее выражено в более уязвимых группах населения (с низким уровнем дохода, образования, работающие на улице, живущие в более загрязненных регионах, социально депривированные группы населения) [56, 60]. Аналогичное наблюдается в группах расовых или культурных меньшинств [56].

В значительной степени влияние различных гигиенических факторов на психическое здоровье опосредуется **образом жизни**. На примере светового загрязнения можно проследить, как изменения образа жизни приводят к нарушению циркадианных ритмов и, как следствие, нарушению психического здоровья [61]. Например, показано, что сменная работа вызывает нарушение как

физического (повышается риск развития онкологических и метаболических заболеваний), так и психического здоровья [57, 61]. Наряду со сменной работой десинхроноз и негативные последствия для психического здоровья нередко возникают в результате частых перелетов из одного часового пояса в другой, так называемым синдромом смены часового пояса (*jet lag*) [61]. Следует отметить, что имеет место также и социально обусловленный десинхроноз или рассогласование циркадианных ритмов ввиду социальных причин, в случае регулярных изменений распорядка дня, например пробуждение в раннее время в будни и долгий сон в выходные дни или в отпуске, что негативно воздействует на психическое здоровье [61].

Таким образом, крайне затруднительно определить значение конкретного фактора в развитии того или иного психического состояния или расстройства. Во-первых, потому что результаты большинства исследований гетерогенны – используются различные методы измерения психологического состояния, факторов окружающей среды и учета связанных факторов. Во-вторых, чувствительность к подобному рода воздействиям зависит от индивидуальных особенностей организма и психики, т.е. один и тот же фактор может быть критичным для одного и безразличным для другого. Наконец, четкая демаркация воздействия того или иного фактора невозможна, поскольку невозможна его полная изоляция от всех других факторов для оценки его воздействия на организм человека, в любом случае оценивается некое совокупное действие факторов городской среды.

Подводя итог, можно сделать вывод о необходимости дальнейших исследований влияния факторов урбанизированной среды на психическое здоровье населения, но с учетом специфики их динамического взаимодействия и при анализе дифференциальной значимости различных экологических условий городской среды учитывать другие виды факторов (социально-экономические, бытовые, генетические, индивидуальные психологические и физиологические особенности) с целью создания алгоритма проведения гигиенических мероприятий по защите организма человека от воздействия неблагоприятных факторов и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия и здоровья населения. Для исключения или сокращения действия вредных факторов на здоровье человека важным представляется проведение мониторинга загрязнений, санитарно-гигиеническая оценка уровня экологической нагрузки, вызванной факторами различной природы (акустической, оптической и др.), расчет предельных уровней загрязняющих веществ, реализация компенсационных мероприятий, направленных на снижение загрязнения от различных источников, предупреждение и устранение вредного воздействия на психическое и физическое здоровье человека факторов городской среды (разработка нормативной документации, средств индивидуальной защиты, защитных ограждений, планировка строительства и др.).

References

1. Gruebner O, Rapp MA, Adli M, Kluge U, Galea S, Heinz A. Cities and mental health. *Disch Arztebl Int*. 2017;114(8):121–127. doi: 10.3238/arztebl.2017.0121
2. Peen J, Schoevers RA, Beekman AT, Dekker J. The current status of urban–rural differences in psychiatric

- disorders. *Acta Psychiatr Scand.* 2010;121(2):84–93. doi: 10.1111/j.1600-0447.2009.01438.x
3. McCay L, Bremer I, Endale T, Jannati M, Yi J. Urban design and mental health. In: Okkels N, Kristiansen C, Munk-Jorgensen P, eds. *Mental Health and Illness in the City. Mental Health and Illness Worldwide.* Singapore: Springer; 2019:32–48. doi: 10.1007/978-981-10-0752-1_12-1
 4. Morozov PV. Mental health and urbanization: a Russian perspective. *Curr Opin Psychiatry.* 2018;31(3):272–275. doi: 10.1097/YCO.0000000000000415
 5. Gong Y, Palmer S, Gallacher J, Marsden T, Fone D. A systematic review of the relationship between objective measurements of the urban environment and psychological distress. *Environ Int.* 2016;96:48–57. doi: 10.1016/j.envint.2016.08.019
 6. Evans GW. The built environment and mental health. *J Urban Health.* 2003;80(4):536–555. doi: 10.1093/jurban/jtg063
 7. Zarghami E, Karimimoshaver M, Ghanbaran A, SaadatiVaghar P. Assessing the oppressive impact of the form of tall buildings on citizens: Height, width, and height-to-width ratio. *Environ Impact Assess Rev.* 2019;79:106287. doi: 10.1016/j.eiar.2019.106287
 8. Asgarzadeh M, Lusk AC, Koga T, Hirate K. Measuring oppressiveness of streetscapes. *Landsc Urban Plan.* 2012;107(1):1–11. doi: 10.1016/j.landurbplan.2012.04.001
 9. Chatterjee K, Chng S, Clark B, et al. Commuting and wellbeing: a critical overview of the literature with implications for policy and future research. *Transp Rev.* 2019;40(1):5–34. doi: 10.1080/01441647.2019.1649317
 10. Hansson E, Mattisson K, Björk J, Östergren PO, Jakobsson K. Relationship between commuting and health outcomes in a cross-sectional population survey in southern Sweden. *BMC Public Health.* 2011;11:834. doi: 10.1186/1471-2458-11-834
 11. Hennessy DA. The impact of commuter stress on workplace aggression. *J Appl Soc Psychol.* 2008;38(9):2315–2335. doi: 10.1111/j.1559-1816.2008.00393.x
 12. Wang X, Rodriguez DA, Sarmiento OL, Guaje O. Commute patterns and depression: Evidence from eleven Latin American cities. *J Transp Heal.* 2019;14:e100607. doi: 10.1016/j.jth.2019.100607
 13. Christian TJ. Automobile commuting duration and the quantity of time spent with spouse, children, and friends. *Prev Med.* 2012;55(3):215–218. doi: 10.1016/j.ypmed.2012.06.015
 14. Grellier J, White MP, Albin M, et al. BlueHealth: a study programme protocol for mapping and quantifying the potential benefits to public health and well-being from Europe's blue spaces. *BMJ Open.* 2017;7(6):e016188. doi: 10.1136/bmjopen-2017-016188
 15. James P, Banay R, Hart J, Laden F. A review of the health benefits of greenness. *Curr Epidemiol Rep.* 2015;2(2):131–142. doi: 10.1007/s40471-015-0043-7
 16. Ishikawa N, Kourtit K, Nijkamp P. Urbanization and quality of life: an overview of the health impacts of urban and rural residential patterns. In: Kourtit K, Nijkamp P, Stough R, eds. *The Rise of the City: Spatial Dynamics in the Urban Century.* Edward Elgar Publ., 2015:259–317. doi: 10.4337/9781783475360
 17. Lambert KG, Nelson RJ, Jovanovic T, Cerdá M. Brains in the city: Neurobiological effects of urbanization. *Neurosci Biobehav Rev.* 2015;58:107–122. doi: 10.1016/j.neubiorev.2015.04.007
 18. Navara KJ, Nelson RJ. The dark side of light at night: physiological, epidemiological, and ecological consequences. *J Pineal Res.* 2007;43(3):215–224. doi: 10.1111/j.1600-079X.2007.00473.x
 19. Bedrosian TA, Nelson RJ. Influence of the modern light environment on mood. *Mol Psychiatry.* 2013;18(7):751–757. doi: 10.1038/mp.2013.70
 20. Helbich M, Browning M, Huss A. Outdoor light at night, air pollution and depressive symptoms: A cross-sectional study in the Netherlands. *Sci Total Environ.* 2020;744:140914. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140914
 21. Rajkhowa R. Light pollution and impact of light pollution. *Int J Sci Res.* 2014;3(10):861–867.
 22. Obayashi K, Saeki K, Kurumatani N. Bedroom light exposure at night and the incidence of depressive symptoms: A longitudinal study of the HEIJO-KYO cohort. *Am J Epidemiol.* 2018;187(3):427–434. doi: 10.1093/aje/kwx290
 23. Frodl T, Meisenzahl EM, Zetsche T, et al. Hippocampal changes in patients with a first episode of major depression. *Am J Psychiatry.* 2002;159(7):1112–1118. doi: 10.1176/appi.ajp.159.7.1112
 24. Cohen AJ, Brauer M, Burnett R, et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet.* 2017;389(10082):1907–1918. doi: 10.1016/S0140-6736(17)30505-6
 25. *Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease.* World Health Organization, 2016. Accessed November 25, 2021. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/250141>
 26. Costa LG, Cole TB, Dao K, Chang YC, Coburn J, Garrick JM. Effects of air pollution on the nervous system and its possible role in neurodevelopmental and neurodegenerative disorders. *Pharmacol Ther.* 2020;210:107523. doi: 10.1016/j.pharmthera.2020.107523
 27. Genc S, Zadeoglulari Z, Fuss SH, Genc K. The adverse effects of air pollution on the nervous system. *J Toxicol.* 2012;e782462. doi: 10.1155/2012/782462
 28. Lu JG. Air pollution: A systematic review of its psychological, economic, and social effects. *Curr Opin Psychol.* 2020;32:52–65. doi: 10.1016/j.copsyc.2019.06.024
 29. Sass V, Kravitz-Wirtz N, Karceski S, Hajat A, Crowder K, Takeuchi D. The effects of air pollution on individual psychological distress. *Health Place.* 2017;48:72–79. doi: 10.1016/j.healthplace.2017.09.006
 30. Chen G, Xiang H, Mao Z, et al. Is long-term exposure to air pollution associated with poor sleep quality in rural China? *Environ Int.* 2019;133(Pt B):e105205. doi: 10.1016/j.envint.2019.105205
 31. Jacquemin B, Sunyer J, Forsberg B, et al. Annoyance due to air pollution in Europe. *Int J Epidemiol.* 2007;36(4):809–820. doi: 10.1093/ije/dym042
 32. Power MC, Adar SD, Yanosky JD, Weuve J. Exposure to air pollution as a potential contributor to cognitive function, cognitive decline, brain imaging, and dementia: A systematic review of epidemiologic research. *Neurotoxicology.* 2016;56:235–253. doi: 10.1016/j.neuro.2016.06.004
 33. Braithwaite I, Zhang S, Kirkbride JB, Osborn DP, Hayes JF. Air pollution (particulate matter) exposure and associations with depression, anxiety, bipolar, psychosis and suicide risk: A systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect.* 2019;127(12):126002. doi: 10.1289/EHP4595
 34. Fan SJ, Heinrich J, Bloom MS, et al. Ambient air pollution and depression: A systematic review with meta-analysis up to 2019. *Sci Total Environ.* 2020;701:134721. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134721
 35. Attademo L, Bernardini F, Garinella R, Compton MT. Environmental pollution and risk of psychotic disorders: A review of the science to date. *Schizophr Res.* 2017;181:55–59. doi: 10.1016/j.schres.2016.10.003
 36. Clifford A, Lang L, Chen R, Anstey KJ, Seaton A. Exposure to air pollution and cognitive functioning across the life course – A systematic literature review. *Environ Res.* 2016;147:383–398. doi: 10.1016/j.envres.2016.01.018
 37. Barron H, Hafizi S, Andreatza AC, Mizrahi R. Neuroinflammation and oxidative stress in psychosis and psychosis risk. *Int J Mol Sci.* 2017;18(3):651. doi: 10.3390/ijms18030651
 38. Dantzer R, O'Connor JC, Freund GG, Johnson RW, Kelley KW. From inflammation to sickness and depression: when the immune system subjugates the brain. *Nat Rev Neurosci.* 2008;9(1):46–56. doi: 10.1038/nrn2297

39. Block ML, Calderón-Garcidueñas L. Air pollution: mechanisms of neuroinflammation and CNS disease. *Trends Neurosci.* 2009;32(9):506–516. doi: 10.1016/j.tins.2009.05.009
40. Zorn JV, Schür RR, Boks MP, *et al.* Cortisol stress reactivity across psychiatric disorders: a systematic review and meta-analysis. *Psychoneuroendocrinology.* 2017;77:25–36. doi: 10.1016/j.psyneuen.2016.11.036
41. Jarosińska D, Héroux MI, Wilkhu P, *et al.* Development of the WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: An introduction. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(4):813. doi: 10.3390/ijerph15040813
42. Sliwińska-Kowalska M, Zaborowski K. WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and permanent hearing loss and tinnitus. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(10):1139. doi: 10.3390/ijerph14101139
43. Guski R, Schreckenber D, Schuemer R. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A systematic review on environmental noise and annoyance. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(12):1539. doi: 10.3390/ijerph14121539
44. Basner M, Babisch W, Davis A, *et al.* Auditory and non-auditory effects of noise on health. *Lancet.* 2014;383(9925):1325–1332. doi: 10.1016/S0140-6736(13)61613-X
45. Jensen H, Rasmussen B, Ekholm O. Neighbor noise annoyance is associated with various mental and physical health symptoms: results from a nationwide study among individuals living in multi-store housing. *BMC Public Health.* 2019;19(1):1508. doi: 10.1186/s12889-019-7893-8
46. Basner M, McGuire S. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A systematic review on environmental noise and effects on sleep. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(3):519. doi: 10.3390/ijerph15030519
47. Beutel ME, Jünger C, Klein EM, *et al.* Noise annoyance is associated with depression and anxiety in the general population – The contribution of aircraft noise. *PLoS One.* 2016;11(5):e0155357. doi: 10.1371/journal.pone.0155357
48. Seidler A, Hegewald J, Seidler AL, *et al.* Association between aircraft, road and railway traffic noise and depression in a large case-control study based on secondary data. *Environ Res.* 2017;152:263–271. doi: 10.1016/j.envres.2016.10.017
49. Orban E, McDonald K, Sutcliffe R, *et al.* Residential road traffic noise and high depressive symptoms after five years of follow-up: Results from the Heinz Nixdorf recall study. *Environ Health Perspect.* 2016;124(5):578–585. doi: 10.1289/ehp.1409400
50. Clark C, Paunovic K. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A systematic review on environmental noise and quality of life, wellbeing and mental health. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(11):2400. doi: 10.3390/ijerph15112400
51. Dzhambov AM, Lercher P. Road traffic noise exposure and depression/anxiety: An updated systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16(21):4134. doi: 10.3390/ijerph16214134
52. Hahad O, Prochaska JH, Daiber A, Muenzel T. Environmental noise-induced effects on stress hormones, oxidative stress, and vascular dysfunction: Key factors in the relationship between cerebrocardiovascular and psychological disorders. *Oxid Med Cell Longev.* 2019;2019:4623109. doi: 10.1155/2019/4623109
53. Babisch W. The noise/stress concept, risk assessment and research needs. *Noise Health.* 2002;4(16):1–11.
54. Hammersen F, Niemann H, Hoebel J. Environmental noise annoyance and mental health in adults: findings from the cross-sectional German Health Update (GEDA) Study 2012. *Int J Environ Res Public Health.* 2016;13(10):954. doi: 10.3390/ijerph13100954
55. Cebrino J, Portero de la Cruz S. Environmental, health and sociodemographic determinants related to common mental disorders in adults: A Spanish country-wide population-based study (2006–2017). *J Clin Med.* 2020;9(7):2199. doi: 10.3390/jcm9072199
56. Ventriglio A, Bellomo A, Di Gioia, *et al.* Environmental pollution and mental health: a narrative review of literature. *CNS Spectr.* 2021;26(1):51–61. doi: 10.1017/S1092852920001303
57. Bedrosian TA, Nelson RJ. Timing of light exposure affects mood and brain circuits. *Transl Psychiatry.* 2017;7(1):e1017. doi: 10.1038/tp.2016.262
58. Hobbs M, Kingham S, Wiki J, Marek L, Campbell M. Unhealthy environments are associated with adverse mental health and psychological distress: Cross-sectional evidence from nationally representative data in New Zealand. *Prev Med.* 2021;145:106416. doi: 10.1016/j.ypmed.2020.106416
59. Wu C, Zheng P, Xu X, Chen S, Wang N, Hu S. Discovery of the environmental factors affecting urban dwellers' mental health: A data-driven approach. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(21):8167. doi: 10.3390/ijerph17218167
60. Zhang X, Zhang X, Chen X. Happiness in the air: How does a dirty sky affect mental health and subjective well-being? *J Environ Econ Manage.* 2017;85:81–94. doi: 10.1016/j.jeem.2017.04.001
61. Walker WH 2nd, Walton JC, Courtney DeVries A, Nelson RJ. Circadian rhythm disruption and mental health. *Transl Psychiatry.* 2020;10(1):28. doi: 10.1038/s41398-020-0694-0



© Коллектив авторов, 2021

УДК 616-092.9+614.446.1

**К механизму формирования аутоиммунных патологий, обусловленных воздействием инактивированных *Mycobacterium tuberculosis***С.В. Скупневский¹, Г.М. Трухина², Е.Г. Пухаева¹, А.К. Бадтиева¹,
Ф.К. Руруа¹, Ф.Э. Батагова¹, Ж.Г. Фарниева¹¹Институт биомедицинских исследований – филиал ФГБУН Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук», ул. Пушкинская, д. 47, г. Владикавказ, 362025, Российская Федерация²ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, ул. Семашко, д. 2, Московская обл., г.п. Мытищи, 141014, Российская Федерация**Резюме****Введение.** Высокая устойчивость *M. tuberculosis* к внешним условиям, наличие резервуаров возбудителя, ряд неблагоприятных социально-экономических факторов и недостаточность гигиенических мероприятий способствуют высокой заболеваемости туберкулезом во всем мире.**Основу эффективной профилактики** заболевания составляет научное обоснование механизмов его развития, что определило **цель исследования:** изучение этиопатогенеза аутоиммунных нарушений, ассоциированных с воздействием на организм теплокровных животных термически инактивированных *M. tuberculosis*.**Методы.** На старых крысах линии Вистар определяли стандартными методами гематологические показатели, а также активность лактат- и сукцинатдегидрогеназ (ЛДГ, СДГ) в лимфоцитах (митохондриях) цитобиохимически. Результаты клинико-лабораторных исследований подтверждали рентгенографически.**Результаты.** Воспалительный процесс, обусловленный введением термически инактивированных *M. tuberculosis* (адьювант Фрейнда), достигал максимума на третьей неделе – количество лейкоцитов возрастало на фоне контроля с 9,8 до 11,3 тыс./мкл, нормализуясь к 7-й неделе. К окончанию первой недели отмечалась выраженная иммунная реакция, проявляемая повышенной СОЭ, которая в дальнейшем превысила контрольные показатели на 87–100 %. Развитие аутоиммунной патологии сопровождалось снижением активности клеточного дыхания (гликолиза и окислительного фосфорилирования) на 40 и 77 % соответственно ($p < 0,01$). Рентгенологически выявлены нарушения в суставном аппарате опытных животных с резорбцией костной ткани.**Выводы.** Механизм иммунотоксического *M. tuberculosis* связан с нарушением энергообеспечения в клетках иммунной системы и изменением их морфофункциональных свойств, что позволяет рекомендовать включение в схемы лечения и профилактики туберкулеза и сочетанных с ним патологий препараты с иммуномодуляторным, антигипоксантным и остеопротекторным механизмом действия для повышения эффективности проводимой терапии.**Ключевые слова:** адьювант Фрейнда, аутоиммунные патологии, патологии клеточного дыхания, микобактерии, ревматоидный артрит, туберкулез.**Для цитирования:** Скупневский С.В., Трухина Г.М., Пухаева Е.Г., Бадтиева А.К., Руруа Ф.К., Батагова Ф.Э., Фарниева Ж.Г. К механизму формирования аутоиммунных патологий, обусловленных воздействием инактивированных *Mycobacterium tuberculosis* // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 11. С. 76–82. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-76-82>**Сведения об авторах:****Скупневский** Сергей Валерьевич – д.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории субклеточных структур отдела молекулярных и клеточных механизмов аутоиммунных заболеваний, Институт биомедицинских исследований – филиал ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр Российской академии наук»; e-mail: dreammas@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6233-5944>.**Трухина** Галина Михайловна – д.м.н., проф., заведующая микробиологической лабораторией ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора; e-mail: trukhina@list.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9955-7447>.**Пухаева** Елена Георгиевна – младший научный сотрудник лаборатории субклеточных структур отдела молекулярных и клеточных механизмов аутоиммунных заболеваний, Институт биомедицинских исследований – филиал ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр Российской академии наук»; e-mail: medgenetika435@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0506-7776>.**Бадтиева** Алибек Кириллович – к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории субклеточных структур отдела молекулярных и клеточных механизмов аутоиммунных заболеваний, Институт биомедицинских исследований – филиал ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр Российской академии наук»; e-mail: abadtiev@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5850-5173>.**Руруа** Фатима Карловна – младший научный сотрудник лаборатории субклеточных структур отдела молекулярных и клеточных механизмов аутоиммунных заболеваний, Институт биомедицинских исследований – филиал ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр Российской академии наук»; e-mail: medgenetika435@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9424-0467>.**Батагова** Фатима Эльбрусевна – младший научный сотрудник лаборатории субклеточных структур, аспирант отдела молекулярных и клеточных механизмов аутоиммунных заболеваний, Институт биомедицинских исследований – филиал ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр Российской академии наук»; e-mail: anechca2003@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9105-0350>.**Фарниева** Жанна Григорьевна – младший научный сотрудник лаборатории субклеточных структур отдела молекулярных и клеточных механизмов аутоиммунных заболеваний, Институт биомедицинских исследований – филиал ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр Российской академии наук»; e-mail: medgenetika435@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9154-4729>.**Информация о вкладе авторов:** Скупневский С.В. разработал концепцию и дизайн исследования; Трухина Г.М. описала механизмы токсического действия *M. tuberculosis*; Пухаева Е.Г., Бадтиева А.К., Руруа Ф.К., Батагова Ф.Э. провели эксперимент и оценили гематологические и биохимические параметры; Фарниева Ж.Г. осуществляла обработку статистических данных; все авторы внесли свой вклад в обзор литературы.**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 26.10.21 / Принята к публикации: 03.11.21 / Опубликовано: 30.11.21

On the Mechanism of Development of Autoimmune Diseases Following Exposure to Inactivated *Mycobacterium tuberculosis*Sergey V. Skupnevskiy,¹ Galina M. Trukhina,² Elena G. Pukhaeva,¹ Alibec K. Badtiev,¹
Fatima K. Rurua,¹ Fatima E. Batagova,¹ Zhanna G. Farnieva¹¹Institute of Biomedical Research – Affiliate of Vladikavkaz Scientific Center of RAS,
47 Pushkinskaya Street, Vladikavkaz, RNO-Alania, 362025, Russian Federation

²Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman,
2 Semashko Street, Mytishchi, Moscow Region, 141014, Russian Federation

Summary

Introduction: High resistance of *M. tuberculosis* to external conditions, presence of animate reservoirs, adverse socio-economic factors, and inadequate hygiene practices contribute to high incidence of tuberculosis in the world. Effective disease prevention shall be based on scientific substantiation of causality and the mechanisms of its development.

Objective: The study aimed to investigate the etiopathogenesis of autoimmune disorders associated with the exposure of warm-blooded animals to heat killed *M. tuberculosis*.

Materials and methods: We determined hematological parameters of old Wistar rats using standard methods and estimated the activity of lactate and succinate dehydrogenases (LDH, SDH) in lymphocytes (mitochondria) using a cytochemical method. The clinical and laboratory results were confirmed by X-ray tests.

Results: Inflammation induced by administration of heat inactivated *M. tuberculosis* (complete Freund's adjuvant (CFA)) reached the maximum during the third week: the number of white blood cells increased from $(9.8 \text{ to } 11.3) \times 10^9/\text{L}$ compared to the control animals, normalizing by the seventh week. By the end of the first week, there was a pronounced immune response manifested by the increased erythrocyte sedimentation rate, which later exceeded the threshold limit by 87–100 %. The autoimmune disease progression was accompanied by impaired cellular respiration (glycolysis and oxidative phosphorylation) by 40 % and 77 %, respectively ($p < 0.01$). X-ray revealed disorders in the articular apparatus of the exposed animals including signs of rheumatoid arthritis and bone resorption.

Conclusion: The mechanism of immunotoxicity of *M. tuberculosis* is associated with impaired energy supply of immune cells and changes in their morpho-functional properties. Based on our findings, we recommend inclusion of drugs with immunomodulatory, antihypoxic and osteoprotective mechanisms in treatment and prevention regimens for tuberculosis and associated diseases to enhance therapeutic efficacy.

Keywords: complete Freund's adjuvant, autoimmune diseases, impaired cellular respiration, mycobacteria, rheumatoid arthritis, tuberculosis.

For citation: Skupnevskiy SV, Trukhina GM, Pukhaeva EG, Badtiev AK, Rurua FK, Batagova FE, Farnieva ZhG. On the mechanism of development of autoimmune diseases following exposure to inactivated *Mycobacterium tuberculosis*. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(11):76–82. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-76-82>

Author information:

✉ Sergey V. Skupnevskiy, Dr. Sci. (Biol.), Leading Researcher, Laboratory of Subcellular Structures, Department of Molecular and Cellular Mechanisms of Autoimmune Diseases, Institute of Biomedical Research, Affiliate of Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; e-mail: dreammas@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6233-5944>.

Galina M. Trukhina, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Microbiological Laboratory, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman; e-mail: trukhina@list.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9955-7447>.

Elena G. Pukhaeva, Junior Researcher, Laboratory of Subcellular Structures, Department of Molecular and Cellular Mechanisms of Autoimmune Diseases, Institute of Biomedical Research, Affiliate of Vladikavkaz Scientific Center of RAS; e-mail: medgenetika435@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0850-2537>.

Alibec K. Badtiev, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Laboratory of Subcellular Structures, Department of Molecular and Cellular Mechanisms of Autoimmune Diseases, Institute of Biomedical Research, Affiliate of Vladikavkaz Scientific Center of RAS; e-mail: abadtiev@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5850-5173>.

Fatima K. Rurua, Junior Researcher, Laboratory of Subcellular Structures, Department of Molecular and Cellular Mechanisms of Autoimmune Diseases, Institute of Biomedical Research, Affiliate of Vladikavkaz Scientific Center of RAS; e-mail: medgenetika435@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9424-0467>.

Fatima E. Batagova, Junior Researcher, Laboratory of Subcellular Structures, Postgraduate of the Department of Molecular and Cellular Mechanisms of Autoimmune Diseases, Institute of Biomedical Research, Affiliate of Vladikavkaz Scientific Center of RAS; e-mail: anechca2003@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9105-0350>.

Zhanna G. Farnieva, Junior Researcher, Laboratory of Subcellular Structures, Postgraduate of the Department of Molecular and Cellular Mechanisms of Autoimmune Diseases, Institute of Biomedical Research, Affiliate of Vladikavkaz Scientific Center of RAS; e-mail: medgenetika435@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9154-4729>.

Author contributions: Skupnevskiy S.V. developed the concept and study design; Trukhina G.M. described the mechanisms of toxic effects of *Mycobacterium tuberculosis*; Pukhaeva E.G., Badtiev A.K., Rurua F.K., and Batagova F.E. conducted the experiment and estimated hematological and biochemical parameters; Farnieva Zh.G. did statistical data processing; all authors contributed to the literature review, read and approved the final version of the article before publication.

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 no conflicts of interest.

Received: October 26, 2021 / Accepted: November 03, 2021 / Published: November 30, 2021

Введение. Мировые процессы глобализации и интеграции привели к обострению множества медицинских проблем, среди которых одной из приоритетных является туберкулез – заболевание, обуславливающее, по данным ВОЗ, смертность 1,5 миллиона людей в год [1]. Общая заболеваемость туберкулезом во всем мире составляет 10 млн человек ежегодно. Факторами, значительно усугубляющими характер течения болезни, являются сочетание ее с другими социально значимыми инфекциями (ВИЧ, гепатиты, сифилис и др.) [2, 3], формирование множественной (широкой) лекарственной резистентности [4, 5], что значительно модифицировало классический патоморфоз и определило его новые особенности – доминирование экссудативно-некротических процессов, развитие инфильтративных форм с массивным распадом тканей и образованием гигантских каверн, наличие выраженных признаков казеозной пневмонии и пр. [6–9]. В Российской Федерации на протяжении 12-летнего периода отмечается не-

уклонное снижение заболеваемости туберкулезом. В 2019 году показатель заболеваемости составил 41,8 на 100 тыс. населения, наиболее высокая заболеваемость активным туберкулезом продолжает регистрироваться в Сибирском, Дальневосточном и Уральском округах. Причинами неблагоприятной эпидемиологической ситуации в субъектах РФ с наиболее высокими показателями заболеваемости являются интенсивные миграционные процессы, несвоевременное направление больных к специалистам-фтизиатрам, недостаточный объем мероприятий по профилактическому осмотру, низкий социально-экономический уровень проживания больных¹. Факторами, способствующими распространению инфекции, являются наличие резервуаров возбудителя *M. tuberculosis* в местах лишения свободы, а также среди сельскохозяйственных животных [10]. Высокая устойчивость туберкулезных микобактерий к внешним условиям обеспечивает им сохранность в почвенной среде, воде (морской, пресноводной, водопроводной,

¹ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году: Государственный доклад. Москва: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2020. С. 149–152.

плавательных бассейнов), животноводческих кормах, на поверхности плодовоовощных культур, в домашней и бытово-бытовой пыли, в местах жизнедеятельности человека и обитания животных [11–15]. Сопутствующие туберкулезу патологии обусловлены воздействием компонентов бактериальной стенки *M. tuberculosis*, обладающих высокой антигенной активностью, и способных индуцировать множественные нарушения в организме воспалительного характера. Так, введение теплокровным животным полного адьюванта Фрейнда, представляющего собой водно-масляную эмульсию термически обработанных туберкулезных микобактерий, приводит к разнородным по клиническим проявлениям аутоиммунным заболеваниям, в числе которых ревматоидный артрит, миокардит, энцефаломиелит и др. [16–19]. Раскрытие механизмов воздействия инфекта на организм человека способствует разработке более эффективных способов профилактики и лечения социально значимого заболевания, что определяет актуальность изучения нарушений здоровья, связанных с воздействием *M. tuberculosis* на иммунную систему и аутоиммунитет.

Цель исследования – изучение этиопатогенеза аутоиммунных нарушений, ассоциированных с воздействием на организм теплокровных животных термически инактивированных *M. tuberculosis*.

Материалы и методы. Эксперимент выполняли на старых (более 400 г) 16 самцах крыс линии Вистар, разделенных на две равные группы. Крысам опытной группы под общим наркозом (Золетил, Франция) вводили в правую заднюю конечность п/к эмульсию туберкулезных бактерий в форме полного адьюванта Фрейнда (АФ) в объеме 0,1 мл на 200 г массы тела животных. Крысам контрольной группы по той же схеме вводили физиологический раствор.

По истечении 1, 3 и 7 недель у животных под общим наркозом из сердца отбирали кровь, в которой определяли следующие параметры: количество лейкоцитов, скорость оседания эритроцитов (СОЭ), активность ферментов в митохондриях лимфоцитов – лактатдегидрогеназы и сукцинатдегидрогеназы.

Общее количество лейкоцитов подсчитывали под микроскопом, используя камеру Горяева, при малом увеличении 10 × 10. Препараты готовили стандартным способом, используя для окраски ядер лейкоцитов 100 мл 5 % раствор уксусной кислоты и 1 мл 1 % раствора метиленового си-

него. СОЭ измеряли по стандартному методу Панченкова за период времени 1 ч. Для этого использовали капилляр Панченкова со шкалой от 0 до 100 мм и 5 % раствор цитрата натрия в качестве антикоагулянта.

Активность митохондриальных ферментов определяли цитобиохимическим методом [20], предложенным Кондрашовой М.Н. и соавт. Для этого 10 мкл крови наносили на предметные стекла и с помощью прибора Microscopy Vision (Австрия) готовили мазки. Полученные препараты высушивали и фиксировали в 60 % растворе ацетона в течение 30 с и ополаскивали дистиллированной водой. Активность СДГ определяли как разницу показателей (№ 1 – № 2) интенсивности окраски гранул, полученных при инкубировании клеток крови в растворах следующего состава (рН 7,2 ± 0,01 при t = 37 °С): № 1 – 125 ммоль/л КСl, 10 ммоль/л НЕРЕС, 1 мг/мл нитросинового тетразолия окисленного (НСТ) и 5 ммоль/л янтарной кислоты; № 2 – 125 ммоль/л КСl, 10 ммоль/л НЕРЕС, 1 мг/мл НСТ и 5 ммоль/л малоновой кислоты, используемой в качестве селективного ингибитора СДГ. Активность ЛДГ определяли путем инкубации мазков крови в среде следующего состава (рН 7,2 ± 0,01 при t = 37 °С): 125 ммоль/л КСl, 10 ммоль/л НЕРЕС, 1 мг/мл НСТ, 5 ммоль/л молочной кислоты, 5 ммоль/л малоновой кислоты, 0,5 ммоль/л НАДН. После инкубации (СДГ, ЛДГ) стекла промывали дистиллированной водой, высушивали и окрашивали в 0,05 % растворе нейтрального красного, имеющего сродство к ядрам клеток. Препараты микроскопировали при увеличении 10 × 100 под масляной иммерсией. На каждую крысу исследовалось по 100 клеток, которые для рандомизации отбирались из трех зон стекла: начальной, средней и финишной. Препараты фотографировали и обрабатывали в программе Bio Images (г. Пущино), позволяющей рассчитывать площадные (объемные) характеристики клеток и их компарментов, а также вычислять количество образуемого маркера дыхательной активности митохондрий – диформаза.

Рентгеновские снимки были получены на стационарном ветеринарном аппарате Eсogay Ultra 300V (Корея).

Рассчитывали среднее значение, стандартную ошибку среднего. Проверка нормальности распределения данных осуществлялась по критерию Шапиро – Уилка и при позитивном заключении сравнение гипотез проводилось по критерию

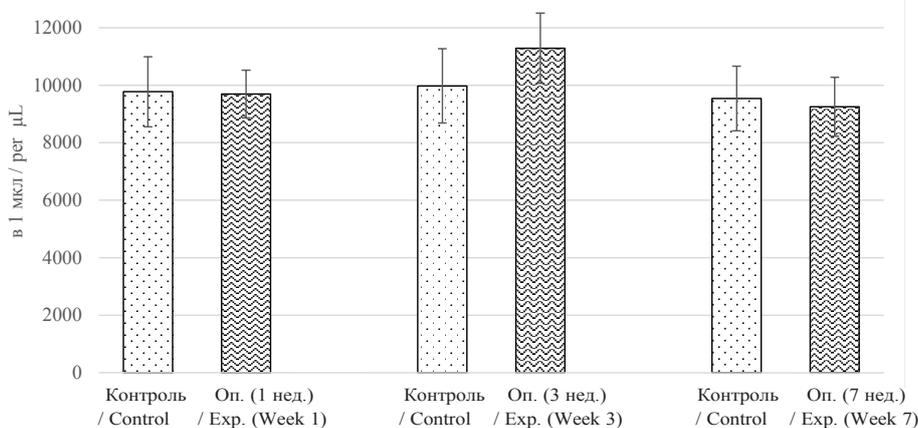


Рис. 1. Динамика общего количества лейкоцитов периферической крови у крыс в условиях индуцированной микобактериями патологии

Fig. 1. White blood cell counts in the rats infected with *Mycobacterium tuberculosis*

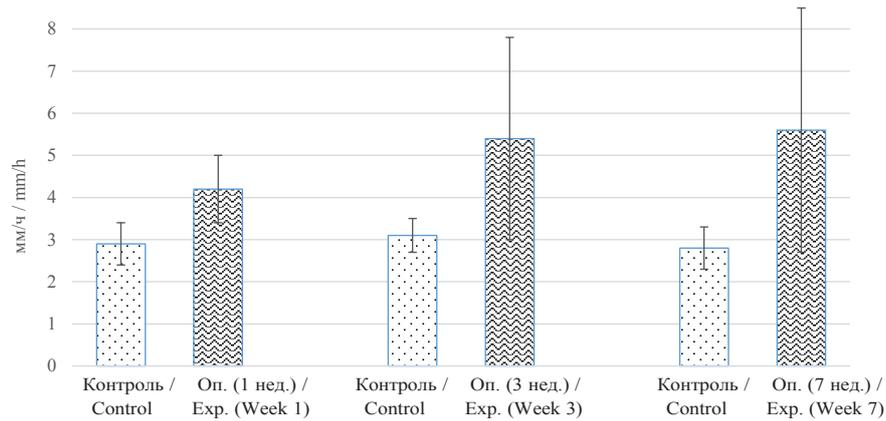


Рис. 2. Скорость оседания эритроцитов у крыс на фоне введения АФ

Fig. 2. Erythrocyte sedimentation rate in rats following CFA administration

Стьюдента в программе Microsoft Excel. Значимыми считались различия при $p \leq 0,05$.

Результаты. Введение животным АФ сопровождалось иммунным ответом организма, который проявлялся в виде колебаний в крови численности лейкоцитов (рис. 1).

Из графика следует, что воспалительный процесс, обусловленный введением АФ, протекал волнообразно с максимумом на третьей неделе — количество лейкоцитов при этом возрастало на фоне контрольных значений с 9,8 до 11,3 тыс./мкл. К седьмой неделе отмечался плавный спад и содержание лейкоцитов в периферической крови возвращалось к норме (крайний столбец справа).

Косвенным доказательством протекания воспалительных реакций в организме служит тест на определение СОЭ. Тесная корреляция между содержанием белков острой фазы и показателем СОЭ позволяет сделать заключение об активации защитно-приспособительного процесса в виде общего воспаления, сохраняющегося на протяжении всего эксперимента у животных опытной группы (рис. 2).

Для животных опытных групп оказалось характерным неравномерное сужение суставных щелей, перестройка костной структуры в межvertebral области, где обнаруживаются участки кистовидных просветлений и остеосклероза (рис. 3, а, б).

Суставные поверхности в коленных суставах уплощены. В ряде случаев контуры для вертлужной впадины не определяются. У одного животного (рис. 3, а) отмечена резорбция костной ткани, в результате которой произошло рассасывание головки и шейки бедренной кости (справа).

У животных контрольной группы грубых изменений в костно-мышечной структуре не выявлено (рис. 3, в, г).

На рис. 4 представлены результаты молекулярных исследований воздействия инфекта на активность лактатдегидрогеназы иммунных клеток организма.

Из рисунка видно, что к окончанию первой недели эксперимента активность энергообеспечивающего фермента достоверно снижается у животных опытной группы относительно контрольной на 28 %. С развитием аутоиммунной патологии скорость гликолиза, протекающего внутриклеточно, неуклонно уменьшается и к седьмой неделе разница с контролем достигает 40 % ($p = 0,003$).

Активность одного из ключевых комплексов клеточного дыхания — сукцинатдегидрогеназы, осуществляющего перенос электронов на энергосопрягающих мембранах митохондрий, отражена в динамике на рис. 5.

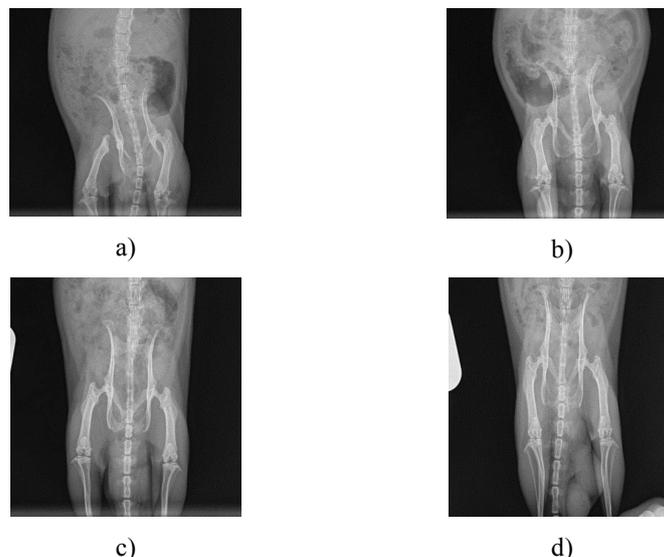


Рис. 3. Результаты радиографических исследований лабораторных животных (а, б — опытные животные; с, д — контрольные)

Fig. 3. X-ray images of experimental animals (a, b — experiment; c, d — control)

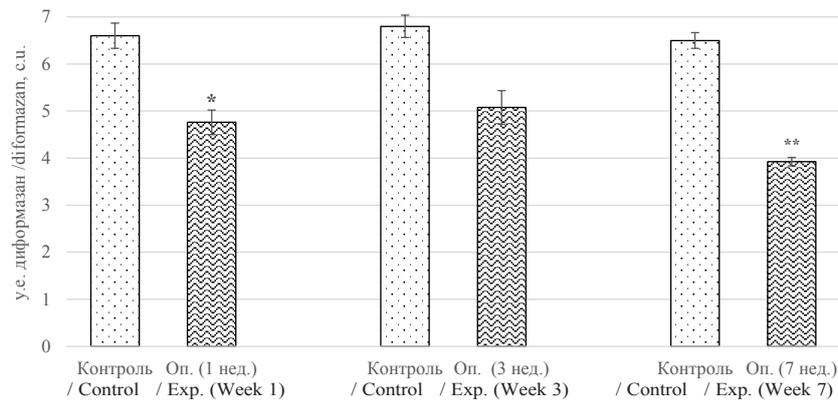


Рис. 4. Активность ЛДГ в лимфоцитах крыс
 Примечание: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ в сравнении с контролем.
Fig. 4. Enzymatic activity of lactate dehydrogenase in rat lymphocytes
 Note: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$ compared to controls.

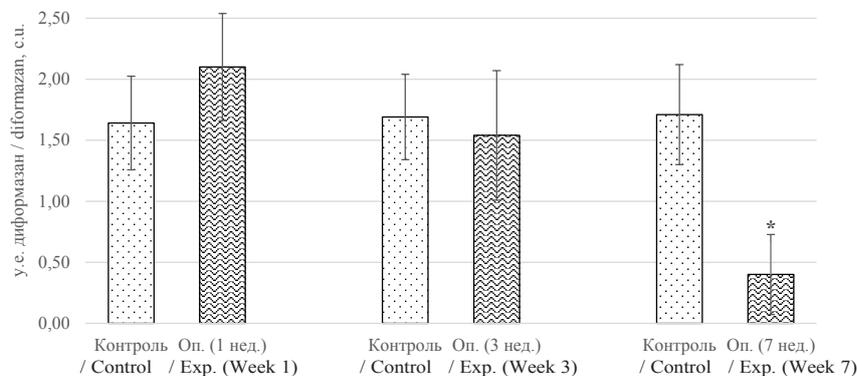


Рис. 5. Энзиматическая активность СДГ в лимфоцитах крыс
 Примечание: * $p < 0,05$ относительно контроля.
Fig. 5. Enzymatic activity of succinate dehydrogenase in rat lymphocytes
 Note: * $p < 0.05$ compared to controls.

Из рисунка видно, что уже к окончанию первой недели после контаминации животных каталитическая активность оксидоредуктазы повышается на 28 % относительно контрольной группы. Следующий за этим спад окислительного фосфорилирования, обусловленный дезактивацией встроенной в митохондриальную мембрану СДГ, приводит к снижению интенсивности клеточного дыхания в 4,3 раза ($p = 0,029$) и, как следствие, к энергодифициту иммунокомпетентных клеток в условиях формируемой патологии.

Динамика объема лимфоцитов, играющих центральную роль в осуществлении клеточного иммунитета, представлена на рис. 6.

Из рисунка видно, что средний объем иммунокомпетентных клеток у контрольных животных значительно не изменяется во времени и колеблется в пределах физиологической нормы 340–370 мкм³. При гиперстимуляции иммунной системы инактивированными *M. tuberculosis* отмечается микроцитоз, выраженность которого максимальна на третьей неделе, а сравнение с интактными животными выявляет различия в 40 % ($p = 0,0004$).

Обсуждение. Предложенный в 1930 г. Ю. Фрейндом адьювант находит широкое применение в практике лабораторного эксперимента, несмотря на то что механизм его действия раскрыт далеко не

полностью [21]. Антигенная стимуляция термически обработанными микобактериями (*M. tuberculosis*) организма теплокровных животных приводит к дифференцировке лимфоцитов по пути Th1 и характеризуется гиперчувствительностью замедленного типа к аутоантигенам [22]. Генерализация воспалительного процесса вследствие аутоиммунных реакций сопровождается поражением различных органов, в том числе и соединительной ткани. Выявленный случай остеохондропатии головки бедренной кости (рис. 3, а) с деградацией костной ткани определяет костно-мышечную систему в качестве мишени для опосредованного воздействия инфекции.

Согласно полученным результатам, одну из молекулярных основ патогенеза *M. tuberculosis*-индуцированного аутоиммунного заболевания составляют нарушения, ассоциированные с дисбалансом выработки энергии в лимфоцитах. Прогрессирующее заболевание сопровождается энергодифицитом за счет снижения активности процессов гликолиза в цитозоле клетки и инактивации II дыхательного комплекса электрон-транспортной цепи митохондрий – СДГ. Недостаток энергии может являться причиной выявленного микроцитоза лимфоцитов, минимальный объем которых зарегистрирован на 3-й неделе с момента введения животным АФ. С другой стороны, в этот

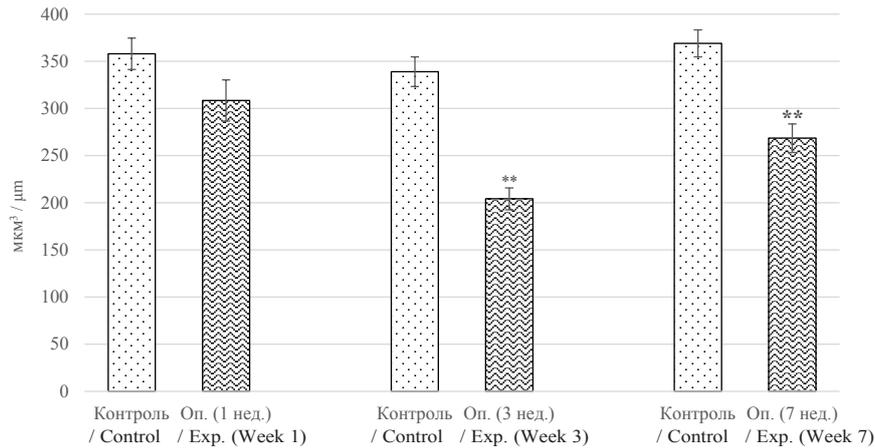


Рис. 6. Вариативность объема лимфоцитов крыс
Примечание: ** $p < 0,01$ в сравнении с контролем

Fig. 6. Variations in the rat lymphocyte volume
Note: ** $p < 0.01$ compared to controls.

же период отмечен патологический лейкоцитоз (рис. 1). Продуцирование энергонеобеспеченных иммунокомпетентных клеток может служить причиной их функциональной несостоятельности и обеспечивать повышенную агрессивность аутоиммунных реакций.

Экспериментально выявленные молекулярно-клеточные звенья патогенеза позволяют рекомендовать включение в схемы профилактики и лечения туберкулеза препараты с иммуномодуляторным, антигипоксантичным и остеопротекторным механизмом действия для повышения эффективности проводимой терапии.

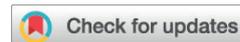
Выводы

1. Механизм иммунотоксического действия термически инактивированных *M. tuberculosis* связан с нарушением энергообеспечения в клетках иммунной системы и ингибированием ЛДГ на 40 % у животных опытной группы относительно контрольной, СДГ на 77 % и снижением объема лимфоцитов на 27–40 %.

2. Одной из основных мишеней опосредованного через иммунную систему действия инфекции является опорно-двигательный аппарат, что подтверждается рентгенологически резорбцией к 7-й неделе с момента интоксикации головки и шейки бедренной кости у теплокровных.

Список литературы

- World Health Organisation: Tuberculosis. Accessed February 15, 2021. https://www.who.int/health-topics/tuberculosis#tab=tab_1
- Kwan CK, Ernst JD. HIV and tuberculosis: a deadly human syndemic. *Clin Microbiol Rev.* 2011;24(2):351–376. doi: 10.1128/CMR.00042-10
- Bruchfeld J, Correia-Neves M, Källenius G. Tuberculosis and HIV coinfection. *Cold Spring Harb Perspect Med.* 2015;5(7):a017871. doi: 10.1101/cshperspect.a017871
- Park M, Satta G, Kon OM. An update on multidrug-resistant tuberculosis. *Clin Med (Lond).* 2019;19(2):135–139. doi: 10.7861/clinmedicine.19-2-135
- Jang JG, Chung JH. Diagnosis and treatment of multidrug-resistant tuberculosis. *Yeungnam Univ J Med.* 2020;37(4):277–285. doi: 10.12701/yujm.2020.00626
- Аминев Э.Х., Зулкарнаев Т.Р., Аминев Х.К. О влиянии социально-гигиенических, медико-биологических и экологических факторов на заболеваемость туберкулезом // Медицинский вестник Башкортостана. 2013. Т. 8. № 1. С. 5–9.
- Hunter RL. The pathogenesis of tuberculosis: the early infiltrate of post-primary (adult pulmonary) tuberculosis: a distinct disease entity. *Front Immunol.* 2018;9:2108. doi: 10.3389/fimmu.2018.02108
- Hunter RL. The pathogenesis of tuberculosis – the Koch phenomenon reinstated. *Pathogens.* 2020;9(10):813. doi: 10.3390/pathogens9100813
- Miggiano R, Rizzi M, Ferraris DM. *Mycobacterium tuberculosis* pathogenesis, infection prevention and treatment. *Pathogens.* 2020;9(5):385. doi: 10.3390/pathogens9050385
- Катола В.Н. К вопросу о заболеваемости туберкулезом в России // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2017. Вып. 66. С. 29–33. doi: 10.12737/article_5af7127250c61.73430341
- Корначев А.С., Ребенченко А.П., Кальгина Г.А., и др. Оценка результативности мониторинга биологической безопасности труда персонала бюро судебно-медицинской экспертизы в части профилактики внутрибольничного заражения туберкулезом // Инфекция и иммунитет. 2012. Т. 2. Вып. 1–2. С. 222–223.
- Лискова Е.А., Слина К.Н., Яшин И.В. Выделение микобактерий из объектов животноводческих помещений // Вестник ветеринарии. 2015. № 4 (75). С. 32–35.
- Лискова Е.А., Слина К.Н., Гладкова Н.А. Выделение микобактерий из кормов // Вестн. Алтайского гос. аграр. ун-та. 2017. № 10 (156). С. 135–139.
- Кисленко В.Н. Экология патогенных микроорганизмов М.: ИНФРА-М, 2016. 226 с.
- Нуратинов Р.А. Экологические условия существования популяций микобактерий // Юг России: экология, развитие. 2014. Т. 9 (2). С. 18–30.
- Fontes JA, Barin JG, Talor MV, et al. Complete Freund's adjuvant induces experimental autoimmune myocarditis by enhancing IL-6 production during initiation of the immune response. *Immun Inflamm Dis.* 2017;5(2):163–176. doi: 10.1002/iid3.155
- Chung J-I, Barua S, Choi BH, Min B-H, Han HC, Baik EJ. Anti-inflammatory effect of low intensity ultrasound (LIUS) on complete Freund's adjuvant-induced arthritis synovium. *Osteoarthritis Cartilage.* 2012;20(4): 314–322. doi: 10.1016/j.joca.2012.01.005
- Tigno-Aranjuez JT, Jaini R, Tuohy VK, Lehmann PV, Tary-Lehmann M. Encephalitogenicity of complete Freund's adjuvant relative to CpG is linked to induction of Th17 cells. *J Immunol.* 2009;183(9):5654–5661. doi: 10.4049/jimmunol.0900645
- Dubé JY, McIntosh F, Zarruk JG, David S, Nigou J, Behr MA. Synthetic mycobacterial molecular patterns partially complete Freund's adjuvant. *Sci Rep.* 2020;10(1):5874. doi: 10.1038/s41598-020-62543-5



Современное состояние проблемы природно-очаговых инфекций на территории Волгоградской области

В.П. Смелянский¹, К.В. Жуков¹, Н.В. Бородай¹,
Д.Н. Никитин¹, М.Н. Таратутина², Е.В. Кондратенко³

¹ФКУЗ «Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора, ул. Голубинская, д. 7, г. Волгоград, 400131, Российская Федерация

²Управление Роспотребнадзора по Волгоградской области, пр. Ленина, д. 50Б, г. Волгоград, 400005, Российская Федерация

³ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Волгоградской области», ул. Ангарская, д. 13, г. Волгоград, 400049, Российская Федерация

Резюме

Введение. Актуальность проблемы природно-очаговых инфекций (ПОИ) в мире связана с их широким распространением и часто тяжелым клиническим течением. Волгоградская область является эндемичной территорией по целому ряду ПОИ. На протяжении длительного периода времени в Волгоградской области эпизоотические и эпидемические проявления в очагах чумы, туляремии, Ку-лихорадки, иксодовых клещевых боррелиозов (ИКБ), геморрагической лихорадки с почечным синдромом (ГЛПС), Крымской геморрагической лихорадки (КГЛ), лихорадки Западного Нила (ЛЗН) характеризуются различной степенью активности.

Цель. Изучить особенности эпидемических и эпизоотических проявлений природно-очаговых заболеваний (чума, туляремия, ИКБ, ГЛПС, ЛЗН, КГЛ, Ку-лихорадка) на территории Волгоградской области.

Материалы и методы. Анализировали результаты эпизоотолого-эпидемиологического надзора, проводимого в природных очагах инфекционных болезней на территории Волгоградской области за последние 10 лет, включая сведения о заболеваемости ПОИ, результаты лабораторных исследований зоолого-эпидемиологического материала. Анализ уровня, структуры и динамики заболеваемости ПОИ населения Волгоградской области за последние 10 лет выполнен с применением метода эпидемиологического анализа. Статистическая обработка эпидемиологических данных, а также создание электронных баз данных проводилось в приложении Microsoft Excel 2010 (Microsoft, США).

Результаты и обсуждение. Установлено, что за последние 10 лет увеличилось число эндемичных районов Волгоградской области на 7 по КГЛ (с 18 до 25) и на 6 по ИКБ (с 5 до 11). В настоящее время все районы области эндемичны по туляремии, ЛЗН, ГЛПС, лихорадке Ку, 25 районов – по КГЛ и 11 – по ИКБ. Отмечена общая тенденция снижения показателей заболеваемости по всем нозологическим формам. При этом стабильно на низком уровне находится заболеваемость лихорадкой Ку, ИКБ, несколько выше заболеваемость ГЛПС и КГЛ. Наиболее значимой ПОИ для Волгоградской области является ЛЗН, эпидемические проявления которой регистрируются с 1999 года.

Заключение. В последнее десятилетие наблюдается рост числа эндемичных по ПОИ районов области, сформировались сочетанные очаги бактериальной, риккетсиозной и вирусной природы. Сложившаяся ситуация обуславливает необходимость проведения постоянного эпидемиологического и эпизоотологического мониторинга за ПОИ с целью обеспечения эпидемиологического благополучия населения

Ключевые слова: эпидемиологический мониторинг, природно-очаговые инфекции, чума, туляремия, иксодовые клещевые боррелиозы, Крымская геморрагическая лихорадка, геморрагическая лихорадка с почечным синдромом, лихорадка Западного Нила, Ку-лихорадка.

Для цитирования: Смелянский В.П., Жуков К.В., Бородай Н.В., Никитин Д.Н., Таратутина М.Н., Кондратенко Е.В. Современное состояние проблемы природно-очаговых инфекций на территории Волгоградской области // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 11. С. 83–93. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-83-93>

Сведения об авторах:

✉ **Смелянский** Владимир Петрович – к.м.н., доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологического анализа и противозидемического обеспечения (ЛЭАиПО) ФКУЗ «Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2403-4208>.

Жуков Кирилл Вадимович – к.м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологического анализа и противозидемического обеспечения (ЛЭАиПО) ФКУЗ «Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8000-3257>.

Бородай Наталья Владимировна – старший научный сотрудник лаборатории эпидемиологического анализа и противозидемического обеспечения (ЛЭАиПО) ФКУЗ «Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2076-5276>.

Никитин Дмитрий Николаевич – научный сотрудник лаборатории эпидемиологического анализа и противозидемического обеспечения (ЛЭАиПО) ФКУЗ «Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6940-0350>.

Таратутина Мария Николаевна – начальник отдела надзора на транспорте и санитарной охраны территории Управления Роспотребнадзора по Волгоградской области; e-mail: sanohrana@34.rosotrebndzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5919-487X>.

Кондратенко Евгения Валерьевна – заведующая отделением по обеспечению надзора за особо опасными и природно-очаговыми инфекциями ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Волгоградской области»; e-mail: epidooi@fguz-volgograd.ru.

Информация о вкладе авторов: *Смелянский В.П.* – написание текста рукописи; *Жуков К.В.* – обзор публикаций по теме статьи, *Бородай Н.В.* – анализ зоолого-эпидемиологических данных; *Никитин Д.Н.* – оформление графического материала; *Таратутина М.Н.* – подготовка данных по эпидемиологическим проявлениям ПОИ; *Кондратенко Е.В.* – подготовка данных по эпизоотологическим проявлениям ПОИ.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Биоэтика: при подготовке материалов статьи опыты на животных не проводились.

Статья получена: 30.04.21 / Принята к публикации: 03.11.21 / Опубликована: 30.11.21

The Problem of Natural Focal Infectious Diseases in the Volgograd Region: A State-of-the-Art Review

Vladimir P. Smelyansky,¹ Kirill V. Zhukov,¹ Natalia V. Borodai,¹ Dmitrii N. Nikitin,¹
Mariya N. Taratutina,² Evgenia V. Kondratenko³

¹Volgograd Research Anti-Plague Institute, 7 Golubinskaya Street, Volgograd, 400131, Russian Federation

²Volgograd Regional Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Welfare, 50B Lenin Avenue, Volgograd, 400005, Russian Federation

³Center for Hygiene and Epidemiology in the Volgograd Region, 13 Angarskaya Street, Volgograd, 400049, Russian Federation

Summary

Introduction: The importance of the problem of natural focal infections (NFIs) in the world is associated with their wide spread and a severe clinical course. The Volgograd Region, which is part of the Southern Federal District, is endemic for a whole number of NFIs. Regional epizootic and epidemic manifestations in foci of plague, tularemia, Q fever, ixodes tick-borne borreliosis (Lyme disease), hemorrhagic fever with renal syndrome (HFRS), Crimean – Congo hemorrhagic fever (CCHF), and West Nile fever (WNV) have been of varying degrees of activity over a long period of time.

Objective: To study the features of epidemic and epizootic manifestations of natural focal diseases (plague, tularemia, Lyme disease, HFRS, WNV, CCHF, Q fever) in the territory of the Volgograd Region.

Materials and methods: We analyzed the results of epizootologic and epidemiologic surveillance carried out in natural foci of contagious diseases in the Volgograd Region over the past decade, including data on the incidence of NFIs and the results of laboratory testing of zoological and entomological assays. We did an epidemiologic analysis of the ten-year rate, structure and changes in the incidence of natural focal diseases in the population of the Volgograd Region. Electronic databases were developed and analyzed in Microsoft Excel 2010 (Microsoft, USA).

Results and discussion: We established that over the past decade, the number of endemic areas in the Volgograd Region has risen from 18 to 25 for CCHF and from 5 to 11 for Lyme disease. At present, all regional districts are endemic for tularemia, WNV, HFRS, and Q fever, 25 districts – for CCHF, and 11 – for Lyme disease. We observed a general promising tendency towards a decrease in incidence rates for all nosological forms. At the same time, the incidence of Q fever and Lyme disease remains low while that of HFRS and CCHF is somewhat higher. The West Nile fever, epidemic manifestations of which have been registered since 1999, is the main challenge in terms of NFIs in the Volgograd Region today.

Conclusion: In the last decade, there has been an increase in the number of NFI-endemic areas in the region, combined foci of bacterial, rickettsial and viral nature were formed. The current situation necessitates continuous epidemiological and epizootological monitoring of NFI in order to ensure the epidemiological well-being of the population.

Keywords: epidemiologic surveillance, natural focal infections, plague, tularemia, Crimean – Congo hemorrhagic fever (CCHF), hemorrhagic fever with renal syndrome (HFRS), West Nile fever, Q fever.

For citation: Smelyansky VP, Zhukov KV, Borodai NV, Nikitin DN, Taratutina MN, Kondratenko EV. The problem of natural focal infectious diseases in the Volgograd Region: A state-of-the-art review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(11):83–93. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-83-93>

Author information:

✉ Vladimir P. Smelyansky, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor; Leading Researcher, Laboratory of Epidemiological Analysis and Anti-Epidemic Support, Volgograd Research Anti-Plague Institute; e-mail: smelyanskiyv@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2403-4208>.

Kirill V. Zhukov, Cand. Sci. (Med.), Researcher, Laboratory of Epidemiological Analysis and Anti-Epidemic Support, Volgograd Research Anti-Plague Institute; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8000-3257>.

Natalia V. Borodai, Senior Researcher, Laboratory of Epidemiological Analysis and Anti-Epidemic Support, Volgograd Research Anti-Plague Institute; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2076-5276>.

Dmitrii N. Nikitin, Researcher, Laboratory of Epidemiological Analysis and Anti-Epidemic Support, Volgograd Research Anti-Plague Institute; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6940-0350>.

Mariya N. Taratutina, Head of the Department For Surveillance on Transport and Sanitary Protection of the Territory, Volgograd Regional Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Welfare (Rosпотребнадзор); e-mail: sanohrana@34.rosпотребнадзор.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5919-487X>.

Evgenia V. Kondratenko, Head of the Department for Surveillance of Highly Hazardous Contagious and Natural Focal Infections, Center for Hygiene and Epidemiology in the Volgograd Region; e-mail: epidooi@fguz-volgograd.ru.

Author contributions: Smelyansky V.P. wrote the manuscript; Zhukov K.V. did a literature review on the topic; Borodai N.V. analyzed zoological and entomological data; Nikitin D.N. developed design of graphic materials; Taratutina M.N. prepared data on epidemiological manifestations of NFIs; Kondratenko E.V. prepared data on epizootic manifestations of NFIs; 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: April 30, 2021 / Accepted: November 03, 2021 / Published: November 30, 2021

Введение. Природно-очаговые инфекции (ПОИ) – это болезни, общие для человека и животных, возбудители которых способны длительное время сохраняться в природе в определенных климатических условиях¹. Возбудители природно-очаговых инфекций широко распространены среди многочисленных видов диких и домашних животных, в том числе мелких млекопитающих (ММ) [1].

Анализу эпидемиологической ситуации по ПОИ в разных странах мира посвящен целый ряд научных работ [2–4].

Для ПОИ характерна сезонность эпидемических проявлений [5], группами риска являются сельские жители и горожане, выезжающие на отдых в природную среду, на дачные участки, а также дети в летних загородных оздоровительных учреждениях. Актуальными для Волгоградской области ПОИ являются лихорадка Западного Нила, Крымская геморрагическая лихорадка, геморрагическая лихорадка с почечным синдромом,

иксодовые клещевые боррелиозы, Ку-лихорадка, туляремия, чума.

На территории Волгоградской области существуют природные очаги чумы, находящиеся в степных и полупустынных ландшафтах – Прикаспийского Северо-западного степного и Волго-Уральского степного.

Следует отметить, что в последние годы границы природных очагов чумы на территории Российской Федерации значительно изменились. Сокращение площади отмечено для равнинных природных очагов Северного и Северо-Западного Прикаспия, в том числе находящихся на территории Волгоградской области.

В настоящее время Прикаспийский Северо-Западный степной очаг находится в состоянии межэпизootического периода. Последние находки зараженных чумой животных и эктопаразитов зарегистрированы в 1990 г. (окрестности п. Сарпа). В Волго-Уральском степном очаге,

¹ Природноочаговые болезни человека: Сб. ст. под ред. акад. Е.Н. Павловского М.: Медгиз, 1960. 326 с.; Смирнова С.Е. Крымская-Конго геморрагическая лихорадка (этиология, эпидемиология, лабораторная диагностика). М.: АТиСО, 2007. 304 с.; Кореньберг Э.И., Помелова В.Г., Осин Н.С. Природно-очаговые инфекции, передающиеся клещами / под ред. акад. РАМН А.Л. Гинцбурга акад. РАМН В.Н. Злобина. М., 2013. 464 с.

территориально расположенном в Российской Федерации, последняя эпизоотия описана в 1975 г. По прогнозам специалистов, обострения эпизоотической обстановки на территории обоих очагов не ожидается [6].

Впервые в Волгоградской области эпизоотии среди животных и заболевания среди людей туляремией отмечены в 1933 г. в Котельниковском районе. В последующем обширные по охвату территории эпизоотии туляремии среди ММ и эпидемические вспышки среди населения наблюдались в степных районах в 1937 г., 1940–1942 гг., 1945–1946 гг., 1954–1957 гг., 1958–1959 гг. Позднее заболеваемость населения носила спорадический характер [7]. С 2007 года случаев заболеваний туляремией местного населения не регистрируется. В тоже время маркеры возбудителя туляремии ежегодно выявляются в материале от носителей и переносчиков инфекции [8].

Природные очаги Ку-лихорадки расположены в 33 районах Волгоградской области, а случаи заболевания регистрируются с 1957 года [9]. В 1958 году был отмечен резкий подъем заболеваемости до 113 случаев, причем заболели жители трех северных районов области: Камышинского (58 человек), Киквидзенского (35 человек) и Новоаннинского (20 человек). В 1959 году было диагностировано всего 5 случаев кокциеллеза, в 1960 году число выявленных больных возросло до 16. В последующем до конца 1990-х годов регистрировались единичные случаи лихорадки Ку.

В начале 2000-х годов вновь отмечен рост заболеваемости жителей области кокциеллезом. Так, в 2000 г. зарегистрировано 17 случаев лихорадки Ку, в 2001 г. — 15, в 2002 г. — 14, в 2003 г. — 9.

С 2004 г. до настоящего времени заболеваемость кокциеллезом находится на уровне спорадических случаев, что связано как с проводимыми профилактическими мероприятиями, так и с трудностями в постановке диагноза из-за полиморфизма клинических проявлений лихорадки Ку.

Природные очаги ИКБ и заболеваемость населения Волгоградской области регистрируются с 1999 г. Маркеры *B. burgdorferi* были выявлены в 5 северных районах Волгоградской области: Дубовском, Еланском, Жирновском, Киквидзенском и Руднянском. Следует отметить, что 3 из перечисленных районов (Дубовский, Жирновский и Руднянский) являются также эндемичными по лихорадке Ку.

Заболеваемость регистрируется в весенне-летний период, что связано с сезоном активности переносчиков инфекции — иксодовых клещей. К группе риска инфицирования ИКБ относятся дачники, лица, активно посещающие пойменные леса, жители сельской местности [10].

В 1999 году было зарегистрировано 13 больных ИКБ, в 2000 году — 15, в 2001 году — 13 и в 2002 году — 3 заболевших. Затем до 2010 года выявлялись единичные случаи заболеваний жителей области ИКБ. Однако в последние годы наметилась тенденция роста заболеваемости ИКБ, что требует принятия дополнительных мер профилактики в природных очагах инфекции [11, 12].

Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС) в Волгоградской области впервые диагностирована у больных и вошла в данные официальной статистики в 1964 году. Крупные вспышки этой инфекции были зарегистрированы в 1974–1975 гг. (306 и 223 больных соответственно). В последующем, спорадические случаи заболевания описаны в населенных пунктах, расположенных в пойме реки Медведица [13]. Среди заболевших основную часть составляют сельские жители. Инфицирование чаще всего связано: с контактом с грызунами, работой на зернохранилищах, реже с посещением природных биотопов.

Основными носителями возбудителя ГЛПС в регионе являются ММ. Антигены хантавирусов были выявлены у лесной мыши, полевой мыши, желтогорлой мыши, обыкновенной полевки и рыжей полевки [14, 15].

Первые упоминания о циркуляции вируса Западного Нила на территории Волгоградской области относятся к 80-м годам прошлого столетия, когда во время скрининговых обследований населения некоторых районов области были обнаружены антитела к ВЗН. Систематическое изучение лихорадки Западного Нила связано с регистрацией первой крупной вспышка ЛЗН (380 случаев) в 1999 году. Массовая заболеваемость пришлось на летний период, характеризовалась тяжелым течением и высокой летальностью (до 10 %)². Затем, во время длительного межэпидемического периода 2000–2009 гг. выявлялась спорадическая заболеваемость. В 2010 г. зарегистрирована самая массовая вспышка ЛЗН с 413 заболевшими и 5 летальными исходами³. Всего за период с 1999 по 2010 г. на территории Волгоградской области официально зарегистрировано 940 случаев ЛЗН, из них 52 с летальным исходом (5,5 %).

Наличие активного природного очага ЛЗН на территории области с периодическими эпидемическими проявлениями требует постоянного слежения за очагом, анализа и прогнозирования ситуации, адекватных профилактических и противоэпидемических мер.

В начале XXI века в южных и юго-восточных районах области резко увеличилась численность клещей *Hyalomma marginatum* Koch, 1844, основного носителя и переносчика КГЛ. Методом секвенирования была установлена принадлежность изолятов возбудителя ККГЛ, циркулирующих на территории области, к генотипу «Европа-1»⁴.

В дальнейшем в связи с потеплением климата и влиянием человека на экосистему стало наблюдаться расширение ареала переносчика до 18 районов области и увеличение численности вирусифорных особей, что могло привести к заболеваемости населения КГЛ. Так, в 2000 г. в Котельниковском районе было выявлено 18 заболевших КГЛ [16, 17]. Пик заболеваемости отмечен в 2007 г. — 30 случаев, а затем наблюдалось снижение до 3 случаев КГЛ в 2010 году. Всего за период с 2000 по 2010 г. в Волгоградской области выявлено 107 больных КГЛ и 11 летальных исходов (10,3 %). Приведенные данные свидетельствуют об активном состоянии

² Львов Д.К., Писарев В.Б., Петров В.А. и др. Лихорадка Западного Нила по материалам вспышек в Волгоградской области в 1999–2002 гг. Волгоград, 2004. 102 с.

³ Сборник материалов по вспышке лихорадки Западного Нила в Российской Федерации в 2010 году / под ред. Г.Г. Онищенко. Волгоград: Волга-Паблицер, 2011. 244 с.

⁴ Крымская геморрагическая лихорадка / под ред. Г.Г. Онищенко, А.Н. Куличенко. Воронеж: ООО «Фаворит», 2018. 288 с.

природного очага и потенциальной опасности осложнения эпидемической обстановки.

В связи с вышеизложенным контроль за эпизоотической ситуацией и предупреждение массовой заболеваемости природно-очаговыми инфекциями является важной задачей в охране здоровья населения Волгоградской области и определяет актуальность исследований в данном направлении.

Цель исследования: изучение особенностей эпидемического и эпизоотического процессов природно-очаговых заболеваний (чума, туляремия, ИКБ, ГЛПС, ЛЗН, КГЛ, Ку-лихорадка) на территории Волгоградской области.

Материалы и методы. Анализировали результаты эпизоотолого-эпидемиологического надзора, проводимого в природных очагах инфекционных болезней на территории Волгоградской области за последние 10 лет, включая сведения о заболеваемости ПОИ, результаты лабораторных исследований зоолого-эпидемиологического материала. При исследовании материала от ММ и кровососущих членистоногих, материал исследовали отдельно от каждой особи ММ или объединяли в пулы, в соответствии с действующими методическими документами по эпидемиологическому мониторингу ПОИ.

Статистическая обработка эпидемиологических данных, а также создание электронных баз данных проводилось в программе Microsoft Excel 2010 (Microsoft, США).

Для построения векторных карт и анализа эпидемиологических данных использовался программный пакет QGIS Desktop 3.2.1 (Open Source Geospatial Foundation, США).

Результаты исследований и их обсуждение

В Волгоградской области проводится постоянное наблюдение за природно-очаговыми инфекциями, что позволяет своевременно реагировать на признаки активизации звеньев цепи эпидемического процесса.

По результатам мониторинга за последние 10 лет установлено, что эпидемическая и эпизоотическая обстановка по зоонозным и природно-очаговым заболеваниям в Волгоградской области характеризуется как неустойчивая. В регионе зарегистрированы разной степени активности природные очаги чумы, туляремии, ИКБ, лихорадки Ку, ГЛПС, ЛЗН, КГЛ.

Чума

Прикаспийский Северо-Западный степной природный очаг чумы (14) в пределах Волгоградской области в настоящее время занимает незначительную часть территории Октябрьского и Светлоярского районов на границе с Республикой Калмыкия. На большей части очага сохраняется тенденция выхода популяции основного носителя чумы — малого суслика — из состояния длительной депрессии. Однако в связи с тем, что на территории Республики Калмыкия местное население проводит его неконтролируемый отлов, фоновая численность, вероятно, остается низкой и составляет 5,7 особи на 1 га.

Волго-Уральский степной природный очаг (15) на территории области расположен в административных границах Ленинского, Палласовского, Быковского и Среднеахтубинского районов. В последние десятилетия в Волго-Уральском степном очаге, территориально расположенном в Российской Федерации, эпизоотии чумы не отмечались.

Основной носитель возбудителя чумы — малый суслик. По данным эпизоотологического обследования, проведенного сотрудниками Харабалинского ПЧО Астраханской ПЧС в 2020 г., популяция основного носителя чумы находится в депрессии. Наблюдается сильный антропогенный пресс: распашка земель, ирригация, выпас скота. Кроме того, малый суслик является объектом охоты. Его численность составляет 4,2 особи на 1 га.

При проведении бактериологических исследований материалов, добытых в эндемичных по чуме районах, положительных проб на чуму не выявлено.

Туляремия

На сегодня во всех 33 районах Волгоградской области имеются действующие очаги туляремии балочно-овражного, пойменно-болотного, степного и урбанистического типов (г.г. Волгоград и Волжский). Правобережье в основном представлено балочно-овражными, а Заволжье степными очагами, однако в обоих случаях типы очагов часто имеют смешанную структуру. В природных очагах возбудитель туляремии сохраняется благодаря источникам (ММ, зайцеобразным) и переносчикам (кровососущим членистоногим).

В последнее десятилетие доминирующим на территории области видом среди ММ по-прежнему является лесная мышь (*Apodemus uralensis* Pallas, 1811) (40,6 %), содоминантом — полевая мышь (*Apodemus agrarius* Pallas, 1771) (25,5 %). Прочие виды в структуре ММ составляют: домовая мышь (*Mus musculus* Linnaeus, 1758) — 15,5 %, обыкновенная полевка (*Microtus arvalis* Pallas, 1778) — 9,7 %, рыжая полевка (*Myodes glareolus* Schreber, 1780) — 4,9 %, желтогорлая мышь (*Apodemus flavicollis* Melchior, 1834) — 1,9 %, бурозубки (*Soricidae* G. Fischer, 1817) — 1,7 %, землеройка белозубка (*Crocidura Wagler, 1832*) — 0,2 %.

Циркуляция возбудителя туляремии выявлена при исследовании материала от обыкновенной полевки, домовой мыши, малой лесной мыши, малой белозубки (*Crocidura suaveolens* Pallas, 1811) и среди иксодовых клещей (*Hyalomma marginatum* Koch, 1844), (*Dermacentor marginatus* Sulzer, 1776, *D. reticulatus* Fabricius, 1794, *Rhipicephalus rossicus* Yakimov et Kol-Yakimova, 1911).

В разные годы при проведении эпизоотологического мониторинга на территории области выявление инфицированных возбудителями туляремии проб от ММ, объединенных в пулы, варьировало от минимальных 18,2 % в 2018 г. до 36,8 % в 2016 г. и от клещей — от 19,3 % в 2017 г. до 30,4 % в 2016 г.

В последние годы в связи с усилением антропогенного давления на окружающую среду и на фоне экологических изменений в биоценозах территорий Волгоградской области продолжается формирование новых ландшафтов, с измененными условиями, которые могут привести к появлению в степных районах новых очагов инфекции, связанных с интенсивным развитием сельскохозяйственной деятельности.

При проведении серологического мониторинга напряженности иммунитета к возбудителю туляремии среди населения в 2019 г. в индикаторной группе 18–55 лет — процент серопозитивных составил 91,0 %, в 2018 — 89,0 %, в 2017 году — 94,7 %.

Следует отметить, что благодаря проведению вакцинации населения на эндемичных территориях и контролю численности носителей и переносчи-

ков инфекции, в последние 14 лет заболеваний туляремией среди населения области не было. Последний случай зарегистрирован в 2007 г. у жителя Николаевского района.

Лихорадка Ку

Носителями кокциелл Бернета в природных очагах являются ММ, в антропоургических – домашние животные, в том числе крупный и мелкий рогатый скот, а переносчиками – иксодовые клещи. По данным зоолого-эпидемиологического мониторинга антигены кокциелл Бернета выявляли в материале от ММ, объединенном в пулы, от минимальных 2 % в 2019 г. до 7,1 % в 2016 г., а в клещах – от 1 % в сборах 2019 г. до 3,1 % в 2015 г.

При проведении серологического мониторинга напряженности иммунитета к возбудителю Ку-лихорадки среди животноводов, положительные пробы выявлены от минимальных 1,6 % в 2017 г. до 6,3 % в 2016 г.

За последние 10 лет выявлено всего 9 случаев кокциеллеза. В 2017 г. зарегистрировано 5 случаев заболевания лихорадкой Ку, в 2012 – 2, в 2013 и 2019 гг. – по 1 случаю лихорадки Ку. В остальные годы заболеваний не выявлено (табл. 1).

Заболеемость населения регистрировалась в районах с развитым животноводством. Вакцинация групп риска, ветеринарный контроль за инфицированием кокциеллами сельскохозяйственных животных и проведение регламентированных ветеринарных профилактических и противоэпидемических мероприятий снижают потенциальную опасность заболеваемости Ку лихорадкой населения области.

Иксодовые клещевые боррелиозы

К 2011 г. маркеры возбудителя ИКБ выявлялись в 5 районах области. В настоящее время эндемичными по боррелиозу являются 9 сельских районов, а также г.г. Волгоград и Волжский.

Эпидемиологическая обстановка по ИКБ на территории Волгоградской области относительно благоприятная. За период с 2011 по 2015 г. было выявлено всего 7 случаев ИКБ, за 5 лет с 2016 по 2020 г. – 19 случаев (табл. 1).

В последние годы наметилась тенденция роста заболеваемости ИКБ, в том числе жителей областного центра. В 2019 г. было зарегистрировано 7 случаев заболевания ИКБ (по одному – у жителей Среднеахтубинского и Урюпинского районов области и 5 у жителей города Волгограда). Все случаи связаны с укусами клещей.

При серологическом мониторинге в 2019 году среди групп «риска» (дачники, лесники, с/х работники) на наличие антител к возбудителям ИКБ положительные результаты выявлены в 1,6 % проб. Среди аналогичных групп «риска» в 2018 г. положительные пробы составили 1,2 %, в 2016 и 2017 году выявлено по 1,6 % серопозитивных.

В 2019 году на наличие маркеров возбудителя ИКБ методом ПЦР индивидуально было исследовано 210 проб иксодовых клещей, выявлены 2 положительные пробы *I. ricinus*, собранные на территории Новоаннинского и Котельниковского района (х. Захаров). Следует отметить, что ранее в Котельниковском районе маркеры возбудителя ИКБ не выявлялись. Уровень инфицированности иксодовых клещей в 2019 году составил 1 %, в 2018 г. – 0 %, в 2017 г. – 0,6 %.

В 2020 г. исследовано методом ПЦР 100 проб иксодовых клещей 5 видов. Выявлены 2 положительные пробы (2 %). Маркеры возбудителя ИКБ обнаружены в суспензиях клещей видов *I. ricinus* и *R. rossicus*.

Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС)

При изучении эпидемиологической ситуации по ГЛПС на территории области за последние 10 лет установлено, что наибольшее число заболевших зарегистрировано в северных районах, наиболее благоприятных для обитания основного носителя вируса – рыжей полевки. Среди заболевших – преимущественно мужчины в возрасте от 16 до 55 лет (хлеборобы, овощеводы, охотники и др.). Заболеваемость регистрировалась в течение года, без четкого определения сезонности.

Заражение происходит в основном воздушно-пылевым путем, при вдыхании аэрозолей, содержащих контаминированные вирусом частички пыли.

За период с 2011 по 2015 г. был выявлен 31 случай ГЛПС. Максимальное число – 12 больных было в 2013 г. За 5 лет с 2016 по 2020 г. диагноз ГЛПС был поставлен 26 больным. За весь период наблюдения ежегодно регистрировали от 1 до 12 случаев ГЛПС.

В 2019 г. на территории области отмечен рост заболеваемости ГЛПС в 1,7 раза по сравнению с 2018 г. Зарегистрировано 12 случаев ГЛПС (0,48 на 100 тыс. нас.) у жителей 5 районов. Заболеваемость спорадическая, случаи не связаны между собой. По гендерному признаку заболеваемость распределилась следующим образом: мужчины – 91,7 % (11 человек), женщины – 8,3 % (1 человек). Удельный вес заболевших трудоспособного возраста – 92,0 %. В 2020 г. заболеваемость ГЛПС снизилась до 3 случаев.

При проведении серологического мониторинга на наличие антител к возбудителю ГЛПС среди населения Волгоградской области в 2019 году процент серопозитивных от общего количества обследованных составил 3,5 %, в 2018 г. – 2,5 %, в 2017 г. – 4,8 %.

В 2020 г. отмечен рост числа положительных проб от ММ на наличие антигена хантавирусов до 4,8 % от общего числа исследований. В 2019

Таблица 1. Заболеваемость ПОИ населения Волгоградской области за 10-летний период по годам (2011–2020 гг.)

Table 1. The incidence of NFIs in the population of the Volgograd Region, cases, 2011–2020

Нозологические формы ПОИ / NFIs	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Всего за 10 лет / Total for 10 years
ЛЗН / WNV	61	210	49	5	0	6	0	28	12	0	371
КГЛ / CCHF	2	0	6	6	3	14	4	9	7	0	51
ГЛПС / HFRS	3	10	12	5	1	2	2	7	12	3	57
ИКБ / Lyme disease	0	1	2	2	2	2	4	5	7	1	26
Ку лихорадка / Q fever	0	2	1	0	0	0	5	0	1	0	9
Итого / Total	66	223	70	18	6	24	15	49	39	4	514

году аналогичный показатель составил 3,2 %, в 2018 г. – 2,4 %, в 2017 г. – 4 %.

В настоящее время эндемичными по ГЛПС являются 33 муниципальных сельских района области, из них в 28 районах регистрируются эпидемически активные очаги инфекции. Учитывая возросшие показатели численности ММ в 2020 г. (рис. 1) и результаты лабораторных исследований, в предстоящий период следует ожидать обострения эпизоотологической и эпидемиологической обстановки по ГЛПС, главным образом в северной и центральной зонах области.

Лихорадка Западного Нила

В 2012 году вновь была зарегистрирована массовая заболеваемость населения ЛЗН, с 210 подтвержденными случаями [18]. Заболевания в этот период протекали в более легкой форме и с меньшей летальностью по сравнению со вспышкой 1999 года. Последующие годы относятся к межэпидемическому периоду, о чем свидетельствует спорадическая заболеваемость населения ЛЗН (табл. 1) [19, 20].

За весь период наблюдения за возбудителем ЛЗН на территории Волгоградской области маркеры вируса были выявлены в различных объектах окружающей среды (табл. 2). При исследовании зоолого-энтомологического материала, инфицированные пробы выявлены среди птиц, комаров, клещей, а также ММ [21].

При обследовании объектов внешней среды, объединенных в пулы, было получено 274 положительных результата на наличие РНК ВЗН у носителей и переносчиков (рис. 2).

Как видно из диаграммы, большинство положительных находок вируса приходится на комаров (38,3 %). При этом основную роль в инфицировании человека играют орнитофильные комары рода *Culex* [22].

Благоприятные климатогеографические условия, наличие резервуаров и переносчиков ВЗН способствуют существованию природных очагов лихорадки Западного Нила на территории Волгоградской области.

При обследовании населения на наличие иммунитета к ЛЗН установлено, что антитела к ВЗН определяются у жителей всех районов области. В 2019 г. при скрининговом обследовании 1000 человек специфические антитела были выявлены в 11,1 % случаев, среди 300 доноров – у 10 % обследованных.

Выявление антител к ВЗН у отдельных групп здорового населения на административных территориях области свидетельствует о циркуляции ВЗН на этих территориях и наличии иммунитета у населения после перенесенного заболевания ЛЗН в легкой клинической или субклинической формах.

В 2018 году методом ОТ-ПЦР было исследовано 980 проб полевого материала. Среди переносчиков

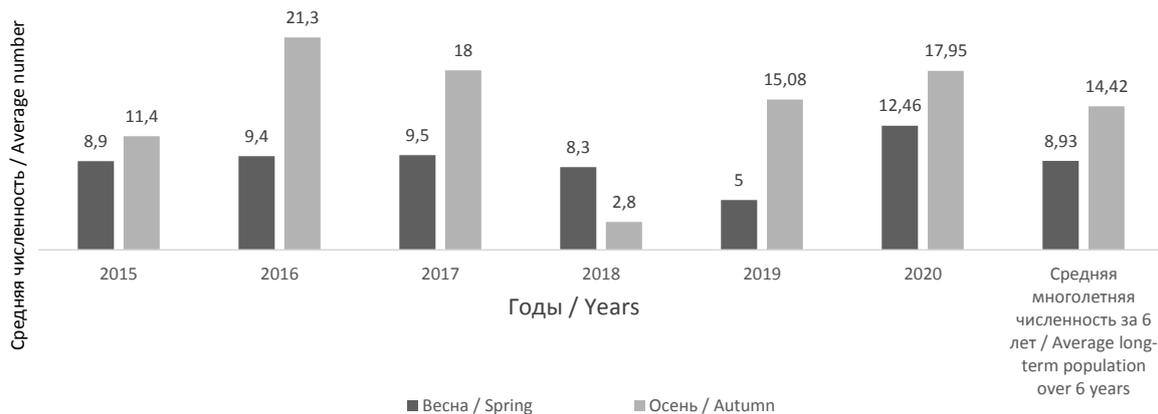


Рис. 1. Сравнительные показатели численности ММ в Волгоградской области за период 2015–2020 гг.

Fig. 1. Comparative indicators of the number of small mammals in the Volgograd Region, 2015–2020

Таблица 2. Выявление маркеров ВЗН из объектов окружающей среды в Волгоградской области

Table 2. Isolation of WNV markers from select living things in the Volgograd Region

Членистоногие / Arthropods	Птицы / Birds	Мелкие млекопитающие / Small mammals
Комары / Mosquitoes	Серая ворона / Hooded crow (<i>Corvus cornix</i> Linnaeus, 1758)	Домовая мышь / House mouse (<i>Mus musculus</i> Linnaeus, 1758)
<i>Culex</i> Linnaeus, 1758	Сизый голубь / Rock pigeon (<i>Columba livia</i> Gmelin, 1789)	Полевая мышь / Striped field mouse (<i>Apodemus agrarius</i> Pallas, 1771)
<i>Aedes</i> Meigen, 1818	Малый баклан / Pygmy cormorant (<i>Phalacrocorax pygmeus</i> Pallas, 1773)	Малая лесная мышь / Ural field mouse (<i>Apodemus uralensis</i> Pallas, 1811)
<i>Anopheles</i> Meigen, 1818	Обыкновенная сорока / Common magpie (<i>Pica pica</i> Linnaeus, 1758)	Желтогорлая мышь / Yellow-necked mouse (<i>Apodemus flavicollis</i> Melchior, 1834)
<i>Uranotaenia</i> Lynch Arribalzaga, 1891	Грач / Rook (<i>Corvus frugilegus</i> Linnaeus, 1758)	Обыкновенная полевка / Common vole (<i>Microtus arvalis</i> Pallas, 1778)
<i>Coquillettidia</i> Dyar, 1905	Речная крачка / Common tern (<i>Sterna hirundo</i> Linnaeus, 1758)	Обыкновенная бурозубка / Common shrew (<i>Sorex araneus</i> Linnaeus, 1758)
Клещи / Ticks	Обыкновенный фазан / Common pheasant (<i>Phasianus colchicus</i> Linnaeus, 1758)	
<i>Hyalomma marginatum</i> Koch, 1844	Серебристая чайка / European herring gull (<i>Larus argentatus</i> Pontoppidan, 1763)	

РНК ВЗН была выявлена в 53 пробах комаров (5,41 %), отловленных на территории Волгоградской области. В 2019 г. РНК ВЗН в носителях и переносчиках выявлена в 33 пробах из объектов внешней среды: комарах (*Cx. pipiens*, *Cx. modestus*, *An. maculipennis*, *Coq. richiardii*, *Ae. caspius*); клещах (*H. marginatum*); птицах (голубь сизый, ворон черный, баклан большой, синица большая).

В 2020 г. на базе Референс-центра по мониторингу за возбудителем лихорадки Западного Нила на наличие РНК ВЗН методом ОТ-ПЦР исследовано 204 пула (5634 особи) комаров 10 видов, отловленных в г. Волгоград и 4 районах области. В 7 пробах обнаружена РНК ВЗН, выделено 7 изолятов ВЗН. Важно отметить, что вирус Западного Нила был выделен из комаров, отловленных в открытых стациях в период их активности (май-сентябрь), а также из суспензий диапаузирующих самок вида *Cx. pipiens*, отловленных в погребе в Среднеахтубинском районе в конце февраля 2020 г., что подтверждает возможность сохранения вируса в комарах в межэпизоотический период.

При исследовании материала от 85 птиц лимнофильного и наземного комплексов, в двух пробах (утка серая и красноносый нырок) обнаружена РНК ВЗН.

Типирование положительных образцов позволило установить их высокую гомологию со 2-м генотипом ВЗН. Исследования методом полногеномного сиквенс-анализа показали, что изоляты, выделенные на территории Волгоградской области в последние годы не имеют значительных отличий в структуре генома от изолятов 2007 г. и образуют общую кладу [23]. Полученные данные подтверждают гипотезу о том, что на территории Волгоградской области не позднее 2007 года в результате заноса сформировался автохтонный очаг ВЗН, существующий уже более 10 лет.

Эпидемический процесс ЛЗН на территории Волгоградской области характеризуется следующими проявлениями: смещение пика заболеваемости на конец лета – начало осени, уменьшение легких и увеличение доли среднетяжелых форм болезни и снижение числа летальных исходов, рост числа случаев заболевания ЛЗН среди людей трудоспособного возраста. Большинство заболевших, по-прежнему, являются городскими жителями [24].

Крымская геморрагическая лихорадка

В настоящее время по степени эпизоотической активности к «реально опасным» участкам

природного очага КГЛ, где установлена циркуляция вируса в объектах внешней среды и заболеваемость населения, относятся 23 административные территории области, к «условно опасным» участкам природного очага – 2 административные территории (Ольховский и Николаевский район), где установлено обитание *H. marginatum*, но в биологическом материале вирус не обнаружен и случаев заболеваний не регистрировалось.

За период с 2011 по 2015 г. было выявлено 17 случаев КГЛ, за 5 лет с 2016 по 2020 г. – 34 случая. Больше всего случаев выявлено в 2016 г. – 14. За последние 5 лет число случаев КГЛ выросло в 2 раза по сравнению с предыдущим пятилетием. В тоже время в 2020 г. не выявлено случаев заболеваний.

Ретроспективно сезонность заболеваемости КГЛ в Волгоградской области приходилась на период активности клещей (апрель – июль) с пиками заболеваемости в мае и июне. Все заболевшие – жители сельской местности.

При проведении серологического мониторинга среди населения на наличие IgG к вирусу ККГЛ в 2019 г. выявлено 0,4 % положительных от общего количества исследованных проб, в 2018 г. – 0,27 %, в 2017 – 0,35 %.

Инфицирование людей происходило при реализации трансмиссивного и контактного механизмов передачи вируса Крымской-Конго геморрагической лихорадки. Все пострадавшие отмечали контакт с клещом (снятие, раздавливание, присасывание и т. д.).

При исследовании зоолого-энтомологического материала антиген вируса ККГЛ в 2019 г. выявлен в 9 пробах из 740 исследованных, что составило 1,2 % (иксодовые клещи – 0,3 %, ММ – 0,8 %, птицы – 0,1 %), в 2018 г. – 2 % (иксодовые клещи – 1,4 %, ММ – 0,5 %, птицы – 0 %), в 2017 г. – 2 % (иксодовые клещи – 0,9 %, ММ – 1,1 %, птицы – 0 %).

В 2020 г. при исследовании полевого материала на наличие маркеров КГЛ положительные пробы не выявлены. Следует отметить корреляцию между отрицательными результатами исследований проб переносчиков вируса ККГЛ и отсутствием заболеваний населения в эпидсезон 2020 г.

В последние годы отмечена тенденция распространения клещей *H. marginatum*, основных переносчиков вируса ККГЛ на более северные территории области. Клещи данного вида выявлены в 25 районах области.

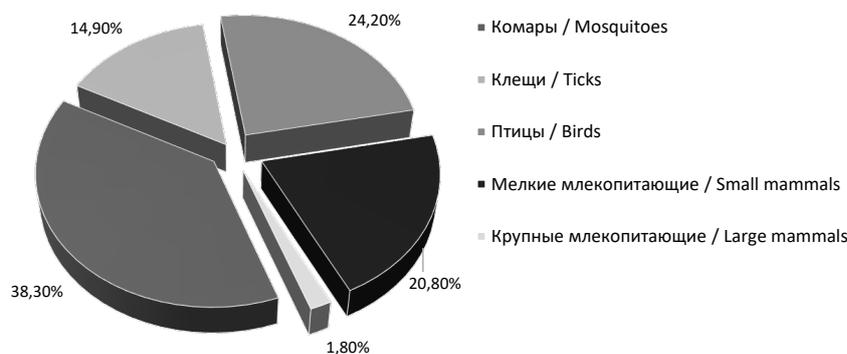


Рис. 2. Выявление РНК ВЗН в объектах внешней среды

Fig. 2. Detection of WNV RNA in select living things

Учитывая эпизоотолого-эпидемиологическую ситуацию по КГЛ на территории области, требуется систематическое наблюдение за возбудителем и проведение своевременных профилактических мероприятий по снижению численности основного переносчика в виде акарицидных обработок территорий и сельскохозяйственных животных.

Сочетанные очаги природно-очаговых инфекций

В последние годы актуальным направлением анализа эпизоотолого-эпидемиологической ситуации является изучение территорий с сочетанными очагами ПОИ бактериальной, риккетсиозной и вирусной природы (рис. 3).

В большинстве районов области существуют смешанные очаги, которые поддерживаются общими носителями и переносчиками. Наличие

единых источников и механизмов передачи создают благоприятные условия, при которых увеличивается риск возникновения микст-инфекций у человека, с отягощающим действием инфекционных агентов.

Существование моно и сочетанных природных очагов на территории области требует оптимизации подходов к мониторингу за ПОИ, в том числе, с использованием геоинформационных систем (ГИС). С этой целью на базе ФКУЗ «Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора создана электронная база данных эпидемических проявлений ПОИ с визуализацией в виде интерактивной карты на базе серверной геоинформационной платформы OpenStreetMap (рис. 4).

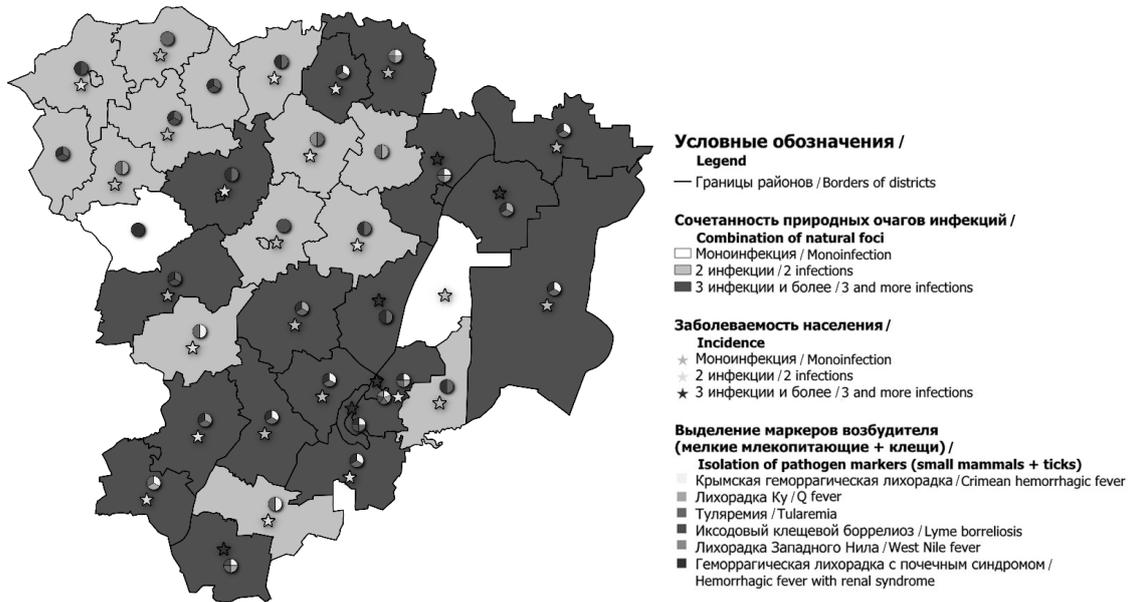


Рис. 3. Сочетанные очаги ПОИ в Волгоградской области
Fig. 3. Mixed foci of natural focal infections in the Volgograd Region

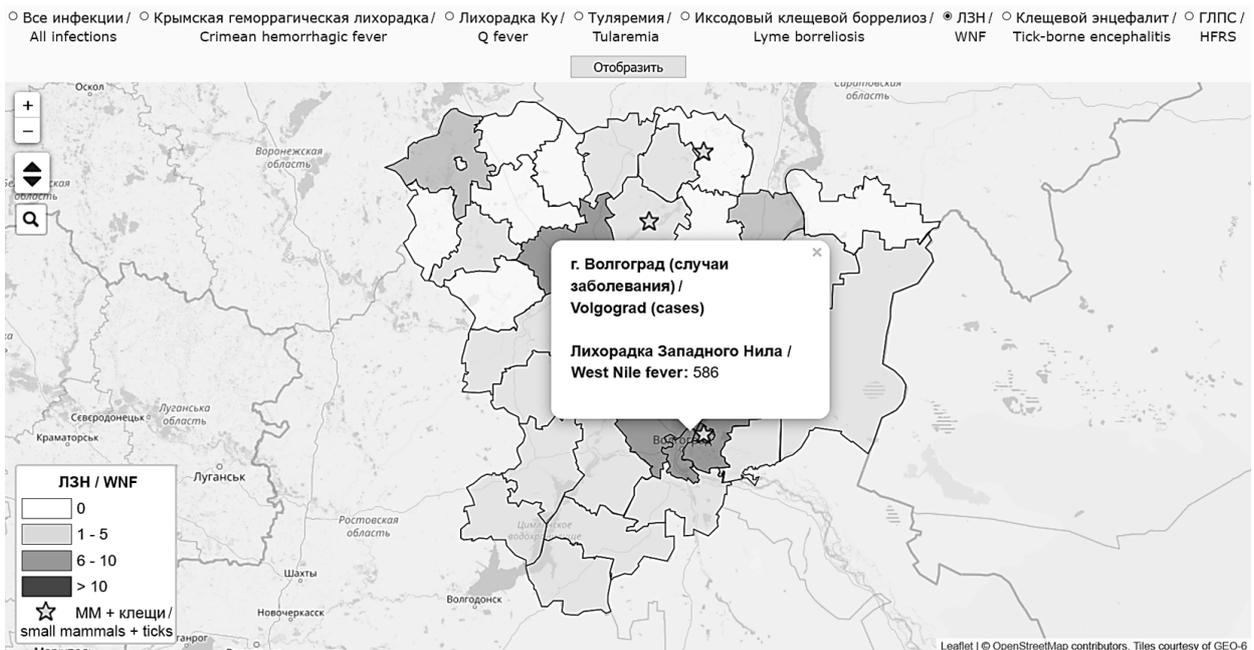


Рис. 4. Интерактивная карта эпидемических проявлений ПОИ на территории Волгоградской области
Fig. 4. Interactive map of the outbreaks of natural focal diseases in the Volgograd Region

Встроенный функционал карты позволяет отображать информацию о случаях заболеваний и выявлении маркеров ПОИ на территории Волгоградской области за период с 2009 по 2020 год.

Актуализация базы данных в перспективе позволит визуализировать эпидемиологическую обстановку на территории области в режиме реального времени.

Обсуждение. За последние 10 лет сформировалась тенденция снижения показателей по всем нозологическим формам (рис. 5).

Стабильно на низком уровне находится заболеваемость лихорадкой Ку, ИКБ, несколько выше – ГЛПС и КГЛ. Наиболее значимой ПОИ для Волгоградской области остается ЛЗН, эпидемические проявления которой регистрируются с 9–11-летней цикличностью и совпадают с сезонами высоких летних температур. В общей структуре заболеваемости ПОИ за анализируемый период ЛЗН составляет 72,18 %, примерно одинакова доля ГЛПС и КГЛ (11,09 и 9,92 %), ИКБ – 5,06 % и лихорадка Ку – 1,75 % (рис. 5).

Следует отметить увеличение за последние 10 лет числа эндемичных районов на 7 по КГЛ (с 18 до 25) и на 6 по ИКБ (с 5 до 11), что связано с расширением ареала клещей – переносчиков возбудителей инфекций. Таким образом, в настоящее время все районы области эндемичны по туляремии, ЛЗН, ГЛПС, лихорадке Ку, 25 районов – по КГЛ и 11 – по ИКБ.

Эпидемические проявления ПОИ обусловлены с одной стороны величиной их лоймопотенциала, с другой – интенсивностью контактов населения с природными очагами. В этой связи показательное резкое снижение случаев заболеваний всеми нозологическими формами анализируемых ПОИ (регистрация 3 случаев ГЛПС, одного – ИКБ и отсутствие заболеваний ЛЗН, КГЛ, лихорадкой Ку) в 2020 г. в период введения ограничительных мероприятий, связанных с пандемией новой коронавирусной инфекции (COVID-19).

Заключение. Таким образом, Волгоградская область является эндемичной территорией по целому ряду природно-очаговых инфекций.

В последнее десятилетие наблюдается рост числа эндемичных по ПОИ районов, сформировались сочетанные очаги бактериальной, риккетсиозной и вирусной природы.

Сложившаяся ситуация обуславливает необходимость проведения постоянного эпидемиологического и эпизоотологического мониторинга, в том числе с применением ГИС, современных методов лабораторной диагностики, оптимизации надзора с целью обеспечения эпидемиологического благополучия населения.

Список литературы

1. Коренберг Э.И. Пути совершенствования эпидемиологического надзора за природноочаговыми инфекциями // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2016. Т. 15. № 6 (91). С. 18–29.
2. Li J, Wang Y, Liu F, et al. Genetic source tracking of human plague cases in Inner Mongolia–Beijing, 2019. *PLoS Negl Trop Dis.* 2021;15(8):e0009558. doi: 10.1371/journal.pntd.0009558
3. Nasirian H. New aspects about Crimean-Congo hemorrhagic fever (CCHF) cases and associated fatality trends: A global systematic review and meta-analysis. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis.* 2020;69:101429. doi: 10.1016/j.cimid.2020.101429
4. Vlaskamp DR, Thijsen SF, Reimerink J, et al. First autochthonous human West Nile virus infections in the Netherlands, July to August 2020. *Euro Surveill.* 2020;25(46):2001904. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2020.25.46.2001904
5. Василенко Н.Ф., Малецкая О.В., Прислегина Д.А., и др. Эпизоотологический мониторинг природно-очаговых инфекций на юге европейской части России в 2017 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2019. № 2. С. 45–49.
6. Попов Н.В., Ерошенко Г.А., Карнаухов И.Г. и др. Эпидемиологическая и эпизоотическая обстановка по чуме в Российской Федерации и прогноз ее развития на 2020–2025 гг. // Проблемы особо опасных инфекций. 2020. № 1. С. 43–50.

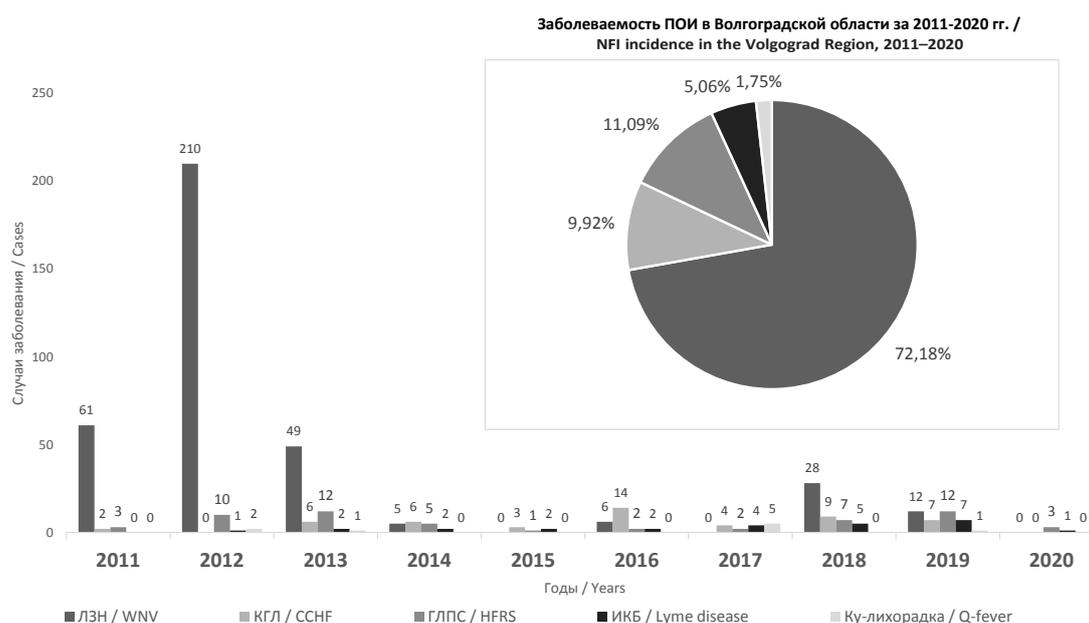


Рис. 5. Структура заболеваемости природно-очаговыми инфекциями в Волгоградской области за период 2011–2020 гг.
Fig. 5. The incidence of select natural focal infections in the Volgograd Region, 2011–2020

7. Арутюнов Ю.И., Мишанькин Б.Н., Водопьянов А.С. Особенности проявления туляремии в Южном Федеральном округе: Волгоградская область (история вопроса) // Научная мысль Кавказа. 2008. № 4 (56). С. 34–40
8. Кудрявцева Т.Ю., Попов В.П., Мокриевич А.Н., и др. Туляремия: актуальные вопросы и прогноз эпидемической ситуации на территории Российской Федерации в 2018 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2018. № 1. С. 22–29.
9. Смелянский В.П., Корсакова И.И., Пашанина Т.П. и др. Заболеваемость населения Волгоградской области лихорадкой Ку // Инфекционные болезни. 2012. Т. 10. № 2. С. 29–32.
10. Жуков А.Н., Тихонов Н.Г., Пашанина Т.П. и др. Иксодовый клещевой боррелиоз в Волгоградской области // Природно-очаговые инфекции в Нижнем Поволжье: Сб. науч. тр. Волгоград. 2000. С. 87–92.
11. Рудакова С.А., Пеньевская Н.А., Блох А.И. и др. Эпидемиологическая ситуация по иксодовым клещевым боррелиозам в Российской Федерации в 2019 г. в сравнении с периодом 2002–2018 гг. // Проблемы особо опасных инфекций. 2020. № 3. С. 131–138
12. Зайцева О.А., Котенев Е.С., Артюшина Ю.С. и др. Современная эпидемиолого-эпизоотологическая ситуация по иксодовому клещевому боррелиозу на юге европейской части России // Проблемы особо опасных инфекций. 2019. № 3. С. 58–65.
13. Пашанина Т.П., Жукова Е.А., Смелянский В.П. и др. Серозэпидемиологический мониторинг геморрагической лихорадки с почечным синдромом в Волгоградской области // Вестник ВолГМУ. 2014. № 3 (51). С. 130–133.
14. Ткаченко Е.А., Бернштейн А.Д., Дзагурова Т.К. и др. Актуальные проблемы геморрагической лихорадки с почечным синдромом // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2013. № 1. С. 51–58
15. Малецкая О.В., Таран Т.В., Прислегина Д.А. и др. Природно-очаговые вирусные лихорадки на юге европейской части России. Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом // Проблемы особо опасных инфекций. 2019. № 4. С. 79–84.
16. Лобанов А.Н., Савченко С.Т., Смелянский В.П. и др. Крымская геморрагическая лихорадка в Волгоградской области. Арбовирусы и арбовирусные инфекции // В кн: Материалы расширенного пленума проблемной комиссии «Арбовирусы» и научно-практической конференции «Арбовирусы и арбовирусные инфекции»; 17–20 октября 2006 г.; Астрахань, 2007. С. 132–135
17. Мананков В.В., Алексеев В. В., Смелянский В.П. и др. Эпидемиологический мониторинг природного очага Крымской геморрагической лихорадки в Волгоградской области за период с 2000 по 2009 год // Проблемы особо опасных инфекций. 2010. № 4 (106). С. 19–22.
18. Путинцева Е.В., Антонов В.А., Викторов Д.В., и др. Особенности эпидемической ситуации по лихорадке Западного Нила в 2012 г. на территории Российской Федерации // Проблемы особо опасных инфекций. 2013. № 1. С. 25–29.
19. Путинцева Е.В., Смелянский В.П., Алексейчик И.О. и др. Итоги мониторинга возбудителя лихорадки Западного Нила в 2017 г. на территории Российской Федерации. Прогноз развития ситуации в 2018 г. в России // Проблемы особо опасных инфекций. 2018. № 1. С. 56–62.
20. Путинцева Е.В., Удовиченко С.К., Бородай Н.В., и др. Особенности эпидемиологической ситуации по лихорадке Западного Нила в Российской Федерации в 2020 г. и прогноз ее развития в 2021 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2021. № 1. С. 63–72.
21. Алексейчик И.О., Путинцева Е.В., Смелянский В.П. и др. Циркуляция вируса Западного Нила среди птиц и животных // В сб.: IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Молекулярная диагностика 2017»; 18–20 апреля 2017 г., Москва, 2017. С. 161–162.
22. Федорова М.В., Бородай Н.В. О необходимости и путях совершенствования энтомологического мониторинга при эпидемиологическом надзоре за лихорадкой Западного Нила // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2017. № 2. С. 37–42.
23. Шпак И.М., Авдюшева Е.Ф., Антонов А.С. и др. Технологии метагеномики в молекулярном мониторинге за арбовирусами // Сборник материалов Молекулярная диагностика и биобезопасность. Под редакцией В.Г. Акимкина, М.Г. Твороговой. М.: ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора. 2020. С. 186.
24. Путинцева Е.В., Алексейчик И.О., Чеснокова С.Н., и др. Результаты мониторинга возбудителя лихорадки Западного Нила в РФ в 2019 г. и прогноз развития эпидемической ситуации на 2020 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2020. № 1. С. 51–60. doi: 10.21055/0370-1069-2020-1-51-60

References

1. Korenberg EI. Ways of improving epidemiological surveillance of natural focal infections. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2016;15(6(91)):18–29. (In Russ.)
2. Li J, Wang Y, Liu F, et al. Genetic source tracking of human plague cases in Inner Mongolia–Beijing, 2019. *PLoS Negl Trop Dis*. 2021;15(8):e0009558. doi: 10.1371/journal.pntd.0009558
3. Nasirian H. New aspects about Crimean-Congo hemorrhagic fever (CCHF) cases and associated fatality trends: A global systematic review and meta-analysis. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis*. 2020;69:101429. doi: 10.1016/j.cimid.2020.101429
4. Vlaskamp DR, Thijsen SF, Reimerink J, et al. First autochthonous Nile human West Nile virus infections in the Netherlands, July to August 2020. *Euro Surveill*. 2020;25(46):2001904. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2020.25.46.2001904
5. Vasilenko NF, Maletskaya OV, Prislegina DA, et al. Epizootological monitoring of natural focal infections in the south of the European part of the Russian Federation in 2017. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy*. 2019;(2):45–49. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2020-1-43-49
6. Popov NV, Eroshenko GA, Karnaukhov IG, et al. Epidemiological and epizootic situation on plague in the Russian Federation and forecast for its development for 2020–2025. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy*. 2020;(1):43–50. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2020-1-43-50
7. Arutyunov YuI, Mishankin BN, Vodopyanov AS. The peculiarities of tularemia manifestation in the South Federal District: Volgograd Region (background). *Nauchnaya Mysl' Kavkaza*. 2008;(4(56)):34–40. (In Russ.)
8. Kudryavtseva TYu, Popov VP, Mokrievich AN, et al. Tularemia: relevant issues and forecast of epidemic situation in the territory of the Russian Federation in 2018. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy*. 2018;(1):22–29. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2018-1-22-29
9. Smelyansky VP, Korsakova II, Pashanina TP, et al. The incidence of Q fever among the population of the Volgograd area. *Infektsionnye Bolezni*. 2012;10(2):29–32. (In Russ.)
10. Zhukov AN, Tikhonov NG, Pashanina TP, et al. [Ixodic tick-borne borreliosis in the Volgograd region.] In: *Natural Focal Infections in the Lower Volga Region: Collection of Scientific Papers*. Volgograd, 2000:87–92. (In Russ.)

11. Rudakova SA, Pen'evskaya NA, Blokh AI, *et al.* Epidemiological situation on tick-borne borreliosis in the Russian Federation in 2019 compared to the period of 2002–2018. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2020;(3):131–138. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2020-3-131-138
12. Zaitseva OA, Kotenev ES, Artyushina YuS, *et al.* Modern epidemiological and epizootiological situation on ixodic tick-borne borreliosis in the south of the European part of Russia. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2019;(3):58–65. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2019-3-58-65
13. Pashanina TP, Zhukova EA, Smelyansky VP, *et al.* Seroepidemiological monitoring of hemorrhagic fever with renal syndrome in the Volgograd region. *Vestnik VolGMU.* 2014;(3(51)):130–133. (In Russ.)
14. Tkachenko EA, Bernshtein AD, Dzagurova TK, *et al.* Actual problems of hemorrhagic fever with renal syndrome. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii.* 2013;(1):51–58. (In Russ.)
15. Maletskaya OV, Taran TV, Prislegina DA, *et al.* Natural focal viral fevers in the south of the European part of Russia. Hemorrhagic fever with renal syndrome. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2019;(4):79–84. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2019-4-79-84
16. Lobanov AN, Savchenko ST, Smelyanskiy VP, *et al.* [Crimean hemorrhagic fever in the Volgograd region. Arboviruses and arbovirus infections.] In: *Proceedings of the Plenary Session of the Problem Commission on Arboviruses and the Scientific and Practical Conference on Arboviruses and Arbovirus Diseases, Astrakhan, October 17–20, 2006.* Astrakhan, 2007:132–135. (In Russ.)
17. Manankov VV, Alekseev VV, Smelyanskiy VP, *et al.* Epidemiological monitoring of Crimean hemorrhagic fever natural focus in the Volgograd region in 2000–2009. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2010;(4(106)):19–22. (In Russ.)
18. Putintseva EV, Antonov VA, Viktorov DV, *et al.* Peculiarities of epidemiological situation on the West Nile fever in 2012 in the territory of the Russian Federation. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2013;(1):25–29. (In Russ.)
19. Putintseva EV, Smelyansky VP, Alekseychik IO, *et al.* Results of monitoring over the West Nile fever pathogen in the territory of the Russian Federation in 2017. Forecast of epidemic situation development in Russia in 2018. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2018;(1):56–62. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2018-1-56-62
20. Putintseva EV, Udovichenko SK, Boroday NV, *et al.* Peculiarities of epidemiological situation on the West Nile fever in the Russian Federation in 2020 and forecast for its development in 2021. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2021;(1):63–72. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2021-1-63-72
21. Alekseychik IO, Putintseva EV, Smelyanskiy VP, *et al.* [Circulation of the West Nile virus among birds and animals.] In: *Molecular Diagnostics – 2017: Proceedings of the Ninth All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Moscow, April 18–20, 2017.* Moscow: Central Research Institute of Epidemiology Publ.; 2017:161–162. (In Russ.)
22. Fedorova MV, Boroday NV. On the necessity and ways to improve entomological monitoring in the epidemiological surveillance for West Nile fever. *Meditinskaya Parazitologiya i Parazitarnye Bolezni.* 2017;(2):37–42. (In Russ.)
23. Shpak IM, Avdyusheva EF, Antonov AS, *et al.* [Metagenomics technologies in molecular monitoring of arboviruses.] In: *Molecular Diagnostics and Biosafety – 2020: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Moscow, March 19–20, 2020.* Akimkin VG, Tvorogova MG, eds. Moscow: Central Research Institute of Epidemiology Publ.; 2020:186. (In Russ.)
24. Putintseva EV, Alekseychik IO, Chesnokova SN, *et al.* Results of the West Nile fever agent monitoring in the Russian Federation in 2019 and the forecast of epidemic situation development in 2020. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2020;(1):51–60. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2020-1-51-60



ПАМЯТИ ВЫДАЮЩЕГОСЯ УЧЕНОГО: 120 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ПРОФЕССОРА ФЕЛИКСА СТАНИСЛАВОВИЧА ОКОЛОВА

Феликс Станиславович Околов родился в 1896 году в Ставропольской губернии. Окончив с серебряной медалью ставропольскую гимназию, в 1913 г. поступил в Медико-хирургическую академию в Санкт-Петербурге, обучение в которой в 1918 г. завершил также с отличием. В тот же год был мобилизован в Красную Армию, где прослужил до 1920 г. старшим врачом полка, начальником санчасти бригады.

В 1920–1922 гг. работал заведующим дагестанской областной лабораторией, в 1922–1925 гг. — научным сотрудником Ставропольского химико-бактериологического института, заведующим аналитическим отделом Ростовского микробиологического института. В этот период им было опубликовано 7 работ по вопросам гигиены.

В 1925 г. Ф.С. Околов избран ассистентом, а в 1927 г. заведующим пищевым отделением Московского санитарно-гигиенического института. В 1927 г. Наркомздравом был командирован на двухмесячную стажировку в институт им. Р. Коха (Берлин). В 1930–1934 гг. руководил отделом пищевой гигиены в Государственном институте питания (г. Москва), совмещая эту деятельность с научной работой ассистента кафедры общей гигиены Первого Московского государственного медицинского института (с 1931 г.), а в 1933 году временно исполнял обязанности заведующего этой же кафедрой. В 1932 г. Ф.С. Околов основал и до 1934 г. заведовал вновь открытой кафедрой пищевой санитарии Центрального института усовершенствования врачей.

За период работы в Москве Феликсом Станиславовичем опубликовано в центральных изданиях 27 статей, 3 учебника («Питание и пищевая гигиена» (1932) «Гигиена питания» (1932), «Практические способы исследования пищевых продуктов» (1933)), главы в книгах «Гигиена хлеба» (1932), «Практические методы исследования пищевых продуктов» (1933), «Питание Красной Армии» (1934), а также глава «Гигиена питания» в «Учебнике общей гигиены» (1936).

В 1934 году Ф.С. Околов по ложному доносу без суда и следствия был репрессирован и сослан в отдаленные регионы СССР, где до 1946 года работал в лагерных лабораториях и больницах. Этот самый сложный период в его жизни крайне скудно отражен в архивных данных, но по воспоминаниям людей, работавших с ним (<https://biography.wikireading.ru/145961>), это был высококвалифицированный, преданный своей профессии, волевой, добрый человек с широким кругозором.

После окончания Великой Отечественной войны Ф.С. Околов частично реабилитирован, но осуществлять трудовую деятельность в крупных городах СССР ему было запрещено.

В 1946 г. Ф.С. Околов избран заведующим кафедрой общей гигиены Киргизского медицинского института; тогда же он защитил кандидатскую диссертацию,



а в 1949 г. — докторскую. С 1950 года Феликс Станиславович — профессор по кафедре «Общая гигиена».

Работая в этом институте, Ф.С. Околов дал мощный импульс развитию гигиенической науки и санитарной практики в Киргизии. За 10 лет работы им было опубликовано 3 монографии, 40 научных статей, 6 из которых в Большой медицинской энциклопедии; он являлся руководителем и научным консультантом 4 докторских и 8 кандидатских диссертаций.

Только в 1954 г. Ф.С. Околов был полностью реабилитирован, а в 1955 г. он получил высокое звание заслуженного деятеля науки Киргизской ССР.

В 1956–1963 гг. Ф.С. Околов заведовал кафедрой общей гигиены в Кубанском медицинском институте, заметно оживив там

учебно-методическую и научную работу. В этот период под руководством и с непосредственным участием Феликса Станиславовича впервые на Кубани были выполнены исследования заболеваемости эндемическим зобом, изучен состав сточных вод сахарных и рыбозаводов как источников загрязнения окружающей среды, а также санитарное состояние всех здравниц Кубани с разработкой соответствующих рекомендаций по благоустройству. В этот же период впервые в истории кафедры под научным руководством Ф.С. Околова, используя разработанный им новый метод определения метгемоглобина в крови, успешно защитили кандидатские диссертации двое целевых аспирантов из Ставрополя. Он также предложил ряд новых методов и подходов, которые были использованы его учениками в последующем при работе над 6 докторскими и 12 кандидатскими диссертациями.

Ф.С. Околов разработал этиолого-патогенетическую классификацию пищевых отравлений и внедрил ее в учебный процесс специалистов по гигиене питания и в практическое здравоохранение. В 1960 г. им был подготовлен и издан учебник «Курс лекций по военной гигиене». Всего Ф.С. Околовым опубликовано 150 научных работ, в том числе 7 монографий.

Результаты всех его научных работ актуальны до настоящего времени.

Выйдя на пенсию, Феликс Станиславович продолжал работать на кафедре до 1972 г. профессором-консультантом.

Много лет Ф.С. Околов был редактором журнала «Лабораторная практика», членом редакционной коллегии журнала «Вопросы питания», членом редакционного совета журнала «Гигиена и санитария» и правления Всесоюзного общества гигиенистов и санитарных врачей.

Скромность, доброта, необыкновенная трудоспособность, исключительная научная эрудиция позволили ему занять видное место в плеяде выдающихся гигиенистов нашей великой страны. Память о Феликсе Станиславовиче Околове — Учене, Учителе, Человеке навсегда сохранится в наших сердцах.

*Нефедов П.В., Нефедова Л.В., Колычева С.С.
ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России*