

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ISSN (Print) 2308-1155
ISSN (Online) 2308-1163
ISSN (Eng-online) 2542-2308

Анализ риска здоровью

Health Risk
Analysis



journal.fcisk.ru

2023 / № 2

РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ
Science Index

GLOBAL SERIALS DIRECTORY

DOAJ DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS



OAJI Open Academic
Journals Index

UNLOCKING ACADEMIC CAREERS

Elektronische
Zeitschriftenbibliothek

Academic
Resource
Index

Academic Scientific Journals

EUROPEAN REFERENCE INDEX FOR THE
HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES

Bielefeld Academic Search Engine

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЛАНЬ»

ЭБС

INTERNATIONAL COMMITTEE OF
MEDICAL JOURNAL EDITORS

Universal Digital Object Information

SJR
Scimago Journal & Country Rank

Журнал «Анализ риска здоровью» входит в перечень ведущих научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, доктора наук.

Издание представлено в следующих международных и российских базах данных: Scopus, CyberLeninka, CrossRef, Ulrich's Periodicals Directory, Directory of Open Access Journals (DOAJ), WorldCat, Open Academic Journal Index, AcademicKeys, Google Scholar, CiteFactor, ResearchBib, ERIH Plus, Universal Impact Factor, ВИНТИ, BASE, ICMJE (International committee of Medical journal editors), Electronic Journals Library, EuroPub, MAIR (Information Matrix For The Analysis of Journals), General Impact Factor, EBSCOhost, SCImago Journal & Country Rank, Research4life, Руконт, Dimensions, Издательство «Лань», Все науки и Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Номер издается при финансовой поддержке Министерства образования и науки Пермского края.

Учредитель: Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

Адрес учредителя и редакции:
614045, Пермский край, г. Пермь,
ул. Монастырская, д. 82
Тел.: 8 (342) 237-25-34
E-mail: journal@fcrisk.ru
Сайт: <http://journal.fcrisk.ru>

Редактор и корректор – М.Н. Афанасьева
Технический редактор – М.М. Цинкер,
А.В. Алексеева
Переводчик – Н.В. Дубровская

Все права защищены. Ни одна часть этого издания не может быть занесена в память компьютера либо воспроизведена любым способом без предварительного письменного разрешения издателя.

Выход в свет 30.06.2023.
Формат 90×60/8.
Усл. печ. л. 25,0.
Заказ № 146/2023.
Тираж 500 экз. Цена свободная.

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций
Свидетельство о регистрации средства
массовой информации ПИ № ФС 77-52552
от 21.01.2013

Адрес издателя и типографии:
614990, Пермь, Комсомольский пр., 29,
к. 113, тел. 8 (342) 219-80-33

Отпечатано в Издательстве Пермского
национального исследовательского
политехнического университета (614990,
Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113,
тел. 8 (342) 219-80-33)

Журнал распространяется по подписке

**Подписной индекс журнала
по каталогу «Пресса России»:**
годовая подписка – 04153,
полугодовая подписка – 83927

ISSN (Print) 2308-1155
ISSN (Online) 2308-1163
ISSN (Eng-online) 2542-2308

Номер издаётся при финансовой поддержке
Министерства образования и науки
Пермского края

АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ

Научно-практический журнал. Основан в 2013 г.
Выходит 4 раза в год

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Г.Г. Онищенко – главный редактор, акад. РАН, д.м.н., проф.
(г. Москва)

Н.В. Зайцева – заместитель главного редактора, акад. РАН, д.м.н.,
проф. (г. Пермь)

И.В. Май – ответственный секретарь, д.б.н., проф. (г. Пермь)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

В.Г. Акимкин – акад. РАН, д.м.н., проф. (г. Москва)

В.М. Боев – д.м.н., проф. (г. Оренбург)

И.В. Брагина – д.м.н. (г. Москва)

Р.В. Бузинов – д.м.н. (г. Санкт-Петербург)

И.В. Бухтияров – акад. РАН, д.м.н., проф. (г. Москва)

В.Б. Гурвич – д.м.н. (г. Екатеринбург)

И. Дардынская – д.м.н., проф. (г. Чикаго, США)

М.А. Землянова – д.м.н. (г. Пермь)

У.И. Кенесариев – чл.-корр. АМН Казахстана, д.м.н., проф.
(г. Алматы, Казахстан)

С.В. Клейн – д.м.н., проф. РАН (г. Пермь)

Т. Кронберг – д.э.н., д.т.н. (г. Руваслахти, Финляндия)

С.В. Кузьмин – д.м.н., проф. (г. Москва)

В.В. Кутырев – акад. РАН, д.м.н., проф. (г. Саратов)

В.Р. Кучма – чл.-корр. РАН, д.м.н., проф. (г. Москва)

А.-М. Ландтблом – д.м.н., проф. (г. Уппсала, Швеция)

Х.Т. Ли – доц., проф. (г. Ханой, Вьетнам)

А.Г. Малышева – д.б.н., проф. (г. Москва)

А.В. Мельцер – д.м.н., проф. (г. Санкт-Петербург)

О.Ю. Милушкина – чл.-корр. РАН, д.м.н. (г. Москва)

О.В. Митрохин – д.м.н. (г. Москва)

А.Ю. Попова – д.м.н., проф. (г. Москва)

В.Н. Ракитский – акад. РАН, д.м.н., проф. (г. Москва)

Ю.А. Ревазова – д.б.н., проф. (г. Москва)

Ж. Рейс – д.м.н., проф. (г. Страсбург, Франция)

В.С. Репин – д.б.н., проф. (г. Санкт-Петербург)

А.В. Решетников – акад. РАН, д.м.н., д.социол.н., проф. (г. Москва)

П.С. Спенсер – проф. (г. Портланд, США)

С.И. Сычик – к.м.н., доцент (г. Минск, Белоруссия)

А. Тсакалоф – проф. (Ларисса, Греция)

В.А. Тутельян – акад. РАН, д.м.н., проф. (г. Москва)

Л.М. Фатхутдинова – д.м.н., проф. (г. Казань)

И.В. Фельдблюм – д.м.н., проф. (г. Пермь)

Х.Х. Хамидулина – д.м.н., проф. (г. Москва)

С.А. Хотимченко – д.м.н., проф. (г. Москва)

П.З. Шур – д.м.н. (г. Пермь)

2

Апрель 2023 июнь

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА: АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ

Н.В. Зайцева, С.В. Клейн, М.В. Глухих
ПРОСТРАНСТВЕННО-ДИНАМИЧЕСКАЯ
НЕОДНОРОДНОСТЬ ТЕЧЕНИЯ ЭПИДЕМИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА COVID-19 В СУБЪЕКТАХ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ (2020–2023 ГГ.)

Н.А. Лебедева-Несевря, С.С. Гордеева
ПОТРЕБЛЕНИЕ АЛКОГОЛЯ КАК ФАКТОР РИСКА
ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНОВ РОССИИ
В «ДОКРИЗИСНЫЙ» И «КРИЗИСНЫЙ» ПЕРИОДЫ
(2017–2022 ГГ.)

*И.В. Богдан, М.Д. Горносталёв, В.А. Кузьменков,
Т.А. Потяева, Д.П. Чистякова*
ПОТРЕБЛЕНИЕ АЛКОГОЛЯ В РОССИЙСКОМ
МЕГАПОЛИСЕ: ФАКТОРЫ И ГРУППЫ РИСКА

ОЦЕНКА РИСКА В ГИГИЕНЕ

*Н.В. Зайцева, С.В. Клейн, Д.В. Горяев, А.М. Андришунас,
С.Ю. Балашов, С.Ю. Загороднов*
ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНЫХ ПЛАНОВ
ВОЗДУХООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОБЪЕКТАХ
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ ПО КРИТЕРИЯМ МИТИГАЦИИ
РИСКОВ И ВРЕДА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ

П.З. Шур, А.А. Хасанова, М.Ю. Цинкер, Н.В. Зайцева
МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ РИСКА
ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СОЧЕТАННОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
И ОБУСЛОВЛЕННОГО ИМИ ХИМИЧЕСКОГО
ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

Д.А. Кирьянов, М.Ю. Цинкер, Д.Р. Хисматуллин
К РАСЧЕТУ КОЛИЧЕСТВА СЛУЧАЕВ ЗАБОЛЕВАНИЙ
НАСЕЛЕНИЯ, АССОЦИИРОВАННЫХ С ОСТРЫМ
КРАТКОВРЕМЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВРЕДНЫХ
ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

*И.Е. Штина, С.Л. Валина, О.Ю. Устинова,
Л.В. Замотина, О.А. Маклакова*
ОСОБЕННОСТИ И РИСК ФОРМИРОВАНИЯ МИОПИИ
У УЧАЩИХСЯ СРЕДНИХ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
ШКОЛ С РАЗЛИЧНЫМИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ
ПРОГРАММАМИ

Д.В. Горяев, А.Г. Фадеев, П.З. Шур, В.А. Фокин, Н.В. Зайцева
ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА
И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ
РАБОТНИКОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ
НОРИЛЬСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

*Э.Т. Валева, Р.Р. Галимова, А.А. Дистанова,
И.Ф. Сулейманова, Д.М. Галиуллина, Н.В. Бояринова,
Л.Х. Салаватова, С.М. Исаева*
ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СРЕДА
АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ
РИСКА РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНЕЙ СИСТЕМЫ
КРОВООБРАЩЕНИЯ У РАБОТНИКОВ

ОЦЕНКА РИСКА В ЭПИДЕМИОЛОГИИ

Н.И. Шулакова, А.В. Тутельян, В.В. Малеев, В.Г. Акимкин
РИСКИ ИНФЕКЦИЙ, СВЯЗАННЫХ С ОКАЗАНИЕМ
МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ:
ПРОБЛЕМЫ И ПОДВОДНЫЕ КАМНИ

PREVENTIVE HEALTHCARE: TOPICAL ISSUES OF HEALTH RISK ANALYSIS

4 *N.V. Zaitseva, S.V. Kleyn, M.V. Glukhikh*
SPATIAL-DYNAMIC HETEROGENEITY
OF THE COVID-19 EPIDEMIC PROCESS
IN THE RUSSIAN FEDERATION REGIONS
(2020–2023)

17 *N.A. Lebedeva-Nesevria, S.S. Gordeeva*
ALCOHOL CONSUMPTION AS HEALTH RISK
FACTOR FOR THE POPULATION IN THE RF REGIONS
IN THE 'BEFORE CRISIS' AND 'AFTER CRISIS'
PERIODS (2017–2022)

30 *I.V. Bogdan, M.D. Gornostalev, V.A. Kuzmenkov,
T.A. Potyeva, D.P. Chistyakova*
ALCOHOL CONSUMPTION IN A RUSSIAN
METROPOLIS: FACTORS AND RISK GROUPS

RISK ASSESSMENT IN HYGIENE

42 *N.V. Zaitseva, S.V. Kleyn, D.V. Goryaev, A.M. Andrishunas,
S.Yu. Balashov, S.Yu. Zagorodnov*
EFFECTIVENESS OF COMPLEX PLANS FOR AIR
PROTECTION ACTIVITIES AT HEAT AND POWER
ENTERPRISES AS PER RISK MITIGATION
AND HEALTH HARM INDICATORS

58 *P.Z. Shur, A.A. Khasanova, M.Yu. Tsinker, N.V. Zaitseva*
METHODICAL APPROACHES TO ASSESSING PUBLIC
HEALTH RISKS UNDER COMBINED EXPOSURE TO
CLIMATIC FACTORS AND CHEMICAL AIR
POLLUTION CAUSED BY THEM

69 *D.A. Kiryanov, M.Yu. Tsinker, D.R. Khismatullin*
CALCULATING THE NUMBER OF DISEASE CASES
ASSOCIATED WITH ACUTE SHORT-TERM
EXPOSURE TO HARMFUL CHEMICALS
IN AMBIENT AIR

80 *I.E. Shtina, S.L. Valina, O.Yu. Ustinova,
L.V. Zamotina, O.A. Maklakova*
PECULIARITIES AND RISKS OF MYOPIA IN CHILDREN
ATTENDING COMPREHENSIVE SCHOOLS WITH
DIFFERENT EDUCATIONAL PROGRAMS

88 *D.V. Goryaev, A.G. Fadeev, P.Z. Shur, V.A. Fokin, N.V. Zaitseva*
HYGIENIC ASSESSMENT OF WORKING CONDITIONS
AND OCCUPATIONAL INCIDENCE AMONG MINING
WORKERS IN THE ARCTIC ZONE OF THE NORILSK
INDUSTRIAL AREA

95 *E.T. Valeeva, R.R. Galimova, A.A. Distanova,
I.F. Suleymanova, D.M. Galiullina, N.B. Boyarinova,
L.Kh. Salavatova, S.M. Isaeva*
WORK ENVIRONMENT OF THE AUTOMOTIVE
INDUSTRY AS A RISK FACTOR OF DISEASES
OF THE CIRCULATORY SYSTEM AMONG WORKERS

HEALTH RISK ANALYSIS IN EPIDEMIOLOGY

104 *N.I. Shulakova, A.V. Tutelyan, V.V. Maleev, V.G. Akimkin*
RISKS OF HAIs: PROBLEMS AND PITFALLS

ОЦЕНКА РИСКА В ОРГАНИЗАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Ю.Е. Шматова, И.Н. Разварина, А.Н. Гордиевская
ИНТЕРКОГОРТНЫЙ АНАЛИЗ РОДИТЕЛЬСКИХ
ФАКТОРОВ РИСКА РАЗВИТИЮ РЕБЕНКА НА ПЕРВОМ
ГОДУ ЖИЗНИ

Н.А. Воробьева, А.И. Воробьева, А.С. Воронцова
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА РАЗВИТИЯ
ПРОТРОМБОГЕННОЙ ГОТОВНОСТИ ПРИ ИНФЕКЦИИ
COVID-19 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО
ТЕСТИРОВАНИЯ

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ РИСКА

*Т.В. Блинова, Л.А. Страхова, В.В. Трошин,
С.А. Колесов, И.А. Умнягина, Ю.В. Иванова*
ГЛУТАТИОН КАК ПРОГНОСТИЧЕСКИЙ ФАКТОР
РИСКА НАРУШЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ РАБОТАЮЩИХ ЛИЦ

Г.М. Бодиенкова, Е.В. Боклаженко
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИММУНОХИМИЧЕСКИХ
МАРКЕРОВ ЭФФЕКТА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ФАКТОРОВ
РИСКА ВИБРАЦИОННОЙ БОЛЕЗНИ РАЗЛИЧНОГО
ЭТИОГЕНЕЗА

*Д.Д. Полянина, И.А. Берёза, А.М. Амромина, Д.Р. Шаихова,
С.Г. Астахова, М.П. Сутункова, В.Б. Гурвич*
ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА АРОЕ КАК ФАКТОР РИСКА
РАЗВИТИЯ ОЖИРЕНИЯ РАБОТНИКОВ С ВРЕДНЫМИ
УСЛОВИЯМИ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЧЕРНОЙ
МЕТАЛЛУРГИИ

Н.В. Зайцева, О.В. Долгих, Д.Г. Дианова
АЭРОГЕННАЯ ЭКСПОЗИЦИЯ НИКЕЛЕМ И ФЕНОЛОМ
И ОСОБЕННОСТИ ИММУННОГО ОТВЕТА,
ОПОСРЕДОВАННОГО ИММУНОГЛОБУЛИНАМИ
КЛАССА Е И G

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОБЗОРЫ

Б.А. Ревич
ЗНАЧЕНИЕ ЗЕЛЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ
ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДОВ

Н.И. Хорсева, П.Е. Григорьев
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ СОТОВОЙ СВЯЗИ
КАК ФАКТОР РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ДЕТЕЙ
И ПОДРОСТКОВ (ОБЗОР)

НОВЫЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ, НОРМАТИВНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В СФЕРЕ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ

RISK ASSESSMENT IN PUBLIC HEALTHCARE

115 *Yu.E. Shmatova, I.N. Razvarina, A.N. Gordievskaya*
INTER-COHORT ANALYSIS OF PARENTAL RISK
FACTORS FOR DEVELOPMENT OF INFANTS

130 *N.A. Vorobyeva, A.I. Vorobyeva, A.S. Vorontsova*
PREDICTING RISKS OF PROTHROMBOTIC
READINESS UNDER COVID-19 USING GENETIC
TESTING

MEDICAL AND BIOLOGICAL ASPECTS RELATED TO ASSESSMENT OF IMPACTS EXERTED BY RISK FACTORS

140 *T.V. Blinova, L.A. Strakhova, V.V. Troshin,
S.A. Kolesov, I.A. Umnyagina, J.V. Ivanova*
GLUTATHIONE AS A PROGNOSTIC FACTOR
OF HEALTH RISK IN WORKING POPULATION

149 *G.M. Bodienkova, E.V. Boklazhenko*
IMMUNOCHEMICAL MARKERS OF EFFECT UNDER
EXPOSURE TO RISK FACTORS CAUSING VIBRATION
DISEASE OF DIFFERENT ETIOGENESIS:
COMPARATIVE ASSESSMENT

155 *D.D. Polyagina, I.A. Bereza, A.M. Amromina, D.R. Shaikhova,
S.G. Astakhova, M.P. Sutunkova, V.B. Gurvich*
POLYMORPHISM OF THE APOE GENE AS A RISK
FACTOR OF OBESITY IN WORKERS EXPOSED
TO OCCUPATIONAL HAZARDS AT FERROUS
METALLURGY ENTERPRISES

160 *N.V. Zaitseva, O.V. Dolgikh, D.G. Dianova*
EXPOSURE TO AIRBORNE NICKEL AND PHENOL
AND FEATURES OF THE IMMUNE RESPONSE
MEDIATED BY E AND G IMMUNOGLOBULINS

ANALYTICAL REVIEWS

168 *B.A. Revich*
THE SIGNIFICANCE OF GREEN SPACES
FOR PROTECTING HEALTH OF URBAN POPULATION

186 *N.I. Khorseva, P.E. Grigoriev*
ELECTROMAGNETIC FIELDS OF CELLULAR
COMMUNICATION AS A HEALTH RISK FACTOR
FOR CHILDREN AND ADOLESCENTS (REVIEW)

194 **NEW LEGAL, REGULATORY
AND METHODOLOGICAL DOCUMENTS ISSUED
IN THE RF IN THE SPHERE OF HEALTH RISK
ANALYSIS**

ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА: АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ

УДК 613; 614
DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.01



Научная статья

ПРОСТРАНСТВЕННО-ДИНАМИЧЕСКАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ТЕЧЕНИЯ ЭПИДЕМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА COVID-19 В СУБЪЕКТАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (2020–2023 ГГ.)

Н.В. Зайцева, С.В. Клейн, М.В. Глухих

Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

Пандемия коронавирусной инфекции оказала значимое влияние на течение медико-демографических процессов и в мире в целом, и в России в частности. Течение эпидемического процесса сопровождалось последовательной сменой циркулирующих вариантов вируса SARS-CoV-2 с различными мутациями и нашло отражение в регистрируемых уровнях заболеваемости и смертности населения на фоне пространственной неоднородности социально-экономических факторов в регионах РФ.

Осуществлен анализ пространственно-динамической неоднородности течения эпидемического процесса COVID-19 в субъектах Российской Федерации за период 2020–2023 гг.

Проведен ретроспективный анализ показателей заболеваемости и смертности на национальном и региональном уровнях. Использованы ведомственные статистические данные Роспотребнадзора, а также общедоступные данные, характеризующие интенсивные показатели эпидемического процесса COVID-19 и результаты секвенирования проб биоматериала на COVID-19 за период 2020–2023 гг.

За период 2020–2023 гг. выявлена последовательная смена пяти «волн» эпидемического процесса COVID-19, в рамках которых регионы РФ с разной скоростью достигали локальных пиков заболеваемости. По имеющимся данным установлено, что среди субъектов РФ наибольший уровень первичной заболеваемости в 2021–2022 гг. установлен в г. Санкт-Петербурге (12 821,8 и 17 341,2 случая на 100 тыс. населения), наибольший уровень смертности в 2021 г. отмечен в Тверской области (427 случая на 100 тыс. населения), в 2022 г. – в Архангельской области (350,9 случая на 100 тыс. населения). Наибольшее количество субъектов РФ с превышением среднегодового уровня заболеваемости по данной причине установлено в октябре, ноябре, декабре 2021 г. и феврале 2022 г. (51, 68, 51 и 82 субъекта соответственно).

Установленная пространственно-динамическая неоднородность течения эпидемического процесса может указывать, что данный эпидемиологический процесс во многом может определяться различиями в исходных социально-экономических и медико-демографических характеристиках субъектов РФ.

Ограничения исследования касаются использованных статистических данных регистрации заболеваемости, смертности, а также принятого в исследовании понятия эпидемиологической «волны».

Выявленные территориальные особенности течения эпидемического процесса COVID-19 необходимо учитывать при разработке оптимальных направлений регулирующих воздействий, в том числе с прогностической целью в отношении вероятных эмерджентных инфекций.

Ключевые слова: эпидемиологический процесс, COVID-19, эпидемиологические волны, заболеваемость, смертность, регионы России, эпидемиологический анализ.

© Зайцева Н.В., Клейн С.В., Глухих М.В., 2023

Зайцева Нина Владимировна – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель (e-mail: znv@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 233-11-25; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2356-1145>).

Клейн Светлана Владиславовна – профессор РАН, доктор медицинских наук, заведующий отделом системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга (e-mail: kleyn@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713>).

Глухих Максим Владиславович – кандидат медицинских наук, младший научный сотрудник отдела системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга (e-mail: gluhih@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4755-8306>).

По данным статистики ВОЗ, по состоянию на апрель 2023 г. в мире зарегистрировано 763 740 140 подтвержденных случаев заболеваний, а также 6 908 554 случая смерти по причине COVID-19¹, при этом в абсолютных значениях на европейский регион приходится 36,1 % (1-е ранговое место) всех случаев заболеваний и 32,2 % всех случаев смерти (2-е ранговое место). По этим же данным в европейском регионе Российская Федерация занимает 31-е (в мире – 55-е) ранговое место (5021,1 случая на 100 тысяч) по заболеваемости и 19-е место (32-е в мире) по смертности (90,7 случая на 100 тысяч населения) за период 2020–2022 гг. [1].

Согласно классификации, принятой Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) [2], в настоящий момент (апрель 2023 г.) в мире отсутствуют варианты вируса, вызывающие обеспокоенность, и циркулируют только два варианта линии *Omicron*, вызывающие интерес, – *XBB.1.5* (так называемый «Кракен») и *XBB.1.16* (так называемый «Арктур»), которые потенциально способны привести к новым волнам эпидемического процесса в связи с улучшенной способностью вариантов-кандидатов эффективно уходить от иммунного ответа человеческого организма [3, 4]. При этом согласно имеющимся оценкам [3, 4], данные субварианты не имеют склонности к утяжелению течения болезни относительно других линий *Omicron* и обладают меньшей вирулентностью относительно предыдущих доминирующих штаммов, вызвавших первые эпидемиологические «волны».

Во время активного распространения инфекционного агента (*SARS-CoV-2*), его мутаций и вариаций по всему миру потребовались надежные прогнозы развития эпидемической ситуации, учитывающие, помимо некоторых характеристик нового инфекционного заболевания (индекс репродукции, инкубационный период, мутации вируса и др.), и реализуемые мероприятия в области общественного здравоохранения (вакцинация, социальная изоляция, использование масок и др.) [5, 6]. Повсеместное снижение активности эпидемического процесса побуждает исследователей все чаще обращаться к ретроспективным оценкам его течения, оценкам адекватности и своевременности проведенных мероприятий по контролю заболеваемости в рамках эпидемиологических «волн» с целью установления наиболее эффективных стратегий противодействия подобным угрозам в будущем [7]. Несмотря на отсутствие четкого определения термина «волна»², в России отмечают³ уже шесть волн COVID-19, каж-

дая из которых чаще всего обуславливалась своими вариантами вируса, пиками заболеваемости и смертности.

Анализ научных работ показал, что в России проводились оценки течения эпидемического процесса COVID-19 по «волнам» / периодам подъема заболеваемости и смертности, однако зачастую анализ проводился либо в целом по РФ [8–10], либо в рамках одного или нескольких субъектов / федеральных округов РФ [11–13]. Отдельные исследования были посвящены определению и сравнительному анализу геновариантов *SARS-CoV-2*, встречавшихся на территории России в различные периоды течения эпидемического процесса COVID-19 [14, 15]. По данным ряда исследований установлены региональные особенности и закономерности, заключающиеся в различиях по множеству факторов среды обитания, которые могли модифицировать течение эпидемического процесса, его интенсивность и продолжительность [16, 17].

Несмотря на наличие релевантных работ, в научной литературе представлено ограниченное количество данных об особенностях течения эпидемического процесса COVID-19 в регионах РФ, сравнительных межрегиональных оценок процесса с позиции концепции эпидемиологических волн в результате последовательной смены нескольких доминирующих штаммов вируса *SARS-CoV-2*.

Цель исследования – анализ пространственно-динамической неоднородности течения эпидемического процесса COVID-19 в субъектах Российской Федерации за период 2020–2023 гг.

Материалы и методы. Проведен ретроспективный эпидемиологический анализ показателей, связанных с течением эпидемического процесса COVID-19 (подтвержденные случаи заболеваний, смерти) за период 2020–2023 гг. на национальном (РФ) и региональном (субъекты РФ) уровнях, с использованием общедоступных источников информации⁴, а также ведомственной статистики Роспотребнадзора. Проанализированы показатели, непосредственно связанные с течением эпидемического процесса: результаты секвенирования генетических образцов COVID-19. Источником информации послужили открытые данные с web-ресурса *Our World In Data*⁴, специализирующегося на агрегировании официальных статистических данных на страновом уровне. Для анализа региональных данных по заболеваемости и смертности по причине COVID-19 за 2021–2022 гг. использованы данные формы федерального статистического наблюдения № 2 «Све-

¹ Данные за весь период пандемии COVID-19 по состоянию на апрель 2023 г.

² WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard [Электронный ресурс]. – Geneva: World Health Organization, 2020. – URL: <https://covid19.who.int/> (дата обращения: 20.04.2023).

³ Вирусолог Чепурнов предупредил о наступлении новой волны коронавируса [Электронный ресурс] // URA.RU: Информационное агентство. – URL: <https://ura.news/news/1052624187> (дата обращения: 20.04.2023).

⁴ Daily new confirmed COVID-19 cases per million people [Электронный ресурс] // Our World In Data: COVID-19 Data Explorer. – URL: <https://ourworldindata.org/explorers/coronavirus-data-explorer?zoomToSelection=true&time=2020-03-01..latest&facet=none&country=-RUS&pickerSort=asc&pickerMetric=location&Metric=Confirmed+cases&Interval=7-day+rolling+average&Relative+to+Population=true&Color+by+test+positivity=false> (дата обращения: 20.04.2023).

дения об инфекционных и паразитарных заболеваниях»⁵.

В настоящем исследовании принята концепция, в которой эпидемиологический процесс COVID-19 характеризуется в динамике последовательной сменной эпидемиологических волн. Под термином «волна» понимается период циркулирования среди заболевших штамма, занимающего в структуре просеквенированных образцов биоматериалов долю свыше 50,0 %, сопровождающийся подъемом заболеваемости и / или смертности населения. Анализ внутриволновой динамики заболеваемости COVID-19 по регионам РФ осуществлялся посредством установления пиков заболеваемости в недельном осреднении и расчета количества недель, потребовавшихся для его достижения. Деление регионов РФ на группы осуществлялось относительно значения статистической моды количества недель, потребовавшихся для достижения пика заболеваемости в рамках анализируемой волны на уровне субъектов РФ. Субъекты со значениями количества недель, потребовавшихся для достижения пика заболеваемости, меньше значения моды считались территориями с «экстенсивным» (быстрым) ростом заболеваемости, больше – территориями с «замедленным» ростом заболеваемости, равные значению моды – территориями с «равномерным» ростом заболеваемости. Группирование субъ-

ектов РФ во вторую волну, характеризующуюся двумя последовательными подъемами заболеваемости COVID-19, осуществлялось на основе характера динамики двух подъемов заболеваемости: регионы с платообразной кривой первого подъема, регионы с превышением уровня первого подъема заболеваемости над уровнем второго и регионы с превышением уровня второго подъема заболеваемости над уровнем первого. Для расчета интенсивных показателей использовались данные Федеральной службы государственной статистики РФ по численности населения.

Для проведения данного исследования не требовалось заключения комитета по биомедицинской этике (исследование выполнено на общедоступных популяционных данных официальной статистики).

Результаты и их обсуждение. Согласно имеющимся данным^{4, 5, 6}, за период 2020–2022 гг. в целом на территории РФ зарегистрировано увеличение уровней заболеваемости COVID-19 (код по МКБ U 07.1) на 282,4 % (с 2157,1 до 8248,7 случая на 100 тысяч населения) и увеличение уровней смертности на 59,0 % (с 0,39 до 0,62 случая на 1 тысяч населения) по этой же причине (таблица). В структуре первичной заболеваемости доля COVID-19 в 2020 г. составляла 2,8 %, в 2021 г. – 7,2 %, в структуре общей смертности доля COVID-19 в 2020 г. составляла 2,7 %, в 2021 г. – 9,9 % и в 2022 г. – 4,8 %.

Отдельные статистические показатели общественного здоровья населения Российской Федерации за 2019–2022 гг.

Показатель	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Среднегодовая численность населения РФ ⁶ , абс.	146 764 655	146 459 795	146 575 531	146 713 743
Всего умерших от всех причин ⁷ , абс.	1 798 307	2 138 586	2 441 594	1 905 778*
Число впервые заболевших по всем классам болезней ⁸ , абс.	114 512 153	111 294 314	125 022 382	—**
Общая смертность всего населения, случаев на 1 тысячу	12,25	14,6	16,7	12,9
Первичная заболеваемость всего населения по всем классам болезней, случаев на 100 тысяч	78 024,3	75 989,7	85 295,5	—**
Число заболевших ⁹ COVID-19, абс.	—	3 159 297***	9 054 041	12 102 028
Число умерших ¹⁰ по причине COVID-19, абс.	—	57 019***	240 586	90 836
Заболеваемость COVID-19, случаев на 100 тысяч	—	2 157,1 (2,8 %) ****	6 177,1 (7,2 %)	8 248,7 (—)
Смертность по причине COVID-19, случаев на 1 тысячу	—	0,39 (2,7 %)	1,64 (9,9 %)	0,62 (4,8 %)

Примечание: * – по предварительным данным Росстата; ** – данные отсутствуют; *** – по данным web-ресурса *Our World In Data*; **** – в скобках указана доля в структуре всей заболеваемости / смертности.

⁵ Об утверждении форм федерального статистического наблюдения с указаниями по их заполнению для организации Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека федерального статистического наблюдения за санитарным состоянием субъекта Российской Федерации: Приказ Росстата от 30.12.2020 № 867 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573324768> (дата обращения: 21.04.2023).

⁶ Демография [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (дата обращения: 19.04.2023); Распределение умерших по полу, возрастным группам и причинам смерти: Статистическая форма № 5 (табл. 51); Заболеваемость всего населения России с диагнозом, установленным впервые в жизни: статистические материалы за 2019–2021 гг. – М.: Минздрав РФ, 2022.

⁷ Распределение умерших по полу, возрастным группам и причинам смерти: Статистическая форма № 5 (табл. 51).

⁸ Заболеваемость всего населения России с диагнозом, установленным впервые в жизни: статистические материалы за 2019–2021 гг. – М.: Минздрав РФ, 2022.

⁹ Daily new confirmed COVID-19 cases per million people [Электронный ресурс] // Our World In Data: COVID-19 Data Explorer. – URL: <https://ourworldindata.org/explorers/coronavirus-data-explorer?zoomToSelection=true&time=2020-03-01..latest&facet=none&country=~RUS&pickerSort=asc&pickerMetric=location&Metric=Confirmed+cases&Interval=7-day+rolling+average&Relative+to+Population=true&Color+by+test+positivity=false> (дата обращения: 20.04.2023).

¹⁰ Там же.

Среди субъектов РФ наибольший уровень первичной заболеваемости в 2021–2022 гг. установлен в г. Санкт-Петербурге (12 821,8 и 17 341,2 случая на 100 тысяч населения), наибольший уровень смертности в 2021 г. отмечен в Тверской области (427 случаев на 100 тысяч населения), в 2022 г. – в Архангельской области (350,9 случая на 100 тысяч населения) (рис. 1, 2).

На региональном уровне динамика заболеваемости и смертности за период 2021–2022 гг. варьировалась в значительных диапазонах: от -54,5 % (темпы прироста) в Республике Дагестан до 222,2 % в Новосибирской области по заболеваемости (среднерегиональный уровень – 43,4 %); и от -98,9 % в Ненецком автономном округе до 168,2 % в Нижегородской области (среднерегиональный уровень – -57,1 %) – по смертности.

На уровне РФ в структуре заболевших детское население (≤ 17 лет) занимало 10,1 % в 2021 г. и 15,7 % в 2022 г.; в региональном разрезе число заболевших детей в общей структуре заболевших находилось в 2021 г. в диапазоне от 1,8 % (Республика Татарстан) до 22,5 % (Республика Бурятия), в среднем – 10,5 %, в 2022 г. – от 8,3 % (Белгородская область) до 30,0 % (Ямало-Ненецкий автономный округ), в среднем – 16,2 %.

На уровне РФ заболеваемость городского населения была выше, чем сельского, как в 2021 г. (6759,8 и 4448,6 случая на 100 тысяч соответствующего населения), так и в 2022 г. (9 264,3 и 5 225,8 случая на 100 тысяч соответствующего населения), в 1,5–1,8 раза. На национальном уровне (РФ) случаи носительства возбудителя COVID-19 составляли 6,8 % в 2021 г. и 6,9 % – в 2022 г., при этом за данный период значительно снизилась доля случаев ковид-индуцированной пневмонии (с 18,3 до 3,7 %).

Анализ внутригодовой динамики заболеваемости и смертности по причине COVID-19 осложняется относительно небольшой продолжительностью эпидемического процесса, неравномерностью противоэпидемических мероприятий в мировом и страновом масштабах, частой сменой доминантного штамма, т.е. отсутствует стабильность социальных, природных и биологических факторов, позволяющая утверждать наличие внутригодовой сезонности и, тем более, многолетней цикличности. Несмотря на это, установлено превышение среднегодовой заболеваемости и смертности в октябре–декабре 2020–2021 гг., а также – за счет циркулирования более вирулентных (*Delta*) и контагиозных (*Omicron*) штаммов – в июле–сентябре 2021 г. и январе–марте 2022 г. (рис. 3).

Оценка помесечной динамики заболеваемости COVID-19 по субъектам РФ в 2021 г. показала, что превышение среднегодового уровня (с учетом двух стандартных ошибок – $M \pm 2m$) заболеваемости РФ наблюдалось по всем месяцам года, кроме марта и апреля (рис. 4, а), в 2022 г. – кроме периодов апрель–июль и октябрь–декабрь (рис. 4, б). Наибольшее количество субъектов РФ с превышением среднегодового уровня (с учетом двух стандартных ошибок – $M \pm 2m$) заболеваемости по данной причине установлено в октябре (51 субъект), ноябре (68), декабре (51) 2021 г. и феврале (82 субъекта) 2022 г.

Согласно принятой в работе концепции эпидемиологических волн за период 2020–2023 гг. на основе проанализированных данных установлена последовательная смена пяти «волн» эпидемического процесса COVID-19, которые характеризуются сменой превалирования наиболее контагиозных штаммов SARS-CoV-2 с соответствующими увеличениями уровней заболеваемости (рис. 5).

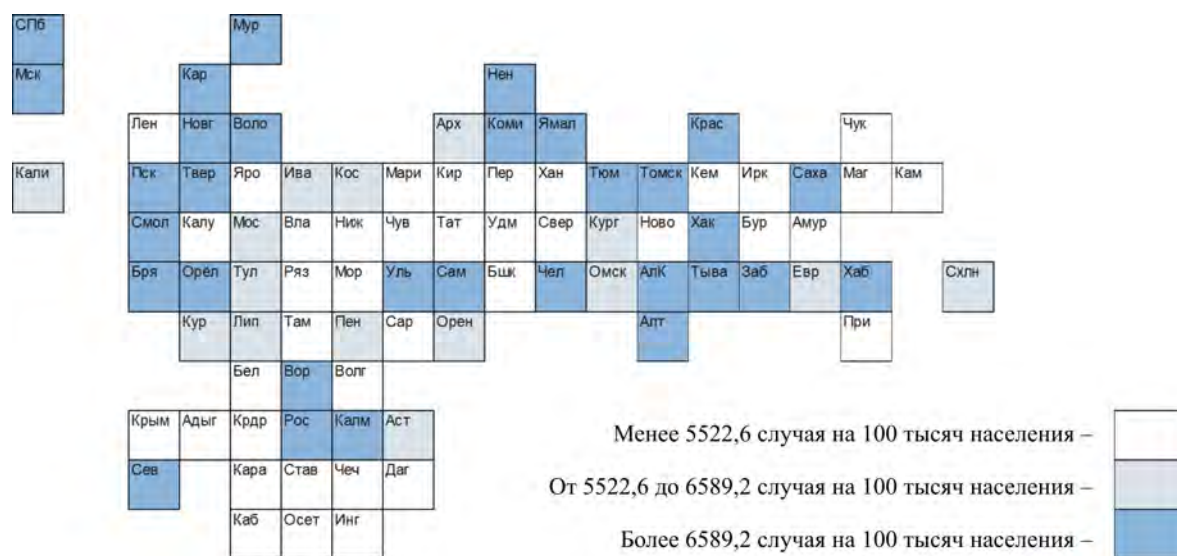


Рис. 1. Пространственное распределение заболеваемости COVID-19 по субъектам РФ за 2021 г., случаев на 100 тысяч всего населения

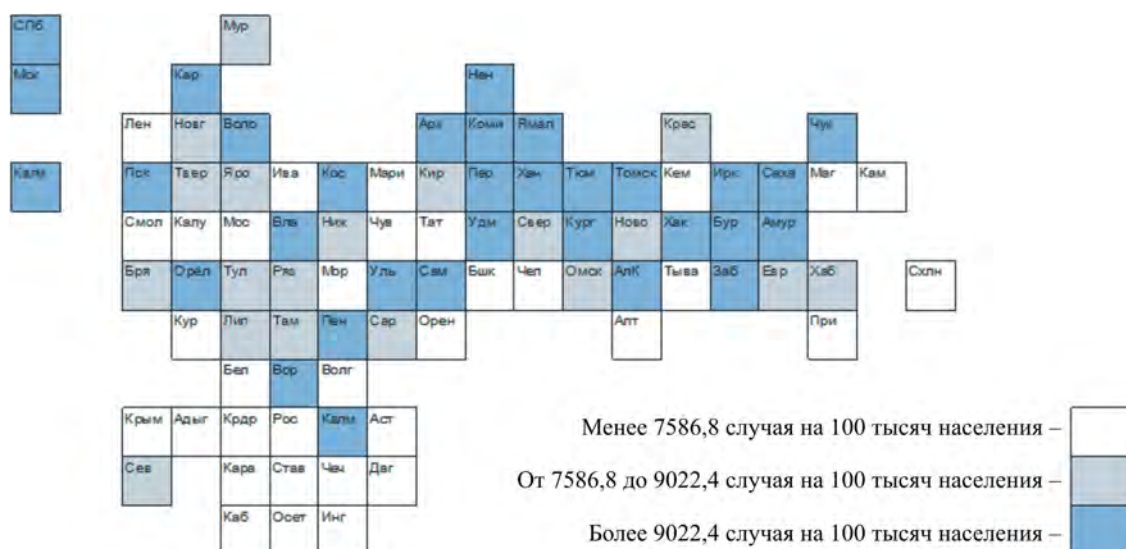


Рис. 2. Пространственное распределение заболеваемости COVID-19 по субъектам РФ за 2022 г., случаев на 100 тысяч всего населения

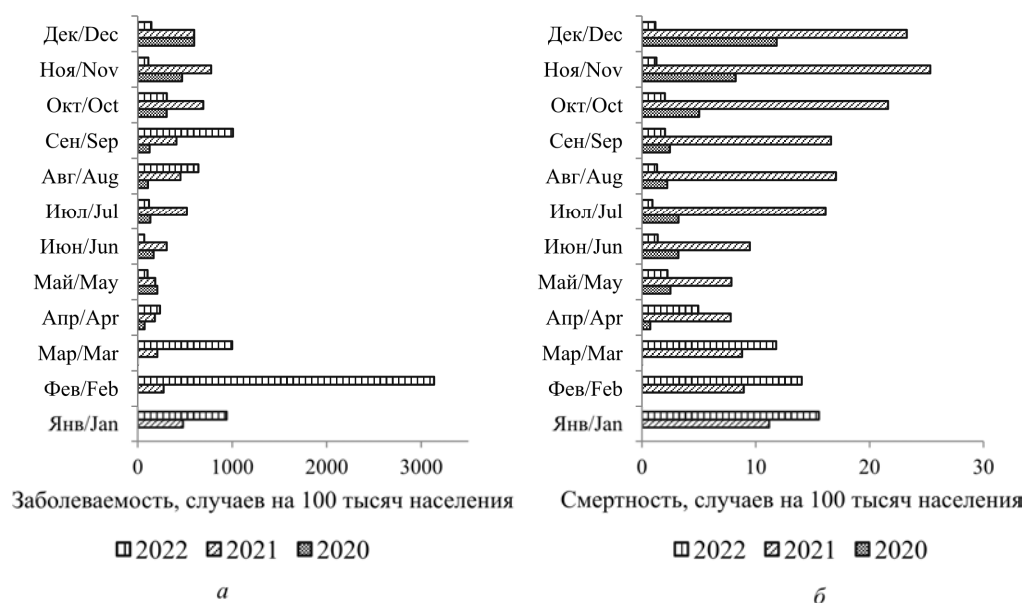


Рис. 3. Помесячная динамика заболеваемости (а) и смертности (б) по причине COVID-19 за 2020–2022 гг. в РФ, случаев на 100 тысяч всего населения

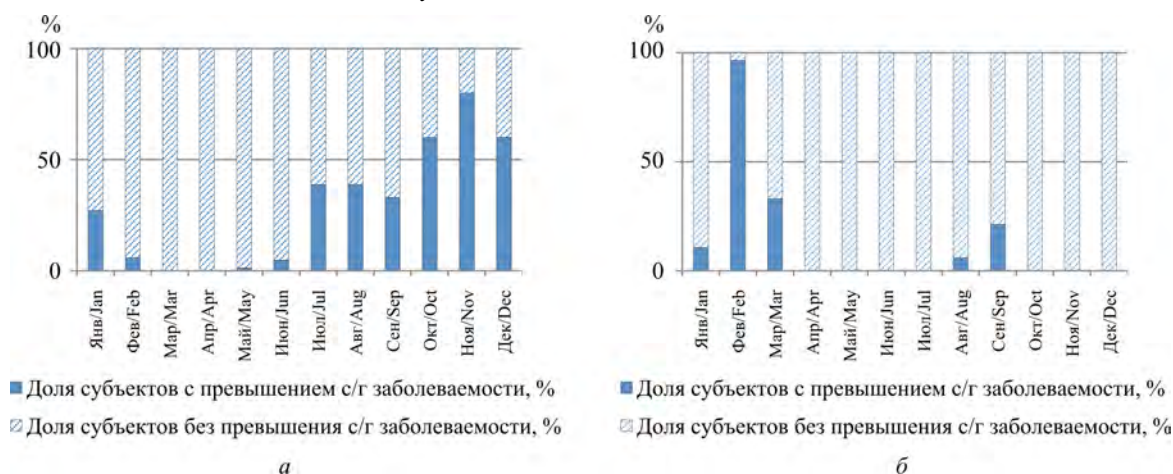


Рис. 4. Доля субъектов РФ с превышением среднегодовой заболеваемости COVID-19 в 2021 г. (а) и 2022 г. (б), %

Первая волна длительностью 73 недели началась с первой декады марта 2020 г. и закончилась в конце мая 2021 г., сопровождаясь генетическим разнообразием вируса с широким распространением (до 30 %) штамма *Alpha* в конце волны (рис. 5, 6). Вторая волна длительностью 32 недели – с конца мая 2021 г. и до начала января 2022 г., характеризовалась доминированием штамма *Delta* (см. рис. 5, 6). В данную волну установлены наибольшие уровни недельной смертности (до 6 ‰) всего населения по причине COVID-19 (см. рис. 6). Длительность третьей волны составила 24 недели – с начала января 2022 г. до начала июля 2022 г. и характеризовалась сменой сразу двух доминантных субвариантов штамма *Omicron* – «BA.1» и «BA.2» (см. рис. 5, 6). Появление варианта «BA.1» штамма *Omicron* обусловило «взрывной» рост заболеваемости и начало снижения уровня общей смертности по причине COVID-19 (см. рис. 5, 6). Четвертая волна коронавирусной инфекции, охватывающая период с начала июля 2022 г. до начала января 2023 г., в совокупности длилась 27 недель (см. рис. 5, 6). В данную волну превалирование варианта «BA.5» штамма *Omicron* вызвало очередной подъем уровня недельной заболеваемости (до 240 ‰) и небольшой рост уровня смертности (до 0,5 ‰). Пятая волна началась по-

сле установившегося доминирования одного из вариантов линии *Omicron* – «XBB» с середины января 2023 г. по настоящее время (апрель 2023 г.) и характеризовалась сравнительно низкими уровнями заболеваемости и смертности по причине еще более низкой контагиозности и вирулентности превалирующего штамма (см. рис. 5, 6).

На территориях субъектов РФ течение эпидемического процесса в рамках описанных волн характеризовалось своими особенностями. Анализ данных ведомственной статистики Роспотребнадзора по недельной заболеваемости на уровне субъектов РФ (с сентября 2020 г.) позволил выделить три группы регионов с разной скоростью достижения максимума заболеваемости COVID-19 в **первую** волну: субъекты с замедленным ростом заболеваемости (18 субъектов); субъекты с равномерным ростом заболеваемости (19 субъектов); субъекты с экстенсивным ростом заболеваемости (47 субъектов) (рис. 7). При этом во всех группах присутствовали субъекты, заболеваемость в которых не превышала среднероссийский уровень (12, 21 и 16 субъектов соответственно). Максимальный уровень заболеваемости пришелся на 52-ю неделю (конец декабря) 2020 г. – 136,4 случая на 100 тысяч населения.

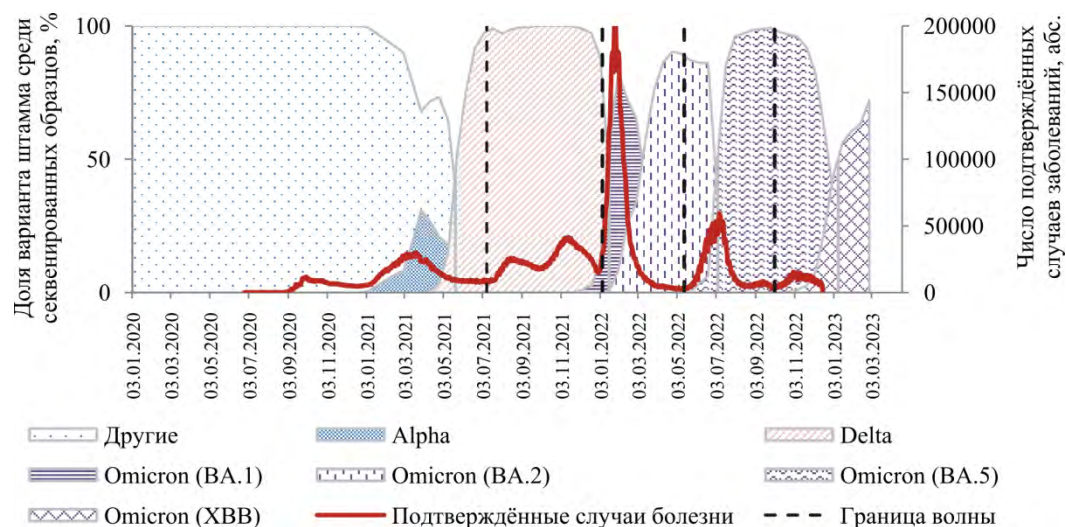


Рис. 5. Динамика подтвержденных случаев¹¹ заболеваний COVID-19 и доля доминантных штаммов SARS-CoV-2 среди секвенированных¹² образцов за 2020–2023 гг.

¹¹ Daily new confirmed COVID-19 cases per million people [Электронный ресурс] // Our World In Data: COVID-19 Data Explorer. – URL: <https://ourworldindata.org/explorers/coronavirus-data-explorer?zoomToSelection=true&time=2020-03-01..latest&facet=none&country=~RUS&pickerSort=asc&pickerMetric=location&Metric=Confirmed+cases&Interval=7-day+rolling+average&Relative+to+Population=true&Color+by+test+positivity=false> (дата обращения: 20.04.2023).

¹² SARS-CoV-2 sequences by variant, Russia, Apr 24, 2023 [Электронный ресурс] // Our World In Data: COVID-19 Data Explorer. – URL: <https://ourworldindata.org/explorers/coronavirus-data-explorer?zoomToSelection=true&time=2020-03-01..latest&facet=none&country=~RUS&pickerSort=asc&pickerMetric=location&Metric=Variants&Interval=7-day+rolling+average&Relative+to+Population=true&Color+by+test+positivity=false> (дата обращения: 20.04.2023).

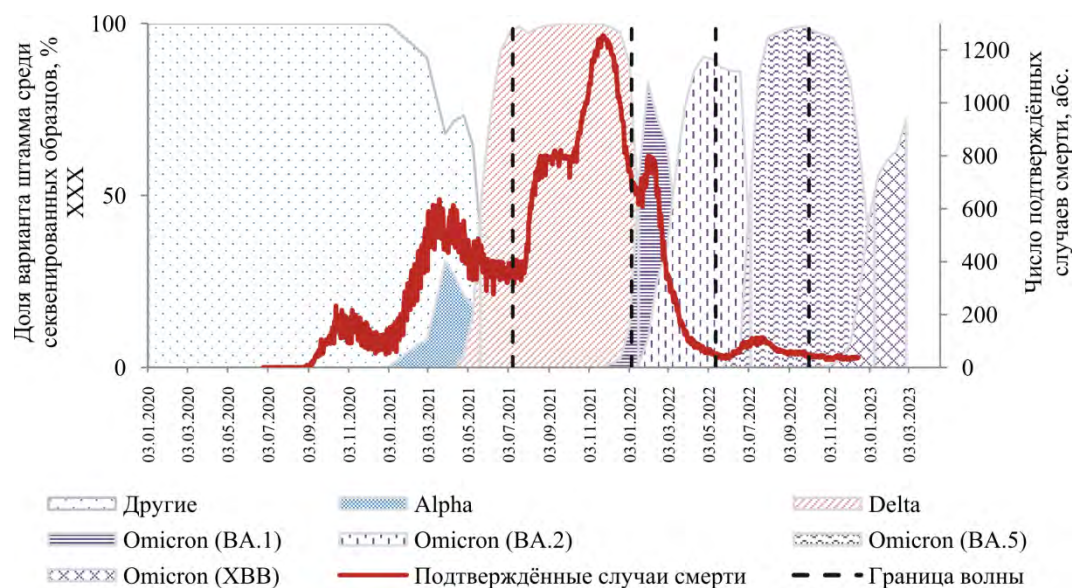


Рис. 6. Динамика подтвержденных случаев смерти по причине COVID-19 и доля доминантных штаммов SARS-CoV-2 среди секвенированных¹³ образцов за 2020–2023 гг.

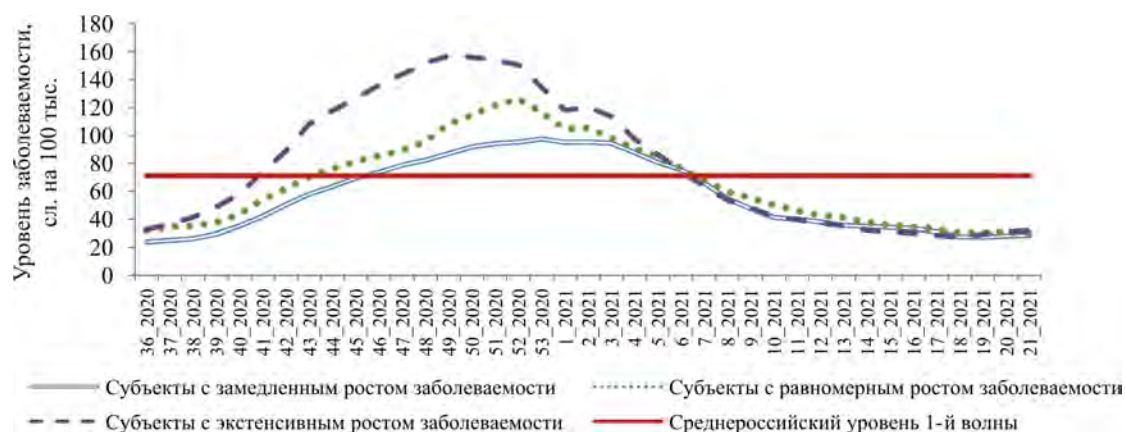


Рис. 7. Динамика недельной заболеваемости COVID-19 по группам субъектов РФ за период первой волны

Вторая эпидемиологическая волна COVID-19 характеризовалась двумя последовательными подъемами заболеваемости, вызванными штаммом *Delta* (рис. 8). Дифференцированный анализ данного периода также позволил выделить три группы регионов РФ по характеру роста в первый подъем заболеваемости: субъекты с платообразной кривой в первый подъем заболеваемости (52 субъекта); субъекты с быстрым ростом и спадом уровня заболеваемости, не превышающим уровень второго подъема заболеваемости (21 субъект); субъекты с быстрым ростом и спадом уровня заболеваемости, превышающим уровень второго подъема заболеваемости (12 субъектов). Во всех выделенных группах присутствовали субъекты, заболеваемость в которых не превышала

среднероссийский уровень второй волны (32, 9 и 3 субъекта соответственно). В 44-ю неделю 2021 г. (начало ноября) установлен наибольший уровень заболеваемости (191,0 случая на 100 тысяч населения) с превалированием штамма *Delta*.

В **третью** волну, характеризующуюся превалированием штамма *Omicron*, с наиболее высокими уровнями заболеваемости и темпами ее роста среди субъектов РФ не установлено выраженной асинхронности по достижению максимума заболеваемости за волну. Данная волна характеризуется коротким (6 недель) периодом превышения среднероссийского уровня заболеваемости и быстрым (за 6–7 недель) достижением пика заболеваемости за волну по большинству (68) субъектов РФ. Третья волна

¹² SARS-CoV-2 sequences by variant, Russia, Apr 24, 2023 [Электронный ресурс] // Our World In Data: COVID-19 Data Explorer. — URL: <https://ourworldindata.org/explorers/coronavirus-data-explorer?zoomToSelection=true&time=2020-03-01..latest&facet=none&country=~RUS&pickerSort=asc&pickerMetric=location&Metric=Variants&Interval=7-day+rolling+average&Relative+to+Population=true&Color+by+test+positivity=false> (дата обращения: 20.04.2023).

характеризуется выраженными различиями между субъектами по величине отклонения регионального уровня заболеваемости над среднероссийским уровнем (рис. 9). Максимальный уровень заболеваемости третьей волны отмечен в 6-ю неделю 2022 г. (середина февраля) – 907,6 случая на 100 тысяч населения.

Четвертая волна коронавирусной инфекции, вызванная вариантом «BA.5» штамма *Omicron*, ха-

рактеризуется сравнительно высоким уровнем заболеваемости относительно двух первых волн, но при этом сравнительно низким уровнем смертности (см. рис. 5, 6). По течению эпидемического процесса она напоминает первую волну ввиду наличия асинхронности нарастания пиков заболеваемости по регионам РФ (рис. 10). В рамках волны выделено три группы субъектов: субъекты с замедленным ростом заболеваемости (5 субъектов); субъекты с равномерным

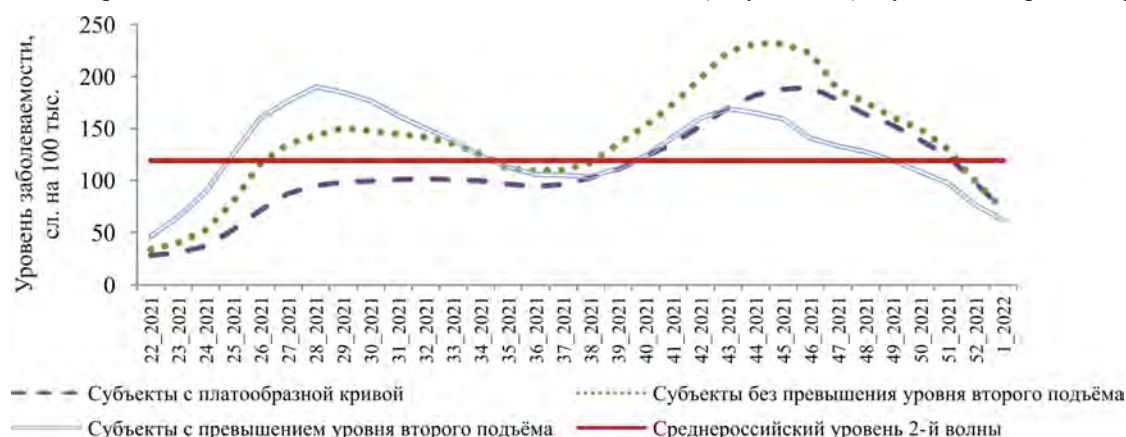


Рис. 8. Динамика недельной заболеваемости COVID-19 по группам субъектов РФ за период второй волны



Рис. 9. Динамика недельной заболеваемости COVID-19 по группам субъектов РФ за период третьей волны



Рис. 10. Динамика недельной заболеваемости COVID-19 по группам субъектов РФ за период четвертой волны

ростом заболеваемости (52 субъекта); субъекты с экстенсивным ростом заболеваемости (28 субъектов). Наибольший уровень заболеваемости в четвертую волну установлен в 37-ю неделю 2022 г. (конец сентября) – 253,1 случая на 100 тысяч населения.

На момент проведения исследования (апрель 2023 г.) полноценный анализ **пятой** волны распространения COVID-19, несмотря на явное наличие доминирующего штамма (субвариант *Omicron* – *XBB*) и имеющийся пик заболеваемости, нецелесообразен по причине продолжающегося эпидемического процесса.

Установленная пространственно-динамическая неоднородность течения эпидемического процесса за период существования пандемии указывает, что интенсивность данного процесса зависит не только от непостоянства биологического фактора (смена штаммов) и вводимых ограничительных мероприятий, но и от начальных (исходных) социально-экономических, медико-демографических характеристик субъектов РФ. По данным ряда исследований установлено, что уровни заболеваемости COVID-19 различаются в зависимости от возрастного и полового состава населения, его социально-экономических условий, в том числе в рамках разных эпидемиологических волн заболеваемости, сопровождаемых разной степенью реализуемых мероприятий немедицинского характера [18, 19].

В структуре заболеваемости COVID-19 среди регионов РФ преобладало население трудоспособного и старше трудоспособного возрастов, однако постепенно за период 2021–2022 гг. заболеваемость детского населения увеличивалась в структуре и достигла 16,0 % в 2022 г. Вероятной причиной изменения структуры могла являться смена доминирующих штаммов вируса *SARS-CoV-2* с улучшенной способностью «ухода» от иммунного ответа человеческого организма [3, 4, 20].

По территориальному признаку заболеваемость COVID-19 городского населения превышала аналогичный показатель сельского населения весь наблюдаемый до настоящего времени период эпидемиологического процесса в 1,5–1,8 раза (2021–2022 гг.). В ряде исследований показано, что такие факторы, как высокая плотность населения, высокая частота социальных контактов, наличие достопримечательностей, в большей степени характерные для городских агломераций, способствуют увеличению интенсивности эпидемического процесса COVID-19 независимо от проводимых ограничительных мероприятий [21–24].

Наибольшее влияние на показатели общественного здоровья в структуре заболеваемости и смертности населения по причине COVID-19 пришлось на конец 2021 г. – начало 2022 г., несмотря на принимаемые ограничительные мероприятия и объемы вакцинации: высокая степень контагиозности и вирулентности вариантов *Delta* и *Omicron* [20] способствовали широкому распространению

инфекции во всех регионах РФ. Также на 2021 г. пришлось наибольшая доля (18,3 %) ковид-индуцированной пневмонии среди общего числа заболевших, что подтверждает информацию [25] о высокой вирулентности штамма *Delta*, при этом случаи носительства возбудителя COVID-19 находились примерно на одинаковом уровне как в 2021 г., так и в 2022 г. – около 7,0 %.

По причине относительно небольшой продолжительности эпидемического процесса, неравномерности противоэпидемических мероприятий в разрезе регионов, частой смены доминантного штамма не установлено выраженных закономерностей внутригодовой динамики заболеваемости. Вместе с тем по результатам исследования прослеживаются некоторые тенденции формирования повышенных уровней заболеваемости в осенне-зимний период. Так, наибольшее количество субъектов РФ с превышением среднегодовой заболеваемости установлено в октябре (51), ноябре (68), декабре (51) 2021 г. и феврале (82) 2022 г., т.е. в период наступления осенне-зимнего режима погоды с пониженными температурами и ростом сезонной заболеваемости других инфекционных заболеваний с аэрогенным механизмом передачи [23, 26].

В литературе анализ эпидемиологических волн COVID-19 зачастую сопряжен с использованием компартментных моделей, основанных на дифференциальных уравнениях скоростей перехода групп, участвующих в эпидемическом процессе (восприимчивые, зараженные, выздоровевшие) [5, 27]. В настоящем исследовании для установления региональных особенностей течения эпидемического процесса использовалась ретроспективная оценка темпов прироста заболеваемости в установленных временных границах начала и окончания эпидемиологических волн в сочетании с анализом распространности того или иного штамма.

Ограничения исследования. К ограничениям исследования можно отнести используемые статистические данные, касающиеся результатов секвенирования и построенного на их основе графика смены преобладающих штаммов коронавируса: реальная структура штаммов могла быть искажена выполненными объемами секвенирования с сосредоточением возможностей лабораторной диагностики на конкретных штаммах в определенные периоды времени, чувствительностью использованных тест-систем. Неопределенность вносит понятие «волны», по которому пока не найден консенсус среди специалистов в области эпидемиологии, общественного здравоохранения, в связи с чем исследуемые в настоящей работе периоды волн носят условный характер, что могло повлиять на итоговый результат оценки темпов прироста заболеваемости по регионам РФ. Для лучшего понимания различий в течении эпидемического процесса по регионам РФ в перспективе необходима дополнительная оценка степени влияния факторов раз-

личной природы на регистрируемые уровни заболеваемости и смертности.

Выводы. По результатам проведенного исследования установлены региональные особенности течения эпидемического процесса COVID-19 за период 2020–2023 гг. среди регионов РФ. Установлено, что на территориях субъектов Российской Федерации достижение пиков заболеваемости населения коронавирусной инфекцией в рамках каждой эпидемической волны происходило с разной скоростью, что могло быть связано с неоднородностью воздействующих факторов среды обитания на

звенья эпидемического процесса. Выявленные территориальные особенности течения эпидемического процесса COVID-19 необходимо учитывать при разработке оптимальных направлений регулирующих воздействий, в том числе с прогностической целью в отношении вероятных эмерджентных инфекций.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. SARS-CoV-2 Variants of Interest and Concern naming scheme conducive for global discourse / F. Konings, M.D. Perkins, J.H. Kuhn, M.J. Pallen, E.J. Alm, B.N. Archer, A. Barakat, T. Bedford [et al.] // *Nat. Microbiol.* – 2021. – Vol. 6, № 7. – P. 821–823. DOI: 10.1038/s41564-021-00932-w
2. XBB.1.5 Updated Risk Assessment, 24 February 2023 [Электронный ресурс] // WHO. – URL: https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/22022024xbb.1.5ra.pdf?sfvrsn=7a92619e_3 (дата обращения: 20.04.2023).
3. XBB.1.16 Initial Risk Assessment, 17 April 2023 [Электронный ресурс] // WHO. – URL: https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/21042023xbb.1.16ra-v2.pdf?sfvrsn=84577350_1 (дата обращения: 20.04.2023).
4. A Second Wave? What Do People Mean by COVID Waves? – A Working Definition of Epidemic Waves / S.X. Zhang, F. Arroyo Marioli, R. Gao, S. Wang // *Risk Manag. Healthc. Policy.* – 2021. – Vol. 14. – P. 3775–3782. DOI: 10.2147/RMHP.S326051
5. COVID-19 epidemic prediction and the impact of public health interventions: A review of COVID-19 epidemic models / Y. Xiang, Y. Jia, L. Chen, L. Guo, B. Shu, E. Long // *Infect. Dis. Model.* – 2021. – Vol. 6. – P. 324–342. DOI: 10.1016/j.idm.2021.01.001
6. Dutta A. COVID-19 waves: variant dynamics and control // *Sci. Rep.* – 2022. – Vol. 12. – P. 9332. DOI: 10.1038/s41598-022-13371-2
7. Five consecutive epidemiological waves of COVID-19: a population-based cross-sectional study on characteristics, policies, and health outcome / R. Amin, M.-R. Sohrabi, A.-R. Zali, K. Hannani // *BMC Infect. Dis.* – 2022. – Vol. 22, № 1. – P. 906. DOI: 10.1186/s12879-022-07909-y
8. Анализ эпидемиологической ситуации по COVID-19: вторая волна / Т.Е. Попова, О.Г. Тихонова, А.Н. Романова, А.А. Таппахов, М.Е. Андреев // *Якутский медицинский журнал.* – 2021. – № 1 (73). – С. 61–64. DOI: 10.25789/YMJ.2021.73.17
9. Анализ эпидемиологической ситуации по COVID-19: третья и четвертая волны / Т.Е. Попова, О.Г. Тихонова, А.Н. Романова, А.А. Таппахов, М.Е. Андреев, Э.Э. Конникова // *Якутский медицинский журнал.* – 2021. – № 4 (76). – С. 72–75. DOI: 10.25789/YMJ.2021.76.17
10. Сравнение первых трех волн пандемии COVID-19 в России (2020–2021 гг.) / Л.С. Карпова, К.А. Столяров, Н.М. Поповцева, Т.П. Столярова, Д.М. Даниленко // *Эпидемиология и вакцинопрофилактика.* – 2022. – Т. 21, № 2. – С. 4–16. DOI: 10.31631/2073-3046-2022-21-2-4-16
11. Характеристика эпидемиологической ситуации по COVID-19 в Санкт-Петербурге / В.Г. Акимкин, С.Н. Кузин, Е.Н. Колосовская, Е.Н. Кудрявцева, Т.А. Семенов, А.А. Плоскирева, Д.В. Дубоделов, Е.В. Тиванова [и др.] // *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии.* – 2021. – Т. 98, № 5. – С. 497–511. DOI: 10.36233/0372-9311-154
12. Особенности эпидемического процесса COVID-19 в каждую из пяти волн заболеваемости в России / Л.С. Карпова, А.Б. Комиссаров, К.А. Столяров, Н.М. Поповцева, Т.П. Столярова, М.Ю. Пелих, Д.А. Лиознов // *Эпидемиология и вакцинопрофилактика.* – 2023. – Т. 22, № 2. – С. 23–36. DOI: 10.31631/2073-3046-2023-22-2-23-36
13. Махова В.В., Малецкая О.В., Куличенко А.Н. Особенности эпидемического процесса и эпидемические риски COVID-19 в субъектах Северного Кавказа // *Эпидемиология и вакцинопрофилактика.* – 2023. – Т. 22, № 1. – С. 74–81. DOI: 10.31631/2073-3046-2023-22-1-74-81
14. Genomic epidemiology of the early stages of the SARS-CoV-2 outbreak in Russia / A.B. Komissarov, A.V. Fadeev, M.V. Sergeeva, A.A. Ivanova, D.M. Danilenko, D. Lioznov, K.R. Safina, G.A. Bazykin [et al.] // *Nat. Commun.* – 2021. – Vol. 12, № 1. – P. 649. DOI: 10.1038/s41467-020-20880-z
15. Сравнительный анализ разнообразия линий SARS-CoV-2, циркулирующих в Омской области в 2020–2022 годах / Е.А. Градобоева, Ж.С. Тюлько, А.В. Фадеев, А.Г. Василенко, В.В. Якименко // *Эпидемиология и вакцинопрофилактика.* – 2022. – Т. 21, № 6. – С. 24–33. DOI: 10.31631/2073-3046-2022-6-24-33
16. Uncovering COVID-19 infection determinants in Portugal: towards an evidence-based spatial susceptibility index to support epidemiological containment policies / A. Alves, N. Marques da Costa, P. Morgado, E. Marques da Costa // *Int. J. Health Geogr.* – 2023. – Vol. 22. – P. 8. DOI: 10.1186/s12942-023-00329-4
17. Модифицирующее влияние факторов среды обитания на течение эпидемического процесса COVID-19 / Н.В. Зайцева, А.Ю. Попова, С.В. Клейн, А.Н. Летюшев, Д.А. Кирьянов, М.В. Глухих, В.М. Чигвинцев // *Гигиена и санитария.* – 2022. – Т. 101, № 11. – С. 1274–1282. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-11-1274-1282
18. Socioeconomic inequalities in COVID-19 in a European urban area: Two waves, two patterns / M. Mari-Dell'olmo, M. Gotsens, M.I. Pasarin, M. Rodríguez-Sanz, L. Artazcoz, P. Garcia de Olalla, C. Rius, C. Borrell // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2021. – Vol. 18, № 3. – P. 1256. DOI: 10.3390/ijerph18031256
19. Importance of collecting data on socioeconomic determinants from the early stage of the COVID-19 outbreak onwards / S. Khalatbari-Soltani, R.C. Cumming, C. Delpierre, M. Kelly-Irving // *J. Epidemiol. Community Health.* – 2020. – Vol. 74, № 8. – P. 620–623. DOI: 10.1136/jech-2020-214297

20. Kumar S., Karuppanan K., Subramaniam G. Omicron (BA.1) and sub-variants (BA.1.1, BA.2, and BA.3) of SARS-CoV-2 spike infectivity and pathogenicity: A comparative sequence and structural-based computational assessment // J. Med. Virol. – 2022. – Vol. 94, № 10. – P. 4780–4791. DOI: 10.1002/jmv.27927
21. Correlation between Population Density and COVID-19 Cases during the Third Wave in Malaysia: Effect of the Delta Variant / N.H. Md Iderus, S.S. Lakha Singh, S. Mohd Ghazali, C.Y. Ling, T.C. Vei, A.S.S. Md Zamri, N.A. Jaafar, Q. Ruslan [et al.] // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2022. – Vol. 19, № 12. – P. 7439. DOI: 10.3390/ijerph19127439
22. Sy K.T.L., White L.F., Nichols B.E. Population density and basic reproductive number of COVID-19 across United States counties // PLoS One. – 2021. – Vol. 16, № 4. – P. e0249271. DOI: 10.1371/journal.pone.0249271
23. Temperature and population density influence SARS-CoV-2 transmission in the absence of nonpharmaceutical interventions / T.P. Smith, S. Flaxman, A.S. Gallinat, S.P. Kinoshian, M. Stemkovski, H.J.T. Unwin, O.J. Watson, C. Whittaker [et al.] // Proc. Natl Acad. Sci. USA. – 2021. – Vol. 118, № 25. – P. e2019284118. DOI: 10.1073/pnas.2019284118
24. Hamidi S., Hamidi I. Subway Ridership, Crowding, or Population Density: Determinants of COVID-19 Infection Rates in New York City // Am. J. Prev. Med. – 2021. – Vol. 60, № 5. – P. 614–620. DOI: 10.1016/j.amepre.2020.11.016
25. Enhanced fusogenicity and pathogenicity of SARS-CoV-2 Delta P681R mutation / A. Saito, T. Irie, R. Suzuki, T. Maemura, H. Nasser, K. Uriu, Y. Kosugi, K. Shirakawa [et al.] // Nature. – 2022. – Vol. 602, № 7896. – P. 300–306. DOI: 10.1038/s41586-021-04266-927
26. Association between temperature and COVID-19 transmission in 153 countries / M. Liu, Z. Li, M. Liu, Y. Zhu, Y. Liu, M.W. Nzooyoum Kuetche, J. Wang, X. Wang [et al.] // Environ. Sci. Pollut. Res. Int. – 2022. – Vol. 29, № 11. – P. 16017–16027. DOI: 10.1007/s11356-021-16666-528
27. The starting dates of COVID-19 multiple waves / P.R. de Lima Gianfelice, R. Oyarzabal, A. Cunha Jr., J.M. Vicensi Grzybowski, F. da Conceição Batista, E.E.N. Macau // Chaos. – 2022. – Vol. 32, № 3. – P. e031101. DOI: 10.1063/5.0079904

Зайцева Н.В., Клейн С.В., Глухих М.В. Пространственно-динамическая неоднородность течения эпидемического процесса COVID-19 в субъектах Российской Федерации (2020–2023 гг.) // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 2. – С. 4–16. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.01

UDC 613; 614

DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.01.eng



Research article

SPATIAL-DYNAMIC HETEROGENEITY OF THE COVID-19 EPIDEMIC PROCESS IN THE RUSSIAN FEDERATION REGIONS (2020–2023)

N.V. Zaitseva, S.V. Kleyn, M.V. Glukhikh

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

The coronavirus pandemic has produced considerable effects on medical and demographic processes worldwide and in Russia in particular. The epidemic process involved a sequence of circulating SARS-CoV-2 virus strains with different mutations and this reflected in registered levels of incidence and mortality against spatial heterogeneity of socioeconomic factors in different RF regions.

The aim of this study was to analyze spatial-dynamic heterogeneity of the COVID-19 epidemic process in the RF regions in 2020–2023.

© Zaitseva N.V., Kleyn S.V., Glukhikh M.V., 2023

Nina V. Zaitseva – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Scientific Director (e-mail: znv@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-25-34; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2356-1145>).

Svetlana V. Kleyn – Professor of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Head of the Department for Systemic Procedures of Sanitary-Hygienic Analysis and Monitoring (e-mail: kleyn@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713>).

Maxim V. Glukhikh – Candidate of Medical Sciences, Junior Researcher at the Department for Systemic Procedures of Sanitary-Hygienic Analysis and Monitoring (e-mail: gluhih@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4755-8306>).

We performed retrospective analysis of incidence and mortality at the national and regional levels. The analysis relied on departmental statistical data provided by Rospotrebnadzor as well as public data that described the intensive indicators of the COVID-19 epidemic process and results obtained by sequencing of biomaterial samples to identify COVID-19 in them in 2020–2023.

In 2020–2023 we identified five ‘waves’ of the COVID-19 epidemic processes that interchanged sequentially. Within these waves, RF regions reached local peaks in incidence with different speed. According to available data, the highest primary incidence among all the RF regions in 2021–2022 was established in Saint Petersburg (12,821.8 cases and 17,341.2 cases per 100 thousand people); the highest mortality in 2021 was detected in the Tver region (427 cases per 100 thousand people) and in the Arkhangelsk region in 2022 (350.9 cases per 100 thousand people). The greatest number of the RF regions where the incidence due to the disease was higher than its average annual level was established in October, November, December 2021 and February 2022 (51, 68, 51 and 82 RF regions accordingly).

The established spatial-dynamic heterogeneity of the epidemic process may indicate that this process can be largely determined by differences in the initial socioeconomic, medical and demographic characteristics of the RF regions.

Limitations of the study are related to the used statistical data on registered incidence and mortality as well as the concept of the epidemiological ‘wave’ accepted in it.

The identified territorial differences in the COVID-19 epidemic process should be considered when developing optimal regulatory impacts including those aimed at predicting probable emergent infections.

Keywords: epidemiological process, COVID-19, epidemiological waves, incidence, mortality, RF regions, epidemiological analysis.

References

1. Konings F., Perkins M.D., Kuhn J.H., Pallen M.J., Alm E.J., Archer B.N., Barakat A., Bedford T. [et al.]. SARS-CoV-2 Variants of Interest and Concern naming scheme conducive for global discourse. *Nat. Microbiol.*, 2021, vol. 6, no. 7, pp. 821–823. DOI: 10.1038/s41564-021-00932-w
2. XBB.1.5 Updated Risk Assessment, 24 February 2023. WHO. Available at: https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/22022024xbb.1.5ra.pdf?sfvrsn=7a92619e_3 (April 20, 2023).
3. XBB.1.16 Initial Risk Assessment, 17 April 2023. WHO. Available at: https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/21042023xbb.1.16ra-v2.pdf?sfvrsn=84577350_1 (April 20, 2023).
4. Zhang S.X., Arroyo Marioli F., Gao R., Wang S. A Second Wave? What Do People Mean by COVID Waves? – A Working Definition of Epidemic Waves. *Risk Manag. Healthc. Policy*, 2021, vol. 14, pp. 3775–3782. DOI: 10.2147/RMHP.S326051
5. Xiang Y., Jia Y., Chen L., Guo L., Shu B., Long E. COVID-19 epidemic prediction and the impact of public health interventions: A review of COVID-19 epidemic models. *Infect. Dis. Model*, 2021, vol. 6, pp. 324–342. DOI: 10.1016/j.idm.2021.01.001
6. Dutta A. COVID-19 waves: variant dynamics and control. *Sci. Rep.*, 2022, vol. 12, pp. 9332. DOI: 10.1038/s41598-022-13371-2
7. Amin R., Sohrabi M.-R., Zali A.-R., Hannani K. Five consecutive epidemiological waves of COVID-19: a population-based cross-sectional study on characteristics, policies, and health outcome. *BMC Infect. Dis.*, 2022, vol. 22, no. 1, pp. 906. DOI: 10.1186/s12879-022-07909-y
8. Popova T.E., Tikhonova O.G., Romanova A.N., Tappakhov A.A., Andreev M.E. Analysis of the epidemiological situation on COVID-19: a second wave. *Yakutskii meditsinskii zhurnal*, 2021, no. 1 (73), pp. 61–64. DOI: 10.25789/YMJ.2021.73.17 (in Russian).
9. Popova T.E., Tikhonova O.G., Romanova A.N., Tappakhov A.A., Andreev M.E., Konnikova E.E. Analysis of the epidemiological situation on COVID-19: third and fourth waves. *Yakutskii meditsinskii zhurnal*, 2021, no. 4 (76), pp. 72–75. DOI: 10.25789/YMJ.2021.76.17 (in Russian).
10. Karpova L.S., Stolyarov K.A., Popovtseva N.M., Stolyarova T.P., Danilenko D.M. Comparison of the first three waves of the COVID-19 pandemic in Russia in 2020–21. *Epidemiologiya i vaktsinoprofilaktika*, 2022, vol. 21, no. 2, pp. 4–16. DOI: 10.31631/2073-3046-2022-21-2-4-16 (in Russian).
11. Akimkin V.G., Kuzin S.N., Kolosovskaya E.N., Kudryavtseva E.N., Semenenko T.A., Ploskireva A.A., Dubodelov D.V., Tivanova E.V. [et al.]. Assessment of the COVID-19 epidemiological situation in St. Petersburg. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*, 2021, vol. 98, no. 5, pp. 497–511. DOI: 10.36233/0372-9311-154 (in Russian).
12. Karpova L.S., Komissarov A.B., Stolyarov K.A., Popovtseva N.M., Stolyarova T.P., Pelikh M.Yu., Lioznov D.A. Features of the COVID-19 Epidemic Process in Each of the Five Waves of Morbidity in Russia. *Epidemiologiya i vaktsinoprofilaktika*, 2023, vol. 22, no. 2, pp. 23–36. DOI: 10.31631/2073-3046-2023-22-2-23-36 (in Russian).
13. Makhova V.V., Maletskaya O.V., Kulichenko A.N. Features of the epidemic process and epidemic risks of COVID-19 in the subjects of the Northern Caucasus. *Epidemiologiya i vaktsinoprofilaktika*, 2023, vol. 22, no. 1, pp. 74–81. DOI: 10.31631/2073-3046-2023-22-1-74-81 (in Russian).
14. Komissarov A.B., Fadeev A.V., Sergeeva M.V., Ivanova A.A., Danilenko D.M., Lioznov D., Safina K.R., Bazykin G.A. [et al.]. Genomic epidemiology of the early stages of the SARS-CoV-2 outbreak in Russia. *Nat. Commun.*, 2021, vol. 12, no. 1, pp. 649. DOI: 10.1038/s41467-020-20880-z
15. Gradoboeva E.A., Tyulko Zh.S., Fadeev A.V., Vasilenko A.G., Yakimenko V.V. Comparative analysis of the diversity of SARS-CoV-2 lines circulating in Omsk region in 2020–2022. *Epidemiologiya i vaktsinoprofilaktika*, 2022, vol. 21, no. 6, pp. 24–33. DOI: 10.31631/2073-3046-2022-6-24-33 (in Russian).

16. Alves A., Marques da Costa N., Morgado P., Marques da Costa E. Uncovering COVID-19 infection determinants in Portugal: towards an evidence-based spatial susceptibility index to support epidemiological containment policies. *Int. J. Health Geogr.*, 2023, vol. 22, pp. 8. DOI: 10.1186/s12942-023-00329-4
17. Zaitseva N.V., Popova A.Yu., Kleyn S.V., Letyushev A.N., Kiryanov D.A., Glukhikh M.V., Chigvintsev V.M. Modifying impact of environmental factors on the course of an epidemic process. *Gigiena i sanitariya*, 2022, vol. 101, no. 11, pp. 1274–1282. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-11-1274-1282 (in Russian).
18. Marí-Dell'olmo M., Gotsens M., Pasarín M.I., Rodríguez-Sanz M., Artazcoz L., Garcia de Olalla P., Rius C., Borrell C. Socioeconomic inequalities in COVID-19 in a European urban area: Two waves, two patterns. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2021, vol. 18, no. 3, pp. 1256. DOI: 10.3390/ijerph18031256
19. Khalatbari-Soltani S., Cumming R.C., Delpierre C., Kelly-Irving M. Importance of collecting data on socioeconomic determinants from the early stage of the COVID-19 outbreak onwards. *J. Epidemiol. Community Health*, 2020, vol. 74, no. 8, pp. 620–623. DOI: 10.1136/jech-2020-214297
20. Kumar S., Karuppanan K., Subramaniam G. Omicron (BA.1) and sub-variants (BA.1.1, BA.2, and BA.3) of SARS-CoV-2 spike infectivity and pathogenicity: A comparative sequence and structural-based computational assessment. *J. Med. Virol.*, 2022, vol. 94, no. 10, pp. 4780–4791. DOI: 10.1002/jmv.27927
21. Md Iderus N.H., Lakha Singh S.S., Mohd Ghazali S., Ling C.Y., Vei T.C., Md Zamri A.S.S., Jaafar N.A., Ruslan Q. [et al.]. Correlation between Population Density and COVID-19 Cases during the Third Wave in Malaysia: Effect of the Delta Variant. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022, vol. 19, no. 12, pp. 7439. DOI: 10.3390/ijerph19127439
22. Sy K.T.L., White L.F., Nichols B.E. Population density and basic reproductive number of COVID-19 across United States counties. *PLoS One*, 2021, vol. 16, no. 4, pp. e0249271. DOI: 10.1371/journal.pone.0249271
23. Smith T.P., Flaxman S., Gallinat A.S., Kinoshita S.P., Stemkovski M., Unwin H.J.T., Watson O.J., Whittaker C. [et al.]. Temperature and population density influence SARS-CoV-2 transmission in the absence of nonpharmaceutical interventions. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 2021, vol. 118, no. 25, pp. e2019284118. DOI: 10.1073/pnas.2019284118
24. Hamidi S., Hamidi I. Subway Ridership, Crowding, or Population Density: Determinants of COVID-19 Infection Rates in New York City. *Am. J. Prev. Med.*, 2021, vol. 60, no. 5, pp. 614–620. DOI: 10.1016/j.amepre.2020.11.016
25. Saito A., Irie T., Suzuki R., Maemura T., Nasser H., Uriu K., Kosugi Y., Shirakawa K. [et al.]. Enhanced fusogenicity and pathogenicity of SARS-CoV-2 Delta P681R mutation. *Nature*, 2022, vol. 602, no. 7896, pp. 300–306. DOI: 10.1038/s41586-021-04266-9
26. Liu M., Li Z., Liu M., Zhu Y., Liu Y., Nzooyoum Kuetche M.W., Wang J., Wang X. [et al.]. Association between temperature and COVID-19 transmission in 153 countries. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, 2022, vol. 29, no. 11, pp. 16017–16027. DOI: 10.1007/s11356-021-16666-5
27. de Lima Gianfelice P.R., Oyarzabal R., Cunha A. Jr., Vicensi Grzybowski J.M., da Conceição Batista F., Macau E.E.N. The starting dates of COVID-19 multiple waves. *Chaos*, 2022, vol. 32, no. 3, pp. e031101. DOI: 10.1063/5.0079904

Zaitseva N.V., Kleyn S.V., Glukhikh M.V. Spatial-dynamic heterogeneity of the COVID-19 epidemic process in the Russian Federation regions (2020–2023). *Health Risk Analysis*, 2023, no. 2, pp. 4–16. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.01.eng

Получена: 25.04.2023

Одобрена: 20.06.2023

Принята к публикации: 25.06.2023

УДК 304.3+614.1

DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.02

Читать
онлайн

Научная статья

ПОТРЕБЛЕНИЕ АЛКОГОЛЯ КАК ФАКТОР РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНОВ РОССИИ В «ДОКРИЗИСНЫЙ» И «КРИЗИСНЫЙ» ПЕРИОДЫ (2017–2022 ГГ.)

Н.А. Лебедева-Несевря^{1,2}, С.С. Гордеева²

¹Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

²Пермский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Осуществлена оценка потребления алкоголя и алкоголь-ассоциированной заболеваемости в субъектах РФ в «докризисный» (2017–2019 гг.) и «кризисный» (2020–2022 гг.) периоды. С помощью иерархического кластерного анализа (метод Уорда) на основе косвенных показателей потребления алкоголя произведена типизация регионов. Продемонстрирована значительная территориальная дифференциация макрорегионов (федеральные округа) и субъектов РФ по показателям потребления алкоголя и тяжести последствий. Полюсы дифференциации формируют «благополучные» регионы Юга России, характеризующиеся низкими объемами продаж алкогольных напитков, уровнями алкоголь-ассоциированной преступности и заболеваемости, и «неблагополучные» регионы Дальнего Востока и Юга Сибири, отличающиеся высокими уровнями алкоголь-ассоциированной преступности и заболеваемости. Показано, что объем розничной продажи алкогольных напитков не может считаться достаточным показателем для описания ситуации в области потребления алкоголя. Так, в одних регионах (например, Хабаровский и Приморский края) значительные объемы продаж алкогольной продукции сопровождаются тяжелыми социально значимыми последствиями, а в других (Москва, Санкт-Петербург, Московская и Ленинградская области) – нет. Подтверждено, что уровень социально-экономического благополучия территории выступает значимой детерминантой алкогольного потребления.

Анализ связи уязвимости экономик регионов России в период «пандемийного» и «санкционного» кризисов и показателей потребления алкоголя показал устойчивость прогнозируемо уязвимых крупных промышленных регионов (возможно, в силу отложенного эффекта макроэкономических факторов). При этом ресурсов снижения напряженности алкогольной ситуации в экономически неблагополучных, но менее уязвимых дотационных аграрных регионах также не обнаружилось. В целом период кризиса 2020–2022 гг. может считаться источником дополнительного риска для здоровья населения субъектов РФ, характеризующихся напряженной алкогольной ситуацией в «докризисный» период.

Ключевые слова: потребление алкоголя, преступность, алкогольное опьянение, заболеваемость, алкоголизм, алкогольные психозы, регионы России.

Потребление алкоголя является одним из ведущих поведенческих факторов риска для здоровья населения во всем мире, вносящим значительный вклад в формирование заболеваемости [1, 2] и предотвратимой смертности [3, 4] по целому ряду классов. Согласно Глобальной стратегии сокращения вредного употребления алкоголя, разработанной

Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) еще в 2010 г., профилактика и сокращение вредного употребления алкоголя должны стать приоритетами общественного здравоохранения как в развитых, так и в развивающихся странах¹. Среднемировой уровень потребления алкоголя на душу населения (в возрасте 15 лет и старше), согласно данным ВОЗ

© Лебедева-Несевря Н.А., Гордеева С.С., 2023

Лебедева-Несевря Наталья Александровна – доктор социологических наук, заведующий лабораторией методов анализа социальных рисков (e-mail: natnes@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-25-47; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3036-3542>).

Гордеева Светлана Сергеевна – кандидат социологических наук, доцент кафедры социологии (e-mail: SSGordeyeva@mail.ru; тел.: 8 (342) 239-63-29; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5309-8318>).

¹ Глобальная стратегия сокращения вредного употребления алкоголя [Электронный ресурс] // ВОЗ. – URL: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44395/9789241599931_rus.pdf?sequence=4&isAllowed=y (дата обращения: 01.03.2023).

и Всемирного банка, составлял в 2018 г. 6,2 л (для мужчин в возрасте 15 лет и старше – 9,7 л)². Россия относилась к группе стран с уровнем потребления алкоголя выше среднемировых значений – 11,19 л на душу населения (также в эту группу вошли Польша, Греция, Румыния, Великобритания, Австралия и ряд других стран). Однако Россию отличает специфический («северный») паттерн потребления алкоголя со значительной долей крепких спиртных напитков в структуре потребления [5] (несколько сдвинувшийся в сторону «смешанного» стиля к концу 2010-х гг. [6]) и неравномерное распределение «алкогольной нагрузки» с доминированием среди потребителей крепкого алкоголя мужчин среднего возраста [7]. Кроме того, для нашей страны характерна сильная региональная дифференциация в потреблении алкоголя [8], определяющая существенные различия субъектов РФ в алкоголь-ассоциированной заболеваемости и смертности [9].

С начала 2000-х гг. в России наблюдался устойчивый спад потребления алкоголя, подтверждающийся как данными продаж алкогольных напитков, так и результатами опросов населения [10]. Однако пандемия COVID-19, начавшаяся в 2020 г. и сопровождавшаяся введением различных запретов и ограничений (в том числе на передвижения и социальные контакты), ростом социальной напряженности, дисфункциональностью системы здравоохранения, поставила вопрос о возможности сохранения данной тенденции (причем не только в России). Уже в конце 2020 г. американские исследователи фиксировали рост потребления алкоголя среди населения США [11], а проведенный британскими специалистами систематический обзор 45 исследований потребления психоактивных веществ (ПАВ) в период пандемии продемонстрировал рост потребления не только алкоголя, но и наркотиков и ненаркотических ПАВ [12]. В то же время в некоторых странах фиксировалась и противоположная тенденция

сокращения потребления алкоголя, связанная с уменьшением его физической доступности [13].

Косвенные показатели потребления алкоголя в России за период с января по ноябрь 2020 г. свидетельствовали о росте потребления, в том числе крепких алкогольных напитков, и утяжелении связанных с этим последствий [14]. Динамика розничной реализации алкоголя в России с 2019 по 2021 г. также имела положительный характер [15]. Результаты опросов населения в первые месяцы пандемии показали разнонаправленные изменения частоты и объемов потребления алкоголя [16]. При этом кос-

венный показатель «Расходы на покупки в алкогольных магазинах», используемый, в частности, Фондом «Общественное мнение» для характеристики потребления алкоголя, свидетельствует скорее о положительной динамике³.

Ключевой причиной роста потребления алкоголя в период кризисов (в том числе пандемии и мировых экономических кризисов), а также роста инцидентности алкоголизма и алкогольных психозов является высокий уровень стрессорности среды и усиление неопределенности, формирующие у людей субъективное восприятие ситуации как небезопасной, нестабильной и слабо прогнозируемой [18, 19]. Эпидемиологический кризис, связанный с пандемией COVID-19 в 2020–2021 гг., сменился в России кризисом социально-экономическим, называемым «системным» [20], «санкционным» [21], «экономическим кризисом неэкономической природы» [22]. Вероятно, период с 2020 г. по настоящее время в нашей стране можно охарактеризовать как «пермакризис» и говорить о принципиальном отличии текущего уровня стрессорности среды от предыдущих нескольких лет.

Региональные особенности потребления алкоголя россиянами в период пандемии коронавируса (2020–2021 гг.) и после ее окончания (2022 г.) пока мало освещены в научной литературе. Есть некоторые свидетельства принципиально разной динамики потребления, оцененной на основании розничной продажи алкогольных напитков, в субъектах РФ в 2020 г. по отношению к 2019 г. – от роста на несколько десятков процентов до схожего падения [17]. Однако убедительной объяснительной модели представленных данных не предложено. Различия в уровне уязвимости российских регионов перед социально-экономическим кризисом 2022 г. позволяют предположить и неодинаковую динамику потребления алкоголя в субъектах РФ.

Цель исследования – типизировать регионы России по показателям потребления алкоголя и динамике алкоголь-ассоциированной заболеваемости в России в период с 2017 по 2022 г. и предложить объяснительную модель региональных различий.

Материалы и методы. В исследовании использовались данные (в целом по стране и в разрезе субъектов РФ) из Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС) за период с 2017 по 2022 г. по двум косвенным показателям потребления алкоголя⁴ – розничной продаже алкогольной продукции (в расчете на 100 тысяч населения) и количеству преступлений (из числа предварительно расследованных), совершенных в состоянии алкогольного опьянения (в расчете на

² Total alcohol consumption per capita (liters of pure alcohol, projected estimates, 15+ years of age) [Электронный ресурс] // The World Bank. – URL: <https://data.worldbank.org/indicator/SH.ALC.PCAP.LI> (дата обращения: 01.03.2023).

³ Потребление на фоне пандемии. Как эпидемия коронавируса меняет потребительские практики россиян [Электронный ресурс] // Фонд Общественное Мнение: официальный сайт. – URL: <https://covid19.fom.ru/post/potreblenie-na-fone-pandemii> (дата обращения: 03.03.2023).

⁴ Данные о потреблении алкоголя на основе прямых показателей в России не собираются на постоянной основе, в том числе в региональном разрезе.

100 тысяч населения). Алкоголь-ассоциированная заболеваемость характеризовалась на основе показателя «Заболеваемость с впервые в жизни установленным диагнозом алкоголизма и алкогольного психоза» (в расчете на 100 тысяч населения)⁵.

Для типизации регионов России (в исследование включено 85 субъектов РФ) по показателям потребления алкоголя и алкоголь-ассоциированной заболеваемости применялся иерархический кластерный анализ (метод Уорда). Кластеризация проводилась отдельно для двух периодов – «докризисный» (2017–2019 гг.) и «кризисный» (2020–2022 гг.) – по всем отобранным показателям. Использовалась программа SPSS Statistics v. 23.

Результаты и их обсуждение. Анализ ситуации на страновом уровне показал неодинаковую динамику выбранных показателей потребления алкоголя. Так, объем розничных продаж алкогольной продукции в РФ устойчиво рос в период с 2017 по 2020 г. В 2021 г. было зафиксировано некоторое снижение показателя, однако в 2022 г. продажи алкоголя снова выросли. Резкий прирост продаж наблюдался в 2018 г. (на 8,5 % по сравнению с 2017 г.). Среди регионов с максимальным приростом продаж в 2018 г. следует выделить Республику Ингушетию (+47,8 %), Республику Алтай (+32,5 %), Амурскую область и Республику Хакасия (+28,7 и +27,3 % соответственно). В 2022 г., относительно 2021 г., Республика Ингушетию сохранила лидирующие позиции по приросту продаж алкогольной продукции (+28,8 %). Выросли объемы продаж алкоголя в Республике Алтай (+9,5 %), Республике Хакасия (+9,2 %), Белгородской области (+12 %) и Карачаево-Черкесии (+14,1 %).

Количество лиц, совершивших преступления в состоянии алкогольного опьянения в РФ с 2017 по 2022 г., ежегодно снижалось. Если в 2017 г. общероссийский показатель «Количество преступлений (из числа предварительно расследованных), совершенных в состоянии алкогольного опьянения на 100 тысяч населения» составил 257,5 случая, то в 2022 г. данный показатель зафиксирован на отметке 173,9. Однако размер «алкогольной преступности» и в 2022 г. вызывает тревогу, поскольку доля лиц, совершивших преступления в состоянии алкогольного опьянения, значительна и составляет около трети от общего количества лиц, совершивших преступления. Целый ряд регионов РФ в период с 2017 по 2019 г. характеризовался высокими показателями преступности в состоянии алкогольного опьянения: Забайкальский край, Чукотский автономный округ, Республики Алтай и Тыва. Характерно, что в период с 2020 по 2022 г. число и состав регионов-лидеров (и антилидеров) по количеству преступлений в со-

стоянии алкогольного опьянения на 100 тысяч населения существенно не изменились.

Показатель заболеваемости с впервые в жизни установленным диагнозом алкоголизма и алкогольного психоза (в расчете на 100 тысяч населения) в РФ имел нелинейную динамику. В период с 2017 по 2020 г. показатель снизился с 55,7 до 40,3 (на 27,6 %). Однако после 2020 г. заболеваемость снова возросла – в 2021 и 2022 г. составила 46,3 и 46,5 случая соответственно. В период с 2017 по 2019 г. Хабаровский край, Магаданская область, Ненецкий АО имели стабильно высокие и существенно превышающие общероссийские показатели по алкоголь-ассоциированной заболеваемости. Ситуация изменилась в 2021 г., и в число регионов-лидеров вышли Республика Марий Эл (364,6 случая на 100 тысяч населения), Хабаровский край (143,3 случая), Республика Мордовия (151,4 случая). Особую тревогу в период с 2017 по 2022 г. по уровню алкоголь-ассоциированной заболеваемости вызывал Чукотский АО.

По итогам кластеризации субъектов РФ в период с 2017 по 2019 г. было выделено семь кластеров (рис. 1). Средние значения показателей по всем кластерам представлены в табл. 1.

Первый кластер является наименее наполненным по числу регионов и может быть назван наиболее неблагоприятным. Сюда отнесены Магаданская область, Ненецкий АО, Республика Коми и Чукотский АО. Для них характерны преимущественно большие объемы розничной продажи алкогольной продукции (среднее значение по кластеру – 238,8 тысячи декалитров (дал.) на 100 тысяч населения) и существенно превышающее общероссийский уровень количество преступлений, совершенных в состоянии алкогольного опьянения (среднее значение по кластеру – 566,2 преступления на 100 тысяч населения). Также в этих регионах показатели алкоголь-ассоциированной заболеваемости носят критический характер (среднее значение по кластеру – 159,9 случая на 100 тысяч населения).

Второй кластер характеризуется относительно низкими объемами продажи алкогольной продукции (среднее значение по кластеру – 86,5 тысячи декалитров на 100 тысяч населения), наряду с критически высоким числом преступлений, совершенных в состоянии алкогольного опьянения (среднее значение по кластеру – 626,6 преступления на 100 тысяч населения). При этом показатель алкоголь-ассоциированной заболеваемости отмечается на уровне средних величин по РФ (среднее значение по кластеру – 70,7 случая на 100 тысяч населения). В эту группу регионов вошли Забайкальский край, Республики Алтай, Бурятия, Тыва и Хакасия.

⁵ Важным показателем для анализа негативных последствий употребления алкоголя также является смертность от случайных отравлений алкоголем, однако в ЕМИСС данные за 2022 г. в региональном разрезе не представлены.

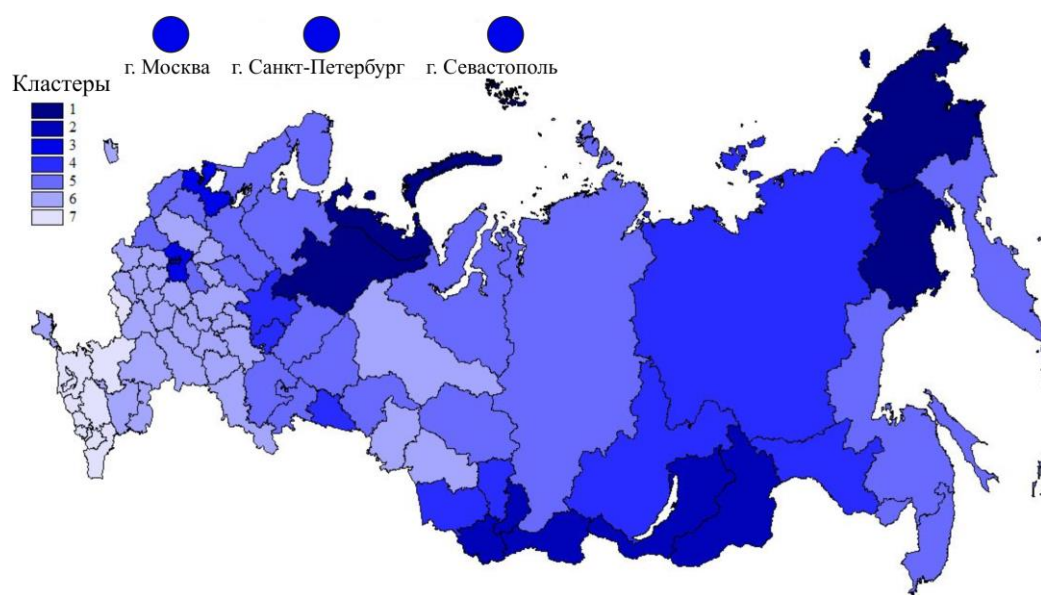


Рис. 1. Результаты кластеризации субъектов РФ по косвенным показателям потребления алкоголя и алкоголь-ассоциированной заболеваемости в 2017–2019 гг.

Таблица 1

Средние значения показателей по кластерам субъектов РФ (2017–2019 гг.)

Показатель	Номер кластера						
	1	2	3	4	5	6	7
Объем розничной продажи алкогольной продукции (тысяч декалитров на 100 тысяч населения)	238,8	86,5	205,3	132,6	180,1	131,2	46,9
Количество преступлений, совершенных в состоянии алкогольного опьянения (случаев на 100 тысяч населения)	566,2	626,6	108,0	455,5	335,3	229,3	96,2
Заболеваемость с впервые в жизни установленным диагнозом алкоголизма и алкогольного психоза (случаев на 100 тысяч населения)	159,9	70,7	36,3	78,7	77,8	64,9	27,5

Своеобразен по своим характеристикам *третий* кластер, в который включены Ленинградская и Московская области, города Москва, Санкт-Петербург и Севастополь. На фоне относительно больших объемов продажи алкогольной продукции (среднее значение по кластеру – 205,3 тысячи декалитров на 100 тысяч населения) фиксируются относительно низкие показатели преступлений, совершенных в состоянии алкогольного опьянения (среднее значение по кластеру – 108 преступлений на 100 тысяч населения), и алкоголь-ассоциированной заболеваемости на душу населения (среднее значение по кластеру – 36,3 случая на 100 тысяч населения).

Кластеры с *четвертого по шестой* были объединены в одну условную группу на основании значений показателей, преимущественно отражающих среднероссийский уровень. Особенностью в *четвертом* кластере стали близкий к общероссийским показателям объем продажи алкогольной продукции (среднее значение по кластеру – 132,6 тысячи декалитров на 100 тысяч населения) и уровень алкоголь-ассоциированной заболеваемости (среднее значение по кластеру – 78,7 случая на 100 тысяч населения); при этом число преступлений, совершенных в состоянии алкогольного опьянения, превышает общероссийские зна-

чения (среднее значение по кластеру – 455,5 преступлений на 100 тысяч населения). В данный кластер вошли Алтайский край, Амурская область, Иркутская область, Кемеровская область, Кировская область, Курганская область, Республики Саха и Удмуртия.

К *пятому* кластеру были отнесены 22 субъекта РФ, в том числе регионы Центрального федерального округа (Владимирская область, Костромская область), Северо-Западного федерального округа (Вологодская область, Мурманская область), Приволжского федерального округа (Пермский край, Свердловская область), Сибирского федерального округа (Красноярский край, Томская область) и Дальневосточного федерального округа (Приморский край, Хабаровский край). Для этих российских территорий характерны близкие к среднероссийским значениям показатели объема розничной продажи алкоголя (среднее значение по кластеру – 180 тысяч декалитров на 100 тысяч населения), числа преступлений, совершенных в состоянии алкогольного опьянения (среднее значение по кластеру – 335,3 преступления на 100 тысяч населения), и первичной заболеваемости алкоголизмом и алкогольными психозами (среднее значение по кластеру – 77,8 случая на 100 тысяч населения).

Шестой кластер является наиболее многочисленным по числу регионов. В него были отнесены 30 регионов с относительно благополучной ситуацией по продажам алкогольной продукции (среднее значение по кластеру – 131,2 тысячи декалитров на 100 тысяч населения) и алкоголь-ассоциированной заболеваемости (среднее значение по кластеру – 64,9 случая на 100 тысяч населения). Также этот кластер отличается относительно низким уровнем «алкогольной преступности» (среднее значение по кластеру – 229,3 преступления на 100 тысяч населения). Республики Татарстан, Марий Эл, Мордовия, Астраханская, Брянская, Орловская и Оренбургская области, а также ряд других регионов РФ вошли в состав шестого кластера.

Самым благополучным кластером можно считать *седьмой*, который существенно выделяется на фоне других российских территорий, благодаря низким косвенным показателям потребления алкоголя. В этот кластер вошли все семь территориальных образований Северо-Кавказского федерального

округа, Республика Адыгея, Краснодарский край, Ростовская область, а также Белгородская область. Так, средние значения показателя «Число преступлений, совершенных в состоянии алкогольного опьянения» по кластеру минимальны – 96,2 случая. Продажа алкоголя и алкоголь-ассоциированная заболеваемость также ниже средних значений по РФ (значения средних – 46,9 тысячи декалитров и 27,5 случая по кластеру соответственно).

Результаты кластеризации субъектов РФ в период с 2020 по 2022 г. позволили выделить 10 кластеров. Региональный состав части кластеров в указанный период не претерпел значительных изменений. К таким кластерам можно отнести с *первого* по *четвертый* и *седьмой*. Кластеры *пятый* и *шестой* перераспределились, а регионы, входившие в их состав, образовали три относительно новых кластера. Кроме того, были выделены еще две новые группы субъектов РФ со схожими показателями (рис. 2). Средние значения показателей по всем кластерам представлены в табл. 2.

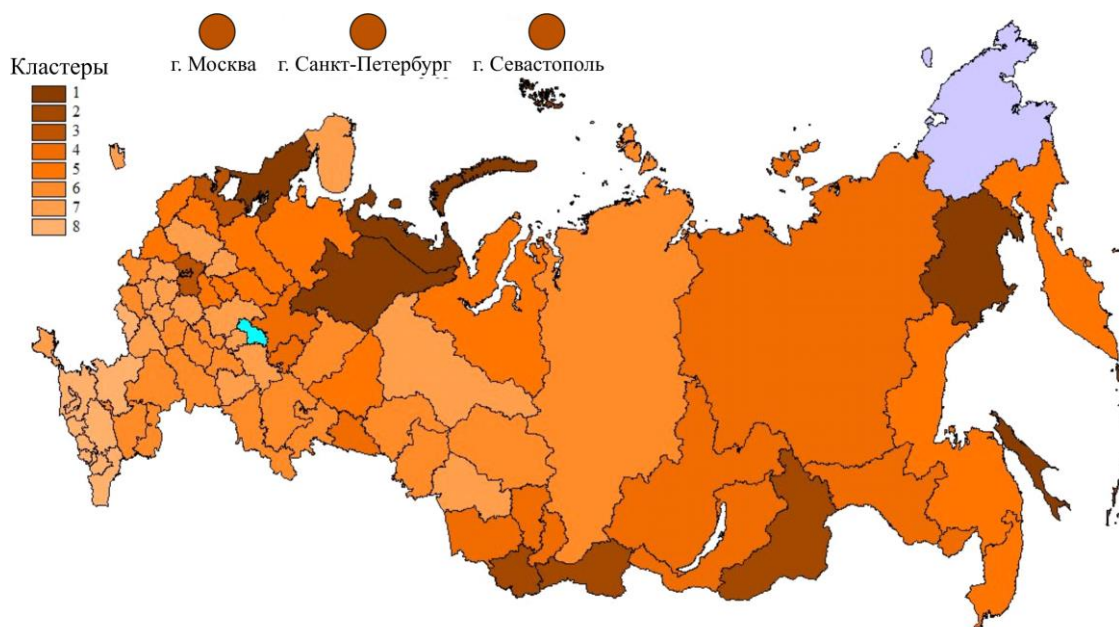


Рис. 2. Результаты кластеризации субъектов РФ по косвенным показателям потребления алкоголя и алкоголь-ассоциированной заболеваемости в 2020–2022 гг.

Таблица 2

Средние значения показателей по кластерам субъектов РФ (2020–2022 гг.)

Показатель	Номер кластера*									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Объем розничной продажи алкогольной продукции (тысяч декалитров на 100 тысяч населения)	256,4	87,5	216,1	136,6	191,5	119,8	160,4	54,0	150,9	178,1
Количество преступлений, совершенных в состоянии алкогольного опьянения (случаев на 100 тысяч населения)	395,3	597,3	101,1	378,1	259,0	243,4	173,6	81,3	210,3	514,4
Заболеваемость с впервые в жизни установленным диагнозом алкоголизма и алкогольного психоза (случаев на 100 тысяч населения)	93,5	58,6	18,1	69,0	72,0	52,2	47,5	19,1	219,3	287,7

Примечание: * – кластер № 9 – Республика Марий Эл, кластер № 10 – Чукотский АО.

Наименее благополучный по косвенным показателям потребления алкоголя – *первый* кластер – в период с 2020 по 2022 г. пополнил свой состав за счет Республики Карелия и Сахалинской области, входивших ранее в относительно благополучный пятый кластер. Причем в данных регионах «кризисный» период не характеризовался ни резким, ни относительным ухудшением показателей потребления алкоголя и заболеваемости. Скорее имело место отсутствие положительной динамики показателей, что и «отбросило» эти субъекты РФ в наименее благополучную группу⁶. Чукотский автономный округ, входивший ранее в эту когорту регионов, был отнесен в отдельный кластер. Как и в период с 2017 по 2019 г., регионы *первого* кластера отличаются значительными объемами розничной продажи алкогольной продукции (среднее значение по кластеру – 256,4 тысячи декалитров на 100 тысяч населения) и тревожными значениями алкогольной преступности и алкоголь-ассоциированной заболеваемости (среднее значение по кластеру – 395,3 преступления на 100 тысяч населения и 93 случая заболеваний на 100 тысяч населения).

Число регионов, вошедших во *второй* кластер, сократилось до трех. В этой группе остались Забайкальский край, Республики Алтай и Тыва. Для этого кластера по-прежнему характерны относительно низкие объемы продаж алкоголя (среднее значение по кластеру – 87,5 тысячи декалитров на 100 тысяч населения) и избыточно высокие показатели алкогольной преступности (среднее значение по кластеру – 597,3 преступления на 100 тысяч населения). На уровне общероссийских значений в этой группе регионов показатель первичной заболеваемости алкоголизмом и алкогольными психозами (среднее значение по кластеру – 58,6 случая на 100 тысяч населения). Отметим, что объемы продаж алкоголя в Республике Тыва в три раза ниже «соседей» по группе, однако уровень алкоголь-ассоциированной заболеваемости и преступности соответствует средним значениям по кластеру⁷.

В *третий* кластер вошли те же регионы, которые были отмечены ранее, при кластеризации в «до-

кризисный» период: Ленинградская и Московская области, города Москва, Санкт-Петербург и Севастополь. Объем розничной продажи алкоголя за рассматриваемый период, по сравнению с предшествующим, несущественно вырос (среднее значение по кластеру увеличилось с 205,3 до 216,1 тысячи декалитров на 100 тысяч населения) и соответствует общероссийской динамике. Другие косвенные показатели потребления алкоголя жителями этих регионов имеют относительно низкие значения и отрицательную динамику. Так, незначительно снизился показатель «Преступления, совершенные в состоянии алкогольного опьянения» (среднее значение по кластеру сократилось с 108 до 101,1 случая на 100 тысяч населения). Значительно сократилась первичная заболеваемость алкоголизмом (среднее значение по кластеру снизилось вдвое).

К полному составу *четвертого* кластера «присоединились» Еврейская автономная область, Республики Бурятия и Хакасия⁸. В этом составе для кластера по-прежнему характерны близкие к общероссийскому уровню объемы продаж алкоголя (среднее значение по кластеру – 136,6 тысячи декалитров на 100 тысяч населения) и алкоголь-ассоциированной заболеваемости (среднее значение по кластеру – 69 случаев на 100 тысяч населения). Вызывает особое беспокойство большое число преступлений, совершенных жителями этих регионов в состоянии алкогольного опьянения (среднее значение по кластеру – 378,1 случая на 100 тысяч населения).

Значительно сократился по числу субъектов РФ *пятый* кластер. Если в период с 2017 по 2019 г. в его состав входили 22 региона, то на этапе с 2020 по 2022 г. этот кластер насчитывает всего 13 субъектов. Из состава вышли 10 российских территорий, а присоединилась к кластеру ранее не входившая в него Ивановская область⁹. В Архангельской, Владимирской, Вологодской, Новгородской, Смоленской областях и других территориях пятого кластера косвенные показатели потребления алкоголя мало отличаются от общероссийских. Так, среднее значение в кластере по объему розничной продажи алкоголя

⁶ Для сравнения: в Мурманской области, входившей в 2017–2019 гг. в общий с Сахалинской областью и Республикой Карелия пятый кластер, в 2020–2022 гг. зафиксировано существенное снижение как показателей преступности, совершенной в состоянии алкогольного опьянения, так и алкоголь-ассоциированной заболеваемости (при сохранившихся объемах продаж алкогольной продукции). Это позволило отнести Мурманскую область в «кризисный» период к относительно благополучной группе регионов, вошедших в седьмой кластер.

⁷ Для Республики Тыва и Забайкальского края также характерен высокий уровень смертности населения от случайных отравлений алкоголем. В 2021 г. в Республике Тыва было зафиксировано 17,2 случая на 100 тысяч населения, в Забайкальском крае – 15,6 случая на 100 тысяч населения (при среднероссийском показателе 6,36 случая на 100 тысяч населения). В Республике Алтай смертность населения от случайных отравлений алкоголем была на высоком уровне в 2020 г. (показатель – 16,3 случая на 100 тысяч населения); в 2021 г. показатель снизился до 4,52 на 100 тысяч населения.

⁸ Республики Бурятия и Хакасия перешли в четвертый кластер из менее благополучного «докризисного» второго: в обоих регионах в «кризисный» период снизилась алкоголь-ассоциированная преступность, а в Хакасии еще и заболеваемость. Еврейская АО, напротив, несколько ухудшила свое положение в силу роста показателей преступности и относительно высоких объемов потребления алкоголя.

⁹ Ивановская область в «докризисный» период входила в относительно благополучный шестой кластер, но в «кризисный» период в регионе в среднем вырос объем продаж алкогольной продукции, хотя показатели алкоголь-ассоциированной заболеваемости и смертности снизились.

составляет 191,5 тысячи декалитров на 100 тысяч населения. Алкоголь-ассоциированная заболеваемость и преступность также были на уровне средних для РФ (среднее значение по кластеру – 72 и 259 случаев на 100 тысяч населения соответственно).

Наиболее многочисленными по числу регионов в период с 2020 по 2022 г. являются *шестой* и *седьмой* кластеры. В состав *шестого* вошли 18 российских территорий: семь регионов Приволжского федерального округа¹⁰, включая Пермский край, Саратовскую область, Республику Башкортостан и др.; по три – Южного федерального округа (Астраханская и Волгоградская области и Республика Калмыкия) и Центрального федерального округа (Брянская область, Курская область и Тамбовская область); по два – Уральского (Тюменская и Челябинская области) и Сибирского (Омская и Томская области) федеральных округов. Объем розничной продажи алкоголя несколько ниже общероссийских показателей (среднее значение по кластеру – 119,8 тысячи декалитров на 100 тысяч населения). В общероссийском тренде – значения показателей алкоголь-ассоциированной заболеваемости и преступности. Среднее значение по кластеру показателя «Число преступлений, совершенных в состоянии алкогольного опьянения» – 243,4 случая на 100 тысяч населения; значение первичной заболеваемости алкоголизмом и алкогольными психозами – 52,2 случая на 100 тысяч населения.

Седьмой кластер включает 17 российских территорий. К нему в ходе процедуры иерархической кластеризации были отнесены восемь регионов Центрального федерального округа (Воронежская, Липецкая, Ярославская области и др.), четыре – Приволжского федерального округа, два – Северо-Западного федерального округа (Мурманская и Калининградская области), по одному – Уральского (ХМАО – Югра), Сибирского (Новосибирская область) и Южного (Республика Крым) округов. Объем розничной продажи алкоголя несколько выше общероссийских значений (среднее значение по кластеру – 160,3 тысячи декалитров на 100 тысяч населения). Незначительно ниже, чем общероссийские значения, в данном кластере показатели алкоголь-ассоциированной заболеваемости и преступности. Среднее значение числа преступлений, совершенных в состоянии алкогольного опьянения, по кластеру – 173,6 случая на 100 тысяч населения; значение заболеваемости алкоголизмом и алкогольными психозами – 47,5 случая на 100 тысяч населения.

Самый благополучный *восьмой* кластер повторил выделенный по итогам кластеризации 2017–2019 гг. седьмой кластер. К этой группе были отнесены все

регионы Северо-Кавказского федерального округа, Белгородская и Ростовская области, Республика Адыгея и Краснодарский край. В период с 2020 по 2022 г., в сравнении с предыдущим периодом, сохранился малый объем розничной продажи алкогольной продукции (среднее значение по кластеру несущественно выросло с 46,9 до 54 тысячи декалитров на 100 тысяч населения); среднее значение показателя «число преступлений, совершенных в состоянии алкогольного опьянения» по кластеру незначительно снизилось с 96,2 до 81,3; также сократились значения алкоголь-ассоциированной заболеваемости (среднее значение по кластеру сократилось с 27,5 до 19,1 случая на 100 тысяч населения).

И, наконец, в отдельные кластеры были отнесены Чукотский АО и Республика Марий Эл. Для Чукотского автономного округа характерен относительно более высокий, чем общероссийский, уровень розничной продажи алкоголя. Вызывает особую тревогу ситуация с другими косвенными показателями. Так, в этом округе более чем в два раза выше средних общероссийских значений число преступлений, совершенных в состоянии алкогольного опьянения, и более чем в пять раз выше алкоголь-ассоциированная заболеваемость (среднее значение по кластеру – 514,4 и 287,7 на 100 тысяч населения соответственно). В Республике Марий Эл требует особого контроля ситуация с алкоголь-ассоциированной заболеваемостью (среднее значение по кластеру – 219,3 случая на 100 тысяч населения). Отметим, что первичная заболеваемость алкоголизмом с 2020 до 2021 г. выросла более чем в пять раз (с 66,5 до 364,6 случая на 100 тысяч населения) и несколько снизилась к 2022 г. (до 226,67 случая на 100 тысяч населения). Остальные рассматриваемые нами косвенные показатели потребления алкоголя в Республике Марий Эл находятся на уровне общероссийских значений.

В современных условиях нестабильной социально-экономической ситуации в стране возрастают риски ухудшения здоровья населения [23], в том числе в результате «проблемного» потребления алкоголя. Алкогольные практики, опосредованные действием социальных контекстов, особенно заметно выступают медиатором ухудшения общественного здоровья в периоды экономических кризисов. Более того, негативные отклики в состоянии общественного здоровья носят отложенный характер и проявляются с определенным отставанием во времени.

В настоящей работе представлены субъекты РФ в периоды с 2017 по 2019 и с 2020 по 2022 г., объединенные между собой и отличные друг от друга по маркерам алкогольного потребления насе-

¹⁰ Из 14 субъектов РФ, входящих в Приволжский федеральный округ (второй по численности после Центрального среди всех федеральных округов), подавляющее большинство «попали» в «кризисный» период в благополучные кластеры – семь регионов включены в шестой кластер, четыре (Нижегородская и Самарская области, Татарстан и Чувашия) – в седьмой кластер. Из оставшихся трех – два (Кировская область и Республика Удмуртия) вошли в четвертый кластер, и лишь Республика Марий Эл, образовавшая отдельный кластер, отличается крайне неблагоприятной ситуацией.

ния. Результаты анализа указывают на региональную специфику и существенные различия в косвенных показателях потребления алкоголя.

Наиболее тревожной отмечается ситуация с уровнем алкоголизации населения в период с 2017 по 2022 г. в Чукотском АО. Так, в данном субъекте РФ стабильно высока первичная заболеваемости алкоголизмом и алкогольными психозами на душу населения (в 2021 г. в Чукотском АО зафиксировано 306,9 диагностируемых случая на 100 тысяч населения, что более чем в 6,5 раза выше общероссийского показателя за рассматриваемый период). Исследователи традиционно связывают данную ситуацию с низким уровнем жизни населения, высоким уровнем безработицы и другими социально-экономическими факторами на фоне суровых природно-климатических условий проживания коренного населения Крайнего Севера [24]. Кроме того, особенно острый характер носит проблема увеличения первичной заболеваемости алкоголизмом и алкогольными психозами среди детей и подростков Чукотки, что во многом обусловлено большими объемами продажи нелегального алкоголя [25].

Стабильно напряженная ситуация с потреблением алкоголя, алкоголь-ассоциированной преступностью и заболеваемостью в Магаданской области, Ненецком АО и Республике Коми, что является маркером социально-экономического неблагополучия данных территорий [26]. В целом качество жизни населения в регионе связано с уровнем потребления алкоголя (особенно – с уровнем алкоголь-ассоциированной преступности и заболеваемости). Среди субъектов РФ, вошедших согласно рейтингу Агентства стратегических инициатив в 2021 г. в топ-20 регионов по качеству жизни¹¹, восемнадцать в «кризисный» период были отнесены к «верхним», наиболее благополучным кластерам по потреблению алкоголя. Исключения составили г. Москва с высоким уровнем продаж алкогольной продукции (но низкими уровнями преступности и заболеваемости) и Республика Удмуртия с сопоставимым с московским уровнем продаж алкоголя, но существенно более высокой алкоголь-ассоциированной заболеваемостью и смертностью.

Сохраняется высокий уровень потребления алкоголя с негативными последствиями в Южно-Сибирских регионах – Забайкальском крае, Респуб-

ликах Алтай¹², Бурятия, Тыва и Хакасия, что также связано с их крайне неблагоприятным социально-экономическим положением как в «докризисный», так и в «кризисный» периоды [27]. Например, по данным Роспотребнадзора, по Республике Алтай в 2022 г. среди всех алкогольных отравлений в регионе 26 % случаев пришлось на отравления неуставленным алкоголем, 4,5 % – на отравления метиловым спиртом. В указанных субъектах РФ фиксируются низкие значения индекса человеческого развития [28] и распространенность рисковенного образа жизни [29]. Кроме того, для указанных регионов характерен высокий уровень незарегистрированного потребления алкоголя¹³ [8].

Регионы Северо-Кавказского федерального округа (Республики Дагестан, Ингушетия, Чечня, Северная Осетия, Карачаево-Черкесия и др.) с преобладающим мусульманским населением стабильно относятся к так называемым «малопьющим» российским территориям [30]. Религиозный фактор, таким образом, компенсирует низкий уровень социально-экономического развития региона как фактора роста алкогольного потребления. Незначительный рост розничной продажи алкогольной продукции, на наш взгляд, может быть вызван интенсификацией межрегиональной миграции и связан, в частности, с разовыми покупками алкоголя туристами¹⁴.

Высокий уровень розничных продаж алкогольной продукции в ряде крупных, экономически благополучных субъектов РФ (Москва, Санкт-Петербург, Ленинградская и Московская области) не проявляется негативными социальными последствиями (алкоголь-ассоциированной заболеваемостью и преступностью). Возможно, это обусловлено низким потреблением незарегистрированного алкоголя (напитков домашнего производства, незаконно произведенного алкоголя, различных суррогатов) на данных территориях, так как факторами суррогатного потребления алкоголя являются социальный статус, уровень образования и величина дохода [31].

Одной из гипотез исследования, способной объяснить динамику потребления алкоголя в субъектах РФ, являлось неодинаковое влияние факторов пандемии и «санкционного» кризиса на социально-экономическую ситуацию в регионах, уровень стрессорности среды и социальной напряженности. Результаты исследований экономической устойчи-

¹¹ Рейтинг качества жизни [Электронный ресурс] // Агентство стратегических инициатив: официальный сайт. – URL: https://asi.ru/government_officials/quality-of-life-ranking/ (дата обращения: 21.03.2023).

¹² По итогам 2022 года отравления алкоголем занимают ведущее место в структуре отравлений химической этиологии в Республике Алтай: пресс-релиз [Электронный ресурс] // Управление Роспотребнадзора по Республике Алтай. – URL: <http://www.04.rospotrebnadzor.ru/index.php/san-nadzor/2015-10-01-05-48-10/17906-16012023.html> (дата обращения: 21.03.2023).

¹³ Алкоголизм и наркомания в регионах РФ. Оценка масштаба проблемы на основе доступных статистических данных, 2019 г. [Электронный ресурс] // Если быть точным: информационная платформа. – URL: <https://static.tochno.st/files/analytical/a95ec80f72d0a36b08753a9e6484a644.pdf> (дата обращения: 21.03.2023).

¹⁴ Наибольший рост объема продажи алкогольной продукции в период с 2017 по 2022 г. наблюдался в Республике Дагестан – с 12,6 тысячи до 20,7 тысячи декалитров на 100 тысяч населения.

ности регионов к пандемии COVID-19 показывают большую уязвимость развитых и крупных экономик, центров добывающей промышленности, а не слабо-развитых, преимущественно аграрных регионов с существенной государственной поддержкой [32]. Санкционный удар также оказался наиболее серьезным для промышленно развитых субъектов РФ, чья экономика связана с глобальным рынком, характеризуется доминированием отраслей добычи углеводородного сырья и металлов, машиностроения [21]. Следовательно, именно в данных регионах можно было ожидать ухудшения ситуации с потреблением алкоголя в «кризисный» период. Результаты исследования подтверждают справедливость подобного предположения лишь отчасти. Так, в Сахалинской области в 2022 г. наблюдался самый значительный среди всех регионов РФ спад объемов промышленного производства (снижение на 38 % по отношению к 2021 г.), существенное снижение поступлений НДС (на 11 % в мае 2022 г. по отношению к маю 2021 г.) [21]. Также в 2022 г. в Сахалинской области был зафиксирован один из самых высоких среди всех регионов РФ объем продаж алкогольной продукции – 258,4 тысячи дкл на 100 тысяч населения (сопоставимо высокий – в Республике Карелия и в Магаданской области – 258,9 и 257,6 тысячи дкл на 100 тысяч населения соответственно). Значительный спад промышленного производства в 2022 г. наблюдался также в Тульской, Калининградской, Самарской и Ульяновской областях, однако ни один из этих регионов в «кризисный» период не вошел в неблагоприятные по потреблению алкоголя кластеры.

Выводы. Проведенный анализ показал, что региональная дифференциация по косвенным показателям потребления алкоголя, наблюдавшаяся в России в «докризисный» период, сохраняется. Принципиальной динамики показателей не наблюдается ни в «проблемных», ни в «благополучных» группах регионов. Среди субъектов РФ, характеризующихся неблагоприятной ситуацией с потреблением алкоголя, можно выделить три подгруппы: 1) регионы с высоким уровнем продаж алкогольной продукции, высокой алкоголь-ассоциированной преступностью и заболеваемостью (Магаданская область, Ненецкий АО, Республика Коми и Чукотский АО); 2) регионы с относительно низким уровнем продаж алкогольной продукции, но высокой преступностью и заболеваемостью (Забайкальский край, Республики Алтай, Бурятия, Тыва и Хакасия); 3) регионы с высоким уровнем продаж алкогольной продукции, но относительно низкой преступностью и заболеваемостью (Москва и Санкт-Петербург, Московская и Ленинградская области). При этом сравнительно значительные объемы продаж алкогольной продукции, а также их положительная динамика могут являться свидетельством как интенсивного потребления алкоголя населением, так и малой доли нелегального, суррогатного алкоголя и алкогольных

напитков домашнего приготовления в структуре потребления.

Кризисные процессы, связанные с напряженной эпидемиологической (2020–2021 гг.) и социально-экономической (2022 г.) ситуацией, не оказали существенного влияния на потребление алкоголя в большинстве регионов, называвшихся наиболее уязвимыми к пандемийным и санкционным вызовам. Возможно, в силу отложенного эффекта макроэкономических факторов. При этом субъекты РФ, характеризовавшиеся низким уровнем социально-экономического благополучия в «докризисный» период, не приобрели дополнительных источников резистентности, позволяющих нормализовать ситуацию в области потребления алкоголя, в том числе с негативными последствиями.

Дополнительными факторами, влияющими на потребление алкогольных напитков и формирующими риски для здоровья, выступают представленность и распространенность практик самогонварения и производства другого домашнего алкоголя в регионе, доминирование в структуре потребления крепких алкогольных напитков, половозрастной, национальный и профессиональный состав населения региона (доля мужского населения, доля молодежи и трудоспособного населения, доля занятых физическим трудом). Значимы и институциональные факторы – эффективность деятельности региональных служб по борьбе с распространением суррогатного алкоголя, успешность антиалкогольной политики, особенности функционирования органов и организаций, ответственных за профилактику алкоголь-ассоциированных заболеваний.

Нелинейный характер развития современного российского общества, сложность прогнозирования динамики общественно-политической и экономической ситуации, уровня социальной напряженности требуют постоянного мониторинга различных факторов риска для здоровья населения, в том числе потребления алкоголя на региональном и национальном уровнях для принятия своевременных решений по охране здоровья граждан.

Ограничения исследования. В исследовании используются косвенные показатели потребления алкоголя, не учитывающие нелегальный оборот алкогольной продукции. В силу отсутствия достаточных статистических данных в региональном разрезе в системе ЕМИСС для характеристики потребления алкоголя не используются показатели «Смертность от случайных отравлений алкоголем», «Заболеваемость отравлениями этанолом и суррогатами алкоголя».

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-18-00480 «Самосохранительные стратегии россиян в условиях новой нормальности» (описание динамики потребления алкоголя в субъектах РФ, типизация регионов); 2) в рамках ведомственной целевой программы Роспотребнадзора «Научное обеспечение гигиенической безопасности

населения в интересах повышения качества жизни и демографического развития России на период 2021–2024 гг.» (объяснительная модель региональной дифференциации потребления алкоголя).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Association of alcohol consumption with morbidity and mortality in patients with cardiovascular disease: original data and meta-analysis of 48,423 men and women / C. Ding, D. O'Neill, S. Bell, E. Stamatakis, A. Britton // *BMC Med.* – 2021. – Vol. 19, № 1. – P. 167. DOI: 10.1186/s12916-021-02040-2
2. Alcohol Consumption and All-Cause Mortality: A Systematic Review [Internet] / E. Mayer-Davis, H. Leidy, R. Mattes, T. Naimi, R. Novotny, B. Schneeman, B.J. Kingshipp, M. Spill [et al.]. – Alexandria (VA): USDA Nutrition Evidence Systematic Review, 2020. DOI: 10.52570/NESR.DGAC2020.SR0403
3. Alcohol intake and total mortality in 142 960 individuals from the MORGAM Project: a population-based study / A. Di Castelnuovo, S. Costanzo, M. Bonaccio, P. McElduff, A. Linneberg, V. Salomaa, S. Männistö, M. Moitry [et al.] // *Addiction.* – 2022. – Vol. 117, № 2. – P. 312–325. DOI: 10.1111/add.15593
4. Kuznetsova P.O. Alcohol mortality in Russia: assessment with representative survey data // *Population and Economics.* – 2020. – Vol. 4, № 3. – P. 75–95. DOI: 10.3897/popecon.4.e51653
5. Вангородская С.А. Российская модель потребления алкоголя: особенности и влияние на смертность населения // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Философия. Социология. Право.* – 2018. – Т. 43, № 1. – С. 28–36. DOI: 10.18413/2075-4566-2018-43-1-28-36
6. Радаев В.В. Алкогольные циклы: динамика потребления алкоголя в советской и постсоветской России, 1980–2010-е годы // *Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены.* – 2022. – № 3 (169). – С. 327–351. DOI: 10.14515/monitoring.2022.3.2180
7. Разводовский Ю.Е., Немцов А.В. Вклад алкоголя в гендерные различия уровня общей смертности в России и Беларуси // *Вопросы наркологии.* – 2020. – № 6 (189). – С. 60–69. DOI: 10.47877/0234-0623_2020_6_60
8. Горный Б.Э., Калинина А.М. Интегральная оценка алкогольной ситуации на региональном уровне // *Профилактическая медицина.* – 2016. – Т. 19, № 3. – С. 34–40. DOI: 10.17116/profmed201619334-40
9. Коссова Т.В., Коссова Е.В., Шелунцова М.А. Влияние потребления алкоголя на смертность и ожидаемую продолжительность жизни в регионах России // *Экономическая политика.* – 2017. – Т. 12, № 1. – С. 58–83. DOI: 10.18288/1994-5124-2017-1-03
10. Кондратенко В.А. Структура и типы потребления алкоголя в России в 1994–2018 гг. // *Вестник Российского мониторинга экономического положения и здоровья населения НИУ ВШЭ (RLMS-HSE): сборник научных статей.* – М., 2021. – Вып. 11. – С. 153–174. DOI: 10.19181/rlms-hse.2021.4
11. Grossman E.R., Benjamin-Neelon S.E., Sonnenschein S. Alcohol Consumption during the COVID-19 Pandemic: A Cross-Sectional Survey of US Adults // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2020. – Vol. 17, № 24. – P. 9189. DOI: 10.3390/ijerph17249189
12. Alcohol and other substance use during the COVID-19 pandemic: A systematic review / A. Roberts, J. Rogers, R. Mason, A.N. Siriwardena, T. Hogue, G.A. Whitley, G.R. Law // *Drug Alcohol Depend.* – 2021. – Vol. 229, Pt A. – P. 109150. DOI: 10.1016/j.drugalcdep.2021.109150
13. Рожанец В.В., Фадеева Е.В., Клименко Т.В. Проблемы аддикции в эпоху COVID-19 – актуальные данные и анализ тенденций, 2020 г. // *Вопросы наркологии.* – 2021. – № 1 (196). – С. 5–19. DOI: 10.47877/0234-0623_2021_01_5
14. Немцов А.В., Гридин Р.В. Потребление алкоголя во время эпидемии коронавируса в России // *Общественное здоровье.* – 2021. – Т. 1, № 2. – С. 28–47. DOI: 10.21045/2782-1676-2021-1-2-28-49
15. Ланг А.А. Анализ уровня среднедушевого потребления алкоголя населением Красноярского края // *E-Scio.* – 2022. – № 4 (67). – С. 35–47.
16. Изменения особенностей потребления алкоголя в Российской Федерации в первые месяцы пандемии COVID-19 / А.Ю. Гиль, К.В. Вышинский, Е.В. Фадеева, Р.А. Хальфин // *Проблемы стандартизации в здравоохранении.* – 2021. – № 5–6. – С. 63–73. DOI: 10.26347/1607-2502202105-06063-073
17. Самонина С.С. Влияние пандемии COVID-19 на потребление алкоголя в России (территориальный аспект) // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле.* – 2022. – Т. 22, № 2. – С. 94–100. DOI: 10.18500/1819-7663-2022-22-2-94-100
18. How economic crises affect alcohol consumption and alcohol-related health problems: a realist systematic review / M.C. De Goeij, M. Suhrcke, V. Toffolutti, D. van de Mheen, T.M. Schoenmakers, A.E. Kunst // *Soc. Sci. Med.* – 2015. – Vol. 131. – P. 131–146. DOI: 10.1016/j.socscimed.2015.02.025
19. Азаров Т.А., Владимиров И.В., Петровская И.А. Взаимосвязь социально-экономических показателей, инцидентности алкоголизма и алкогольных психозов в России, 1992–2020 гг. // *Juvenis Scientia.* – 2022. – Т. 8, № 6. – С. 30–40. DOI: 10.32415/jscientia_2022_8_6_30-40
20. Караваева И.В. Системный кризис 2022: теоретический аспект // *Федерализм.* – 2022. – Т. 27, № 2 (106). – С. 46–61. DOI: 10.21686/2073-1051-2022-2-46-61
21. Зубаревич Н.В. Регионы России в новых экономических условиях // *Журнал Новой экономической ассоциации.* – 2022. – № 3 (55). – С. 226–234. DOI: 10.31737/2221-2264-2022-55-3-15
22. Плотников А.В. Моделирование форм проявления кризиса в национальной экономике под воздействием неэкономического шока (на примере кризисов в России 2020 и 2022 годов) // *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета.* – 2022. – № 5–2 (137). – С. 194–199.
23. Бойцов С.А., Самородская И.В., Семёнов В.Ю. Влияние экономических кризисов на общественное здоровье // *Профилактическая медицина.* – 2016. – Т. 19, № 2–1. – С. 4–10. DOI: 10.17116/profmed20161924-10

24. Социально-экономические и поведенческие факторы риска нарушений здоровья среди коренного населения крайнего севера / В.П. Чашин, А.А. Ковшов, А.Б. Гудков, Б.А. Моргунов // Экология человека. – 2016. – № 6. – С. 3–8. DOI: 10.33396/1728-0869-2016-6-3-8
25. Белова Ю.Ю. Модели социальной превенции алкоголизации населения в регионах России с различными климатическими условиями // Регионология. – 2018. – Т. 26, № 2 (103). – С. 314–337. DOI: 10.15507/2413-1407.103.026.201802.314-337
26. Глушкова А.В., Карелин А.О., Еремин Г.Б. Злоупотребление взрослого населения алкоголем как маркер социально-экономического неблагополучия территории // Гигиена и санитария. – 2022. – Т. 101, № 8. – С. 985–991. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-8-985-991
27. Гришина И.В., Полянев А.О., Шкуропат А.В. Социально-экономическое положение регионов России в 2020 г.: методология и результаты ежемесячного мониторинга // ЭКО. – 2021. – № 7 (565). – С. 111–128. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2021-7-111-128
28. Скоков Р.Ю., Рогачев А.Ф. Человеческое развитие и потребление алкоголя: состояние и взаимосвязь в российских регионах // Регионология. – 2022. – Т. 30, № 2 (119). – С. 342–358. DOI: 10.15507/2413-1407.119.030.202202.342-358
29. Ожидаемая продолжительность жизни в субъектах Российской Федерации с различным уровнем санитарно-эпидемиологического благополучия и образа жизни населения. Резервы управления / С.В. Клейн, Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцева, М.В. Глухих // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 4. – С. 18–32. DOI: 10.21668/health.risk/2022.4.02
30. Ситников А.В., Романов М.В., Одаев Т.Х. Религиозность в Чеченской республике и ее влияние на социальные институты и институты власти // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. – 2019. – № 2 (150). – С. 157–183. DOI: 10.14515/monitoring.2019.2.08
31. Zsaszova L., Kolosnitsyna M. Exploring the relationship between drinking preferences and recorded and unrecorded alcohol consumption in Russian regions in 2010–2016 // Int. J. Drug Policy. – 2020. – Vol. 82. – P. 102810. DOI: 10.1016/j.drugpo.2020.102810
32. Малкина М.Ю. Устойчивость экономик российских регионов к пандемии 2020 // Пространственная экономика. – 2022. – Т. 18, № 1. – С. 101–124. DOI: 10.14530/se.2022.1.101-124

Лебедева-Несеврия Н.А., Гордеева С.С. Потребление алкоголя как фактор риска здоровью населения регионов России в «докризисный» и «кризисный» периоды (2017–2022 гг.) // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 2. – С. 17–29. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.02

UDC 304.3+614.1

DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.02.eng



Research article

ALCOHOL CONSUMPTION AS HEALTH RISK FACTOR FOR THE POPULATION IN THE RF REGIONS IN THE ‘BEFORE CRISIS’ AND ‘AFTER CRISIS’ PERIODS (2017–2022)

N.A. Lebedeva-Nesevria^{1,2}, S.S. Gordeeva²

¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya Str., Perm, 614045, Russian Federation

²Perm State University, 15 Bukireva Str., Perm, 614990, Russian Federation

In this study, we have estimated alcohol consumption and alcohol-associated incidence in the RF regions in the ‘before crisis’ (2017–2019) and ‘crisis’ (2020–2022) periods. We identified types of the RF regions using hierarchical cluster analysis (Ward’s method) and relying on indirect indicators of alcohol consumption. As a result, we established considerable differences between the macro-regions (the Federal Districts) and RF regions as per alcohol consumption and severity of its outcomes. Poles in this differentiation are represented by ‘favorable’ regions in the Southern Russia where alcohol sales, alcohol-associated crime and incidence are low and ‘unfavorable’ regions located in the Far East and southern Siberia where alcohol-associated crime and incidence are high. We have shown in this study that retail alcohol sales cannot be considered a sufficient indicator to describe alcohol use in a given region. Thus, considerable volumes of alcohol sales involve severe socially significant outcomes in some regions (for example, the Khabarovsk region and Primorye) whereas such outcomes do not occur in other regions with similarly high alcohol sales (Moscow, Saint Petersburg, the Moscow region and the Leningrad region). The level of socioeconomic welfare on a given territory is confirmed as a significant determinant of alcohol consumption.

© Lebedeva-Nesevria N.A., Gordeeva S.S., 2023

Natalia A. Lebedeva-Nesevria – Doctor of Sociological Sciences, Head of the Laboratory for Social Risks Analysis (e-mail: natnes@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-25-47; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3036-3542>).

Svetlana S. Gordeeva – Candidate of Sociological Sciences, Associate Professor at the Department of Sociology (e-mail: SSGordeeva@mail.ru; tel.: +7 (342) 239-63-29; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5309-8318>).

We have also analyzed a correlation between economic vulnerability of RF regions during the 'pandemic' and 'sanction' crises and levels of alcohol consumption. The analysis revealed that large industrial regions, though expected to be vulnerable, turned out to be quite stable (it is probable due to delayed macroeconomic effects). We have not been able to identify any resources of improving a tense situation with alcohol consumption in economically unfavorable but less vulnerable subsidized agricultural regions. In general, the crisis period of 2020–2022 can be considered a source of additional health risks for the population in the RF regions where the situation with alcohol consumption was rather unfavorable in the 'before crisis' period.

Keywords: alcohol consumption, crimes, alcohol intoxication, incidence, alcoholism, alcoholic psychoses, RF regions.

References

1. Ding C., O'Neill D., Bell S., Stamatakis E., Britton A. Association of alcohol consumption with morbidity and mortality in patients with cardiovascular disease: original data and meta-analysis of 48,423 men and women. *BMC Med.*, 2021, vol. 19, no. 1, pp. 167. DOI: 10.1186/s12916-021-02040-2
2. Mayer-Davis E., Leidy H., Mattes R., Naimi T., Novotny R., Schneeman B., Kingshipp B.J., Spill M. [et al.]. Alcohol Consumption and All-Cause Mortality: A Systematic Review [Internet]. Alexandria (VA), USDA Nutrition Evidence Systematic Review, 2020. DOI: 10.52570/NESR.DGAC2020.SR0403
3. Di Castelnuovo A., Costanzo S., Bonaccio M., McElduff P., Linneberg A., Salomaa V., Männistö S., Moitry M. [et al.]. Alcohol intake and total mortality in 142 960 individuals from the MORGAM Project: a population-based study. *Addiction*, 2022, vol. 117, no. 2, pp. 312–325. DOI: 10.1111/add.15593
4. Kuznetsova P.O. Alcohol mortality in Russia: assessment with representative survey data. *Population and Economics*, 2020, vol. 4, no. 3, pp. 75–95. DOI: 10.3897/popecon.4.e51653
5. Vangorodskaya S.A. The Russian model of alcohol consumption: features and impact on population. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Filosofiya. Sotsiologiya. Pravo*, 2018, vol. 43, no. 1, pp. 28–36. DOI: 10.18413/2075-4566-2018-43-1-28-36 (in Russian).
6. Radaev V.V. Alcohol cycles: trends in the alcohol consumption in the Soviet and post-Soviet Russia, 1980–2010. *Monitoring obshchestvennogo mneniya: ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny*, 2022, no. 3 (169), pp. 327–351. DOI: 10.14515/monitoring.2022.3.2180 (in Russian).
7. Razvodovsky Y.E., Nemtsov A.V. Contribution of alcohol to the gender gap in all-cause mortality in Russia and Belarus. *Voprosy narkologii*, 2020, no. 6 (189), pp. 60–69. DOI: 10.47877/0234-0623_2020_6_60 (in Russian).
8. Gornyi B.E., Kalinina A.M. Integral estimation of the alcohol situation at the regional level. *Profilakticheskaya meditsina*, 2016, vol. 19, no. 3, pp. 34–40. DOI: 10.17116/profmed201619334-40 (in Russian).
9. Kossova T.V., Kossova E.V., Sheluntsova M.A. Vliyanie potrebleniya alkogolya na smertnost' i ozhidaemuyu prodolzhitel'nost' zhizni v regionakh Rossii [Impact of alcohol consumption on mortality and life expectancy in Russian regions]. *Ekonomicheskaya politika*, 2017, vol. 12, no. 1, pp. 58–83. DOI: 10.18288/1994-5124-2017-1-03 (in Russian).
10. Kondratenko V.A. The structure and types of alcohol consumption in Russia in 1994–2018. *Vestnik Rossiiskogo monitoringa ekonomicheskogo polozheniya i zdorov'ya naseleniya NIU VShE (RLMS HSE): sbornik nauchnykh statei*. Moscow, 2021, iss. 11, pp. 153–174. DOI: 10.19181/rlms-hse.2021.4 (in Russian).
11. Grossman E.R., Benjamin-Neelon S.E., Sonnenschein S. Alcohol Consumption during the COVID-19 Pandemic: A Cross-Sectional Survey of US Adults. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2020, vol. 17, no. 24, pp. 9189. DOI: 10.3390/ijerph17249189
12. Roberts A., Rogers J., Mason R., Siriwardena A.N., Hogue T., Whitley G.A., Law G.R. Alcohol and other substance use during the COVID-19 pandemic: A systematic review. *Drug Alcohol Depend.*, 2021, vol. 229, pt A, pp. 109150. DOI: 10.1016/j.drugalcdep.2021.109150
13. Rozhanets V.V., Fadeeva E.V., Klimenko T.V. Addiction problems in the COVID-19 era: up-to-date data and trend analysis, 2020. *Voprosy narkologii*, 2021, no. 1 (196), pp. 5–19. DOI: 10.47877/0234-0623_2021_01_5 (in Russian).
14. Nemtsov A.V., Gridin R.V. Alcohol consumption during the coronavirus epidemic in Russia. *Obshchestvennoe zdorov'e*, 2021, vol. 1, no. 2, pp. 28–47. DOI: 10.21045/2782-1676-2021-1-2-28-49 (in Russian).
15. Lang A.A. Analiz urovnya srednedushhevogo potrebleniya alkogolya naseleniem Krasnoyarskogo kraia [Analysis of alcohol consumption per capita by the population of the Krasnoyarsk region]. *E-Scio*, 2022, no. 4 (67), pp. 35–47 (in Russian).
16. Gil A., Vyshinsky K., Fadeeva E., Khalfin R. Changes in alcohol consumption in the Russian Federation during the first months of the COVID-19 pandemic. *Problemy standartizatsii v zdravookhranении*, 2021, no. 5–6, pp. 63–73. DOI: 10.26347/1607-2502202105-06063-073 (in Russian).
17. Samonina S.S. The impact of the COVID-19 pandemic on alcohol consumption in Russia (territorial aspect). *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya Nauki o Zemle*, 2022, vol. 22, no. 2, pp. 94–100. DOI: 10.18500/1819-7663-2022-22-2-94-100 (in Russian).
18. De Goeij M.C., Suhrcke M., Toffolutti V., van de Mheen D., Schoenmakers T.M., Kunst A.E. How economic crises affect alcohol consumption and alcohol-related health problems: a realist systematic review. *Soc. Sci. Med.*, 2015, vol. 131, pp. 131–146. DOI: 10.1016/j.socscimed.2015.02.025
19. Azarov T.A., Vladimirov I.V., Petrovskaya I.A. The relation between socio-economic indicators, the incidence of alcoholism and alcoholic psychosis in Russia, 1992–2020. *Juvenis Scientia*, 2022, vol. 8, no. 6, pp. 30–40. DOI: 10.32415/jscientia_2022_8_6_30-40 (in Russian).
20. Karavaeva I.V. Systemic crisis 2022: theoretical aspect. *Federalizm*, 2022, vol. 27, no. 2 (106), pp. 46–61. DOI: 10.21686/2073-1051-2022-2-46-61 (in Russian).

21. Zubarevich N.V. Regions of Russia in the new economic realities. *Zhurnal Novoi ekonomicheskoi assotsiatsii*, 2022, no. 3 (55), pp. 226–234. DOI: 10.31737/2221-2264-2022-55-3-15 (in Russian).
22. Plotnikov A.V. Modelirovanie form proyavleniya krizisa v natsional'noi ekonomike pod vozdeistviem neekonomicheskogo shoka (na primere krizisov v Rossii 2020 i 2022 godov) [Modeling the manifestation forms of the crisis in the national economy under the influence of a non-economic shock (on the example of the crises in Russia in 2020 and 2022)]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*, 2022, no. 5–2 (137), pp. 194–199 (in Russian).
23. Boytsov S.A., Samorodskaya I.V., Semenov V.Yu. The impact of economic crises on population health. *Profilakticheskaya meditsina*, 2016, vol. 19, no. 2–1, pp. 4–10. DOI: 10.17116/profmed20161924-10 (in Russian).
24. Chashchin V.P., Kovshov A.A., Gudkov A.B., Morgunov B.A. Socioeconomic and behavioral risk factors of disabilities among the indigenous population in the Far North. *Ekologiya cheloveka*, 2016, no. 6, pp. 3–8. DOI: 10.33396/1728-0869-2016-6-3-8 (in Russian).
25. Belova Yu.Yu. Models of social prevention of alcohol abuse in Russia's regions with different climatic conditions. *Regionologiya*, 2018, vol. 26, no. 2 (103), pp. 314–337. DOI: 10.15507/2413-1407.103.026.201802.314-337 (in Russian).
26. Glushkova A.V., Karelin A.O., Yerebin G.B. Alcohol abuse adult population as a marker of the socio-economic problems. *Gigiena i sanitariya*, 2022, vol. 101, no. 8, pp. 985–991. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-8-985-991 (in Russian).
27. Grishina I.V., Polynev A.O., Shkuropat A.V. The socio-economic performance of Russia's regions in 2020: the methodology and results of monthly monitoring. *EKO*, 2021, no. 7 (565), pp. 111–128. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2021-7-111-128 (in Russian).
28. Skokov R.Yu., Rogachev A.F. Human development and alcohol consumption: state and relationship in Russian regions. *Regionologiya*, 2022, vol. 30, no. 2 (119), pp. 342–358. DOI: 10.15507/2413-1407.119.030.202202.342-358 (in Russian).
29. Kleyn S.V., Onishchenko G.G., Zaitseva N.V., Glukhikh M.V. Life expectancy at birth in RF regions with different sanitary-epidemiological wellbeing and different lifestyles. Management reserves. *Health Risk Analysis*, 2022, no. 4, pp. 18–32. DOI: 10.21668/health.risk/2022.4.02.eng
30. Sitnikov A.V., Romanov M.V., Odaev T.H. Religiosity in the Chechen Republic and its influence on social and political. *Monitoring obshchestvennogo mneniya: ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny*, 2019, no. 2 (150), pp. 157–183. DOI: 10.14515/monitoring.2019.2.08 (in Russian).
31. Zasimova L., Kolosnitsyna M. Exploring the relationship between drinking preferences and recorded and unrecorded alcohol consumption in Russian regions in 2010–2016. *Int. J. Drug Policy*, 2020, vol. 82, pp. 102810. DOI: 10.1016/j.drugpo.2020.102810
32. Malkina M.Yu. Resilience of the Russian regional economies to the 2020 pandemic. *Prostranstvennaya ekonomika*, 2022, vol. 18, no. 1, pp. 101–124. DOI: 10.14530/se.2022.1.101-124 (in Russian).

Lebedeva-Neservia N.A., Gordeeva S.S. Alcohol consumption as health risk factor for the population in the rf regions in the 'before crisis' and 'after crisis' periods (2017–2022). Health Risk Analysis, 2023, no. 2, pp. 17–29. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.02.eng

Получена: 26.05.2023

Одобрена: 05.06.2023

Принята к публикации: 09.06.2023



Научная статья

ПОТРЕБЛЕНИЕ АЛКОГОЛЯ В РОССИЙСКОМ МЕГАПОЛИСЕ: ФАКТОРЫ И ГРУППЫ РИСКА

И.В. Богдан¹, М.Д. Горносталёв¹, В.А. Кузьменков¹, Т.А. Потяева², Д.П. Чистякова¹

¹Научно-исследовательский институт организации здравоохранения и медицинского менеджмента, Россия, 115088, г. Москва, ул. Шарикоподшипниковская, 9

²Аппарат Уполномоченного по правам человека в г. Москве, Россия, 127006, г. Москва, Успенский пер., 14, стр. 1

В последние годы ситуация в России характеризуется значительным снижением числа потребителей алкогольной продукции. Тем не менее смертность от причин, связанных с алкоголем, все еще достаточно высока. В контексте Концепции сокращения потребления алкоголя в РФ на период до 2030 г. перспективно оценить риски алкоголизации москвичей как жителей специфического региона-мегаполиса.

Выявлены особенности потребления алкоголя жителями Москвы, в том числе в контексте факторов и групп риска. В октябре 2022 г. среди совершеннолетних граждан, постоянно проживающих в Москве, проведено эмпирическое социологическое исследование (САТ, рандомизированная выборка, n = 1002). По данным исследования, 78 % москвичей употребляли алкоголь за последний год, при этом доля чрезмерных потребителей составляет 14 % среди пьющих мужчин и 7 % среди пьющих женщин, что соотносится с данными ранее проведенных по общероссийской выборке исследований. Также 16 % москвичей отмечают, что за последний месяц употребляли самодельный алкоголь, они представляют потенциальную группу риска отравления. Выявлена структура потребления спиртных напитков, на ее основе составлена классификация типов потребителей: «барный тип» (24 %), «самодельный алкоголь различной крепости» (21 %), «крепкий алкоголь и домашнее вино» (20 %), «вино» (18 %), «только водка» (17 %). Для молодежи злоупотребление алкоголем, скорее, несвойственно. Вовлечение в распитие спиртных напитков зачастую происходит под влиянием родственников (в том числе родителей), коллег и друзей, что говорит о важности работы с социальными факторами алкоголизации. Текущие антиалкогольные меры в столице респонденты оценивают, скорее, положительно.

Ключевые слова: алкоголь, алкоголизация, антиалкогольная политика, злоупотребление, Москва, неучтенный алкоголь, смертность, сокращение потребления алкоголя.

Минздравом России разработан проект Концепции сокращения потребления алкоголя в Российской Федерации на период до 2030 г., который в настоящее время проходит общественную экспертизу. Согласно проекту, к 2030 г. объем выпитого алкоголя на душу населения должен снизиться до 7,7 л (в 2020 г. – 9,1 л), смертность от злоупотребления алкоголем должна сократиться до 23,3 человека на

100 тысяч населения (в 2020 г. – 32,5 человека)¹. Данный документ должен способствовать развитию тренда на снижение числа алкоголезависимых россиян, наметившегося со второй половины 2000-х гг.

В соответствии с этой тенденцией Россия перестала быть одной из самых пьющих стран мира. Также по данным Высшей школы экономики, доля чрезмерных потребителей спиртных напитков неук-

© Богдан И.В., Горносталёв М.Д., Кузьменков В.А., Потяева Т.А., Чистякова Д.П., 2023

Богдан Игнат Викторович – кандидат политических наук, начальник отдела медико-социологических исследований (e-mail: BogdanIV@zdrav.mos.ru; тел.: 8 (495) 530-12-89 (доб. 154); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7002-1646>).

Горносталёв Максим Дмитриевич – кандидат педагогических наук, аналитик отдела медико-социологических исследований (e-mail: GornostalevMD@zdrav.mos.ru; тел.: 8 (495) 530-12-89 (доб. 181); ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0989-5077>).

Кузьменков Владимир Александрович – кандидат философских наук, аналитик отдела медико-социологических исследований (e-mail: KuzmenkovVA@zdrav.mos.ru; тел.: 8 (495) 530-12-89 (доб. 184); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9872-1417>).

Потяева Татьяна Александровна – уполномоченный по правам человека в городе Москве (e-mail: info@ombudsman.mos.ru; тел.: 8 (495) 957-05-85).

Чистякова Дарья Павловна – аналитик II категории отдела медико-социологических исследований (e-mail: chistyakovadp@zdrav.mos.ru; тел.: 8 (495) 530-12-89 (доб. 183); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8729-9898>).

¹ Селиванова А. Минздрав планирует снизить потребление алкоголя россиянами на 15 % к 2030 г. [Электронный ресурс] // Российская газета: интернет-портал. – URL: <https://rg.ru/2022/09/14/minzdrav-planiruet-snizit-potreblenie-alkogolia-rossiianami-na-15-k-2030-godu.html> (дата обращения: 23.03.2023).

лонно снижается: в 2017 г. она составила 14,8 % среди пьющих мужчин и 7,8 % среди пьющих женщин, в целом – примерно 12–14 % от числа текущих потребителей [1]. 46,8 % россиян являлись трезвенниками или не пили алкоголь в течение года [1].

Эти цифры отражают не только фактическое сокращение числа пьющих людей, но и коренное изменение структуры потребления. Сегодня в России сложилась постсоветская модель потребления алкоголя, отличающаяся уменьшением объема выпитых водки и ликеро-водочных изделий (менее 5 л на душу взрослого населения в год) и увеличением потребления пива (до 4 л в год) [2]. С одной стороны, в России происходит переход от так называемой «северной модели» употребления спиртных напитков к «центрально-европейской модели», в которой имеет место конкурирование между водкой и пивом [3]. Как тенденция – увеличение потребления легких и более дорогих напитков [4]. Сдвиги в структуре потребления алкоголя выражаются и в изменениях социально-демографического состава пьющих: различные исследования выявляют схожие типы потребителей алкоголя [4, 5].

С другой стороны, ситуация алкопотребления в стране пока еще далека от оптимистичной. Россия отличается чрезмерным употреблением алкоголя среди пьющих, вклад алкоголя в преждевременную смертность населения составляет почти 12 % (у злоупотребляющих в 25,5 раза выше вероятность преждевременной смерти [6]), а общие экономические потери от злоупотребления алкоголем для населения России составляют не менее 1,7 трлн руб. в год [7]. Большую опасность в плане неумеренного распития спиртных напитков представляют праздничные дни. Пики смертей приходятся на 1, 7 и 14 января, 23 февраля, 8 марта, 1 и 9 мая, 12 июня и 4 ноября [8]. С 2011 по 2019 г. избыточное число смертей от алкоголя в день рождения составило 78 тысяч [8].

В официальную статистику потребления алкоголя не входят показатели неофициальных продаж самодельного (нелегального, неучтенного, контрафактного, суррогатного и т.п.²) алкоголя, которые могут существенно отличаться от официальных данных. Оценить их сложно в силу слабой изученности теневого рынка. Принципиальная методологическая трудность исследования самодельного алкоголя может заключаться в склонности россиян при опросах существенно занижать свое потребление в условиях социальной неприемлемости продукта потребления.

В связи с этим могут привлекаться, наряду с опросными данными, экспертные оценки. В целом

Всемирная организация здравоохранения оценивает потребление неучтенного спиртного в нашей стране в 3,2 л чистого алкоголя на душу населения³. По словам главы Росалкогольрегулирования, доля нелегального оборота водки в России составляет около 22 %; в пересчете на потери бюджетов всех уровней это более 31 млрд рублей [7]. Эксперты оценивают размер рынка неучтенного спиртного от 28 до 45 % от общего объема потребляемой алкогольной продукции [7, 9].

Потребление нелегального алкоголя опасно с медицинской точки зрения: любители самогона выпивают алкоголь значительно чаще, нежели потребители легально произведенных напитков (в 1,5–2,5 раза) [10, 11]. Если у людей имеются родственники, соседи или знакомые, производящие в домашних условиях алкогольные напитки, вероятность употребления «домашнего» алкоголя возрастает в 4–6 раз в зависимости от вида спиртного [10]. Группа чрезмерных потребителей вносит существенный вклад не только в смерти при отравлении алкоголем, но и в общее потребление [11]. Тем не менее общее снижение алкоголизации отразилось и на потребителях самодельного спиртного, в частности самогона [12].

В данном контексте представляет интерес изучение ситуации алкопотребления в Москве. Во-первых, Москва – это столичный регион, характеризующийся высокой платежеспособностью населения, в связи с чем чисто экономические меры (повышение стоимости алкоголя, например) могут иметь ограниченную эффективность. Это актуализирует поиск иных способов снижения потребления алкоголя. Во-вторых, в силу наличия большого числа мигрантов из России или из-за рубежа могут повышаться риски распространения в городе потребления алкоголя, в том числе нелегального. В-третьих, нормы алкопотребления жителей столицы могут заимствоваться представителями иных регионов, равно как и определенные антиалкогольные меры в столице способны повлиять на потребление спиртного в иных регионах (например, «алкогольные туры»).

Цель исследования – выявление основных особенностей потребления алкоголя жителями Москвы. В рамках указанной цели необходимо оценить общую структуру и места потребления спиртных напитков, типы и мотивацию потребителей, особенности распития самодельных крепких напитков. Анализ позволит выявить основные факторы алкоголизации, а также группы риска и дать им количественную оценку, в целом – получить ориентиры в контексте реализации антиалкогольной политики в столице.

² Отметим: эти понятия не идентичны по смыслу, нелегальное спиртное (например, украденное с завода и затем проданное обычным путем) – не то же самое, что самодельная настойка, употребляемая самим производителем. Однако в дальнейшем будем использовать данные понятия в одном контексте – алкоголь вне государственного регулирования.

³ Alcohol, unrecorded per capita (15+) consumption (in litres of pure alcohol) with 95 % CI [Электронный ресурс] // World Health Organization. – URL: [https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/alcohol-unrecorded-per-capita-\(15-\)-consumption-\(in-litres-of-pure-alcohol\)-with-95-ci](https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/alcohol-unrecorded-per-capita-(15-)-consumption-(in-litres-of-pure-alcohol)-with-95-ci) (дата обращения: 22.03.2023).

Материалы и методы. Эмпирическое социологическое исследование проводилось в период с 11 октября по 19 октября 2022 г. среди совершеннолетних граждан, постоянно проживающих в Москве. Опрос проведен с использованием случайной двухосновной стратифицированной выборки московских мобильных и стационарных телефонов (САТИ). Выборка составила 1002 человека. Репрезентативность выборки контролировалась по полу и возрасту на основании данных Росстата.

Респонденты опрашивались по анкете, состоявшей из двух версий. Сокращенная версия изучала отношение к употреблению алкоголя в целом, тогда как в расширенном варианте был сделан акцент на личном опыте столкновения с проблемой чрезмерного употребления алкоголя. Расширенную версию заполняло ограниченное число лиц, тем не менее достаточное для проведения количественного анализа данных. Такой подход позволил одновременно решить задачу и количественной оценки и более глубокого изучения групп алкогольного риска. В тексте показаны размеры подвыборок в том случае, если вопрос был задан не всем опрошенным.

Анализ данных производился с помощью IBM SPSS Statistics версии 26.0, использовались критерии χ^2 -квадрат, z -тест, доверительный интервал во всех случаях определен на уровне 95 %, а также иерархический кластерный анализ (метод Уорда, квадратичная евклидова метрика). Проверка статистических критериев (связей, сравнения долей) производилась на невзвешенных данных.

Результаты и их обсуждение. Проективная методика (метод незаконченных предложений) показала, что абсолютное большинство (68 %) жителей столицы думают об алкоголе⁴ в терминах распространенности его употребления, часто встречаются высказы-

вания, поддерживающие мифы о повальном алкоголизме в России. При этом многие ответы являются формальными и стереотипными, что свидетельствует о слабой отрефлексированности проблематики.

Алкоголизм, по наиболее распространенному убеждению, является глобальной, мировой проблемой. При этом 13 % отмечают национальный, русский аспект данной проблематики. Среди других социальных групп, подверженных алкоголизму, отмечались молодежь, бедные слои населения, мужчины, а также жители небольших поселений и отдельных регионов.

Ответственность за наличие и распространенность данной проблемы люди возлагают в первую очередь на социум (13 %), на человека (7 %), государство и органы власти (5 %), семью / близких (4 %). Отмечался подход к алкоголизму не только как к социальной проблеме (в том числе связанной с образованием, воспитанием – 13 %), но и биомедицинской (болезненная зависимость, проблема медицины – 7 %), психологической (личностные качества и переживания – 5 %). Таким образом, в определенной мере в массовом сознании есть представления о комплексной природе заболевания.

Метод дихотомических высказываний (результаты отображены на рис. 1) позволил установить наличие представлений о социальной легитимации употребления алкоголя, когда существует ряд обстоятельств, способствующих его приему (например, распространенность мнения о том, что он скорее помогает наладить взаимоотношения). В частности, о влиянии внешних условий (экономической, социальной и политической повестки) чаще заявляют лица с высшим образованием (63 против 43 % без высшего, $p < 0,001$) и молодежь до 35 лет, по сравнению с лицами старше 50 лет (65 по сравнению с 51 %, $p < 0,05$).



Примечание: * на рисунке исключен вариант ответа «Затрудняюсь ответить».

Рис. 1. Дихотомические высказывания об алкоголе, % ($n = 1002$)

⁴ Применен метод незаконченного предложения: «В России алкоголь употребляют...».

Как показывает опрос, более 3/4 респондентов употребляли алкогольные напитки за последний год (78 %). Отрицают распитие таких напитков чаще других возрастных групп пожилые люди (31 %, во второй по значению группе 35–49 лет – 22 %, $p < 0,05$), оценивающие свое здоровье как «слабое» и «очень слабое» (42 %, по сравнению с 20 % – «среднее» и 19 % – «хорошее, отличное», $p < 0,05$).

Очень актуальная в медицинском плане проблема – чрезмерное употребление алкоголя, то есть превышение определенной месячной нормы потребления в граммах. Норма дифференцирована по гендерному признаку и составляет в месяц 800 г и граммов чистого алкоголя⁵ для мужчин и 400 г и более чистого алкоголя для женщин [1]. По результатам опроса доля чрезмерных потребителей алкоголя составляет 14 % среди пьющих мужчин и 7 % среди пьющих женщин, что соответствует данным мониторинга RLMS-HSE по России в целом.

В исследовании респонденту также было предложено самостоятельно оценить факт чрезмерного употребления алкоголя (из расчета для мужчины – раз в неделю или чаще употребляет 5 порций алкоголя в день и более, для женщины – 3 порции алкоголя и более (одна порция алкоголя – это рюмка водки или банка пива или один бокал вина или шампанского)). Распространенность неумеренного употребления спиртных напитков 19 % респондентов знакома по личному опыту, 58 % – по опыту своего окружения, 34 % признались, что не сталкивались с таким вообще, 1 % затруднились с ответом. Таким образом, 19 % респондентов находятся в группе алкогольного риска.

Употребление спиртного – во многом следствие влияния ближнего круга общения. Например,

о проблеме злоупотребления алкоголем среди близких друзей чаще осведомлены мужчины и сами чрезмерно употребляющие алкоголь (67 %), чем употребляющие в умеренных количествах (38 %).

Одни из самых распространенных причин приема спиртных напитков – улучшение эмоционального климата в коллективе (приятное общение, легкое общение, налаживание контакта) или эмоциональное состояние отдельного человека в сложных обстоятельствах (моральное напряжение, плохое настроение) (рис. 2). Тем самым алкоголь становится временным и мнимым уходом от повседневного неблагополучия. Снятие эмоционального и физического напряжения таким способом больше распространено среди мужчин (13 % – для снятия эмоционального напряжения и 6 % – для физического у мужчин, по сравнению с 7 и 1 % у женщин соответственно, $p < 0,01$).

Говоря о причинах алкоголизма в обществе, опрошенные основную роль отводят личностным факторам: как более объективным, вроде стресса или неудовлетворенности жизнью, так и более субъектно-оценочным, таким как «распущенность», «тунейдство», «желание развлечься», что может являться показателем определенной стигматизации употребляющих алкоголь людей (67 %) как «безнравственных».

Почти равное внимание отводится биомедицинским (наследственность или болезненное состояние – 24 %) и социальным факторам (проблемы уровня жизни, текущая социально-политическая ситуация, СВО, отсутствие досуга, безработица, плохая просветительская работа – 19 %). Отдельно среди социальных факторов отмечается роль плохой компании (8 %) или культурные влияния в лице традиций или праздников (4 %).



Примечание: * на рисунке исключен вариант ответа «Затрудняюсь ответить».

Рис. 2. Распределение ответов на вопрос «Сейчас я предложу Вам несколько ситуаций, при которых некоторые люди употребляют алкоголь. Скажите, пожалуйста, бывает ли, что Вы пьете алкогольные напитки в таких случаях? Если бывает – то часто или редко?» (в % от употребляющих алкоголь за прошедшие 12 месяцев или затруднившихся ответить, $n = 781$)

⁵ Применены следующие параметры: водка и ликеро-водочные изделия – содержание алкоголя – 40 %; коньяки, бренди, виски, ром, текила – 40 %; самогон – 40 %; пиво промышленного производства – 5 %; пиво домашнего производства и брага – 3 %; сухие и игристые вина – 12 %; крепленые вина – 18 %; алкогольные коктейли – 10 %; другое – 40 % (так как попали различные напитки – от настоек до абсента).

Структура потребления алкоголя москвичами

Название алкогольного напитка	Доля выпивавших данный напиток за прошедшие 30 дней, %	Средний объем выпиваемого за день, мл / г	Среднее число дней употребления алкогольного напитка в месяц	Средний объем употребления алкоголя данного вида в месяц, мл/г
Вино, шампанское промышленного производства	45	286	3	858
Пиво промышленного производства	38	812	4,7	3816
Коньяк, виски, ликер	25	163	2,5	408
Водка	22	197	4,4	867
Домашнее вино любое	11	230	2,6	598
Алкогoльные коктейли	9	387	2,9	1122
Крепленое вино промышленного производства	6	248	1,5	372
Самогон	6	229	2	458
Безалкогольное пиво	5	524	1,9	996
Другое (40–70 % напитки)	3	145	3,3	479
Пиво домашнее	1	1469	3,3	4848
Брага	0	225	2,5	563

Примечание: использован ряд вопросов с дополнениями / изменениями из Мониторинга социально-экономического положения и состояния здоровья населения Российской Федерации (RLMS-HSE).

Рассмотрим структуру потребления алкогольных напитков (таблица). На первом и втором месте по распространенности употребления находятся вино и пиво промышленного производства – их потребляли 45 и 38 % выпивавших за последний месяц. На третьем месте – крепкие алкогольные напитки (водка, коньяк, виски, ликер и другие крепкие напитки), в последний месяц их употребляли около четверти выпивавших опрошенных.

Определенные обстоятельства оказывают влияние и на выбор алкогольного напитка. Например, те, кто часто принимают алкоголь, чтобы снять эмоциональное напряжение, чаще делают выбор в пользу пива или крепких алкогольных напитков (водка – 23 %, коньяк, ликер – 19 %), а не вина (9 %). В том числе это опосредуется и гендерными предпочтениями в выборе напитков. При частом употреблении алкоголя как дополнения к пище чаще распространено употребление самогона (25 %), а не пива или вина (10 и 9 % соответственно).

Для определения типов потребления алкогольных напитков и выявления социально-демографических групп риска проведен кластерный анализ, который позволил выделить следующие группы:

1. «Барный тип» (24 % выпивавших за последний месяц), включающий пиво, алкогольные коктейли, безалкогольное пиво. В основном группа представлена молодежью до 35 лет (42 %), чуть реже – лицами 35–49 лет (33 %). Представители группы скорее положительно оценивают состояние здоровья (55 % оценивают «хорошо» и «очень хорошо», еще 40 % – «средне»).

2. «Самодельный алкоголь различной крепости» (21 % выпивавших за последний месяц) – в этот кластер попали употребляющие как пиво домашнего производства, так и самогон. Среди опрошенных со школьным образованием 44 % стали представителями данной группы, среди лиц с высшим образованием значимо меньше – 19 % ($p < 0,05$).

3. «Крепкий алкоголь и домашнее вино» (20 % выпивавших за последний месяц) включает более частое употребление, по сравнению с другими напитками, коньяка, виски, ликера, текилы, абсента, рома, а также домашнего вина. В социальном плане – смешанная группа, не имеющая четкого социально-демографического портрета ($p > 0,05$).

4. «Вино» (18 % выпивавших за последний месяц), включая также и крепленые варианты вин, – преимущественно женский тип потребления (в данной группе 72 % женщин и 28 % мужчин).

5. «Только водка» (17 % выпивавших за последний месяц): этот кластер в основном составляют мужчины (75 %), лица в возрасте старше 50 лет (65 %).

Все эти кластеры представляют собой определенные группы риска.

В нашей выборке 16 % опрошенных за последний месяц употребляли самодельный алкоголь, таким образом, они представляют собой потенциальную группу риска отравления. Среди москвичей распространено употребление домашнего вина (11 % употребляли его за прошедший месяц), пива и самогона (по 6 %). Основные причины употребления: «за компанию», их «натуральность» и «качество» (рис. 3).

Основные места употребления алкоголя в целом – дома (79 %), в гостях (64 %), в кафе и ресторанах (47 %), в барах (18 %) (сумма ответов превышает 100 %, так как возможен выбор нескольких вариантов ответа).

Употребление алкоголя в барах предпочитает молодежь до 35 лет (39 % по сравнению с 21 % в возрасте 35–49 лет (вторая группа по значению), $p < 0,001$), женщины чаще ходят в гости или кафе, рестораны (68 против 58 % у мужчин, $p < 0,01$), а для домашних застолий типичного представителя нет – это самое распространенное место употребления алкоголя для всех групп населения ($p > 0,05$).

Неумеренное распитие спиртных напитков нередко приводит к появлению абстинентного синдрома. 19 % выпивающих москвичей используют алкоголь

с целью снятия симптомов похмелья. Данный метод значимо чаще, чем в среднем по выборке, применяется мужчинами (48 %, $p < 0,05$), употребляющими чрезмерное количество алкоголя. Применение алкоголя с целью снятия абстинентного синдрома похмелья небезопасно в том плане, что создает риск дальнейшей интоксикации организма и ухода в запой.

Вероятность абстинентного синдрома выше у тех москвичей, которые в меньшей степени склонны сократить распитие спиртного. Большинство опрошенных (61 %) не задумывалось о прекращении употребления алкоголя, следовательно, не воспринимает его употребление как проблему. Из тех, кто употребляет алкоголь, 38 % посещали мысли о том, чтобы перестать пить алкогольные напитки или сократить их употребление. Из них у трети данное решение обосновано ухудшением самочувствия и примерно у стольких же – отсутствием желания принимать алкоголь.

Причины, побуждающие людей отказаться от алкоголя, отображены на рис. 4. Обратим внимание

на «ухудшение здоровья» и «возраст» как мотивы, значительно преобладающие у группы задумывавшихся о прекращении употребления алкоголя по сравнению с группой отказавшихся от спиртного в последние 12 месяцев.

Наиболее упоминаемая в «другом» причина – «надоело, ощущение, что, слишком много пью, изменение установок», т.е. желание бросить пить связано с трансформацией жизненных установок, а не какими-либо внешними принуждающими условиями. Также встречается религиозный фактор, и, как интересную причину, можно отметить опыт столкновения с алкоголезависимыми и нежелание на них походить. При этом рост цены на алкоголь или изменения в его качестве не являются, по мнению респондентов, серьезными причинами отказа от него, что может говорить либо об определенной ограниченности жестких экономико-правовых мер сокращения потребления алкоголя, либо о слабом осознании их действенности.



Рис. 3. Распределение ответов на вопрос «Ранее Вы отмечали, что употребляете самодельный, непромышленный алкоголь. Скажите, пожалуйста, с чем это связано? Почему Вы делаете выбор в пользу самодельного алкоголя?» (в % от тех, кто употреблял за последний месяц непромышленный алкоголь – домашнее пиво, вино, самогон, $n = 124$). Сумма ответов превышает 100 %, так как возможен выбор нескольких вариантов ответа)

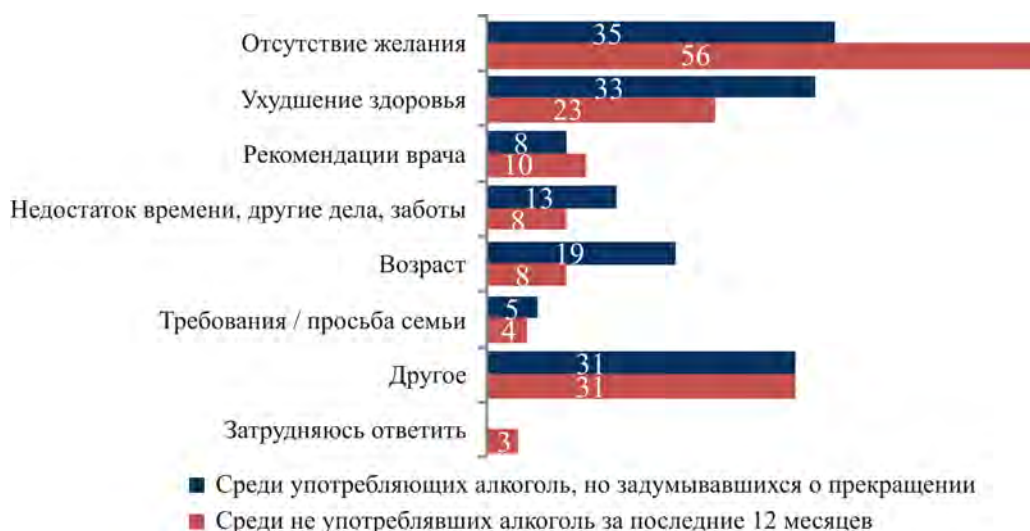


Рис. 4. Распределение ответов на вопрос «С чем связаны Ваши мысли о сокращении / отказе от употребления алкогольных напитков?» ($n = 505$. Сумма ответов превышает 100 %, так как возможен выбор нескольких вариантов ответа)

В представлениях населения проблема чрезмерного употребления алкоголя в Москве не так актуальна: средняя оценка ее остроты – 3,71 балла из 10. Отношение москвичей к политике в области противодействия алкоголизации населения можно охарактеризовать как «стабильно положительное»: 37 % полагают, что она не изменилась, 32 % – улучшилась, 17 % видят ухудшение, еще 14 % не смогли дать определенный ответ.

Опрошенные положительно (46 %) воспринимают принятые меры обычно по причине того, что они видят результаты в виде ограничений на распитие напитков, снижения числа людей, потребляющих алкоголь, распространения соответствующей рекламы и т.д. Отрицательно оценивают ситуацию 28 % москвичей, 26 % затрудняются ответить.

Несмотря на мировой опыт, рост цены на алкоголь не является, по мнению респондентов, значимым фактором отказа от него, его эффективность оценивают в 2,5 балла по 5-балльной шкале. Это не означает неэффективности такого рода мер, однако данную специфику восприятия важно учитывать при публичном освещении антиалкогольных кампаний. Наиболее эффективные меры, по мнению населения, – организация антиалкогольного просвещения (3,7 балла) и введение ряда правовых запретов (усиление контроля за питейными заведениями – 3,7; запрет на продажу алкоголя возле школ, больниц, автостоянок – 3,5; запрет на продажу алкоголя лицам в состоянии опьянения – 3,4, повышение возраста продажи алкоголя – 3,1).

Обратим внимание на определенное противоречие: хотя москвичи оценивают алкоголизацию населения как очень широкую, они занимают позицию «это что-то массовое, но вне пределов моего интереса». Такое самодистанцирование свидетельствует о недооценке возможных угроз здоровью. По-видимому, причины такого отношения заключаются в существовании стереотипного социального образа лиц, употребляющих спиртное: в ответах москвичи характеризуют их как исключенных из общества, деклассированных, людей с невысоким интеллектом («дураки», «алкаши»), что показывает наличие негативной стигматизации среди части населения. Такой шаблон мышления опасен, поскольку фактически означает: «пока я не принадлежу к вышеуказанным слоям общества, мне не грозят негативные последствия употребления алкоголя». В целом в массовом сознании есть представления о комплексной природе заболевания, однако встречается много мифов и не приходится говорить о рациональном отношении к алкопотреблению как социальной и медицинской проблеме у значительной части москвичей.

В то же время злоупотребление порицается, ассоциируется с отклоняющимся поведением (преступностью) и негативными последствиями. Отказ от спиртного находит положительный отклик у значительной части населения. Молодые люди в воз-

расте до 35 лет чаще, чем лица старшего возраста (50+), видят отсутствие ситуаций, в которых алкоголь способствует налаживанию отношений, и признают невозможность определения безопасной дозы алкоголя. Тот факт, что молодые люди выражают большую осведомленность о вреде алкоголя, а также избегают обстоятельств его употребления – положительная тенденция, которую необходимо поддерживать и далее.

Кластеризация свидетельствует о сложившейся в Москве постсоветской модели потребления алкоголя, характеризующейся снижением употребления крепких алкогольных напитков при увеличении потребления пива, что подтверждает полученные ранее данные [2, 13]. Структура потребления в столице принципиально не отличается от наиболее распространенной по стране, что говорит о реальном наличии устойчивых типов поведения потребителей крепких напитков. Знание о данных типах целесообразно использовать при выстраивании здравоохранительной политики в городе.

Определение значимых причин употребления алкоголя позволило говорить о высоком вкладе социально-психологических факторов. Это свидетельствует о важности психологической работы с обществом, распространении и расширении программ психологической поддержки, а также предоставления понятной логики социально-политического движения, что будет снижать беспокойство населения.

Средний возраст начала употребления алкогольных напитков в выборке – 16 лет. С одной стороны, при существующей норме запрета продажи алкоголя лицам младше 18 лет данный факт свидетельствует в пользу несоблюдения закона. С другой стороны, первое знакомство с алкоголем часто происходит в родительской семье, под контролем взрослых, однако побочным эффектом такой ситуации является и вовлечение детей в потребление «на примере родителей». К сожалению, оценить потенциальный вред или пользу от данного решения в нашем исследовании не представляется возможным.

Примерно шестая часть москвичей (16 %) заявляет, что употребляет самодельный алкоголь. Учитывая чувствительность темы, есть все основания считать данный процент сниженным по сравнению с реальным значением. В отсутствии иных данных мы рассматриваем данную оценку распространенности как первичную.

Основные причины употребления домашнего алкоголя – «за компанию», его «натуральность» и «качество». Тем не менее возникает уместный вопрос, всегда ли москвичи способны адекватно оценить качество как спиртного, так и его ингредиентов. В связи с этим массовое информирование о возможных опасностях употребления чужого самодельного алкоголя, невозможности контроля его качества «на вкус», распространенности случаев отравления и так далее может позволить людям в большей мере осознавать потенциальные риски,

а также аргументированно отказывать в случае предложения «снять пробу».

Наиболее подвержены риску злоупотребления или отравления мужчины: среди тех, кто употребляет крепкие напитки сверх меры, объем выпиваемого самодельного алкоголя выше в 1,6 раза – 2394 г в месяц. Это, вероятно, обосновано дешевизной и доступностью домашнего спиртного.

В пользу потенциальной опасности употребления самодельного алкоголя также говорит одна из самых распространенных причин его выбора – «употребление в компании» (41 %), когда достаточно сложно соблюсти меру и легко попасть в ситуацию чрезмерного потребления или абстинентного синдрома.

Вызывает тревогу и следующий результат: у трети из тех, кто задумывался о сокращении объемов выпиваемого спиртного, данная позиция обоснована ухудшением самочувствия и примерно у стольких же – отсутствием желания принимать алкоголь. С точки зрения профилактики злоупотребления алкоголем, тот факт, что значительная часть выпивающих граждан задумывается о прекращении приема алкоголя только при ухудшении самочувствия, – однозначно негативная тенденция. Нанесение значительного вреда от приема алкоголя может долгое время не сопровождаться внешними проявлениями ухудшения здоровья, а, по данным опроса, разница в самооценке здоровья лицами, злоупотребляющими алкоголем, и населением в целом отсутствует: 11 % москвичей в целом оценивают здоровье как плохое и очень плохое, для злоупотребляющих мужчин – 7 %, женщин – 6 %, $p < 0,05$.

Риски негативных последствий употребления алкоголя связаны с влиянием ближайшего социального окружения (друзей, старших родственников, в том числе родителей, и коллег). В этом смысле алкоголь-ассоциированные заболевания и отравления – общественно индуцированные явления, связанные с невысоким уровнем грамотности в вопросах здоровья в некоторых социальных группах.

С определяющим влиянием социальной группы связано и потребление нелегальных крепких напитков. Как отмечается в одном из исследований, приобретение неучтенного алкоголя возможно почти всегда только для лиц, принадлежащих к определенной социальной среде, в которой распространена практика употребления нелегального алкоголя и имеется информация о точках продаж [9]. Также важно учитывать, что серьезной причиной использования неучтенного алкоголя может быть наличие большого числа контрафактной продукции на прилавках магазинов [14]. Таким образом, сокращение объемов выпиваемого населением нелегального спиртного должно сопровождаться усилением контрольно-ревизионных мероприятий по отношению к производителям алкоголя.

С позиции теоретических оснований нам видится, что в аспекте организации антиалкогольной

политики целесообразно ориентироваться не на модель «общего потребления» S. Ledermann и K. Bruun [15, 16] (которая гласит, что любой потребитель алкоголя – потенциальный алкоголезависимый, поэтому даже потребление «легкого» алкоголя нужно сокращать в обществе в целом), а на концепцию социокультурной обусловленности алкопотребления О.-J. Skog [17]. Согласно ей, неумеренное потребление алкоголя, в том числе нелегального, происходит коллективно, распространяется по цепочке и в первую очередь затрагивает определенные социальные группы.

В целом для Москвы характерен невысокий уровень злоупотребления алкоголем, коррелирующий с более низкой смертностью от внешних причин и сердечно-сосудистых заболеваний, которые, напротив, традиционно высоки в регионах с более частыми покупками крепких напитков [18].

Исходя из этого, в контексте создания Концепции сокращения потребления алкоголя в Российской Федерации на период до 2030 г. сделаем ряд предложений, которые могут быть эффективны не только в столице, но и в регионах.

С точки зрения ограничительных мер урон от неумеренного потребления алкоголя снизит временное уменьшение доступности крепкого алкоголя в канун праздников (конец декабря, первая половина января, середина февраля, первая половина мая, начало ноября). Мы полагаем, что оно может заключаться в 1) запрете выкладки спиртных напитков возле касс; 2) еще более жестком ограничении времени работы точек, торгующих крепким спиртным; 3) закрытии витрин с крепкой алкогольной продукцией до окончания работы магазина; 4) запрете на продажу алкоголя лицам в состоянии опьянения [19, 20]. При этом отдельные исследования показывают, что введение временных ограничений на продажу алкоголя для индивидуального потребления сокращает приобретение не только легальных напитков, но и неучтенного спиртного («нет возможности купить, значит, не буду употреблять») [21]. Также очень важно бороться с контрафактным алкоголем, продающимся под видом легального, что может сократить и потребление самодельного алкоголя.

К сожалению, употребление спиртного до сих пор поддерживается определенными культурными установками, что отражено и в результатах опроса. Есть нормы употребления алкоголя, которые характеризуются как «русские», «для нормальных людей», «мужчин» и т.д. [3]. По этой причине формальные социально-экономические и правовые меры борьбы с неумеренным приобретением алкоголя необходимо дополнить идеей формирования «коллективного здорового образа жизни». Она должна способствовать прекращению преемственности вовлечения в чрезмерное потребление спиртных напитков, например, посредством культивирования практик семейного отдыха и здорового воспитания

детей. Социально-экономические и правовые меры дают базовый, но в целом ограниченный эффект (например, высокий уровень дохода может преодолевать препятствие в виде повышенной стоимости алкоголя, коррупция – правовые запреты), поэтому видится, что перспектива сокращения алкопотребления связана с формированием культуры потребления алкоголя.

Представляется перспективным введение в младшей и средней школе занятий по обучению жизненным навыкам с целью избегания давления коллектива по типу Life Skills Training, образовательных курсов наркологической грамотности в старшей школе и в вузах, а также в рамках реализации программ здорового образа жизни (например, «Здоровая Москва»), включая и привлечение организаций некоммерческого сектора. При этом можно согласиться с встречаемым среди экспертов мнением, что нельзя подходить формально к таким образовательным мероприятиям, так как вместо отвращения от пагубной привычки формальные лекции могут наоборот заинтересовать молодежь в алкоголе и наркотиках.

Ограничения исследования. Данное исследование относится к типу массовых стандартизированных телефонных количественных опросов, что ограничивает, во-первых, надежность выводов о сенситивных темах (например, потребление нелегального алкоголя), во-вторых, препятствует достижению определенных социальных кругов в необходимом объеме (алкоголезависимых, жертв алкогольных психозов и отравлений и др.).

Выводы. Проведенное исследование позволило установить следующие особенности потребления алкоголя в московском мегаполисе.

Общие характеристики употребления алкоголя:

- несмотря на то, что большинство населения за последний год имело опыт употребления алкоголя, проведенное исследование показало относительно невысокий уровень алкоголизации населения;

- структура употребления алкоголя в столице во многом схожа с таковой для большинства регионов страны. Различия состоят в основном в количестве выпиваемых спиртных напитков, а не в их наборе или социально-демографических характеристиках потребителей;

- москвичи достаточно высоко оценивают текущие антиалкогольные меры в городе и определяют ситуацию в городе с алкоголизацией как скорее позитивную.

Важные группы риска:

- группу риска для алкоголь-ассоциированных заболеваний и / или отравлений представляют москвичи, имеющие опыт неумеренного употребления алкоголя. Текущая доля чрезмерных потребителей составляет 14 % среди пьющих мужчин и 7 % среди пьющих женщин;

- около 16 % населения города потребляют неучтенный алкоголь, в том числе в эту группу входят те, кто самостоятельно его производят. Это также группа риска по алкогольным отравлениям;

- среди выпивающего населения 19 % тех, кто имеет повышенный риск попадания в запой вследствие использования алкоголя для снятия абстинентного синдрома;

- возрастные москвичи больше подвержены рискам алкоголизации, например, в исследовании был выделен кластер мужчин старше 50 лет, употребляющих исключительно водку. При этом среди молодежи до 35 лет можно отметить формирование негативного отношения к алкоголю.

Важные факторы алкоголизации:

- преобладающее безразличное отношение к алкоголю как социальной проблеме, уверенность, что «меня это не затронет»;

- стрессогенные условия среды, болезненность переживания определенных общественных или личных событий;

- отсутствие необходимой критичности. Профилактику злоупотребления алкоголем осложняет то, что значительная часть выпивающих граждан задумывается о прекращении приема алкоголя только лишь при субъективном ухудшении самочувствия, которое может наступать уже при запущенном состоянии здоровья;

- главные мотивы употребления спиртных напитков, как правило, социальные – общение в коллективе. Прежде всего, следует отметить влияние ближайшего социального окружения – родственников, друзей и коллег. Некоторые люди не в состоянии противостоять давлению коллектива и поэтому вовлекаются в потребление спиртных напитков либо воспринимают коллективное употребление алкоголя как норму. Кроме того, родители нередко вовлекают в распитие алкоголя своих детей еще до достижения ими совершеннолетия, таким образом, формируют модель поведения потребителя алкоголя.

Ввиду указанного при разработке документов в области антиалкогольной политики целесообразно отразить в них приоритетную важность социальных аспектов алкоголизации и меры по противодействию вовлечению в коллективное потребление алкоголя.

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке аппарата Уполномоченного по правам человека в г. Москве в рамках проекта «Права и законные интересы человека и гражданина при осуществлении профилактики алкоголизма и наркомании среди населения Москвы. Изменение поведенческих моделей».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Радаев В.В., Рощина Я.М. Измерение потребления алкоголя как методологическая проблема // Социология: методология, методы, математическое моделирование. – 2019. – № 48. – С. 7–57.
2. Радаев В.В. Алкогольные циклы: динамика потребления алкоголя в советской и постсоветской России, 1980–2010-е годы // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. – 2022. – № 3. – С. 327–351. DOI: 10.14515/monitoring.2022.3.2180
3. Кондратенко В.А., Рощина Я.М. Можем ли мы объяснить различия в моделях потребления алкоголя: обзор теоретических подходов // Экономическая социология. – 2021. – Т. 22, № 3. – С. 129–157. DOI: 10.17323/1726-3247-2021-3-129-157
4. Котельникова З.В. Взаимосвязь практик потребления алкоголя с социальной структурой современной России // Социологические исследования. – 2015. – № 4 (372). – С. 105–112.
5. Кондратенко В.А. Структура и типы потребления алкоголя в России в 1994–2018 гг. // Вестник Российского мониторинга экономического положения и здоровья населения НИУ ВШЭ (RLMS HSE). – М.: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2021. – Вып. 11. – С. 153–174. DOI: 10.19181/rlms-hse.2021.4
6. Hazardous alcohol drinking and premature mortality in Russia: a population based case-control study / D.A. Leon, L. Saburova, S. Tomkins, E. Andreev, N. Kiryanov, M. McKee, V.M. Shkolnikov // Lancet. – 2007. – Vol. 369, № 9578. – P. 2001–2009. DOI: 10.1016/S0140-6736(07)60941-6
7. Skul'skaya L.V., Shirokova T.K. Problems of the quality of alcohol and tobacco products // Studies on Russian Economic Development. – 2017. – Vol. 28, № 1. – P. 60–66. DOI: 10.1134/S1075700717010129
8. Избыточная смертность в России в праздничные дни / А.В. Немцов, А.Н. Симонов, Т.А. Фаттахов, Р.В. Гридин // Демографическое обозрение. – 2021. – Т. 8, № 1. – С. 16–43. DOI: 10.17323/demreview.v8i1.12392
9. Макушева М.О., Чо Е.Г. Теневой рынок алкоголя: к определению основных типов и мотивов потребителей // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. – 2020. – № 5 (159). – С. 90–111. DOI: 10.14515/monitoring.2020.5.1642
10. Radaev V. Impact of a new alcohol policy on homemade alcohol consumption and sales in Russia // Alcohol Alcohol. – 2015. – Vol. 50, № 3. – P. 365–372. DOI: 10.1093/alcalc/agn008
11. Немцов А.В., Гридин Р.В., Чо Е.Г. Оценка потребления нелегального алкоголя по запросам в интернете // Вопросы наркологии. – 2020. – № 3 (186). – С. 67–77. DOI: 10.47877/0234-0623_2020_3_67
12. Radaev V., Roshchina Y. Young cohorts of Russians drink less: age-period-cohort modelling of alcohol use prevalence 1994–2016 // Addiction. – 2019. – Vol. 114, № 5. – P. 823–835. DOI: 10.1111/add.14535
13. Lorenz K., Yakovlev E. The Long-Run Effects of a Public Policy on Alcohol Tastes and Mortality // American Economic Journal: Economic Policy. – 2021. – Vol. 13, № 1. – P. 294–328. DOI: 10.1257/pol.20180439
14. Perception of alcohol policies by consumers of unrecorded alcohol – an exploratory qualitative interview study with patients of alcohol treatment facilities in Russia / M. Neufeld, H.-U. Wittchen, L.E. Ross, C. Ferreira-Borges, J. Rehm // Subst. Abuse Treat. Prev. Policy. – 2019. – Vol. 14, № 1. – P. 53. DOI: 10.1186/s13011-019-0234-1
15. Ledermann S. Alcool, alcoolisme, alcoolisation: données scientifiques de caractère physiologique, économique et social. – Paris: Presses universitaires de France, 1956. – 314 p.
16. Alcohol control policies in public health perspective / K. Bruun, G. Edwards, M. Lumio, K. Makela, L. Pan, R.E. Popham, R. Room, O.-J. Skog [et al.]. – Helsinki: Finnish Foundation for Alcohol Studies; New Brunswick, N.J.: Distributors, Rutgers University Center of Alcohol Studies, 1975. – 106 p.
17. Skog O.-J. The collectivity of drinking cultures: a theory of the distribution of alcohol consumption // Br. J. Addict. – 1985. – Vol. 80, № 1. – P. 83–99. DOI: 10.1111/j.1360-0443.1985.tb05294.x
18. Brainerd E. Mortality in Russia since the Fall of the Soviet Union // Comparative Economic Studies. – 2021. – Vol. 63. – P. 557–576. DOI: 10.1057/s41294-021-00169-w
19. Колосницына М.Г., Дубынина А.И. Антиалкогольная политика в современной России: направления развития и поддержка населения // Журнал Новой экономической ассоциации. – 2019. – № 2 (42). – С. 94–120. DOI: 10.31737/2221-2264-2019-42-2-5
20. Научная оценка степени реализации госполитики по снижению масштабов злоупотребления алкогольной продукцией и профилактике алкоголизма среди населения Российской Федерации на период до 2020 года / О.О. Салагай, К.В. Сошкина, Е.А. Брюн, З.И. Кекелидзе, Т.В. Клименко, О.С. Кобякова, Д.А. Халтурина, В.А. Зыков // Общественное здоровье. – 2021. – Т. 1, № 2. – С. 5–19. DOI: 10.21045/2782-1676-2021-1-2-5-19
21. Kolosnitsyna M.G., Khorkina N.A., Sitdikov M.T. Alcohol trade restrictions and alcohol consumption: On the effectiveness of state policy // Studies on Russian Economic Development. – 2017. – Vol. 28. – P. 548–557. DOI: 10.1134/S1075700717050082

Потребление алкоголя в российском мегаполисе: факторы и группы риска / И.В. Богдан, М.Д. Горносталёв, В.А. Кузьменков, Т.А. Потяева, Д.П. Чистякова // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 2. – С. 30–41. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.03



Research article

ALCOHOL CONSUMPTION IN A RUSSIAN METROPOLIS: FACTORS AND RISK GROUPS

I.V. Bogdan¹, M.D. Gornostalev¹, V.A. Kuzmenkov¹, T.A. Potyaeva², D.P. Chistyakova¹

¹Research Institute for Healthcare Organization and Medical Management, 9 Sharikopodshipnikovskaya Str., Moscow, 115088, Russian Federation

²Office of the Commissioner for Human Rights in Moscow, 14 Uspenskii Lane, bldg 1, Moscow, 127006, Russian Federation

In recent years, Russia has seen a considerable decrease in the number of consumers of alcoholic beverages. However, mortality from alcohol-related causes is still quite high. In the context of the Concept for lowering alcohol use in the Russian Federation up to 2030, it is promising to assess the risks of alcohol involvement of Muscovites as residents of a certain metropolitan region. The purpose of the study is to identify the characteristics of alcohol intake by Moscow residents, including factors and risk groups. An empirical sociological survey (CATI, randomized sample, N = 1002) was conducted in October 2022 among adult residents of Moscow. The study has showed that 78 % of Muscovites have consumed alcohol over the past year; the rate of heavy drinking is 14 % among male drinkers and 7 % among female drinkers, which is consistent with data from previous studies conducted on a nationwide sample. Also, 16 % of Muscovites note that they have consumed homemade alcohol over the past month, which means that they represent a potential risk group for poisoning. The study identified the structure of alcohol consumption, which served as the foundation for consumer classification: "bar type" (24 %), "home-made alcohol of various strengths" (21 %), "strong alcohol and homemade wine" (20 %), "wine" (18 %), "only vodka" (17 %). Alcohol abuse is uncommon among young individuals. Involvement in drinking alcohol is frequently influenced by relatives (including parents), colleagues and friends, highlighting the need to address alcoholism's social components. Respondents evaluate the current anti-alcohol measures in Moscow rather positively.

Keywords: alcohol, alcoholization, anti-alcohol policy, abuse, Moscow, unregistered alcohol, mortality, reduction in alcohol consumption.

References

1. Radaev V.V., Roshchina Y. Izmerenie potrebleniya alkogolya kak metodologicheskaya problema [Measuring alcohol consumption as a methodological problem]. *Sotsiologiya: metodologiya, metody, matematicheskoe modelirovanie*, 2019, no. 48, pp. 7–57 (in Russian).
2. Radaev V.V. Alcohol Cycles: Trends in the Alcohol Consumption in the Soviet and Post-Soviet Russia, 1980–2010. *Monitoring obshchestvennogo mneniya: ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny*, 2022, no. 3, pp. 327–351. DOI: 10.14515/monitoring.2022.3.2180 (in Russian).
3. Kondratenko V., Roshchina Ya. Can we explain differences in patterns of alcohol consumption? Review of theoretical approaches. *Ekonomicheskaya sotsiologiya*, 2021, vol. 22, no. 3, pp. 129–157. DOI: 10.17323/1726-3247-2021-3-129-157 (in Russian).
4. Kotelnikova Z.V. Relationship of alcohol consumption with social structure of contemporary Russia. *Sotsiologicheskie issledovaniya*, 2015, no. 4 (372). pp. 105–112 (in Russian).
5. Kondratenko V.A. The Structure and Types of Alcohol Consumption in Russia in 1994–2018. *Vestnik Rossiiskogo monitoringa ekonomicheskogo polozheniya i zdorov'ya naseleniya NIU VShE (RLMS-HSE)*, 2021, iss. 11, pp. 153–174. DOI: 10.19181/rlms-hse.2021.4 (in Russian).

© Bogdan I.V., Gornostalev M.D., Kuzmenkov V.A., Potyaeva T.A., Chistyakova D.P., 2023

Ignat V. Bogdan – Candidate of Political Sciences, Head of Medical and Sociological Research Department (e-mail: BogdanIV@zdrav.mos.ru; tel.: +7 (495) 530-12-89 (ext. 154); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7002-1646>).

Maksim D. Gornostalev – Candidate of Pedagogical Sciences, Analyst of Medical and Sociological Research Department (e-mail: GornostalevMD@zdrav.mos.ru; tel.: +7 (495) 530-12-89 (ext. 181); ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0989-5077>).

Vladimir A. Kuzmenkov – Candidate of Philosophy Sciences, Analyst of Medical and Sociological Research Department (e-mail: KuzmenkovVA@zdrav.mos.ru; tel.: +7 (495) 530-12-89 (ext. 184); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9872-1417>).

Tatyana A. Potyaeva – Commissioner for Human Rights in Moscow (e-mail: info@ombudsman.mos.ru; tel.: +7 (495) 957-05-85).

Darya P. Chistyakova – Category II Analyst of Medical and Sociological Research Department (e-mail: chistyakovadp@zdrav.mos.ru; tel.: +7 (495) 530-12-89 (ext. 183); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8729-9898>).

6. Leon D.A., Saburova L., Tomkins S., Andreev E., Kiryanov N., McKee M., Shkolnikov V.M. Hazardous alcohol drinking and premature mortality in Russia: a population based case-control study. *Lancet*, 2007, vol. 369, no. 9578, pp. 2001–2009. DOI: 10.1016/S0140-6736(07)60941-6
7. Skul'skaya L.V., Shirokova T.K. Problems of the Quality of Alcohol and Tobacco Products. *Studies on Russian Economic Development*, 2017, vol. 28, no. 1, pp. 60–66. DOI: 10.1134/S1075700717010129
8. Nemtsov A., Simonov A., Fattakhov T., Gridin R. Excess mortality in Russia on holidays. *Demograficheskoe obozrenie*, 2021, vol. 8, no. 1, pp. 16–43. DOI: 10.17323/demreview.v8i1.12392 (in Russian).
9. Makusheva M.O., Cho E.G. Shadow Alcohol Market: Defining the Main Types and Motives of Consumers. *Monitoring obshchestvennogo mneniya: ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny*, 2020, no. 5 (159), pp. 90–111. DOI: 10.14515/monitoring.2020.5.1642 (in Russian).
10. Radaev V. Impact of a new alcohol policy on homemade alcohol consumption and sales in Russia. *Alcohol Alcohol.*, 2015, vol. 50, no. 3, pp. 365–372. DOI: 10.1093/alcac/aggv008
11. Nemtsov A.V., Gridin R.B., Cho E.G. Assessing illegal alcohol consumption based on Internet search Queries. *Voprosy narkologii*, 2020, no. 3 (186), pp. 67–77. DOI: 10.47877/0234-0623_2020_3_67 (in Russian).
12. Radaev V., Roshchina Y. Young cohorts of Russians drink less: age-period-cohort modelling of alcohol use prevalence 1994–2016. *Addiction*, 2019, vol. 114, no. 5, pp. 823–835. DOI: 10.1111/add.14535
13. Lorenz K., Yakovlev E. The Long-Run Effects of a Public Policy on Alcohol Tastes and Mortality. *American Economic Journal: Economic Policy*, 2021, vol. 13, no. 1, pp. 294–328. DOI: 10.1257/pol.20180439
14. Neufeld M., Wittchen H.U., Ross L.E., Ferreira-Borges C., Rehm J. Perception of alcohol policies by consumers of unrecorded alcohol – an exploratory qualitative interview study with patients of alcohol treatment facilities in Russia. *Subst. Abuse Treat. Prev. Policy*, 2019, vol. 14, no. 1, pp. 53. DOI: 10.1186/s13011-019-0234-1
15. Ledermann S. Alcool, alcoolisme, alcoolisation: données scientifiques de caractère physiologique, économique et social [Alcohol, alcoholism, alcoholization. Scientific data of a physiological, economic and social nature]. Paris, Presses universitaires de France, 1956, 314 p. (in French).
16. Bruun K., Edwards G., Lumio M., Makela K., Pan L., Popham R.E., Room R., Skog O.-J. [et al.]. Alcohol control policies in public health perspective. Helsinki, Finnish Foundation for Alcohol Studies; New Brunswick, N.J., Distributors, Rutgers University Center of Alcohol Studies, 1975, 106 p.
17. Skog O.-J. The collectivity of drinking cultures: a theory of the distribution of alcohol consumption. *Br. J. Addict.*, 1985, vol. 80, no. 1, pp. 83–99. DOI: 10.1111/j.1360-0443.1985.tb05294.x
18. Brainerd E. Mortality in Russia since the Fall of the Soviet Union. *Comparative Economic Studies*, 2021, vol. 63, pp. 557–576. DOI: 10.1057/s41294-021-00169-w
19. Kolosnitsyna M.G., Dubynina A.I. Anti-alcohol Policy in Modern Russia: Development and Public Support. *Zhurnal Novoi ekonomicheskoi assotsiatsii*, 2019, no. 2 (42), pp. 94–120. DOI: 10.31737/2221-2264-2019-42-2-5 (in Russian).
20. Salagay O.O., Soshkina K.V., Brun E.A., Kekelidze Z.I., Klimenko T.V., Kobayakova O.S., Khalturina D.A., Zikov V.A. Scientific assessment of the degree of implementation of the state policy to reduce abuse of alcoholic products and prevent alcoholism among the population of the Russian Federation until 2020. *Obshchestvennoe zdorov'e*, 2021, vol. 1, no. 2, pp. 5–19. DOI: 10.21045/2782-1676-2021-1-2-5-19 (in Russian).
21. Kolosnitsyna M.G., Khorkina N.A., Sitdikov M.T. Alcohol trade restrictions and alcohol consumption: On the effectiveness of state policy. *Studies on Russian Economic Development*, 2017, vol. 28, pp. 548–557. DOI: 10.1134/S1075700717050082

Bogdan I.V., Gornostalev M.D., Kuzmenkov V.A., Potyayeva T.A., Chistyakova D.P. Alcohol consumption in a russian metropolis: factors and risk groups. Health Risk Analysis, 2023, no. 2, pp. 30–41. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.03.eng

Получена: 25.04.2023

Одобрена: 18.05.2023

Принята к публикации: 02.06.2023



ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНЫХ ПЛАНОВ ВОЗДУХООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОБЪЕКТАХ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ ПО КРИТЕРИЯМ МИТИГАЦИИ РИСКОВ И ВРЕДА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ

Н.В. Зайцева^{1,2}, С.В. Клейн^{1,2}, Д.В. Горяев³, А.М. Андришунас¹,
С.Ю. Балашов¹, С.Ю. Загороднов¹

¹Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

²Отделение медицинских наук Российской академии наук, Россия, 109240, г. Москва, ул. Солянка, 14

³Управление Роспотребнадзора по Красноярскому краю, Россия, 660049, г. Красноярск, ул. Каратанова, 21

С целью снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха в РФ запланирован и реализуется комплекс воздухоохраных мероприятий, предусматривающий улучшение состояния окружающей среды для более чем 7 млн человек.

В рамках исследования для оценки эффективности воздухоохраных мероприятий предложен алгоритм, включающий шесть последовательных этапов. Реализация алгоритма на примере объектов теплоэнергетики территории участника федерального проекта «Чистый воздух» показала, что данные объекты являются источником потенциального риска причинения вреда здоровью, 70 % относятся к высоким категориям риска. До реализации мероприятий деятельность объектов теплоэнергетики в отдельных зонах города формирует загрязнение воздуха (до 29,9 ПДК_{мр}; до 6,9 ПДК_{ср}; до 19,0 ПДК_{ср}), неприемлемые риски здоровью населения (до 25,8 НІ_{ас}, 22,7 НІ_{св}, С_{РТ} – до 3,28·10⁻⁴), более 87 тысяч дополнительных случаев заболеваний. Реализация воздухоохраных мероприятий на объектах теплоэнергетики локально снизит загрязнение воздуха, но прогнозируется нарушение нормативов по 10 веществам до 3–22 ПДК, сохранится высокий уровень риска здоровью (до 6,5–25,5 НІ_{ас}, 11,9–22,4 НІ_{св}, С_{РТ} – до 3,28·10⁻⁴). Степень эффективности запланированных мероприятий на объектах теплоэнергетики по валовому снижению выбросов загрязняющих веществ (20,56 %) соответствует целевому показателю снижения выбросов федерального проекта «Чистый воздух» к 2024 г., по критерию вреда здоровью в виде дополнительных случаев ассоциированной с деятельностью данных объектов заболеваемости классифицируется как «неприемлемая» (< 20 %). Необходимыми являются реализация дополнительных воздухоохраных мероприятий в отношении 12 веществ (азота диоксид, взвешенные вещества, углерод (сажа), углерода оксид, серы диоксид, дигидросульфид, пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния (в %: 70–20), диметилбензол, этилбензол, бензол, формальдегид, керосин), использование наилучших доступных технологий в отношении производств, выбрасывающих наиболее опасные примеси, мониторинг состояния здоровья населения в зонах повышенного риска, реализация комплексных мероприятий медико-профилактической направленности.

Ключевые слова: предприятия теплоэнергетики, выбросы, качество атмосферного воздуха, риск здоровью населения, мелкодисперсные частицы, неканцерогенная опасность, нарушения здоровья.

© Зайцева Н.В., Клейн С.В., Горяев Д.В., Андришунас А.М., Балашов С.Ю., Загороднов С.Ю., 2023

Зайцева Нина Владимировна – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель (e-mail: znv@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 233-11-25; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2356-1145>).

Клейн Светлана Владиславовна – профессор РАН, доктор медицинских наук, заведующий отделом системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга (e-mail: kleyn@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713>).

Горяев Дмитрий Владимирович – кандидат медицинских наук, руководитель, главный государственный санитарный врач по Красноярскому краю (e-mail: goryaev_dv@24.rospotrebnadzor.ru; тел.: 8 (391) 226-89-50; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6450-4599>).

Андришунас Алена Мухаматовна – младший научный сотрудник отдела системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга (e-mail: ama@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0072-5787>).

Балашов Станислав Юрьевич – старший научный сотрудник, заведующий лабораторией методов комплексного санитарно-гигиенического анализа и экспертиз (e-mail: stas@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6923-0539>).

Загороднов Сергей Юрьевич – старший научный сотрудник отдела системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга (e-mail: zagorodnov@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6357-1949>).

На современном этапе тепловая энергетика является ведущей отраслью мировой энергетики. На долю теплоэнергетики приходится 90 % от суммарно выработанного объема электростанций во всем мире. В России значительную часть (почти 40 %) электроэнергии также получают на тепловых электростанциях и теплоэлектроцентралях, не только обеспечивающих производство электроэнергии, но и участвующих в системах централизованного теплоснабжения¹ [1]. Тепловые электростанции часто располагаются в непосредственной близости к жилым районам, что может оказывать негативное влияние на качество атмосферного воздуха и, как следствие, на здоровье населения, подвергающегося воздействию² [2].

Основным топливом на теплоэлектростанциях в Российской Федерации являются уголь, мазут, природный газ, реже – нефть, бензин, дизельное топливо, торф, горючие сланцы, дрова.

По данным государственных докладов Министерства природных ресурсов и экологии в Российской Федерации, объектами топливно-энергетического комплекса ежегодно выбрасывается порядка 3 млн тонн загрязняющих примесей, из них более 50 % выбросов сосредоточены в Восточной части России (Сибирский и Дальневосточный федеральные округа)³.

Кроме тепловых электростанций на территории России функционирует значительное количество частных отопительных котельных и автономных источников теплоснабжения (АИТ), использующих в качестве основного топлива уголь: в 2018 г. в России их было зарегистрировано более 74,8 тысячи единиц. Для частных отопительных котельных характерна низкая (до 6–8 м) высота дымовых труб и, следовательно, загрязнение приземных слоев атмосферы на уровне непосредственного дыхания человека⁴.

Наибольшее количество автономных источников тепла, работающих на твердом топливе, также сосредоточено в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах (Красноярский, Забайкальский края, Кемеровская, Иркутская и Новосибирская области и пр.). Основным преимуществом твердотопливных котельных является их высокая степень автономности – важная составляющая технологического процесса для бесперебойного отопления и горячего водоснабжения частных жилых

домов и промышленных объектов в условиях сурового зимнего климата Сибири и Дальнего Востока.

Сжигание твердого топлива (угля) сопровождается значимым влиянием на качество атмосферного воздуха, что обусловлено высоким содержанием в угле (порядка 90 %) минеральных негорючих веществ. Так, по данным научных исследований установлено, что объекты теплоэнергетики, работающие преимущественно на твердом топливе, выбрасывают в атмосферу как твердые несгоревшие частицы (золу, сажу, пыль, взвешенные частицы $PM_{2.5}$ и PM_{10} , содержащие соединения металлов), так и различные газы (диоксид и оксид углерода, углеводороды, соединения серы, оксиды азота и пр.) [3–5]. Соединения металлов, таких как свинец, ртуть, хром, цинк, медь, марганец и других, поступающих в приземные слои атмосферы, могут оказывать значимое негативное влияние на здоровье человека: на органы дыхания, центральную нервную систему, печень, почки, иметь мутагенное и канцерогенное действие. Кроме того, опасными для здоровья человека являются взвешенные частицы мелких размеров – до 2,5 мкм [6].

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), каждая восьмая смерть в мире вызвана загрязнением воздуха. Наибольшую угрозу представляют мелкие твердые частицы ($PM_{2.5}$), которые глубоко проникают в дыхательные пути, попадают в кровоток и оказывают негативное воздействие на сердце, сосуды головного мозга и дыхательную систему. Особенно опасным по составу видом мелкодисперсных частиц является черный углерод (сажа). Международная группа ученых установила, что увеличение концентрации этих частиц в воздухе на 0,1 мкг/м³ приводит к росту легочных заболеваний на 12 %. В 2013 г. Международное агентство по изучению рака ВОЗ классифицировало твердые частицы диаметром менее 10 и 2,5 мкм как одну из причин рака легких. Их концентрация также является одним из важнейших показателей, используемых при оценке воздействия загрязненного атмосферного воздуха на здоровье человека. Неудовлетворительное качество воздуха может оказывать негативное влияние на работу мозга и нервную систему и в два раза повышает риск возникновения депрессии и тревожности. Кроме того, мельчайшие частицы токсичных веществ попадают в дыхатель-

¹ Быстрицкий Г.Ф., Гасангаджиев Г.Г., Кожиченков В.С. Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии): учебник. – 2-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2014. – 408 с.; Рынок электроэнергетики России и основные игроки отрасли: аналитический отчет // Analytic Research Group (ARG). – 2018. – 487 с.

² О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году: Государственный доклад [Электронный ресурс]. – М.: Минприроды России; МГУ им. М.В. Ломоносова, 2022. – URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/ (дата обращения: 13.04.2023).

³ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. – 368 с.

⁴ Теплоэнергетика и централизованное теплоснабжение России в 2014–2018 годах: информационно-аналитический доклад. – М., 2020. – С. 110.

ные пути, повреждают стенки артерий и вызывают хроническое воспаление [7–10].

С целью снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха в целом по РФ с 2018 г. проводится эксперимент по квотированию выбросов, который планируется завершить к 2030 г. Процедура квотирования предусматривает введение для предприятий-участников эксперимента квот на выбросы по приоритетным атмосферным загрязнителям на основе сводных расчетов рассеивания⁵, что также позволит улучшить ситуацию в отношении качества атмосферного воздуха в городах с высоким уровнем загрязнения.

Кроме этого, в соответствии с указом Президента Российской Федерации «О государственных задачах и стратегических целях развития Российской Федерации на период до 2026 года» с 2018 г. реализуется федеральный проект «Чистый воздух», в котором участвуют 12 городов, половина из которых расположена в Сибирском регионе. С 2023 г. в эксперимент по квотированию выбросов загрязняющих веществ будут дополнительно включены 29 городских поселений и городских округов с высоким и очень высоким загрязнением атмосферного воздуха⁶. 80 % этих городов расположены в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах, где одним из основных видов топлива на теплоэнергетических объектах является уголь.

Основная цель государственных проектов, в частности эксперимента по квотированию вредных выбросов в атмосферу, – снизить к концу 2024 г. уровень валовых выбросов загрязняющих веществ на 20 % по сравнению с 2017 г. и вдвое сократить выбросы опасных загрязняющих веществ к 2030 г. относительно 2020 г. от промышленных предприятий, в том числе от объектов теплоэнергетики и АИТ, а также от объектов коммунальной и транспортной инфраструктуры. Планируется, что реализация данной проектной деятельности позволит улучшить состояние окружающей среды для более чем 7 млн человек. Согласно Комплексным планам воздухоохраных мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (утвержденным в рамках федерального проекта «Чистый воздух») в отношении предприятий теплоэнергетики запланирован комплекс мероприятий, предусматривающий техническое и технологическое переоборудование крупных теплоэлектростанций, мероприятия по переселению граждан из ава-

рийного жилого фонда с печным отоплением, замещение малоэффективных угольных котельных мощностями крупных ТЭЦ.

Вышеизложенное актуализирует вопросы оценки влияния объектов теплоэнергетики на качество атмосферного воздуха и состояние здоровья населения.

Цель исследования – провести оценку достаточности и эффективности воздухоохраных мероприятий по снижению выбросов в атмосферный воздух на объектах теплоэнергетики по критериям соблюдения гигиенических нормативов, митигации уровней риска и вреда здоровью населения.

Материалы и методы. Исходными данными для оценки достаточности и эффективности инвестиционных программ и Комплексных планов воздухоохраных мероприятий являлись уровни экспозиции, уровни ингаляционного риска и уровни заболеваемости, ассоциированной с качеством атмосферного воздуха, в результате хозяйственной деятельности объектов теплоэнергетики и АИТ.

Эффективность планируемых мероприятий, включенных в Комплексный план, оценивалась с позиции снижения воздействия на атмосферный воздух к 2024 г. относительно 2018 г. в результате хозяйственной деятельности объектов топливно-энергетического комплекса и АИТ, соблюдения гигиенических нормативов, снижения ингаляционного риска с расчетом остаточного риска и снижения уровня дополнительной ассоциированной с качеством атмосферного воздуха заболеваемости.

Для оценки эффективности комплексных планов воздухоохраных мероприятий в отношении митигации рисков и вреда здоровью населения в результате деятельности объектов теплоэнергетики на фоне влияния других источников загрязнения атмосферного воздуха разработан методический алгоритм, включающий шесть последовательных этапов:

- анализ потенциального риска причинения вреда здоровью от объектов теплоэнергетики и анализ комплексных планов воздухоохраных мероприятий на данных объектах;

- подготовка и формирование сводных баз данных всех стационарных и передвижных источников загрязнения атмосферного воздуха, их параметров с выделением объектов топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и АИТ до и после реализации мероприятий;

⁵ Об утверждении правил квотирования выбросов загрязняющих веществ (за исключением радиоактивных веществ) в атмосферный воздух: Приказ Минприроды России от 29.11.2019 № 814 [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201912260045> (дата обращения: 15.01.2023).

⁶ Об утверждении перечня городских поселений и городских округов с высоким и очень высоким загрязнением атмосферного воздуха, дополнительно относящихся к территориям эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ (за исключением радиоактивных веществ) в атмосферный воздух на основе сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха: Распоряжение Правительства РФ от 7 июля 2022 г. № 1852-р (документ не вступил в силу) [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовой портал. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/404867269/> (дата обращения: 10.04.2023).

– установление пространственно дифференцированных уровней загрязнения атмосферного воздуха в жилых районах с учетом вклада объектов ТЭК и АИТ до и после реализации комплексных мероприятий, оценка на соответствие гигиеническим нормативам, выделение приоритетных загрязняющих веществ;

– проведение оценки риска для здоровья населения, получение параметров риска до и после внедрения воздухоохраных мероприятий на объектах ТЭК и АИТ;

– расчет ассоциированных случаев заболеваний, обусловленных хозяйственной деятельностью объектов ТЭК и АИТ до и после реализации мероприятий;

– оценка эффективности внедренных / запланированных мероприятий на объектах ТЭК и АИТ по критериям соблюдения гигиенических нормативов, по критериям риска и вреда здоровью в виде дополнительной ассоциированной с качеством атмосферного воздуха заболеваемости.

Остаточные концентрации веществ, уровни рисков (канцерогенного, неканцерогенного острого и хронического) и ассоциированной заболеваемости населения рассчитывались с учетом реализации воздухоохраных мероприятий. Эффективность мероприятий рассчитывалась по формуле (23) МУ 2.1.10.3675-20⁷.

Подходы к оценке эффективности и результативности воздухоохраных мероприятий на объектах теплоэнергетики были апробированы на примере мероприятий Комплексного плана г. Красноярска (утв. заместителем Председателя Правительства Российской Федерации 28 декабря 2018 г. (№ 11024п-П6)) – города-участника федерального проекта «Чистый воздух», в отношении объектов теплоэнергетики, в том числе АИТ.

Оценку потенциального риска причинения вреда здоровью осуществляли по данным Федерального реестра юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, подлежащих санитарно-эпидемиологическому надзору на январь 2021 г.

Для оценки текущей и прогнозной экспозиции в жилой зоне исследуемой территории использовалась база данных за 2020 г. по 6411 источникам выбросов загрязняющих веществ в атмосферный

воздух от 807 предприятий и организаций (5977 источников), 263 участкам улично-дорожной сети, 171 источнику, относящемуся к АИТ (жилые кварталы частного сектора). Расчет приземных концентраций 251 загрязняющего вещества, в том числе 55 веществ, выбрасываемых объектами ТЭК, проводился в 13 889 точках жилой застройки (геометрических центрах жилых строений) с использованием программы УПРЗА «Эколог-Город» 4.60.1, реализующей МР-2017 «Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» (утв. приказом Минприроды России от 06.06.2017 № 273). Для каждой расчетной точки на основании данных расчетов рассеивания определены максимальные разовые и среднегодовые концентрации загрязняющих веществ до и после реализации запланированных на объектах теплоэнергетики воздухоохраных мероприятий. Расчетные данные уточнялись данными инструментальных исследований по 34 веществам (в том числе 23 веществам, характерным для деятельности ТЭК) на постах мониторинга качества атмосферного воздуха Росгидромета, территориальной сети наблюдения (ТНС), ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Красноярском крае» в рамках социально-гигиенического мониторинга за 2018–2020 гг. в соответствии с методическими подходами, изложенными в МР 2.1.6.0157-19⁸. Рассчитывались уровни экспозиции, формируемые всеми источниками загрязнения атмосферного воздуха города и только объектами ТЭК и АИТ, с расчетом вклада последних в общее загрязнение атмосферы.

Оценка риска для здоровья населения при загрязнении атмосферного воздуха химическими веществами только от объектов ТЭК и АИТ (55 веществ) проводилась в соответствии с Руководством Р 2.1.10.1920-04⁹ путем последовательного выполнения всех необходимых этапов. Установлено, что в выбросах в результате хозяйственной деятельности объектов ТЭК и АИТ присутствуют 10 веществ, обладающих канцерогенными свойствами, 22 вещества обладают острыми и 46 – хроническими неканцерогенными эффектами.

Для моделирования причинно-следственных связей в системе «качество атмосферного воздуха – заболеваемость населения» (по данным ФОМС)

⁷ МУ 2.1.10.3675-20. Оценка достаточности и эффективности планируемых мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух для митигации рисков и вреда здоровью населения: методические указания / утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 18.12.2020 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/68710.html> (дата обращения: 12.05.2023). – п. 3.10.7.

⁸ МР 2.1.6.0157-19. Формирование программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха и количественная оценка экспозиции населения для задач социально-гигиенического мониторинга: Методические рекомендации / утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 02.12.2019 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/565246542> (дата обращения: 03.04.2023).

⁹ Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / утв. и введ. в действие Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации, Главным государственным санитарным врачом РФ Г.Г. Онищенко 5 марта 2004 г. [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200037399> (дата обращения: 06.04.2023).

с последующим расчетом дополнительных ассоциированных случаев заболеваний в качестве показателя аэрогенной экспозиции химических веществ использовали верифицированную среднегодовую концентрацию вещества при хроническом воздействии, установленную для каждой расчетной точки жилых массивов исследуемой территории. Расчет дополнительных случаев заболеваний, ассоциированных с качеством атмосферного воздуха, проводился в соответствии с методическими подходами МР 5.1.0095-14¹⁰.

Установление и параметризацию причинно-следственных связей в системе «качество атмосферного воздуха – заболеваемость населения» осуществляли с помощью формулы множественной регрессионной модели:

$$y_j = b_0 + \sum_i b_{ij} \langle x_i - qkp_i \rangle,$$

где y_j – показатель нарушения здоровья населения по j -му классу заболеваний, сл./1000 населения;

x_i – концентрация i -го загрязняющего вещества, мг/м³;

qkp_i – недействующий уровень i -го показателя загрязнения атмосферного воздуха, мг/м³;

$\langle x \rangle$ – скобки Мак-Кейли (McCauley): $\langle x \rangle = 0$ при $x < 0$ и $\langle x \rangle = x$ при $x \geq 0$;

b_0, b_{ij} – параметры модели.

В качестве недействующего уровня qkp_i принимали референтные концентрации, при их отсутствии – среднегодовые предельно допустимые концентрации.

Для уточнения перечня химических веществ, выбрасываемых объектами теплоэнергетики, выполнено сравнительное исследование золы, образующейся в результате деятельности ТЭЦ, и атмосферного воздуха в зоне максимального влияния объекта теплоэнергетики. Гранулометрический состав частиц золы и твердых частиц атмосферного воздуха с фильтра устанавливался с использованием метода электронной микроскопии (марка микроскопа JSM-63090LV). Химический состав частиц исследовался методом микрозондового рентгеноспектрального анализа с использованием анализатора электронного микроскопа. Анализ изображений с оценкой количественных характеристик размера и формы через коэффициент сферичности проведен в программе ImageJ-Fiji (модуль Analyze Particles).

Результаты и их обсуждение. Теплоэнергетический комплекс исследуемой территории харак-

теризуется базовыми источниками теплоснабжения (ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3, районные котельные), промышленными предприятиями, на территории которых расположены объекты теплоснабжения. Кроме того, на территории города расположены частные домохозяйства на автономном теплоснабжении (АИТ). По данным актуальной сводной базы данных по источникам загрязнения атмосферного воздуха (2020), из 807 промышленных предприятий города 302 предприятия относятся к энергетическому комплексу или располагают на своей территории источники теплоснабжения. Общее количество источников выбросов от объектов теплоэнергетики, расположенных на исследуемой территории, составляет 1,2 тысячи единиц, кроме того, 171 источник относится к АИТ.

В целом градостроительная ситуация города сложилась таким образом, что объекты теплоэнергетики (ТЭЦ, районные котельные, АИТ) рассредоточены по территории города в непосредственной близости к жилой застройке (рис. 1). Особую опасность здоровью жителей представляют низкие источники выбросов от объектов теплоснабжения и источники выбросов частных домохозяйств (АИТ), формирующие локальное повышенное загрязнение внутри квартала или микрорайона.

По данным Реестра хозяйствующих субъектов, подлежащих санитарно-эпидемиологическому надзору, на 01.01.2021 на исследуемой территории 70 % (17 ед.) хозяйствующих субъектов, реализующих деятельность по «Обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционированию воздуха», относятся к чрезвычайно высокой и высокой категориям по потенциальному риску причинения вреда здоровью (масштаб воздействия – 0,226–0,518 и 0,00108–0,0065 млн человек соответственно, потенциальный риск (R^l) – более $1,98 \cdot 10^{-3}$ и $7,1 \cdot 10^{-4}$ – $1,2 \cdot 10^{-4}$ соответственно). Наибольший уровень потенциального риска причинения вреда здоровью среди всех предприятий, осуществляющих деятельность в сфере теплоэнергетики, формируют АО «Енисейская ТГК (ТГК-13)» и АО «Красноярсккрайгаз», располагающиеся на исследуемой территории.

Уровень потенциального риска причинения вреда здоровью (R^l) для хозяйствующих субъектов (объектов теплоэнергетики) чрезвычайно высокой и высокой категорий в г. Красноярске значительно превышает соответствующий уровень риска по Красноярскому краю (R^l : $1,11 \cdot 10^{-3}$ –0,17 и $1,0 \cdot 10^{-4}$ – $9,8 \cdot 10^{-4}$ соответственно) в 7,1–50,9 раза, а также превышает уровень потенциального риска от предприятий теплоэнергетики в целом по Российской Федерации (R^l : $1,0 \cdot 10^{-3}$ –0,101 и $1,0 \cdot 10^{-3}$ – $1,0 \cdot 10^{-4}$) – до 56,0 раза.

¹⁰ МР 5.1.0095-14. Расчет фактических и предотвращенных в результате контрольно-надзорной деятельности экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения, ассоциированных с негативным воздействием факторов среды обитания: методические рекомендации / утв. руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом РФ А.Ю. Поповой 23 октября 2014 г. [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200129398> (дата обращения: 06.04.2023).

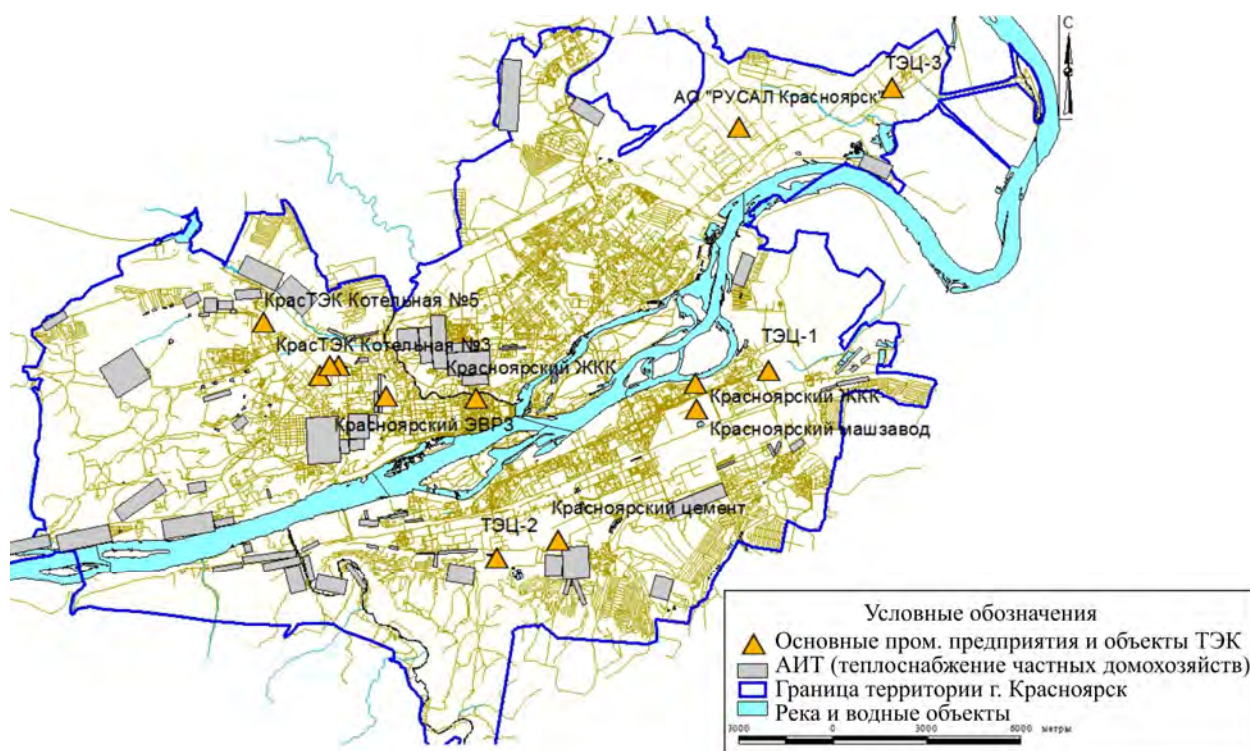


Рис. 1. Карта-схема «Пространственное распределение основных объектов теплоэнергетики и промышленных предприятий с объектами теплоснабжения на исследуемой территории»

В результате хозяйственной деятельности объектами теплоснабжения в атмосферу города выбрасывается более 50 веществ, из них четыре вещества первого класса опасности (диВанадий пентоксид, свинец, хром, бенз(а)пирен), 13 веществ второго класса опасности. Из этого перечня инструментальный мониторинг качества атмосферного воздуха на постах ведется только в отношении 23 веществ.

Вклад объектов теплоэнергетики в уровень загрязнения атмосферного воздуха в различных зонах города составляет от 1 до 50 % при хроническом воздействии и от 12 до 91 % – при остром воздействии.

В результате осуществляемых технологических выбросов в атмосферу города только объектами теплоэнергетики на территории жилой застройки до реализации Комплексных мероприятий в рамках федерального проекта «Чистый воздух» формируются превышения гигиенических нормативов при остром и / или хроническом воздействии по азота диоксиду, углероду (саже), серы диоксиду, дицианосульфиду, пыли неорганической, содержащей двуокись кремния (в %: 70–20), диметилбензолу, этилбензолу, углерода оксиду, бензолу, формальдегиду, взвешенным веществам и пр. (до 1,5–29,9 ПДК_{мр}; до 1,4–6,9 ПДК_{ср}; до 1,4–19,0 ПДК_{ст}). По ряду веществ отмечены превышения допустимых уровней более чем в 5–10 раз (рис. 2).

В результате хозяйственной деятельности объектов теплоснабжения в отдельных зонах города, в которых проживает более 25 тысяч человек, формируются высокие уровни острого неканцерогенного риска по углерод оксиду (до 6,5 HQ_{ac}), формальдеги-

ду (до 19,05 HQ_{ac}), взвешенным веществам (до 24,7 HQ_{ac}). Уровень острого риска нарушений функций органов дыхания, органов зрения, нарушений процессов развития организма, сердечно-сосудистой системы, а также системных эффектов для населения исследуемой территории характеризуется как «высокий» ($HI > 6$) – индекс опасности достигал значений до 6,5–25,8 HI_{ac} ; для репродуктивной и иммунной систем – как «допустимый» (HI от 1 до 3).

При хроническом ингаляционном воздействии формируются неприемлемые уровни неканцерогенного хронического риска здоровью в отношении четырех химических веществ: азота диоксида (до 2,1 HQ_{ch}), углерода оксида (до 1,1 HQ_{ch}), формальдегида (до 19,04 HQ_{ch}), взвешенных веществ (до 11,7 HQ_{ch}). Хронический риск в отношении болезней органов дыхания, органов зрения, иммунной системы характеризуется как «высокий» ($HI > 6$) – индекс опасности достигал значений до 14,0–22,7 HI_{ch} , превышая допустимый уровень более чем в 7,5 раза, в отношении болезней кроветворной системы (HI_{ch} – до 3,47) – как «настораживающий» риск (индексы опасности от 3 до 6), для болезней ЦНС, ССС и влияния на процессы развития организма (HI_{ch} – 1,35–1,67) – как «допустимый» риск (индексы опасности от 1 до 3) (рис. 3). В условиях повышенного уровня неканцерогенного хронического риска ($HI > 3$) проживает более 146 тысяч человек.

Деятельность объектов теплоэнергетики до реализации воздухоохранных мероприятий формирует неприемлемый уровень канцерогенного риска по формальдегиду ($CR = 3,28 \cdot 10^{-4}$). Суммарный уро-

вень канцерогенного риска (CR_T) в жилых массивах исследуемой территории формируется на уровне $2,48 \cdot 10^{-6} - 3,31 \cdot 10^{-4}$.

По результатам математического моделирования причинно-следственных связей в системе «каче-

ство атмосферного воздуха – заболеваемость населения» (по данным ФОМС) получена 31 достоверная модель причинно-следственных связей, параметризующих негативное влияние 35 веществ (таблица).

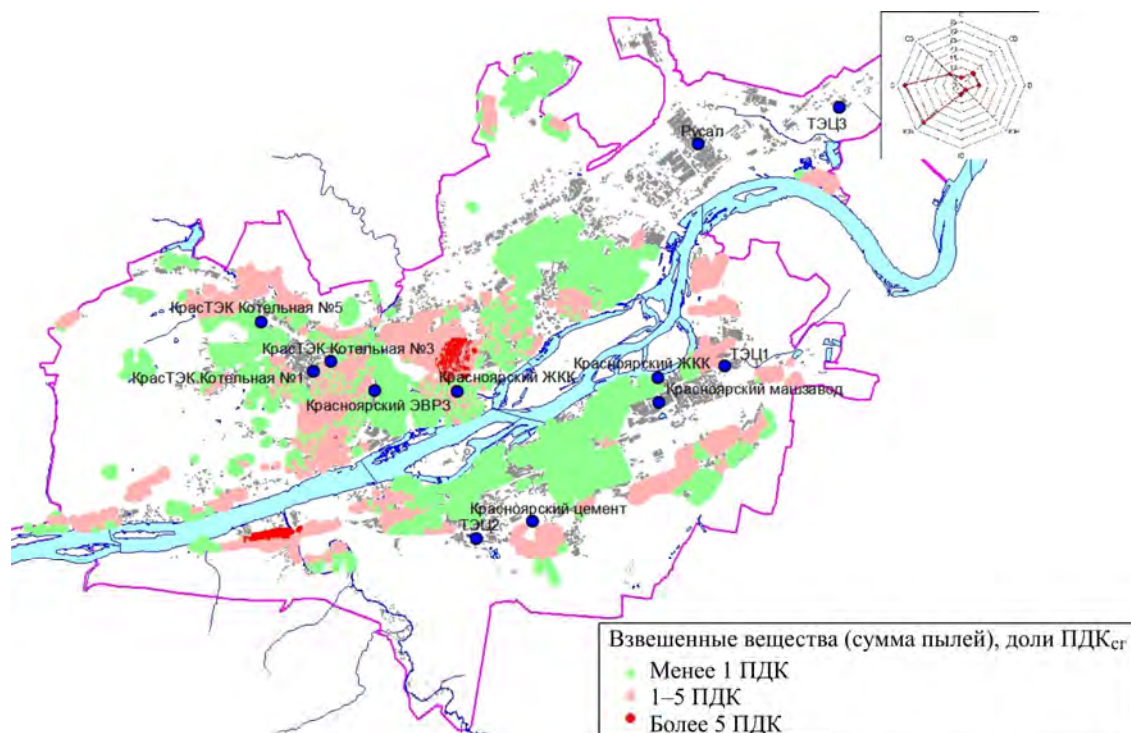


Рис. 2. Карта-схема «Зонирование исследуемой территории по уровню загрязнения атмосферного воздуха взвешенными веществами (сумма пылей), формируемого деятельностью объектов теплоснабжения»

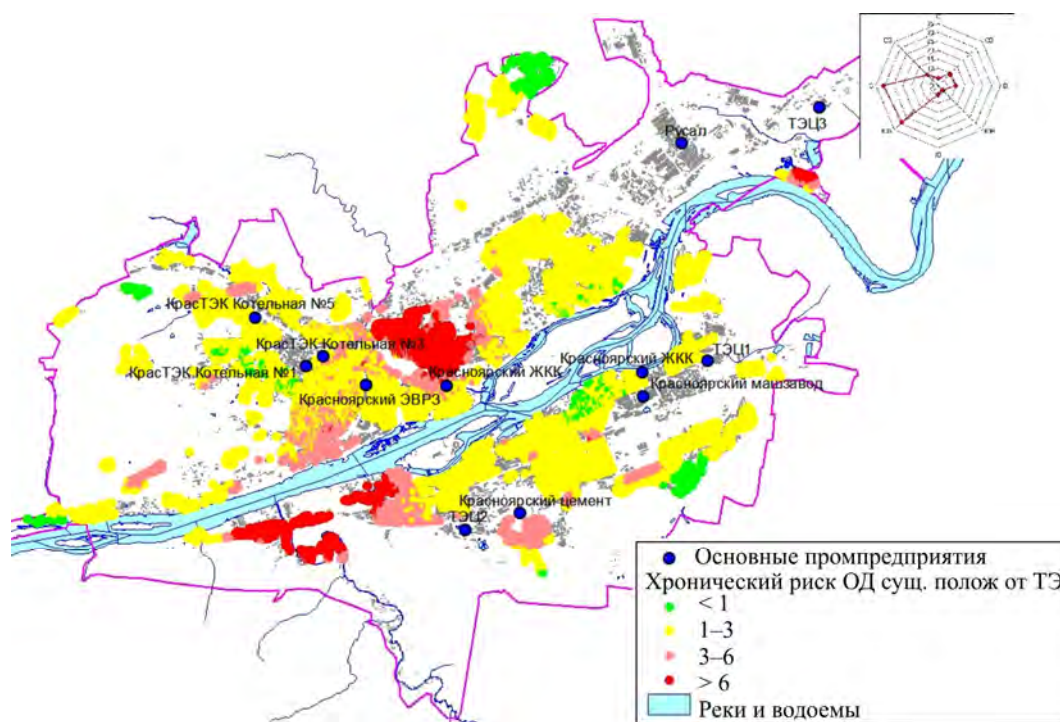


Рис. 3. Карта-схема «Зонирование исследуемой территории по показателям хронического неканцерогенного риска возникновения заболеваний органов дыхания, формируемого химическим загрязнением атмосферного воздуха объектами теплоснабжения»

Примеры параметров моделей причинно-следственных связей в системе «качество атмосферного воздуха (концентрация вещества), мг/м³ – заболеваемость населения, ‰», $p \leq 0,05$

Заболевание	Название параметра	Значение коэффициента b_i	F
Детское население			
Болезни глаза и его придаточного аппарата	Свободный член	2,61E+04	15,24
	Диметилбензол (ксилол)	2,29E+05	
	Формальдегид	1,11E+05	
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	Свободный член	1,16E+04	24,23
	Фториды газообразные	6,66E+05	
Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм	Свободный член	1,06E+03	34,66
	Дигидросульфид	2,04E+05	
Болезни органов дыхания	Свободный член	2,31E+05	41,94
	диАлюминий триоксид	9,01E+07	
	Сера диоксид	3,27E+06	
	Дигидросульфид	5,13E+06	
	Диметилбензол (ксилол)	1,09E+06	
	диЖелезо триоксид	9,50E+07	
Болезни органов пищеварения	Свободный член	6,73E+04	38,34
	Диметилбензол (ксилол)	6,95E+05	
	Гидроксибензол (фенол)	1,82E+07	
	Керосин	8,01E+06	
Болезни системы кровообращения	Свободный член	5,93E+03	41,45
	Бензол	8,29E+03	
	Гидроксибензол (фенол)	2,84E+06	
Взрослое трудоспособное население			
Болезни органов дыхания	Свободный член	3,55E+04	40,51
	Углерод (сажа)	5,56E+06	
	Диметилбензол (ксилол)	4,11E+05	
	Формальдегид	1,08E+05	
	диЖелезо триоксид	3,53E+07	
Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм	Свободный член	1,84E+03	34,46
	Свинец и его неорганические соединения	3,17E+07	

Установленные в г. Красноярске уровни загрязнения атмосферного воздуха до реализации мероприятий (2020) в результате деятельности объектов теплоэнергетики формируют более 87,5 тысячи дополнительных случаев заболеваний (94,7 случая на 1000 населения), из них более 44,8 % составляют дополнительные случаи заболеваемости детского населения (более 39 тысяч дополнительных случаев или 223,8 случая на 1000 детского населения). Основную долю в структуре дополнительных случаев заболеваний формируют болезни органов дыхания – 80,03 % (более 69 тысяч случаев или 7,2 % от фактической заболеваемости по данной причине), далее идут болезни органов пищеварения – 17,9 %, болезни глаза и его придаточного аппарата – 1,1 %. В структуре дополнительной заболеваемости детского населения приоритетные классы заболеваний идентичны: 80,8; 17,9; 1,2 % соответственно.

Приоритетными факторами, источниками которых являются объекты теплоэнергетики и АИТ, формирующими наибольшие потери здоро-

вья в виде дополнительных случаев заболеваний всего населения, являются углерод (сажа), диоксид серы, оксиды азота, ксилол и другие ароматические углеводороды, формальдегид, взвешенные вещества и пр. с формируемыми вкладами от 1,1 до 95,2 %; у детского населения – диоксид серы (вклад 79,3 %), керосин (17,5 %), ксилол (1 %), формальдегид (1 %).

Дополнительная ассоциированная с качеством атмосферного воздуха заболеваемость всего населения болезнями органов дыхания в результате деятельности объектов теплоэнергетики распределяется пространственно диффузно на всей исследуемой территории с наибольшей локализацией в зонах влияния объектов теплоэнергетики с низкой и средней высотой труб (до 10–50 м) и АИТ (до 6–8 м) (рис. 4). Деятельность крупных ТЭЦ с высотой труб до 180–270 м формирует сравнительно равномерное загрязнение воздуха и, как следствие, относительно равномерное распределение дополнительных случаев заболеваний на всей территории города.

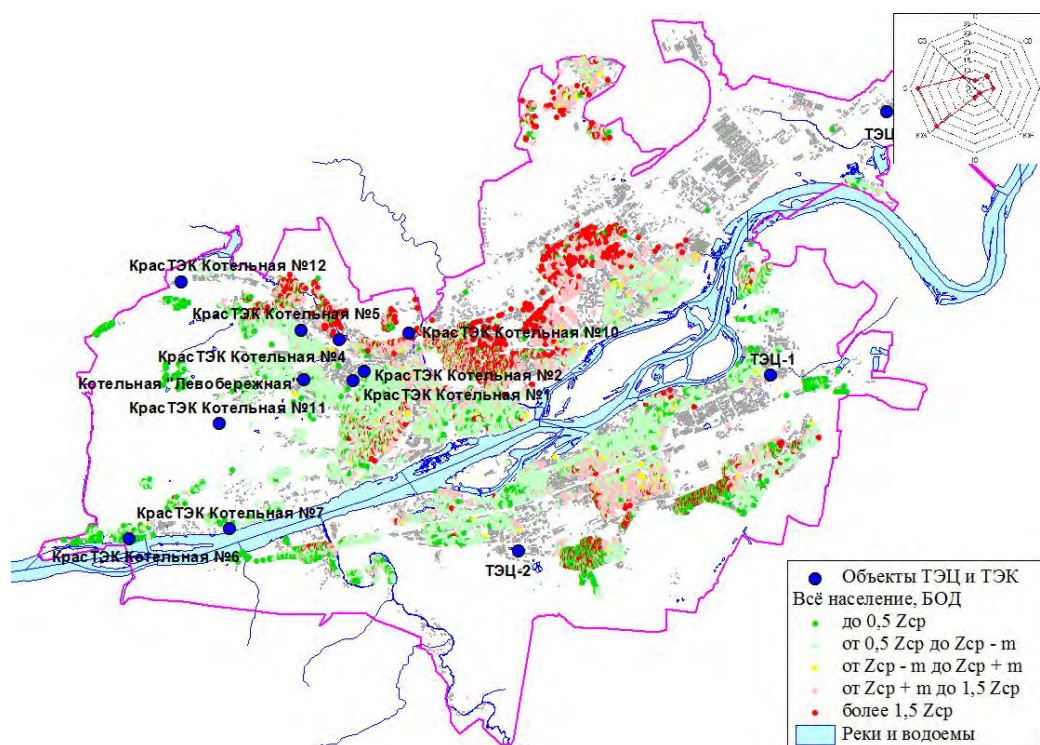


Рис. 4. Карта-схема «Пространственное распределение ассоциированной с качеством атмосферного воздуха заболеваемости всего населения болезнями органов дыхания в результате деятельности объектов теплоэнергетики, %»

Установлено, что на исследуемой территории Комплексным планом¹¹ по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух запланировано снижение суммарного объема выбросов, образующихся в результате деятельности теплоэнергетики и АИТ, на 20,56 % от уровня 2017 г. В частности, на объектах теплоэнергетики планируется: переселение граждан из аварийного жилого фонда с печным отоплением; модернизация крупной ТЭЦ в части строительства дымовой трубы высотой более 270 м, реконструкция котла с электрофильтром, ликвидация малоэффективных турбоагрегатов, ввод в эксплуатацию нового турбинного оборудования, системы охлаждения, установка автоматических датчиков контроля промышленных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на крупной ТЭЦ; замена 35 неэффективных угольных котельных мощностями крупной ТЭЦ (закрытие неэффективных угольных котельных на исследуемой территории, строительство новых энергоблоков для балансировки тепловых нагрузок, связанных с заменой неэффективных угольных котлов). Реализация воздухоохраных мероприятий позволит снизить выбросы веществ от объектов теплоэнергетики и АИТ к 2024 г. на 10,8 тыс. т.

Реализация воздухоохраных мероприятий на объектах теплоэнергетики, обозначенных в Комплексном плане, позволит снизить загрязнение атмосферного воздуха из 11 веществ, превышающих гигиенические нормативы до мероприятий, локально по четырем веществам (азота диоксиду, углерода оксиду, взвешенным веществам, пыли неорганической, содержащей двуокись кремния, в %: 70–20) на 1,2–5,5 ПДК_{мр}, на 1,1–5,8 ПДК_{сс}, на 2,1 ПДК_{сг}. Из них по взвешенным веществам только деятельность объектов ТЭК и АИТ прогнозно обусловит превышения гигиенических нормативов до 14,8 ПДК_{мр}, до 5,8 ПДК_{сс}, до 11,7 ПДК_{сг}; по серы диоксиду изолированно деятельность данных объектов не будет формировать превышений гигиенических нормативов на всей территории жилой застройки; по шести веществам ситуация не изменится (свинец, аммиак, фториды неорганические плохо растворимые, бенз(а)пирен, гидроксibenзол, метилбензол) – превышения составят до 22,3 ПДК_{мр}, до 3,03 ПДК_{сс}.

В результате реализации воздухоохраных мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от объектов теплоэнергетики установлена положительная динамика локального снижения уровня острого и хроническо-

¹¹ Комплексный план мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в г. Красноярске / утв. Заместителем Председателя Правительства РФ В. Абрамченко 16 ноября 2022 г. № 13424п-П11 [Электронный ресурс] // Министерство природных ресурсов и экологии РФ. – URL: <https://www.mnr.gov.ru/upload/media-library/db3/%D0%9A%D1%80%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%BE%D1%8F%D1%80%D1%81%D0%BA,%20%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%20.pdf> (дата обращения: 13.04.2023).

го риска болезней центральной нервной, кроветворной, сердечно-сосудистой, репродуктивной и иммунной систем, органов дыхания, процессов развития организма и др. (в 1,1–1,21 раза).

Оценка эффективности воздухоохраных мероприятий по критерию остаточного риска показала, что превышения уровней канцерогенного риска ($CR > 1 \cdot 10^{-4}$) на исследуемой территории по прежнему прогнозировались по формальдегиду (до $3,28 \cdot 10^{-4}$), высокий и настораживающий уровни острого риска останутся в отношении возникновения болезней органов дыхания, зрения, сердечно-сосудистой системы, нарушения процессов развития организма и системных эффектов (до 6,5–25,5 HI_{ac}); уровни хронического риска – в отношении болезней органов дыхания, зрения, кроветворной и иммунной систем (11,9–22,6 HI_{ch}).

Реализация в соответствии с Комплексным планом мероприятий по снижению выбросов на исследуемой территории от объектов теплоэнергетики к 2024 г. (на 20,56 % от уровня 2017 г.) позволит перевести из зоны неприемлемого острого риска (более 3 HI) порядка 50 тысяч человек, из зоны неприемлемого хронического риска (более 3 HI) – более 120 тысяч человек в минимальный (целевой) уровень риска.

После внедрения комплекса воздухоохраных мероприятий на объектах теплоэнергетики количество дополнительных случаев заболеваний, связанных с качеством атмосферного воздуха, среди всего населения на исследуемой территории снизится на 18,8 % (на 16,5 тысячи дополнительных случаев или 17,8 случая на 1000 человек) и составит 70,9 тысячи дополнительных случаев заболеваний. Снижение числа дополнительных ассоциированных случаев заболеваний всего населения в большей степени определяется снижением числа случаев нарушений здоровья среди взрослого трудоспособного (на 11,8 тысячи случаев) и детского (на 4,5 тысячи случаев) населения.

Структура классов болезней всего населения в результате реализации мероприятий на объектах теплоэнергетики останется неизменной: на первом месте – болезни органов дыхания (75,5 %), на втором – пищеварительной системы (21,9 %) и на третьем – органов зрения (1,3 %). На заболевания мочевыделительной, нервной и эндокринной систем приходится 1,2 %. На первом месте среди детских болезней также находятся болезни органов дыхания (78,4 %), за ними следуют болезни пищеварительной системы (20,1 %) и болезни органов зрения (1,3 %).

По данным ведомости инвентаризации, объекты теплоэнергетики выбрасывают порядка 55 веществ, среди которых 36 % составляют твердые компоненты: взвешенные вещества, соединения металлов (алюминия, ванадия, вольфрама, железа, марганца, меди и др. веществ).

Результаты исследования твердых частиц золы, образующейся в результате сжигания твердого топлива (бурого угля Бородинского месторождения Канско-Ачинского бассейна), показали, что в составе золы идентифицированы такие компоненты, как натрий, магний, железо, кремний, алюминий, калий, сера, фосфор, кальций, стронций, которые отсутствуют в ведомостях инвентаризации объектов теплоэнергетики, но обладают более выраженной опасностью, токсичностью и более широким спектром негативного воздействия на здоровье населения. Соединения кальция, магния, железа и кремния составляют основную часть взвешенных твердых частиц: их вклад колеблется от 5,8 до 35,5 %.

Анализ дисперсного состава взвешенных частиц в золе показал, что преобладали частицы диаметром до 10,0 мкм, составляя 63,8 % от общего количества, причем половина из них более мелкого размера – до 5 мкм (30–31 %) (рис. 5).

Химический анализ золы показал, что частицы размером от 0 до 10 мкм содержали такие примеси, как кальций, алюминий, магний, железо и стронций. Частицы кальция (38,9 %), а также магния, железа и кремния составляют основную долю взвешенных частиц в золе (более 50 %). Следует отметить, что взвешенные частицы более мелкого размера (до 2,5–10 мкм) не учитываются предприятиями теплоэнергетики при инвентаризации выбрасываемых частиц, при этом данные вещества являются потенциальными факторами, формирующими негативные эффекты со стороны здоровья.

На постах мониторинга качества атмосферного воздуха ряд компонентов, идентифицированных в золе и выбрасываемых в атмосферу в результате хозяйственной деятельности объектов теплоэнергетики, также не исследуется: соединения железа, кремния, кальция, натрия, магния и др.

Следует отметить, что химический состав атмосферного воздуха в зоне влияния объектов ТЭК и АИТ сопоставим с компонентным составом золы: основную массу частиц (более 65 %) составляли натрий, железо, кремний, алюминий, калий, сера, фосфор. Дисперсный состав взвешенных частиц воздуха и золы также сопоставим: преобладают частицы более мелкого диаметра (до 10,0 мкм) – 88,9 % и 63,8 % соответственно (см. рис. 5).

Полученные результаты по оценке эффективности реализуемых комплексных планов воздухоохраных мероприятий на примере объектов теплоэнергетики свидетельствуют о положительных тенденциях в улучшении качества атмосферного воздуха, но являются недостаточными для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения территории. Прогнозируется сохранение превышений гигиенических нормативов в зонах влияния данных объектов и допустимых уровней риска здоровью населения, а также формирование

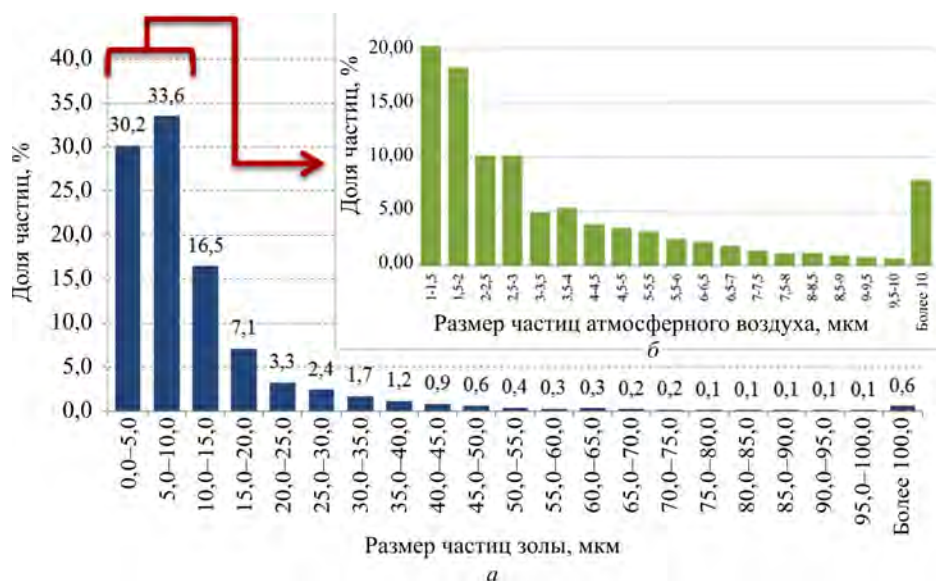


Рис. 5. Дисперсный состав взвешенных частиц пыли (а) и атмосферного воздуха (б) в зоне с максимальным влиянием ТЭЖ и АИТ, %

дополнительных ассоциированных с качеством воздуха заболеваний. Планирование валового снижения выбросов не учитывает дифференцированность негативного влияния на здоровье населения различных по эффектам веществ. Степень эффективности запланированных на объектах теплоэнергетики мероприятий по критерию митигации вреда здоровью в виде дополнительных случаев заболеваний классифицируется как «неприемлемая»¹² (менее 20 %) и недостаточная – прогнозируется, что только технологические выбросы от объектов теплоэнергетики будут формировать порядка 70 тысяч дополнительных случаев заболеваний в год.

Предложенный подход по оценке эффективности митигации рисков и вреда здоровью населения при планировании и внедрении воздухоохраных мероприятий является адекватным инструментом, позволяющим оценивать условия многокомпонентных негативных воздействий, обуславливающих множественные негативные эффекты, в том числе в виде причиненного вреда здоровью, достаточность реализуемых мер, что также подтверждается результатами исследования [11]. Основой комплексной оценки негативного воздействия хозяйствующих субъектов в данном исследовании являлись: оценка и уровни экспозиции, параметры зависимости в системе «доза – эффект», уровни приемлемого и формируемого риска здоровью, особенности реагирования организма человека в условиях комбинированного

аэрогенного воздействия, планы воздухоохраных мероприятий.

Так, на примере объектов теплоэнергетики в результате реализации запланированных воздухоохраных мероприятий на пилотной территории (городе-участнике федерального проекта «Чистый воздух») прогнозируется локальное улучшение качества атмосферного воздуха, снижение уровней риска здоровью и дополнительных случаев ассоциированной с деятельностью данных объектов заболеваемости. При этом сохраняются формируемые только объектами теплоэнергетики повышенные уровни загрязнения атмосферного воздуха, риска и, как следствие, вреда здоровью экспонированного населения. В данном случае целесообразным является уточнение ведомостей инвентаризации по источникам загрязнения атмосферного воздуха на объектах теплоэнергетики с ориентацией на учет и нормирование твердых примесей, в том числе взвешенных частиц менее 2,5 мкм; уточнение комплексных планов мероприятий с ориентацией на внедрение наилучших доступных технологий и управление приоритетными факторами риска здоровью.

Полученные результаты на примере объектов теплоэнергетики сопоставимы с результатами других релевантных исследований, подтверждающих, что длительное хроническое загрязнение атмосферного воздуха приземных слоев в непосредственной близости к жилым массивам формирует

¹² МУ 2.1.10.3675-20. Оценка достаточности и эффективности планируемых мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух для митигации рисков и вреда здоровью населения: методические указания / утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 18.12.2020 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/68710.html> (дата обращения: 12.05.2023).

риск и вред здоровью экспонированного населения. Так, в исследованиях [11–16] показано, что мелкодисперсная пыль, содержащая кремний, алюминий, медь, железо и другие металлы, образующаяся в том числе в результате деятельности объектов теплоэнергетики, оказывает кумулятивный эффект и в условиях повышенного хронического ингаляционного воздействия вызывает негативные эффекты со стороны органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, влияет на биохимические процессы в организме.

По данным научных исследований [17–22] установлено, что увеличение доли мелких частиц размером менее 2,5 мкм в воздухе при остром и хроническом воздействии оказывает большее влияние на смертность, чем увеличение доли частиц размером 10 мкм или других фракций. Основное воздействие частиц микроразмерного диапазона (PM_{10} , $PM_{2.5}$) на организм человека обусловлено их глубоким проникновением в нижние отделы дыхательной системы, повреждением легочной ткани и попаданием в кровотоки через нарушенные мембраны клеток альвеол легких, а также токсическими эффектами в зависимости от компонентного состава твердых частиц [6–9].

Ограниченность мониторинга в атмосферном воздухе и анализа дисперсного состава частиц микроразмерного диапазона требует проведения дополнительных исследований для оценки степени воздействия твердых частиц многокомпонентного состава на здоровье населения.

Выводы:

1. Для оценки эффективности воздухоохраных мероприятий предложен алгоритм, включающий шесть последовательных этапов, позволяющий оценить их достаточность по критериям соблюдения гигиенических нормативов, критериям риска и вреда здоровью в виде дополнительных случаев заболеваемости, ассоциированной с качеством объектов среды обитания в результате хозяйственной деятельности субъектов.

2. На примере объектов теплоэнергетики города-участника федерального проекта «Чистый воздух», расположенного в Сибирском федеральном округе, реализован данный алгоритм и показано, что уровень потенциального риска причинения вреда здоровью (R') для объектов теплоэнергетики чрезвычайно высокой и высокой категорий на исследуемой территории значительно превышает соответствующий уровень риска в целом по региону в 7,1–50,9 раза и по Российской Федерации – до 56,0 раза.

3. До реализации комплекса воздухоохраных мероприятий объекты теплоэнергетики в отдельных зонах города по ряду веществ превышают допустимые уровни более чем в 5–10 раз (до 29,9 ПДК_{мр}; до 6,9 ПДК_{сс}; до 19,0 ПДК_{ст}), а также формируют неприемлемые ($HI > 3$) острые риски здоровью населения (до 25,8 HI_{ac}) в отношении органов дыхания, зрения, системы кровообращения, нарушений про-

цессов развития организма, хронические риски (до 22,7 HI_{ch}) – в отношении органов дыхания, органов зрения, иммунной системы; неприемлемый уровень канцерогенного риска (до $3,28 \cdot 10^{-4}$). Приоритетными факторами риска являются азота диоксид, углерода оксид, бензол, формальдегид, взвешенные вещества и пр.

4. Технологические выбросы на объектах теплоэнергетики до реализации комплекса мероприятий ежегодно формируют порядка 87,5 тысячи дополнительных случаев заболеваний, из них более 44,8 % – у детского населения. Основную долю в структуре дополнительных случаев заболеваний занимают болезни органов дыхания – 80,03 %.

5. В результате реализации комплекса воздухоохраных мероприятий на объектах теплоэнергетики снижение загрязнения атмосферного воздуха будет локальным, прогнозируется превышение по 10 веществам: по четырем веществам концентрации снизятся на 1,2–5,5 ПДК_{мр}, на 1,1–5,8 ПДК_{сс}, на 2,1 ПДК_{ст}, по шести веществам ситуация не изменится – превышения составят до 22,3 ПДК_{мр}, до 3,03 ПДК_{сс}. Высокий и настораживающий уровни неканцерогенного риска останутся в отношении возникновения болезней органов дыхания, зрения, кроветворной, иммунной, сердечно-сосудистой систем, нарушения процессов развития организма и системных эффектов (до 6,5–25,5 HI_{ac} , 11,9–22,4 HI_{ch}); уровень канцерогенного риска не изменится (CR – до $3,28 \cdot 10^{-4}$). Реализация воздухоохраных мероприятий на объектах теплоэнергетики позволит перевести из зоны неприемлемого острого риска (более 3 HI) порядка 50 тысяч человек, из зоны неприемлемого хронического риска – более 120 тысяч человек.

6. По результатам микроскопии золы (частиц размером 0–100 мкм) установлен химический состав взвешенных частиц, который включает 10 химических веществ. В золе преобладают частицы диаметром до 10,0 мкм (63,8 %) и содержат в основном взвешенные частицы кальция, магния, железа и кремния (вклад от 5,8 до 35,5 %), формируя качество атмосферного воздуха с сопоставимым компонентным составом в зоне влияния объектов теплоэнергетики.

7. Оценка эффективности запланированных воздухоохраных мероприятий на объектах ТЭК и АИТ на исследуемой территории показала, что валовое снижение выбросов загрязняющих веществ соответствует целевому показателю снижения выбросов федерального проекта «Чистый воздух» к 2024 г. Вместе с тем планируемое снижение не является достаточным для достижения гигиенических нормативов, приемлемых уровней риска здоровью и снижения риск-ассоциированных заболеваний в зонах влияния объектов теплоэнергетики. Степень эффективности воздухоохраных мероприятий по критерию вреда здоровью в виде дополнительных случаев ассоциированной с деятельностью объектов теплоэнергетики

заболеваемости классифицируется как «неприемлемая» (< 20 %).

8. Результаты оценки эффективности планируемых на объектах теплоэнергетики мероприятий и прогнозируемые уровни качества атмосферного воздуха, риска и вреда здоровью населения вследствие их реализации требуют ориентирования хозяйствующих субъектов и администрации территории на дополнительные мероприятия и использование наилучших доступных технологий в отношении наиболее опасных примесей. Приоритетными компонентами, требующими дополнительных воздухоохраных мероприятий в целях сохранения здоровья населения, остаются: азота диоксид, взвешенные вещества, углерод (сажа), углерода оксид, серы диоксид, дигидро-

сульфид, пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния (в %: 70–20), диметилбензол, этилбензол, бензол, формальдегид, керосин. До достижения нормативного качества атмосферного воздуха по гигиеническим критериям и критериям риска здоровью целесообразным является проведение систематического мониторинга состояния здоровья населения в зонах влияния объектов теплоэнергетики, разработка и реализация комплексных мероприятий медико-профилактической направленности.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Игнатов С. Электроэнергетика Сибири: краткий обзор состояния и перспективы развития [Электронный ресурс] // Рынок Электротехники. – 2018. – URL: <https://marketelectro.ru/content/elektroenergetika-sibiri-kratkiy-obzor-sostoyaniya-i-perspektivy-razvitiya> (дата обращения: 30.04.2023).
2. Мельник Д.А. Евразийский опыт формирования общего электроэнергетического рынка и его перспективы развития [Электронный ресурс]. – URL: https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/News/2_Eurasian_Economic_Commission.pdf (дата обращения: 20.04.2023).
3. Петров А.С., Самаркина А.Н. Исследование влияния объектов теплоэнергетики на окружающую среду // Новая наука: Теоретический и практический взгляд. – 2016. – № 6–2 (87). – С. 152–154.
4. Бахтиёрова Н.Б., Сулейменова Б.М. Влияние выбросов предприятий теплоэнергетики на окружающую среду и здоровье населения // Теория и практика современной науки. – 2016. – № 4 (10). – С. 110–113.
5. Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха выбросами предприятия теплоэнергетики на здоровье населения Новокузнецка / Р.А. Голиков, В.В. Кислицына, Д.В. Суржиков, А.М. Олещенко, М.А. Мукашева // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 6. – С. 348–352.
6. The impact of PM2.5 on the human respiratory system / Y.-F. Xing, Y.-H. Xu, M.-H. Shi, Y.-X. Lian // Journal of Thoracic Disease. – 2016. – Vol. 8, № 1. – P. E69–E74. DOI: 10.3978/j.issn.2072-1439.2016.01.19
7. Влияние взвешенных частиц на здоровье человека: рекомендации в отношении политики для стран Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. – 2013. – URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/344855> (дата обращения: 26.04.2023).
8. Application of data assimilation technology in source apportionment of PM2.5 during winter haze episodes in the Beijing-Tianjin-Hebei region in China / T. Sun, T. Zhang, Y. Xiang, G. Fan, Y. Fu, L. Lv, H. Zheng // Atmospheric Pollution Research. – 2022. – Vol. 13, № 10. – P. 101546. DOI: 10.1016/j.apr.2022.101546
9. Assessment and mitigation of personal exposure to particulate air pollution in cities: An exploratory study / P.T.M. Tran, M.G. Adam, K.W. Tham, S. Schiavon, J. Pantelic, P.F. Linden, E. Sofianopoulou, C. Sekhar [et al.] // Sustainable Cities and Society. – 2021. – Vol. 72. – P. 103052. DOI: 10.1016/j.scs.2021.103052
10. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide [Электронный ресурс] // World Health Organization. – 2021. – 273 p. – URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329> (дата обращения: 11.04.2023).
11. Комплексная оценка эффективности митигации вреда здоровью на основе теории нечетких множеств при планировании воздухоохраных мероприятий / Н.В. Зайцева, М.А. Землянова, И.В. Май, В.Б. Алексеев, П.В. Трусков, Е.В. Хрущева, А.А. Савочкина // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 1. – С. 25–37. DOI: 10.21668/health.risk/2020.1.03
12. Формирование программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха для задач социально-гигиенического мониторинга: практический опыт реализации мероприятий федерального проекта «Чистый воздух» / С.В. Клейн, Н.В. Зайцева, И.В. Май, С.Ю. Балашов, С.Ю. Загороднов, Д.В. Горяев, И.В. Тихонова, А.М. Андришунас // Гигиена и санитария. – 2020. – Т. 99, № 11. – С. 1196–1202. DOI: 10.47470/0016-9900-2020-99-11-1196-1202
13. Toxicological profile for Silica [Электронный ресурс]. – Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, 2019. – URL: <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp211.pdf> (дата обращения: 10.05.2023).
14. The Link Between Aluminum Exposure And Alzheimer's Disease Can No Longer Be Ignored [Электронный ресурс] // DailyHealthPost. – 2020. – URL: <https://dailyhealthpost.com/study-links-alzheimers-to-aluminum-exposure/> (дата обращения: 12.05.2023).
15. Toxicological profile for Aluminum. – Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, 2008. – URL: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp22.pdf> (дата обращения: 12.05.2023).
16. Профессиональная заболеваемость работников алюминиевой промышленности – возможные пути решения проблемы / И.П. Данилов, В.В. Захаренков, А.М. Олещенко, О.П. Шавлова [и др.] // Бюлл. ВСНЦ СО РАМН. – 2010. – № 4 (74). – С. 17–20.
17. Об оценке концентрации мелкодисперсной пыли (PM10 и PM2,5) в воздушной среде / В.Н. Азаров, И.В. Тертишников, Е.А. Каможина, Н.А. Маринин // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: строительство и архитектура. – 2011. – № 25 (44). – С. 402–407.

18. Исследования запылённости в жилой зоне, расположенной вблизи промышленных предприятий частицами PM10 и PM2,5 / А.Б. Стреляева, Л.М. Лаврентьева, В.В. Лупиногин, И.А. Гвоздики // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 2 (45). – С. 154.

19. Junior Health risk assessment of inorganic and organic constituents of the coarse and fine PM in an industrialized region of Brazil / E.S. Galvão, J.M. Santos, E.V. Goulart, N.C. Reis // Science of the Total Environment. – 2023. – Vol. 20. – P. 16104. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.161042

20. Source-specific health risk assessment of PM2.5 bound heavy metal in reuspended fugitive dust: A case study in Wuhan metropolitan area, central China / S. Liu, C. Zhang, J. Zhang, J. Guo, H. Liu, T. Liu, J. Zheng, R. Yao [et al.] // Journal of Cleaner Production. – 2022. – Vol. 379, № 8. – P. 134480. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.134480

21. Analysis of the atmospheric dust in Africa: The breathable dust's fine particulate matter PM2.5 in correlation with carbon monoxide / G. Rushingabigwi, P. Nsengiyumva, L. Sibomana, C. Twizere, W. Kalisa // Atmospheric Environment. – 2020. – Vol. 224. – P. 117319. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2020.117319

22. Trace element fractionation between PM10 and PM2.5 in coal mine dust: Implications for occupational respiratory health / T. Moreno, P.T. Ruiz, X. Querol, R. Lah, D. Johnson, A. Wrana, B.J. Williamson // International Journal of Coal Geology. – 2019. – Vol. 203. – P. 52–59. DOI: 10.1016/j.coal.2019.01.006

Эффективность комплексных планов воздухоохраных мероприятий на объектах теплоэнергетики по критериям митигации рисков и вреда здоровью населения / Н.В. Зайцева, С.В. Клейн, Д.В. Горяев, А.М. Андришунас, С.Ю. Балашов, С.Ю. Загороднов // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 2. – С. 42–57. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.04

UDC 613; 614

DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.04.eng



Research article

EFFECTIVENESS OF COMPLEX PLANS FOR AIR PROTECTION ACTIVITIES AT HEAT AND POWER ENTERPRISES AS PER RISK MITIGATION AND HEALTH HARM INDICATORS

N.V. Zaitseva^{1,2}, S.V. Kleyn^{1,2}, D.V. Goryaev³, A.M. Andrishunas¹, S.Yu. Balashov¹, S.Yu. Zagorodnov¹

¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya Str., Perm, 614045, Russian Federation

²Russian Academy of Sciences, the Department for Medical Sciences, 14 Solyanka Str., Moscow, 109240, Russian Federation

³Krasnoyarsk Regional Office of the Federal Service for Surveillance over Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 21 Karatanova Str., Krasnoyarsk, 660049, Russian Federation

The whole complex of air protection activities has been planned in the RF with its aim to reduce levels of ambient air pollution. It is being implemented actively now and as a result the quality of the environment should improve for more than 7 million people.

© Zaitseva N.V., Kleyn S.V., Goryaev D.V., Andrishunas A.M., Balashov S.Yu., Zagorodnov S.Yu., 2023

Nina V. Zaitseva – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Scientific Director (e-mail: znv@ferisk.ru; tel.: +7 (342) 237-25-34; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2356-1145>).

Svetlana V. Kleyn – Professor of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Head of the Department for Systemic Procedures of Sanitary-Hygienic Analysis and Monitoring (e-mail: kleyn@ferisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713>).

Dmitry V. Goriaev – Candidate of Medical Sciences, Head of the Administration, Chief State Sanitary Inspector for the Krasnoyarsk region (e-mail: office@24.rospotrebnadzor.ru; tel.: +7 (391) 226-89-50; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6450-4599>).

Alena M. Andrishunas – Junior Researcher at the Department for Systemic Procedures of Sanitary-Hygienic Analysis and Monitoring (e-mail: ama@ferisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0072-5787>).

Stanislav Yu. Balashov – Senior Researcher, Head of the Laboratory of Integrated Sanitary Analysis and Examination Methods (e-mail: stas@ferisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6923-0539>).

Sergey Yu. Zagorodnov – Senior Researcher at the Department for Systemic Procedures of Sanitary-Hygienic Analysis and Monitoring (e-mail: zagorodnov@ferisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6357-1949>).

In this study, an algorithm has been suggested for assessing effectiveness of air protection activities. It includes six subsequent stages. The algorithm was tested at heat and power enterprises located in a region participating in the Clean Air Federal project. As a result, it was established that these enterprises were sources of potential public health risks; 70 % of them belonged to high risk categories. Until air protection activities are implemented, heat and power enterprises pollute ambient air in some areas in the city (up to 29.9 single maximum MPC; up to 6.9 average daily MPC; up to 19.0 average annual MPC), create unacceptable health risks (up to 25.8 HI for acute exposure, 22.7 HI for chronic exposure, CR_T is up to $3.28 \cdot 10^{-4}$), and cause more than 87 thousand additional disease cases. Implementation of air protection activities at heat and power enterprises will reduce local levels of ambient air pollution but we still expect hygienic standards to be violated for 10 chemicals up to 3–22 MPC and high health risks are likely to persist (up to 6.5–25.5 HI for acute exposure, 11.9–22.4 HI for chronic exposure, CR_T will be up to $3.28 \cdot 10^{-4}$). Effectiveness of the air protection activities planned at heat and power enterprises corresponds to the target levels of the gross pollutant emissions (reduction by 20.56 % by 2024) set within the Clean Air Federal project but it is estimated as ‘unacceptable’ as per the health harm indicator, which is additional disease cases associated with activities of these enterprises (< 20 %). It is necessary to implement additional air protection activities with respect to 12 pollutants (nitrogen dioxide, particulate matter, carbon (soot), carbon oxide, sulfur dioxide, dihydrosulfide, inorganic dust containing silicon dioxide in %: 70–20, dimethyl benzene, ethyl benzene, benzene, formaldehyde, and kerosene); to use the best available technologies with respect to the most hazardous chemicals; to monitor public health in areas with elevated health risks; to implement complex medical and preventive activities.

Keywords: heat and power enterprises, emissions, ambient air quality, public health risk, fine-dispersed particles, non-carcinogenic hazard, health disorders.

References

1. Ignatov S. Elektroenergetika Sibiri: kratkii obzor sostoyaniya i perspektivy razvitiya [Electric power industry of Siberia: a brief overview of the state and development prospects]. *Rynok elektrotekhniki*, 2018. Available at: <https://marketelectro.ru/content/elektroenergetika-sibiri-kratkii-obzor-sostoyaniya-i-perspektivy-razvitiya> (April 30, 2023) (in Russian).
2. Mel'nik D.A. Evraziiskii opyt formirovaniya obshchego elektroenergeticheskogo rynka i ego perspektivy razvitiya [Eurasian experience in the formation of a common electric power market and its development prospects]. Available at: https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/News/2_Eurasian_Economic_Commission.pdf (April 20, 2023) (in Russian).
3. Petrov A.S., Samarkina A.N. Issledovanie vliyaniya ob'ektov teploenergetiki na okruzhayushchuyu sredu [Study of the impact of thermal power facilities on the environment]. *Novaya nauka: Teoreticheskii i prakticheskii vzglyad*, 2016, no. 6–2 (87), pp. 152–154 (in Russian).
4. Bakhtierova N.B., Suleimenova B.M. Vliyaniye vybrosov predpriyatii teploenergetiki na okruzhayushchuyu sredu i zdorov'e naseleniya [The impact of emissions from thermal power plants on the environment and public health]. *Teoriya i praktika sovremennoi nauki*, 2016, no. 4 (10), pp. 110–113 (in Russian).
5. Golikov R.A., Kislytsyna V.V., Surzhikov D.V., Oleshchenko A.M., Mukasheva M.A. Assessment of the impact of air pollution by heat power plant emissions on the health of the population of Novokuznetsk. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*, 2019, vol. 59, no. 6, pp. 348–352 (in Russian).
6. Xing Y.-F., Xu Y.-H., Shi M.-H., Lian Y.-X. The impact of PM_{2.5} on the human respiratory system. *Journal of Thoracic Disease*, 2016, vol. 8, no. 1, pp. E69–E74. DOI: 10.3978/j.issn.2072-1439.2016.01.19
7. Health effects of particulate matter: policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia. *World Health Organization*, 2023. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/344854> (April 26, 2023).
8. Sun T., Zhang T., Xiang Y., Fan G., Fu Y., Lv L., Zheng H. Application of data assimilation technology in source apportionment of PM_{2.5} during winter haze episodes in the Beijing-Tianjin-Hebei region in China. *Atmospheric Pollution Research*, 2022, vol. 13, no. 10, pp. 101546. DOI: 10.1016/j.apr.2022.101546
9. Tran P.T.M., Adam M.G., Tham K.W., Schiavon S., Pantelic J., Linden P.F., Sofianopoulou E., Sekhar C. [et al.]. Assessment and mitigation of personal exposure to particulate air pollution in cities: An exploratory study. *Sustainable Cities and Society*, 2021, vol. 72, pp. 103052. DOI: 10.1016/j.scs.2021.103052
10. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. *World Health Organization*, 2021, 273 p. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329> (April 11, 2023).
11. Zaitseva N.V., Zemlyanova M.A., May I.V., Alekseev V.B., Trusov P.V., Khrushcheva E.V., Savochkina A.A. Efficiency of health risk mitigation: complex assessment based on fuzzy sets theory and applied in planning activities aimed at ambient air protection. *Health Risk Analysis*, 2020, no. 1, pp. 25–37. DOI: 10.21668/health.risk/2020.1.03.eng
12. Kleyin S.V., Zaitseva N.V., May I.V., Balashov S.Yu., Zagorodnov S.Yu., Goryaev D.V., Tichonova I.V., Andriushunas A.M. Working out ambient air quality measuring programs for socio-hygienic monitoring: practical experience of federal project «Clean air» activity. *Gigiena i sanitariya*, 2020, vol. 99, no. 11, pp. 1196–1202. DOI: 10.47470/0016-9900-2020-99-11-1196-1202 (in Russian).
13. Toxicological profile for Silica. Atlanta, GA, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, 2019. Available at: <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp211.pdf> (May 10, 2023).
14. The Link Between Aluminum Exposure And Alzheimer's Disease Can No Longer Be Ignored. *DailyHealthPost*, 2020. Available at: <https://dailyhealthpost.com/study-links-alzheimers-to-aluminum-exposure/> (May 12, 2023).

15. Toxicological profile for Aluminum. Atlanta, GA, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, 2008. Available at: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp22.pdf> (May 12, 2023).
16. Danilov I.P., Zakharenkov V.V., Oleshchenko A.M., Shavlova O.P. [et al.]. Occupational diseases in aluminium workers – possible ways of solving the problem. *Byull. VSNTs SO RAMN*, 2010, no. 4 (74), pp. 17–21 (in Russian).
17. Azarov V.N., Tertishnikov I.V., Kamozhina E.A., Marinin N.A. About concentration estimation of fine dust (PM₁₀ and PM_{2.5}) in air. *Vestnik VolgGASU. Ser. Stroitel'stvo i arkhitektura*, 2011, no. 25 (44), pp. 402–407 (in Russian).
18. Strelyaeva A.B., Lavrent'eva L.M., Lupinogin V.V., Gvozdkov I.A. Studies of dustiness in a residential area located near industrial enterprises with PM₁₀ and PM_{2.5} particles. *Inzhenernyi vestnik Dona*, 2017, no. 2 (45), pp. 154 (in Russian).
19. Galvão E.S., Santos J.M., Goulart E.V., Reis N.C. Junior Health risk assessment of inorganic and organic constituents of the coarse and fine PM in an industrialized region of Brazil. *Science of the Total Environment*, 2023, vol. 20, pp. 16104. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.161042
20. Liu S., Zhang C., Zhang J., Guo J., Liu H., Liu T., Zheng J., Yao R. [et al.]. Source-specific health risk assessment of PM_{2.5} bound heavy metal in reuspended fugitive dust: A case study in Wuhan metropolitan area, central China. *Journal of Cleaner Production*, 2022, vol. 379, no. 8, pp. 134480. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.134480
21. Rushingabigwi G., Nsengiyumva P., Sibomana L., Twizere C., Kalisa W. Analysis of the atmospheric dust in Africa: The breathable dust's fine particulate matter PM_{2.5} in correlation with carbon monoxide. *Atmospheric Environment*, 2020, vol. 224, pp. 117319. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2020.117319
22. Moreno T., Ruiz P.T., Querol X., Lah R., Johnson D., Wrana A., Williamson B.J. Trace element fractionation between PM₁₀ and PM_{2.5} in coal mine dust: Implications for occupational respiratory health. *International Journal of Coal Geology*, 2019, vol. 203, pp. 52–59. DOI: 10.1016/j.coal.2019.01.006

Zaitseva N.V., Kleyn S.V., Goryaev D.V., Andrishunas A.M., Balashov S.Yu., Zagorodnov S.Yu. Effectiveness of complex plans for air protection activities at heat and power enterprises as per risk mitigation and health harm indicators. *Health Risk Analysis*, 2023, no. 2, pp. 42–57. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.04.eng

Получена: 20.04.2023

Одобрена: 25.06.2023

Принята к публикации: 28.06.2023



Научная статья

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СОЧЕТАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И ОБУСЛОВЛЕННОГО ИМИ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

П.З. Шур, А.А. Хасанова, М.Ю. Цинкер, Н.В. Зайцева

Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

Происходящие изменения климата способствуют формированию рисков для здоровья населения. Они могут быть обусловлены как его непосредственным воздействием, так и модифицирующим влиянием климатических факторов на концентрации химических веществ в атмосферном воздухе. В связи с этим целесообразно разработать методические подходы, позволяющие количественно оценить уровни риска для здоровья населения, формирующиеся в условиях сочетанного влияния климатических факторов и обусловленного ими химического загрязнения атмосферного воздуха.

Предложены методические подходы, позволяющие провести расчет, категорирование и оценку приемлемости уровней риска для здоровья населения в условиях воздействия климатических факторов с учетом их влияния на химическое загрязнение воздуха. Они включают в себя подходы к установлению приоритетных климатических факторов, расчету их экспозиции и ассоциированных с ними ответов; определению перечня химических веществ, концентрации которых подвержены влиянию климатических факторов, и вероятных ответов со стороны здоровья населения, обусловленных их воздействием; установлению концентраций химических веществ, ассоциированных с влиянием климатического фактора; расчету и категорированию уровней риска для здоровья населения, ассоциированных с сочетанным воздействием климатических и химических факторов с использованием множественной логистической регрессионной модели.

При апробации на примере территории г. Перми в 2020 г. установлен неприемлемый уровень риска для взрослого населения трудоспособного возраста ($1,11 \cdot 10^{-4}$), обусловленный цереброваскулярными болезнями (I60–I69), ассоциированными с сочетанным воздействием климатических факторов в виде волн тепла и обусловленного ими химического загрязнения атмосферы оксидом углерода. Уровни риска для взрослого населения трудоспособного и старше трудоспособного возраста, обусловленные болезнями системы кровообращения (ишемическая болезнь сердца (I20–I25) и другие нарушения сердечного ритма (I49)), категоризируются как допустимые (приемлемые) – $7,68 \cdot 10^{-5}$ и $4,07 \cdot 10^{-5}$ соответственно. Вклад климатического фактора (волны тепла) составил от 76,24 до 92,44 %, химического фактора (оксид углерода) – от 7,56 до 23,76 %.

Ключевые слова: климат, климатические факторы, химическое загрязнение атмосферы, оценка риска здоровью населения, количественные критерии, волна тепла, оксид углерода, многофакторные модели.

Климат и климатические факторы являются одними из ведущих факторов окружающей среды, во многом определяющих комфортность условий проживания человека, образ его занятий, а также

оказывая непосредственное влияние на жизнедеятельность, работоспособность и социальную активность [1, 2]. Изменение климата является одной из важнейших международных проблем XXI в. [3].

© Шур П.З., Хасанова А.А., Цинкер М.Ю., Зайцева Н.В., 2023

Шур Павел Залманович – доктор медицинских наук, главный научный сотрудник – ученый секретарь (e-mail: shur@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5171-3105>).

Хасанова Анна Алексеевна – научный сотрудник отдела анализа риска для здоровья (e-mail: KhasanovaAA@inbox.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7438-0358>).

Цинкер Михаил Юрьевич – младший научный сотрудник лаборатории ситуационного моделирования и экспертно-аналитических методов управления (e-mail: cinker@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2639-5368>).

Зайцева Нина Владимировна – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель (e-mail: znv@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-25-34, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2356-1145>).

Многие наблюдаемые изменения происходят на протяжении десятилетий, а их скорость в течение последних лет вызывает обеспокоенность и, несомненно, отражается на жизни людей всех регионов планеты [4, 5].

По данным Доклада об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2021 г., температура воздуха выше климатической нормы наблюдалась практически на всей территории страны. Такие температурные условия в среднем за год сложились при экстремально теплом лете и холодной зиме [6, 7].

Изменения климата многообразны и проявляются, в частности, в изменении частоты и интенсивности климатических аномалий и экстремальных погодных явлений, являющихся прямым следствием общего роста температуры¹. К ним можно отнести тепловые волны и возгорание торфяников в центрально-европейской части России в 2003 г., жару и масштабные лесные пожары в 2010 г., засуху в сельскохозяйственных районах страны летом 2010 и 2012 гг. и др. [8].

В соответствии с Распоряжением Президента Российской Федерации от 17.12.2009 г. № 861-рп «О Климатической доктрине Российской Федерации» к отрицательным последствиям ожидаемых изменений климата относится увеличение риска для здоровья населения (увеличение уровня заболеваемости и смертности)². Это связано с тем, что климатические факторы способны оказывать влияние на изменение распространенности и характера заболеваний, в том числе, неинфекционных. Например, крайне высокая температура атмосферного воздуха (волны тепла) может приводить к обострению заболеваний сердечно-сосудистой системы, органов дыхания, заболеваний почек, нервной системы, а также увеличению смертности от заболеваний сердечно-сосудистой системы и органов дыхания, особенно среди пожилых людей [5, 9–11].

Последствия изменения климата могут способствовать развитию широкого спектра рисков для здоровья человека. Наряду с эффектами прямого действия климатических факторов они могут оказывать влияние на изменение состава и концентраций химических веществ в атмосферном воздухе [12]. В качестве вероятных механизмов можно выделить влияние изменения температуры атмосферного воздуха на скорость протекания химических реакций, влажности воздуха – на образование и разрушение химических соединений, облачности – на состав атмосферы, приземной температуры и осадков – на выбросы и осаждение химиче-

ских соединений, изменения интенсивности приземного ветра над континентом – на подвижность пылевых частиц в засушливых районах и, следовательно, аэрозольную нагрузку в тропосфере и др. [13–15]. Например, волны тепла, помимо прямого влияния на здоровье населения, могут быть причиной кратковременных изменений загрязнения атмосферного воздуха диоксидом азота, оксидом углерода, взвешенными веществами, диоксидом серы и др. [5, 16–19].

Климатические параметры подвержены большой изменчивости как во времени, так и в пространстве, что обеспечивает условия переноса, трансформации, накопления и рассеивания загрязняющих веществ [20].

По данным ВОЗ, в условиях будущих изменений климата эпизоды загрязнения воздуха могут стать более частыми и более острыми [21].

Глобальное изменение климата создает для Российской Федерации (с учетом размеров ее территории, географического положения, исключительно разнообразия климатических условий и др.) ситуацию, которая предполагает необходимость заблаговременного формирования всеобъемлющего и взвешенного подхода государства к проблемам климата на основе комплексного научного анализа ряда факторов и выдвигает проблему глобального изменения климата в ее национальном и международном измерениях в число приоритетов политики Российской Федерации [22]³.

Таким образом, происходящие климатические изменения способны оказывать влияние на здоровье населения, обусловленное как непосредственным влиянием климатических факторов, так и модификацией химического загрязнения атмосферного воздуха. Для создания условий сохранения здоровья населения необходима оценка риска для здоровья, позволяющая совместно оценивать риск в условиях совместного влияния климатических изменений и обусловленного ими изменения химического загрязнения атмосферного воздуха.

Цель исследования – разработка методических подходов к оценке риска для здоровья населения в условиях сочетанного воздействия климатических факторов с учетом их влияния на химическое загрязнение атмосферного воздуха.

Материалы и методы. В качестве методического базиса при разработке подходов к оценке риска здоровью населения, формирующегося в условиях совместного влияния климатических факторов и обусловленного ими химического загрязнения атмосферного воздуха, были использованы основные по-

¹ Климатическая доктрина Российской Федерации [Электронный ресурс] // Президент России: официальный сетевой ресурс. – URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/6365> (дата обращения: 03.03.2023).

² О климатической доктрине Российской Федерации: Распоряжение Президента Российской Федерации от 17.12.2009 № 861-рп [Электронный ресурс] // Правительство России. – URL: <http://government.ru/docs/all/70631/> (дата обращения: 03.03.2023).

³ Там же.

ложения МР 2.1.10.0057-12 «Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска»⁴ и Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду»⁵.

Апробация предлагаемых методических подходов была проведена на примере оценки риска здоровью населения, формирующегося в условиях влияния климатических факторов и обусловленного ими химического загрязнения атмосферного воздуха г. Перми в 2020 г.

В качестве анализируемых климатических факторов была выбрана температура атмосферного воздуха (волны тепла). В качестве исходной информации по климатическим параметрам были использованы данные по показателю средней за сутки температуры атмосферного воздуха (°C) для г. Перми за 2010–2020 гг., которые были получены из Единого государственного фонда данных Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды⁶.

Для достижения поставленной цели были рассчитаны периоды, относящиеся к волнам тепла в соответствии с методикой, изложенной в МР 2.1.10.0057-12⁴. В качестве порога действия для данного фактора были использованы критерии волны тепла.

В качестве исходных данных по заболеваемости населения использовались деперсонифицированные показатели территориального фонда обязательного медицинского страхования (ТФОМС) о посуточном количестве обратившихся за медицинской помощью и застрахованных в г. Перми за 2010–2020 гг. в разрезе возрастных групп (трудоспособные, старше трудоспособного) по классу болезни системы кровообращения, выделенным нозологическим формам.

Установление климатических факторов, способных оказывать влияние на увеличение содержания химических веществ в атмосферном воздухе, и списка химических веществ, содержание которых может изменяться под влиянием климатических факторов, было проведено по данным анализа релевантных источников литературы. Проанализировано около 50 источников литературы, в том числе входящих в базы данных WoS и Scopus.

В качестве исходных данных о среднесуточных концентрациях химических веществ в атмосферном воздухе на территории г. Перми за 2010–2020 гг. были использованы материалы, полученные от Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Пермскому краю.

Для расчета уровней риска, ассоциированных с действием волн тепла и оксида углерода, была рассчитана дополнительная вероятность заболеваемости взрослого населения трудоспособного и старше трудоспособного возраста. В основе расчета лежала множественная логистическая регрессионная модель зависимости суточной заболеваемости населения по указанным причинам от сочетанного влияния волн тепла и дополнительных концентраций оксида углерода, обусловленных их воздействием (формула). В качестве X_1 использована дополнительная суточная концентрация оксида углерода, обусловленная волнами тепла, а X_2 – разница температуры воздуха в дни с волнами тепла и днями без волн.

Расчет уровней риска выполнялся как произведение дополнительной вероятности заболеваемости, ассоциированной с действием волн тепла (количество дней, входящих в волну, за 2020 г.), и средневзвешенной тяжести заболеваний в разрезе классов болезней, используемых в качестве ответов. Тяжесть заболеваний определялась в соответствии с публикацией Всемирной организации здравоохранения WHO methods and data sources for global burden of disease estimates 2000–2019 [23].

Результаты и их обсуждение. Разработаны подходы к оценке рисков здоровью населения, формирующихся в условиях сочетанного воздействия климатических факторов и обусловленного ими химического загрязнения атмосферного воздуха. Они включают в себя следующие этапы:

1. Установление приоритетных климатических факторов, которые могут стать причиной формирования риска для здоровья населения, и ассоциированных с ними ответов.

2. Расчет экспозиции климатических факторов.

3. Определение перечня химических веществ, концентрации которых подвержены влиянию климатических факторов, и вероятных ответов со стороны здоровья населения, обусловленных их влиянием.

⁴ МР 2.1.10.0057-12. Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска / утв. и введ. в действие Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 17 января 2012 г. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. – 48 с.

⁵ Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / утв. и введ. в действие Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 5 марта 2004 г. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

⁶ Специализированные массивы для климатических исследований [Электронный ресурс] // ВНИИГМИ-МЦД. – URL: <http://meteo.ru/it/178-aisori> (дата обращения: 15.10.2022).

4. Установление концентраций химических веществ, ассоциированных с влиянием климатического фактора.

5. Расчет и категорирование уровней риска для здоровья населения, формируемых при совместном воздействии климатических факторов и обусловленного ими химического загрязнения атмосферного воздуха с использованием множественной логистической регрессионной модели.

1. Установление приоритетных климатических факторов, которые могут стать причиной формирования риска для здоровья населения, и ассоциированных с ними ответов. Фактор считается приоритетным для анализируемой территории, если значения величин определяющих его показателей достоверно отличаются от средних значений величин, характерных для данной территории за анализируемый период времени, или выходят за пределы установленных диапазонов комфорта или пороговых уровней.

В качестве порогового уровня / границы диапазона комфорта рассматриваются величины, характеризующие значение экспозиции климатического фактора, которое, вероятно, не приводит к возникновению неблагоприятных эффектов для здоровья населения, ассоциированных с влиянием данного фактора. Его определение осуществляется на основе количественных параметров зависимости между величинами экспозиции климатических факторов и распространенности ассоциированных заболеваний, которые могут быть установлены по данным анализа литературных данных или с использованием методов математического моделирования.

Для определения перечня ответов со стороны здоровья населения, обусловленных влиянием выделенных климатических факторов, проводится анализ научной литературы на наличие достоверных причинно-следственных связей, характеризующих существование потенциальной опасности для здоровья человека, обусловленной влиянием анализируемых климатических показателей. Могут быть использованы как показатели, характеризующие влияние отдельных метеорологических элементов, так и показатели комплексного воздействия нескольких климатических факторов (например, биоклиматические индексы – эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ), нормальная эквивалентно-эффективная температура (НЭЭТ), радиационная эквивалентно-эффективная температура (РЭЭТ), биологически активная температура (БАТ) и др.).

2. Расчет экспозиции климатических факторов. Особенностью расчета экспозиции климатических факторов является то, что в качестве экспозиции принимается не все время воздействия, а только те периоды, во время которых значения показателей климатических факторов выходили за пределы пороговых уровней или диапазонов, в рамках которых, вероятно, не происходит влияния на здоровье населения. Кроме того, в ряде случаев определяется величина превышения показателя по отношению к пороговому уровню или отклонению от установленного диапазона (в °С, мм рт. ст., единицах индекса и др.).

3. **Определение перечня химических веществ, концентрации которых подвержены влиянию климатических факторов, и вероятных ответов со стороны здоровья населения, обусловленных их влиянием.** Первоначально проводится установление климатических факторов характерных для анализируемой территории, которые потенциально способны приводить к увеличению концентраций химических веществ в атмосферном воздухе, и перечня данных веществ. Кроме того, для данных факторов устанавливаются диапазоны / пороги действия данных, за пределами которых, по данным анализа литературы, они не оказывают влияния.

Если фактические значения величин климатического фактора на анализируемой территории достоверно отличаются от средних значений величин, характерных для данной территории за анализируемый период времени, или выходят за пределы установленных диапазонов / порогов действия, то на данной территории они способны оказывать потенциальное влияние на увеличение концентраций химических веществ. В связи с этим в итоговый перечень химических веществ включаются только те, концентрации которых изменяются под влиянием климатических факторов, значения которых на данной территории выходят за пределы установленных диапазонов / порогов определяющих их показателей.

Установление ответов со стороны здоровья населения, обусловленных влиянием выделенных химических веществ, может быть проведено как на основе Р 2.1.10.1920-04⁷, так и по результатам анализа данных научной литературы.

4. Установление концентраций химических веществ, ассоциированных с влиянием климатического фактора. Устанавливается анализируемый временной период, который будет включать в себя те дни / недели / месяцы, в течение которых наблюдались изменения климатических факторов и их показателей, способных привести к увеличению концентраций химических веществ в атмосферном воздухе («неблагоприятные периоды»), и периоды, во время которых, вероятно, не происходит влияния на концентрации химических веществ («благопри-

⁷ Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / утв. и введ. в действие Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 5 марта 2004 г. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

ятные периоды)). Определяются фактические концентрации химических веществ, входящих в перечень веществ, установленных на предыдущем этапе, для каждого из дней, входящих в «неблагоприятные» и «благоприятные» периоды. Разница между концентрациями химических веществ в те дни, которые относятся к «неблагоприятным» и «благоприятным» периодам, рассматривается в качестве концентрации, обусловленной влиянием климатических факторов.

5. Расчет и категорирование уровней риска для здоровья населения, формируемых при совместном воздействии климатических факторов и обусловленного ими химического загрязнения атмосферного воздуха с использованием множественной логистической регрессионной модели. Расчет уровней риска заболеваемости населения представляет собой произведение дополнительной вероятности заболеваемости, ассоциированной с действием климатических факторов и обусловленного ими химического загрязнения атмосферного воздуха, и средневзвешенной тяжести заболеваний в разрезе классов болезней, используемых в качестве ответов.

Дополнительная вероятность заболевания, ассоциированная с сочетанным действием климатических и химических факторов, рассчитывается на основе моделирования причинно-следственных связей с использованием множественного регрессионного анализа.

Общий вид может быть представлен множественной логистической регрессионной моделью:

$$\Delta p = \frac{1}{1 + e^{-(b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2)}},$$

где Δp – дополнительная вероятность заболевания, ассоциированная с совместным воздействием факторов X_1 и X_2 ;

X_1, X_2 – показатели, характеризующие уровень экспозиции климатических и химических факторов;

b_0, b_1, b_2 – параметры математической модели.

Все модели должны проходить проверку на статистическую значимость установленных связей ($p < 0,05$) и экспертную оценку соответствия медико-биологическим представлениям.

В качестве вводных параметров используются уровни экспозиции климатических факторов, концентрации химических веществ, обусловленных влиянием климатических факторов, и заболеваемость населения. Используемые данные должны обладать однородной пространственной и временной детализацией.

При построении математических моделей используются данные о заболеваемости в разрезе классов болезней или нозологических форм, на которые оказывают совместное влияние и климатиче-

ский фактор, и химические вещества, подверженные влиянию климатических факторов.

Для категорирования рассчитанных уровней риска предлагается следующая их классификация: $1,0 \cdot 10^{-6}$ и менее – минимальный уровень риска; $1,1 \cdot 10^{-6} - 1,0 \cdot 10^{-4}$ – допустимый (приемлемый) уровень риска; $1,1 \cdot 10^{-4} - 1,0 \cdot 10^{-3}$ – настораживающий уровень риска; $> 10^{-3}$ – высокий уровень риска. Настораживающий и высокий уровни риска характеризуются как неприемлемые, при установлении которых целесообразно рекомендовать разработку мер по предупреждению нарушений и созданию условий сохранения здоровья населения. При этом они должны быть направлены на те органы и системы, для которых были установлены неприемлемые уровни риска [24].

На данном этапе также может быть проведено определение вкладов химических и климатических факторов в формируемые уровни риска для здоровья населения.

Таким образом, предлагаемые методические подходы позволяют провести расчет и категорирование количественных уровней риска для здоровья населения в условиях сочетанного воздействия климатических факторов и обусловленного ими химического загрязнения атмосферного воздуха.

Температура атмосферного воздуха является одним из ведущих климатических факторов, влияющих на здоровье человека. По данным Доклада об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2021 г., температуры выше климатической нормы наблюдались практически на всей территории страны [7]. Прямым следствием общего роста температуры является изменение частоты и интенсивности климатических аномалий и экстремальных погодных явлений, в том числе волн тепла [16, 17, 21, 25]⁸.

Рассчитано, что для г. Перми средняя температура, определяемая для данной территории как волна жары, составляет 27,5 °С. Данное значение может быть использовано в качестве экспозиции, которая, вероятно, не приводит к возникновению неблагоприятных эффектов для здоровья населения, обусловленных влиянием волн тепла. Определено, что с 2010 по 2020 г. на анализируемой территории наблюдалось девять волн тепла, что обуславливает актуальность данного фактора для анализируемой территории.

В качестве ответов со стороны здоровья населения в условиях влияния волн тепла, по данным анализа литературы, использованы болезни системы кровообращения, а именно – болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением (I10–I15), ишемическая болезнь сердца (I20–I25), другие болезни сердца (I49–I50) и цереброваскулярные болезни (I60–I64) [11, 26–30].

⁸ Климатическая доктрина Российской Федерации [Электронный ресурс] // Президент России: официальный сетевой ресурс. – URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/6365> (дата обращения: 03.03.2023).

Установлено, что наиболее чувствительными группами населения будут являться взрослое население трудоспособного и старше трудоспособного возраста [11, 28].

На этапе расчета экспозиции климатических факторов установлено, что в 2020 г. на территории г. Перми наблюдались две волны тепла – с 8.07 по 12.07 (пять дней) и с 14.07 по 16.07 (три дня). Посуточные превышения температуры над пороговым значением, определяющим для данной территории границы волн тепла (27,5 °C), составили от 1,0 до 3,6 °C.

Волны тепла в г. Перми могут привести к увеличению концентраций диоксида азота, оксида углерода, взвешенных веществ и серы диоксида⁹ [5, 18, 19].

В качестве вероятных ответов, в соответствии с Р 2.1.10.1920-04, для диоксида азота, взвешенных веществ и серы диоксида использованы органы дыхания, а для оксида углерода – сердечно-сосудистая система и процессы развития.

С использованием фактических концентраций анализируемых химических веществ рассчитано, что температура атмосферного воздуха в условиях волн тепла на анализируемой территории привела к увеличению среднесуточных концентраций азота диоксида (концентрация составила 0,03 мг/м³ в стандартных условиях и 0,04 мг/м³ – в условиях волн тепла), оксида углерода (1,11 и 1,83 мг/м³ соответственно) и взвешенных веществ (0,13 и 0,16 мг/м³ соответственно). Концентрации диоксида серы не изменились. Концентрации химических веществ в условиях волн тепла превышали ПДК_{сс} только для взвешенных веществ на 0,1 ПДК_{сс}. Дополнительные концентрации, обусловленные волнами тепла, составили для азота диоксида 0,01 мг/м³ (0,1 ПДК_{сс}), оксида углерода – 0,72 мг/м³ (0,2 ПДК_{сс}), взвешенных веществ – 0,03 мг/м³ (0,2 ПДК_{сс})¹⁰.

В качестве ответов, обусловленных совместным влиянием климатических факторов, и обусловленного ими химического загрязнения атмосферного воздуха на территории г. Перми использованы болезни системы кровообращения, ассоциированные с влиянием волн тепла и оксида углерода.

Результаты корреляционно-регрессионного анализа приведены в табл. 1 (b_0 , b_1 и b_2 – параметры модели, R^2 – коэффициент детерминации). Отображены только статистически значимые связи ($p < 0,05$).

Установлены достоверные зависимости совместного действия волн тепла и оксида углерода и развития заболеваний по группам нозологических форм «ишемическая болезнь сердца» (I20–I25) и «цереброваскулярные болезни» (I60–I69) для населения трудоспособного возраста, а также для населения старше трудоспособного возраста для нозологической формы «другие нарушения сердечного ритма» (I49).

Биологическое правдоподобие полученных моделей подтверждается особенностями механизмов влияния волн тепла и оксида углерода на сердечно-сосудистую систему. При гипертермических состояниях вследствие влияния волн тепла возникает гипотония, обусловленная расширением кровеносных сосудов. Снижение давления способствует компенсаторной тахикардии, что приводит к перенапряжению сердечно-сосудистой системы в результате гипердинамичности кровообращения [11]. Ведущим звеном в патогенезе острого действия оксида углерода является нарушение кислородтранспортной функции гемоглобина и связанное с этим развитие гемической и тканевой гипоксии, которые усугубляются в результате гипердинамичного кровообращения, вызванного волнами тепла. Наиболее подвержены его влиянию ткани головного мозга и сердца, что подтверждается результатами моделирования [31].

Таблица 1

Параметры статистически значимых множественных логистических регрессионных моделей ($p < 0,05$)

Возрастная группа	Класс болезней по МКБ-10	b_0	b_1	b_2	R^2
Взрослое население трудоспособного возраста	Ишемическая болезнь сердца (I20–I25)	-13,78	0,19	0,22	0,2
	Цереброваскулярные болезни (I60–I69)	-11,84	0,01	0,11	0,1
Взрослое население старше трудоспособного возраста	Другие нарушения сердечного ритма (I49)	-15,66	0,48	0,3	0,2

⁹ МР 2.1.10.0057-12. Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска / утв. и введ. в действие Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 17 января 2012 г. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. – 48 с.

¹⁰ СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания / утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. № 2; введ. в действие 01.03.2021 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 15.02.2023).

Таблица 2

Уровни риска для здоровья населения г. Перми, ассоциированные с сочетанным влиянием волн тепла и химическим загрязнением атмосферного воздуха оксидом углерода

Возрастная группа	Ответ	Дополнительная вероятность заболеваемости (в сутки в условиях волны тепла)	Уровень риска (за один день в условиях волны тепла)	Уровень риска для населения г. Перми, обусловленный волнами тепла в 2020 г.	Вклад фактора, %	
					волны тепла	оксид углерода
Взрослое население трудоспособного возраста	Ишемическая болезнь сердца (I20–I25)	$1,66 \cdot 10^{-5}$	$9,59 \cdot 10^{-6}$	$7,68 \cdot 10^{-5}$	88,35	11,65
	Цереброваскулярные болезни (I60–I69)	$2,40 \cdot 10^{-5}$	$1,39 \cdot 10^{-5}$	$1,11 \cdot 10^{-4}$	76,24	23,76
Взрослое население старше трудоспособного возраста	Другие нарушения сердечного ритма (I49)	$8,81 \cdot 10^{-6}$	$5,09 \cdot 10^{-6}$	$4,07 \cdot 10^{-5}$	92,44	7,56

Дополнительная вероятность заболеваемости, обусловленная совместным влиянием волн тепла и оксида углерода, для взрослого населения трудоспособного возраста г. Перми по группе нозологических форм «ишемическая болезнь сердца» (I20–I25) составляет $1,66 \cdot 10^{-5}$, «цереброваскулярные болезни» (I60–I69) – $2,40 \cdot 10^{-5}$, а для населения старше трудоспособного возраста для нозологической формы «другие нарушения сердечного ритма» (I49) – $8,81 \cdot 10^{-6}$ (табл. 2).

Уровни риска развития заболеваний по классу болезней системы кровообращения в рамках выделенных нозологических форм для взрослого населения трудоспособного возраста составили $7,68 \cdot 10^{-5}$ (I20–I25) и $1,11 \cdot 10^{-4}$ (I60–I69), что категоризируется как допустимый (приемлемый) и нарастающий (неприемлемый) уровни риска соответственно. Для населения старше трудоспособного возраста уровень риска составил $4,07 \cdot 10^{-5}$ (I49), что категоризируется как допустимый (приемлемый) уровень риска.

Вклад волн тепла в развитие заболеваний в рамках группы нозологических форм «ишемическая болезнь сердца» (I20–I25) и «цереброваскулярные болезни» (I60–I69) составил 88,35 и 76,24 % соответственно, а оксида углерода – 11,65 и 23,76 % соответственно. Для населения старше трудоспособного возраста вклад климатического фактора в виде волн тепла в развитие болезней по нозологической форме «другие нарушения сердечного ритма» (I49) составил 92,44 %, а оксида углерода – 7,56 %. Это свидетельствует, что для населения г. Перми в 2020 г. наибольшее влияние на развитие данных нозологических форм оказывал климатический фактор.

Таким образом, при апробации предлагаемых подходов установлен неприемлемый уровень риска ($1,11 \cdot 10^{-4}$) для взрослого населения трудоспособного возраста г. Перми в 2020 г., обусловленный цереброваскулярными болезнями (I60–I69), ассоциированный с сочетанным воздействием климатических

факторов в виде волн тепла и обусловленного ими химического загрязнения атмосферы оксидом углерода. Уровни риска для взрослого населения трудоспособного и старше трудоспособного возраста, обусловленные болезнями системы кровообращения в рамках выделенных нозологических форм (ишемическая болезнь сердца (I20–I25) и другие нарушения сердечного ритма (I49)), категоризируются как допустимые (приемлемые).

Выводы. Предложены методические подходы, позволяющие провести расчет, категорирование и оценку приемлемости количественных уровней риска для здоровья населения, формируемых в условиях сочетанного воздействия климатических факторов и обусловленного ими химического загрязнения атмосферного воздуха.

Они включают в себя подходы к установлению приоритетных климатических факторов, которые могут стать причиной формирования риска для здоровья населения, и ассоциированных с ними ответов; расчету экспозиции климатических факторов; определению перечня химических веществ, концентрации которых подвержены влиянию климатических факторов, и вероятных ответов со стороны здоровья населения, обусловленных их влиянием; установлению концентраций химических веществ, ассоциированных с влиянием климатического фактора; расчету и категорированию уровней риска для здоровья населения, формируемых при совместном воздействии климатических факторов и обусловленного ими химического загрязнения атмосферного воздуха, с использованием множественной логистической регрессионной модели.

С применением данных подходов на примере г. Перми в 2020 г. установлен неприемлемый уровень риска ($1,11 \cdot 10^{-4}$) для взрослого населения трудоспособного возраста, обусловленный цереброваскулярными болезнями (I60–I69), ассоциированный с сочетанным воздействием климатических факторов в виде волн тепла и обусловленного ими химического загрязнения атмосферы оксидом углерода.

Уровни риска для взрослого населения трудоспособного и старше трудоспособного возраста, обусловленные болезнями системы кровообращения (ишемическая болезнь сердца (I20–I25) и другие нарушения сердечного ритма (I49)), категоризируются как допустимые (приемлемые) – $7,68 \cdot 10^{-5}$ и $4,07 \cdot 10^{-5}$ соответственно. Вклад климатического фактора

(волны тепла) составил от 76,24 до 92,44 %, химического фактора (оксид углерода) – от 7,56 до 23,76 %.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Системный анализ и синтез влияния динамики климато-экологических факторов на заболеваемость населения севера РФ / В.М. Еськов, А.Г. Назин, С.Н. Русак, О.Е. Филатова, К.А. Хадарцева // Вестник новых медицинских технологий. – 2008. – Т. 15, № 1. – С. 26–29.
2. Zaitseva N., Chetverkina K., Khasanova A. Hazard identification of climate risk factors on health of the far north population // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference – SGEM 2020. – Vienna, Austria, December 08–11, 2020. – Book 4.2. – Vol. 20. – P. 163–168. DOI: 10.5593/sgem2020V/4.2/s06.20
3. Без сожалений: расширение масштабов деятельности по смягчению последствий изменения климата и его воздействия на здоровье людей в европейском регионе ВОЗ. Ключевые сообщения Рабочей группы по охране здоровья в условиях изменения климата [Электронный ресурс] // ВОЗ, Европейское бюро. – 2021. – URL: <https://www.who.int/europe/ru/publications/i/item/WHO-EURO-2021-3198-42956-60023> (дата обращения: 21.02.2023).
4. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Электронный ресурс]. – Geneva: IPCC, 2014. – URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/> (дата обращения: 15.03.2023).
5. The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment [Электронный ресурс] / A. Crimmins, J.L. Balbus, C.B. Gamble, C.B. Beard, J.E. Bell, D. Dodgen, R.J. Eisen, N. Fann [et al.] // U.S. Global Change Research Program. – Washington, DC, 2016. – URL: <https://health2016.globalchange.gov/> (дата обращения: 15.03.2023).
6. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – СПб.: Научное издание, 2022. – 124 с.
7. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2021 год. – М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (РОСГИДРОМЕТ), 2022. – 104 с.
8. Соколов Ю.И. Риски экстремальных погодных явлений // Проблемы анализа риска. – 2018. – Т. 15, № 3. – С. 6–21.
9. Влияние метеорологических факторов в различные сезоны года на частоту возникновения осложнений гипертонической болезни у жителей Новосибирска / В.И. Хаснулин, В.В. Гафаров, М.И. Воевода, Е.В. Разумов, М.В. Артамонова // Экология человека. – 2015. – № 7. – С. 3–8.
10. Влияние температуры воздуха на смертность населения Архангельска в 1999–2008 годах / Ж.Л. Варакина, Е.Д. Юрасова, Б.А. Ревич, Д.А. Шапошников, А.М. Вязьмин // Экология человека. – 2011. – № 6. – С. 28–36.
11. Human Physiology in Extreme Heat and Cold / B.M. Beker, C. Cervellera, A. De Vito, C.G. Musso // Int. Arch. Clin. Physiol. – 2018. – Vol. 1, № 1. – P. 1–8. DOI: 10.23937/iacph-2017/1710001
12. McMichael A.J., Lindgren E. Climate change: present and future risks to health, and necessary responses // J. Intern. Med. – 2011. – Vol. 270, № 5. – P. 401–413. DOI: 10.1111/j.1365-2796.2011.02415.x
13. Brasseur G.P. Implications of Climate Change for Air Quality [Электронный ресурс] // World Meteorological Organization (WMO). – URL: <https://public.wmo.int/en/bulletin/implications-climate-change-air-quality> (дата обращения: 18.02.2023).
14. Impact of climate change on the future chemical composition of the global troposphere / G.P. Brasseur, M. Schultz, C. Granier, M. Saunois, T. Diehl, M. Botzet [et al.] // J. Climate. – 2006. – Vol. 19, № 16. – P. 3932–3951. DOI: 10.1175/jcli3832.1
15. Бюллетень ВМО. Погода, климат и воздух, которым мы дышим [Электронный ресурс]. – 2009. – Т. 58, № 1. – URL: http://mgmtmo.ru/edumat/wmo/bulletin_58-1_ru.pdf (дата обращения: 08.02.2023).
16. Атлас смертности и экономических потерь в результате экстремальных метеорологических, климатических и гидрологических явлений (1970–2019 гг.) // Всемирная метеорологическая организация. – 2021. – 90 с.
17. Стратегия адаптации к воздействию изменения климата на здоровье населения для Архангельской области и Ненецкого автономного округа Российской Федерации: монография / П.И. Сидоров, Л.И. Меньшикова, Р.В. Бузинов, А.М. Вязьмин, Г.Н. Дегтева, А.Л. Санников, Т.В. Балаева, В.П. Болтенков [и др.]. – Архангельск: ООО «Триада», 2012. – 98 с.
18. Does temperature modify the association between air pollution and mortality? A multicity case-crossover analysis in Italy / M. Stafoggia, J. Schwartz, F. Forastiere, C.A. Perucci, SISTI Group // Am. J. Epidemiol. – 2008. – Vol. 167, № 12. – P. 1476–1485. DOI: 10.1093/aje/kwn074
19. Акимов Л.М., Акимов Е.Л. Сезонная динамика и пространственное распределение концентраций антропогенных загрязнителей в воздухе г. Воронеж // Региональные геосистемы. – 2021. – Т. 45, № 4. – С. 545–557. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-4-545-557
20. Оценка влияния комплекса метеопараметров на рассеивание выбросов от стационарных источников загрязнения на примере территории города Нижнекамска / И.Г. Григорьева, Ю.А. Тунакова, Р.А. Шагидуллина, В.С. Валиев, О.Н. Кузнецова // Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 15. – С. 268–270.

21. Изменение климата и здоровье [Электронный ресурс] // ВОЗ. – 2021. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health> (дата обращения: 18.03.2023).
22. Бринчук М.М. Стихийные бедствия как фактор адаптации общества к изменениям климата // Юридический вестник Дагестанского государственного университета. – 2020. – Т. 34, № 2. – С. 14–21. DOI: 10.21779/2224-0241-2020-34-2-14-21
23. WHO methods and data sources for global burden of disease estimates 2000–2019 [Электронный ресурс] // WHO. – 2020. – URL: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/gho-documents/global-health-estimates/ghes2019_daly-methods.pdf?sfvrsn=31b25009_7 (дата обращения: 16.03.2023).
24. К оценке риска для здоровья населения, обусловленного влиянием климатических факторов в условиях Крайнего Севера / П.З. Шур, Д.А. Кирьянов, М.Р. Камалудинов, А.А. Хасанова // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 3. – С. 53–62. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.04
25. Ревич Б.А., Григорьева Е.А. Риски здоровью Российского населения от погодных экстремумов в начале XXI в. Часть 1. Волны жары и холода // Проблемы анализа риска. – 2021. – Т. 18, № 2. – С. 12–33. DOI: 10.32686/1812-5220-2021-18-2-12-33
26. Жара и сердечно-сосудистые заболевания (обзор эпидемиологических исследований) / И.Л. Козловская, О.С. Булкина, В.В. Лопухова, Н.А. Чернова, О.В. Иванова, Т.Е. Колмакова, Ю.А. Карпов // Терапевтический архив. – 2015. – Т. 87, № 9. – С. 84–90. DOI: 10.17116/terarkh201587984-90
27. Kilbourne E.M. The spectrum of illness during heat waves // Am. J. Prev. Med. – 1999. – Vol. 16, № 4. – P. 359–360. DOI: 10.1016/s0749-3797(99)00016-1
28. Ревич Б.А. Волны жары в мегаполисах и пороги их воздействия на смертность населения // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 11. – С. 1073–1078. DOI: 10.47470/0016-9900-2017-96-11-1073-1078
29. Revich B.A., Shaposhnikov D.A. Excess mortality during heat waves and cold spells in Moscow, Russia // Occup. Environ. Med. – 2008. – Vol. 65, № 10. – P. 691–696. DOI: 10.1136/oem.2007.033944
30. Черных Д.А., Тасейко О.В. Оценка риска от температурных волн, влияющих на повышение уровня смертности населения г. Красноярск // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2017. – Т. 2, № 13. – С. 678–680.
31. Toxicological profile for carbon monoxide. – Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2012. – 347 p.

Методические подходы к оценке риска здоровью населения в условиях сочетанного воздействия климатических факторов и обусловленного ими химического загрязнения атмосферы / П.З. Шур, А.А. Хасанова, М.Ю. Цинкер, Н.В. Зайцева // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 2. – С. 58–68. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.05

UDC 613.1; 614

DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.05.eng



Research article

METHODICAL APPROACHES TO ASSESSING PUBLIC HEALTH RISKS UNDER COMBINED EXPOSURE TO CLIMATIC FACTORS AND CHEMICAL AIR POLLUTION CAUSED BY THEM

P.Z. Shur, A.A. Khasanova, M.Yu. Tsinker, N.V. Zaitseva

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

The ongoing climate change makes its contribution to public health risks. These risks can be caused both due to direct impacts of the process and modifying influence exerted by climatic factors on chemical levels in ambient air. Given that, it is advisable to develop methodical approaches that give an opportunity to quantify public health risks under combined influence of climatic factors and chemical air pollution caused by them.

In this study, we suggest methodical approaches eligible for calculating, assigning a category and assessing acceptability of public health risks under climatic exposures considering their influence on chemical air pollution. We outline approaches to establishing priority climatic factors, calculating exposure levels and associated responses; making up a list of chemicals levels of which are influenced by climatic factors and probable health outcomes caused by exposure to them; identifying levels of chemicals associated with climatic influence; calculating and assigning a category for public health risks associated with combined exposure to climatic and chemical factors using a multiple logistic regression model.

We tested the approaches using data collected in Perm in 2020. As a result, we established an unacceptable health risk for working age population ($1.11 \cdot 10^{-4}$) due to cerebrovascular diseases (I60–I69). This risk was associated with combined exposure to climatic factors (heat waves) and associated chemical air pollution (high levels of carbon oxide). Risk levels for working age population and older age groups due to diseases of the circulatory system (ischaemic heart diseases (I20–I25) and other cardiac arrhythmias (I49)) were rated as permissible (acceptable), $7.68 \cdot 10^{-5}$ and $4.07 \cdot 10^{-5}$ accordingly. The contribution made by the analyzed climatic factor (heat waves) varied between 76.24 and 92.44 %; the analyzed chemical factor (carbon oxide), between 7.56 and 23.76 %.

Keywords: climate, climatic factors, chemical air pollution, public health risk assessment, quantitative indicators, heat wave, carbon oxide, multifactorial models.

References

1. Es'kov V.M., Nazin A.G., Rusak S.N., Filatova O.E., Khadartseva K.A. The system analysis and synthesis of influence of dynamics of climatic and ecological factors on disease of the population in North. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii*, 2008, vol. 15, no. 1, pp. 26–29 (in Russian).
2. Zaitseva N., Chetverkina K., Khasanova A. Hazard identification of climate risk factors on health of the far north population. *20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference – SGEM 2020*. Vienna, Austria, December 08–11, 2020, book 4.2, vol. 20, pp. 163–168. DOI: 10.5593/sgem2020V4.2/s06.20
3. Zero regrets: scaling up action on climate change mitigation and adaptation for health in the WHO European Region. Key messages from the Working Group on health in climate change. *WHO*, 2021. Available at: <https://www.who.int/europe/publications/i/item/WHO-EURO-2021-3198-42956-60023> (February 21, 2023).
4. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland, IPCC, 2014. Available at: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/> (March 15, 2023).
5. Crimmins A., Balbus J.L., Gamble C.B., Beard C.B., Bell J.E., Dodgen D., Eisen R.J., Fann N. [et al.]. The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment. *U.S. Global Change Research Program*. Washington, DC, 2016. Available at: <https://health2016.globalchange.gov/> (March 15, 2023).
6. Tretii otsenochnyi doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii. Obshchee rezyume [The third assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. General summary]. Saint Petersburg, Naukoemkie tekhnologii, 2022, 124 p. (in Russian).
7. Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiiskoi Federatsii za 2021 god [A report on climate features on the territory of the Russian Federation in 2021]. Moscow, Russian Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (ROSHYDROMET), 2022, 104 p. (in Russian).
8. Sokolov Yu.I. Riski ekstremal'nykh pogodnykh yavlenii [Risks of extreme weather events]. *Problemy analiza riska*, 2018, vol. 15, no. 3, pp. 6–21 (in Russian).
9. Khasnulin V.I., Gafarov V.V., Voevoda M.I., Razumov E.V., Artamonova M.V. Influence of meteorological factors in different seasons on incidence of hypertensive disease complications in Novosibirsk residents. *Ekologiya cheloveka*, 2015, no. 7, pp. 3–8 (in Russian).
10. Varakina Zh.L., Yurasova E.D., Revich B.A., Shaposhnikov D.A., Vyazmin A.M. Air temperature impact on mortality in Arkhangelsk in 1999–2008. *Ekologiya cheloveka*, 2011, no. 6, pp. 28–36 (in Russian).
11. Beker B.M., Cervellera C., De Vito A., Musso C.G. Human Physiology in Extreme Heat and Cold. *Int. Arch. Clin. Physiol.*, 2018, vol. 1, no. 1, pp. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.23937/iacph-2017/1710001>
12. McMichael A.J., Lindgren E. Climate change: present and future risks to health, and necessary responses. *J. Intern. Med.*, 2011, vol. 270, no. 5, pp. 401–413. DOI: [10.1111/j.1365-2796.2011.02415.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2796.2011.02415.x)
13. Brasseur G.P. Implications of Climate Change for Air Quality. *WMO*. Available at: <https://public.wmo.int/en/bulletin/implications-climate-change-air-quality> (February 18, 2023).
14. Brasseur G.P., Schultz M., Granier C., Saunio M., Diehl T., Botzet M. [et al.]. Impact of climate change on the future chemical composition of the global troposphere. *J. Climate*, 2006, vol. 19, no. 16, pp. 3932–3951. DOI: [10.1175/jcli3832.1](https://doi.org/10.1175/jcli3832.1)
15. WMO Bulletin. Weather, Climate and the Air We Breathe, 2009, vol. 58, no. 1. Available at: http://mgmtmo.ru/edumat/wmo/bulletin_58-1_ru.pdf (February 8, 2023) (in Russian).
16. The Atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970–2019). *WMO*, 2021, 90 p. (in Russian).

© Shur P.Z., Khasanova A.A., Tsinker M.Yu., Zaitseva N.V., 2023

Pavel Z. Shur – Doctor of Medical Sciences, Chief Researcher-Academic Secretary (e-mail: shur@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5171-3105>).

Anna A. Khasanova – Researcher at the Health Risk Analysis Department (e-mail: KhasanovaAA@inbox.ru; tel.: +7 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7438-0358>).

Mikhail Yu. Tsinker – Junior Researcher at the Situation Modeling and Expert and Analytical Management Techniques Laboratory (e-mail: cinker@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2639-5368>).

Nina V. Zaitseva – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Scientific Director (e-mail: znv@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-25-34; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2356-1145>).

17. Sidorov P.I., Men'shikova L.I., Buzinov R.V., Vyaz'min A.M., Degteva G.N., Sannikov A.L., Balaeva T.V., Boltenkov V.P. [et al.]. Strategiya adaptatsii k vozdeistviyu izmeneniya klimata na zdorov'e naseleniya dlya Arkhangel'skoi oblasti i Nenetskogo avtonomnogo okruga Rossiiskoi Federatsii [Strategy for adaptation to the impact of climate change on public health for the Arkhangelsk region and the Nenets Autonomous Area of the Russian Federation]. Arkhangel'sk, ООО «Triada», 2012, 98 p. (in Russian).
18. Stafoggia M., Schwartz J., Forastiere F., Perucci C.A., SISTI Group. Does temperature modify the association between air pollution and mortality? A multicity case-crossover analysis in Italy. *Am. J. Epidemiol.*, 2008, vol. 167, no. 12, pp. 1476–1485. DOI: <https://doi.org/10.1093/aje/kwn074>
19. Akimov L.M., Akimov E.L. Seasonal Dynamics and Spatial Distribution of Anthropogenic Pollutants Concentrations in the Air of Voronezh. *Regional'nye geosistemy*, 2021, vol. 45, no. 4, pp. 545–557 (in Russian).
20. Grigor'eva I.G., Tunakova Yu.A., Shagidullina R.A., Valiev V.S., Kuznetsova O.N. Otsenka vliyaniya kompleksa meteoroparametrov na rasseivanie vybrosov ot stacionarnykh istochnikov zagryazneniya na primere territorii goroda Nizhnekamska [Assessment of the impact of a set of meteorological parameters on the dispersion of emissions from stationary sources of pollution on the example of the territory of the city of Nizhnekamsk]. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*, 2015, vol. 18, no. 15, pp. 268–270 (in Russian).
21. Climate change and health. WHO, 2021. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health> (March 18, 2023).
22. Brinchuk M.M. Natural disasters as a factor in society's adaptation to climate change. *Yuridicheskii vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2020, vol. 34, no. 2, pp. 14–21. DOI: 10.21779/2224-0241-2020-34-2-14-21 (in Russian).
23. WHO methods and data sources for global burden of disease estimates 2000–2019. WHO, 2020. Available at: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/gho-documents/global-health-estimates/ghs2019_daly-methods.pdf?sfvrsn=31b25009_7 (March 16, 2023).
24. Shur P.Z., Kiryanov D.A., Kamaltdinov M.R., Khasanova A.A. Assessing health risks caused by exposure to climatic factors for people living in the Far North. *Health Risk Analysis*, 2022, no. 3, pp. 53–62. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.04.eng
25. Revich B.A., Grigorieva E.A. Health risks to the Russian population from weather extremes in the beginning of the XXI century. Part 1. Heat and cold waves. *Problemy analiza riska*, 2021, vol. 18, no. 2, pp. 12–33. DOI: 10.32686/1812-5220-2021-18-2-12-33 (in Russian).
26. Kozlovskaya I.L., Bulkina O.S., Lopukhova V.V., Chernova N.A., Ivanova O.V., Kolmakova T.E., Karpov Yu.A. Heat and cardiovascular diseases: A review of epidemiological surveys. *Terapevticheskii arkhiv*, 2015, vol. 87, no. 9, pp. 84–90. DOI: 10.17116/terarkh201587984-90 (in Russian).
27. Kilbourne E.M. The spectrum of illness during heat waves. *Am. J. Prev. Med.*, 1999, vol. 16, no. 4, pp. 359–360. DOI: 10.1016/s0749-3797(99)00016-1
28. Revich B.A. Heat-waves in metropolises and thresholds of their impact on public health. *Gigiena i sanitariya*, 2017, vol. 96, no. 11, pp. 1073–1078. DOI: 10.47470/0016-9900-2017-96-11-1073-1078 (in Russian).
29. Revich B.A., Shaposhnikov D.A. Excess mortality during heat waves and cold spells in Moscow, Russia. *Occup. Environ. Med.*, 2008, vol. 65, no. 10, pp. 691–696. DOI: 10.1136/oem.2007.033944
30. Chernykh D.A., Taseiko O.V. Assessment of the risk mortality from heat waves in Krasnoyarsk city. *Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavтики*, 2017, vol. 2, no. 13, pp. 678–680 (in Russian).
31. Toxicological profile for carbon monoxide. Atlanta, GA, U.S. Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2012, 347 p.

Shur P.Z., Khasanova A.A., Tsinker M.Yu., Zaitseva N.V. Methodical approaches to assessing public health risks under combined exposure to climatic factors and chemical air pollution caused by them. *Health Risk Analysis*, 2023, no. 2, pp. 58–68. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.05.eng

Получена: 02.04.2023

Одобрена: 19.05.2023

Принята к публикации: 02.06.2023



Научная статья

К РАСЧЕТУ КОЛИЧЕСТВА СЛУЧАЕВ ЗАБОЛЕВАНИЙ НАСЕЛЕНИЯ, АССОЦИИРОВАННЫХ С ОСТРЫМ КРАТКОВРЕМЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВРЕДНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

Д.А. Кирьянов, М.Ю. Цинкер, Д.Р. Хисматуллин

Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

Разработаны методические подходы для расчета уровней нарушений здоровья, обусловленных кратковременным воздействием загрязнения атмосферного воздуха. Установлены и параметризованы зависимости для количественной оценки вероятных ответов со стороны здоровья населения на события, связанные с превышением концентрации химических веществ соответствующего референтного уровня. Моделирование зависимостей выполнялось с использованием методов системного анализа на основе динамических рядов данных о качестве атмосферного воздуха в точках контроля и обращаемости населения за медицинской помощью в муниципальных образованиях с общей численностью более 5 млн человек. Формализованы зависимости, отражающие интенсивность процесса формирования острых нарушений здоровья под воздействием кратковременных превышений концентраций химических веществ в атмосферном воздухе соответствующих референтных значений, наблюдаемых в точках контроля. Полученные модели опираются на официальные данные и могут быть использованы для оценки и прогнозирования рисков здоровью населения любой территории, в которой проводятся мониторинговые исследования качества воздуха.

Апробация формализованных зависимостей выполнена для решения задачи определения уровней ассоциированной заболеваемости, связанной с острым кратковременным воздействием загрязнения атмосферного воздуха крупного промышленного центра. Установлено, что, по данным за 2020 г., наибольшая ассоциированная заболеваемость связана с воздействием бензола (в среднем на $0,364 \text{ мг/м}^3$) в атмосферном воздухе по нозологическим формам «Другие аллергические риниты» и «Астма с преобладанием аллергического компонента».

Полученные на данном этапе результаты планируется использовать при разработке методических подходов к оценке и прогнозированию химических рисков для здоровья в зонах влияния опасных химических объектов в условиях высоких кратковременных уровней загрязнения.

Ключевые слова: атмосферный воздух, риск здоровью населения, приоритетные загрязняющие вещества, математическое моделирование, обращаемость за медицинской помощью, концентрации веществ, ассоциированная заболеваемость.

Повышение продолжительности и качества жизни, сохранение, укрепление и охрана здоровья населения являются приоритетными направлениями политики Российской Федерации¹. Постав-

ленные цели достигаются за счет широкого перечня мероприятий, в том числе за счет обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия². Так, в 2019–2024 гг. правительством РФ в рамках нацио-

© Кирьянов Д.А., Цинкер М.Ю., Хисматуллин Д.Р., 2023

Кирьянов Дмитрий Александрович – кандидат технических наук, заведующий отделом математического моделирования систем и процессов (e-mail: kda@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5406-4961>).

Цинкер Михаил Юрьевич – младший научный сотрудник лаборатории ситуационного моделирования и экспертно-аналитических методов управления (e-mail: cinker@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2639-5368>).

Хисматуллин Дмитрий Расулович – младший научный сотрудник лаборатории информационно-вычислительных систем и технологий (e-mail: hisdr@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7615-6816>).

¹ О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 [Электронный ресурс] // Президент России: официальный сетевой ресурс. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027> (дата обращения: 19.12.2022); О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года: Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 [Электронный ресурс] // Президент России: официальный сетевой ресурс. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726> (дата обращения: 19.12.2022); Концепция демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года / утв. указом Президента РФ от 9 октября 2007 г. № 1351 [Электронный ресурс] // Президент России: официальный сетевой ресурс. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/26299/page/1> (дата обращения: 19.12.2022).

² О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. – 340 с.

нального проекта «Экология»³ реализуется федеральный проект «Чистый воздух»⁴, направленный на снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха в крупных промышленных центрах.

В рамках проекта предусматривается использование показателей риска для здоровья населения в качестве критериев результативности и эффективности мероприятий, направленных на повышение качества атмосферного воздуха⁵. При этом особого внимания требует оценка неканцерогенных острых рисков здоровью, возникающих уже при кратковременных вредных воздействиях химических веществ (с продолжительностью не более 24 ч).

Классическая методология оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду, представлена в руководстве Р 2.1.10.1920-04⁶, основывается на расчете индексов и коэффициентов опасности (*HQ* и *HI*) химических веществ, поступающих в организм различными путями. Методология, представленная в руководстве, отличается относительной простотой и широко используется в научных и практических задачах, предусматривающих оценку и управление рисками для здоровья [1–3].

Вместе с тем, если понимать риск как количественную характеристику, отражающую вероятные негативные ответы со стороны здоровья, использование индексов опасности в качестве единственного оценочного критерия значительно ограничивает возможности гигиенического анализа состояния исследуемых территорий, расчета экономических ущербов, обоснования программ мероприятий, определения их ожидаемой эффективности и результативности.

В связи с этим существенным расширением аналитического инструментария при проведении процедуры оценки риска является использование системного подхода, предусматривающего формализацию причинно-следственных связей между показателями качества среды обитания и состоянием здоровья населения.

Следует отметить, что построение системы причинно-следственных связей является нетривиальной задачей, требующей максимально объективного подхода на всех этапах моделирования, начи-

мая с формирования обучающей выборки, заканчивая обоснованием вида математических моделей и методов определения параметров.

В настоящее время для формализации зависимостей широко распространено проведение эпидемиологических исследований [4], на основе которых устанавливаются параметры зависимостей «концентрация – ответ» или «доза – ответ». Чаще всего в качестве ответов со стороны здоровья на загрязнение атмосферного воздуха выступают показатели общей смертности населения [5, 6]; смертность от заболеваний системы кровообращения и органов дыхания [7, 8]; госпитализации по поводу болезней системы кровообращения и респираторных заболеваний [9, 10].

Следует обратить внимание, что практически все представленные в научной литературе результаты проведения эпидемиологических исследований отражают частные случаи процесса формирования заболеваемости и смертности населения, характерные для возрастных групп, природно-климатических, социально-экономических условий проживания, особенностей рабочей среды и других ограничений выборочных совокупностей, сужающих области применимости полученных зависимостей. Более того, большинство значимых исследований были проведены в девяностых годах прошлого столетия, и не существует единого обобщающего документа, содержащего параметры установленных зависимостей, пригодных для широкого применения в задачах оценки острого риска здоровью.

Цель исследования – являлось научное обоснование и параметризация моделей причинно-следственных связей для количественной оценки острого риска здоровью населения, обусловленного воздействием загрязнения атмосферного воздуха химическими веществами.

Материалы и методы. Моделирование влияния факторов загрязнения атмосферного воздуха на формирование острых ответов со стороны здоровья населения проводилось на основе динамических рядов данных результатов лабораторных измерений концентраций химических веществ на стационарных постах наблюдений, выполненных в рамках углубленных скрининговых исследований в 2021–2022 гг., и суточной обра-

³ Паспорт национального проекта «Экология» / утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам 24.12.2018 (протокол № 16) [Электронный ресурс] // Правительство России: официальный сетевой ресурс. – URL: <http://static.government.ru/media/files/pgU5Ccz2iVew3Aoel5vDGSBjbDn4t7FI.pdf> (дата обращения: 02.10.2022).

⁴ Паспорт федерального проекта «Чистый воздух»: приложение к протоколу заседания проектного комитета по национальному проекту «Экология» от 21 декабря 2018 г. № 3 [Электронный ресурс] // Министерство природных ресурсов и экологии Кузбасса. – URL: <http://kuzbassco.ru/wp-content/uploads/2019/09/%D0%A4%D0%9F%D0%A7%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%8B%D0%B9-%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%83%D1%85-%D0%9F%D0%B0%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82.pdf> (дата обращения: 02.10.2022).

⁵ МР 5.1.0158-19. Оценка экономической эффективности реализации мероприятий по снижению уровней загрязнения атмосферного воздуха на основании оценки риска здоровью населения: методические рекомендации / утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 02.12.2019 [Электронный ресурс] // МЕГАНОРМ: система нормативных документов. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293720/4293720160.pdf> (дата обращения: 10.10.2022).

⁶ Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

щаемости населения за медицинской помощью. В качестве территорий исследования выступали промышленные центры, характеризующиеся значительными уровнями загрязнения атмосферного воздуха.

Процедура моделирования предполагала выполнение трех этапов, первый из которых заключался в предварительной подготовке данных, второй – в проведении динамического анализа показателей, третий – в построении моделей зависимостей.

На этапе предварительной подготовки проводились: выкопировка данных из реестров обращений за медицинской помощью в зонах проживания, прилегающих к постам наблюдений за качеством атмосферного воздуха; выкопировка данных результатов лабораторного контроля качества атмосферного воздуха в точках контроля на исследуемых территориях; согласование массивов информации по территориям, датам и точкам контроля.

Исходными данными для выполнения первого этапа работы служили электронные таблицы, содержащие сведения о зарегистрированных случаях заболеваний, предоставленные территориальными органами Фонда обязательного медицинского страхования (ТФОМС), и информация о концентрациях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в точках контроля по результатам проведения социально-гигиенического мониторинга (СГМ), предоставленная управлениями Роспотребнадзора на исследуемых территориях.

В рамках этапа предварительной подготовки данных проводилось согласование информации по территориям, датам и географическому расположению адресов проживания населения относительно точек контроля атмосферного воздуха. Для этого

было проведено геокодирование всей совокупности полученных данных с выделением зон проживания населения, прилегающих к точкам контроля, в качестве которых выступали жилые строения, попадающие в окружность радиусом 500 м. На рис. 1 представлен пример результатов зонирования территории с выделением зон репрезентативности постов мониторинга качества атмосферного воздуха.

Для выделенных зон определялась суточная обращаемость населения за медицинской помощью, выраженная в случаях на 100 тысяч населения, для трех возрастных групп (дети в возрасте 0–17 лет, взрослые трудоспособного возраста, взрослые старше трудоспособного возраста) по нозологическим формам, характеризующим острые реакции со стороны здоровья в условиях кратковременного воздействия химических факторов из атмосферного воздуха (табл. 1).

Нозологии «Другие аллергические риниты (J30.3)» и «Астма с преобладанием аллергического компонента (J45.0)» представлены в табл. 1 в двух местах, так как могут являться клиническими проявлениями нарушений здоровья как со стороны органов дыхания, так и иммунной системы.

В качестве действующих факторов для моделирования зависимостей выступали максимальные разовые концентрации загрязняющих веществ, исследуемых в точках контроля. Перечень химических веществ, исследуемых в точках контроля, а также потенциальные критические органы и системы, на которые воздействуют приведенные вещества (согласно руководству по оценке рисков для здоровья населения⁷), приведены в табл. 2.

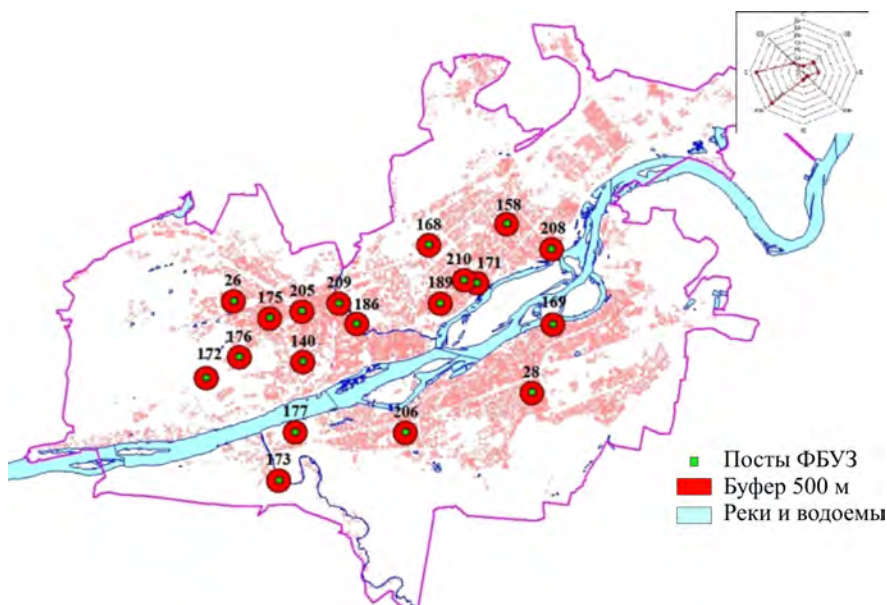


Рис. 1. Пример пространственного расположения зон проживания населения вблизи точек контроля качества атмосферного воздуха в крупном промышленном центре

⁷ Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

Таблица 1

Перечень нозологических форм, выступающих в качестве ответов на острое воздействие загрязнения атмосферного воздуха

Критические органы и системы	Нозологическая форма
Органы дыхания	J02.9. Острый фарингит неуточненный
	J04.0. Острый ларингит
	J04.1. Острый трахеит
	J04.2. Острый ларинготрахеит
	J20.9. Острый бронхит неуточненный
	J30.3. Другие аллергические риниты
	J30.4. Аллергический ринит неуточненный
	J31. Хронический ринит, назофарингит и фарингит
	J37. Хронический ларингит и ларинготрахеит
	J39.9. Болезнь верхних дыхательных путей неуточненная
	J40. Бронхит, не уточненный как острый или хронический
	J42. Хронический бронхит неуточненный
	J44. Другая хроническая обструктивная легочная болезнь
	J45.0. Астма с преобладанием аллергического компонента
	J45.8. Смешанная астма
	J45.9. Астма неуточненная
	J46. Астматическое состояние [status asthmaticus]
Глаза и слизистые	J68. Респираторные состояния, вызванные вдыханием химических веществ, газов, дымов и паров
	J96.0. Острая респираторная недостаточность
	H10. Конъюнктивит
	H16.1. Другие поверхностные кератиты без конъюнктивита
	H16.2. Кератоконъюнктивит
	H16.8. Другие формы кератита
Иммунная система	H16.9. Кератит неуточненный
	J30.3. Другие аллергические риниты
Центральная нервная система	J45.0. Астма с преобладанием аллергического компонента
	R27. Другое нарушение координации
	R51. Головная боль
	R53. Недомогание и утомляемость
	G47.9. Нарушение сна неуточненное

Таблица 2

Перечень химических веществ, определяемых в точках контроля качества атмосферного воздуха исследуемых территорий в условиях их краткосрочного воздействия

№ п/п	Химическое вещество	Критические органы и системы
1	1,2-Дихлорэтан	Иммунная система
2	Азот (II) оксид	Органы дыхания
3	Азота диоксид	Органы дыхания
4	Аммиак	Органы дыхания; глаза и слизистые
5	Ацетальдегид	Глаза и слизистые
6	Бензол	Иммунная система
7	Взвешенные вещества	Органы дыхания
8	Взвешенные частицы PM ₁₀	Органы дыхания
9	Взвешенные частицы PM _{2,5}	Органы дыхания
10	Фенол	Органы дыхания; глаза и слизистые
11	Гидрохлорид	Органы дыхания
12	Дигидросульфид	Органы дыхания
13	Диметилбензол (смесь о-, м-, п- изомеров)	Органы дыхания; глаза и слизистые; ЦНС
14	Дихлорметан (метилен хлористый)	ЦНС
15	Медь оксид (в пересчете на медь)	Органы дыхания
16	Метилбензол	Органы дыхания; ЦНС
17	Никель (никель металлический)	Органы дыхания; иммунная система
18	Никель оксид	Органы дыхания; иммунная система
19	Озон	Органы дыхания
20	Сера диоксид	Органы дыхания
21	Серная кислота	Органы дыхания
22	Тетрахлорэтилен	Органы дыхания; глаза и слизистые
23	Формальдегид	Органы дыхания; глаза и слизистые
24	Фтористые газообразные соединения	Органы дыхания
25	Хлор	Органы дыхания
26	Этантиол	Органы дыхания

Согласование данных о содержании загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и состоянии здоровья населения проводилось по составному «ключевому параметру», объединяющему территорию исследования, номер точки контроля, дату исследования (измерения).

Динамический анализ подготовленных на первом этапе данных проводился отдельно для каждого химического вещества, измеренного в точке контроля, и состоял в выделении событий, характеризующихся превышением концентрациями химических веществ их референтного уровня для острого воздействия. При отсутствии референтного уровня в качестве критерия использовали ПДК_{мр}. При появлении таких событий в отдельной таблице данных фиксировалась дата этого события и значение превышения концентрации химического вещества его референтного уровня. Факт превышения референтного уровня считался фактором воздействия, в качестве вероятного ответа на которое выступала относительная обращаемость населения в течение трех суток от даты превышения. В результате проведения динамического анализа была подготовлена электронная таблица, включающая величины превышения концентраций химических веществ референтного уровня и соответствующие им значения обращаемости населения за медицинской помощью в течение трех суток.

Моделирование зависимостей выполнялось по результатам проведения динамического анализа с применением методов регрессионного анализа и использованием средств программного комплекса *R-studio*. В качестве независимых переменных выступали зафиксированные значения превышений концентраций над референтным уровнем:

$$\Delta x_i(T) = x_i(T) - x_i^{ARfc}, \quad (1)$$

где Δx_i – превышение концентрации i -го химического вещества референтного значения для острого воздействия;

x_i – максимальная из разовых концентрация i -го химического вещества за сутки;

x_i^{ARfc} – референтное значение для острого воздействия i -го химического вещества;

T – дата превышения концентрации химического вещества референтного уровня для острого воздействия.

В качестве зависимых переменных выступали суммарные значения суточной обращаемости населения за медицинской помощью за трое суток с начала зафиксированного превышения концентрации химических веществ референтного уровня для острого воздействия:

$$z(T) = \sum_{t=0}^2 z_{T+t}, \quad (2)$$

где $z(T)$ – относительная частота обращаемости населения за медицинской помощью в течение трех дней

после превышения концентрации химического вещества референтного уровня для острого воздействия, сл./100 000 (случаев на 100 тысяч населения); z_{T+t} – относительная частота обращаемости населения за медицинской помощью на дату $T+t$, сл./100 000.

Непосредственно процесс моделирования предполагал построение моделей причинно-следственных связей с применением методов множественного линейного регрессионного анализа:

$$z = b_0 + \sum_i b_i \Delta x_i, \quad (3)$$

где z – относительная частота нарушения здоровья, сл./100 000;

Δx_i – превышение концентрации i -го химического вещества референтного значения для острого воздействия;

b_0, b_i – параметры модели.

При выполнении моделирования исключались химические вещества, для которых отсутствует биологическое обоснование возможного влияния на показатели заболеваемости при остром воздействии, представленном в матрице биологического правдоподобия (табл. 2).

Формализация зависимостей в виде регрессионных моделей вида (4) позволила получить количественные оценки частоты нарушений здоровья, ассоциированные с событиями, характеризующими острое воздействие при превышении концентраций химических веществ референтного уровня. Уровень ассоциированной заболеваемости, обусловленной единичным событием острого кратковременного воздействия загрязнения атмосферного воздуха (Δz), определялся по соотношению:

$$\Delta z = \sum_i b_i \Delta x_i. \quad (4)$$

Результаты и их обсуждение. Динамический анализ показателей загрязнения атмосферного воздуха в точках контроля для всех исследуемых территорий за 2021–2022 гг. позволил выявить 4,7 тысячи временных интервалов, в которых наблюдались значимые отклонения концентраций химических соединений от соответствующих референтных значений для 26 веществ.

На рис. 2–5 приведены характерные примеры динамики некоторых химических веществ, измеряемых в точках контроля лабораторными методами. Зеленой горизонтальной линией на рис. 2–5 отмечены референтные значения концентрации для острых ингаляционных воздействий (ARfc); красной – максимальные разовые предельно допустимые концентрации (ПДК_{мр}).

Выявленные события были сопоставлены со значениями обращаемости групп населения, проживающего в непосредственной близости от точки контроля качества атмосферного воздуха, за медицинской помощью в течение трех суток.

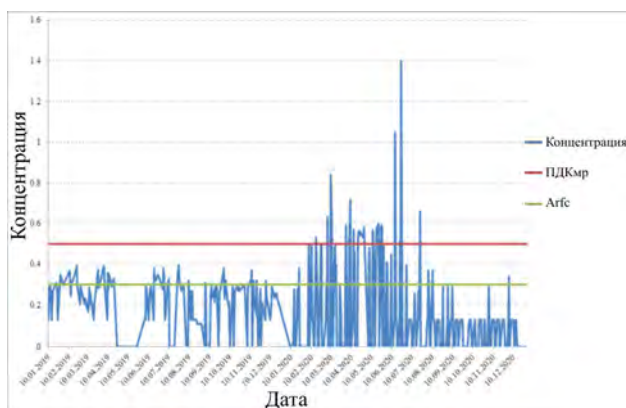


Рис. 2. Пример динамики значений концентраций взвешенных веществ, измеренных в точке контроля качества атмосферного воздуха

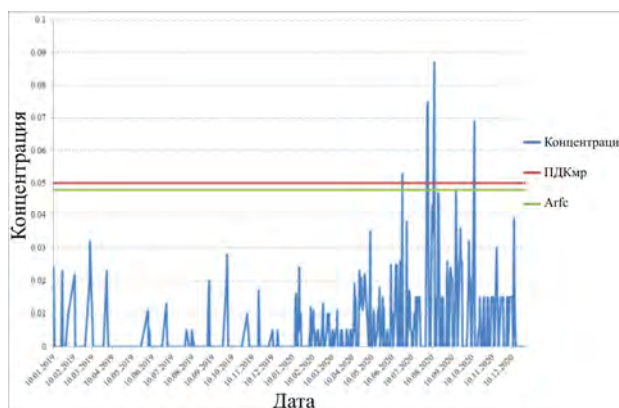


Рис. 3. Пример динамики значений концентраций формальдегида, измеренных в точке контроля качества атмосферного воздуха

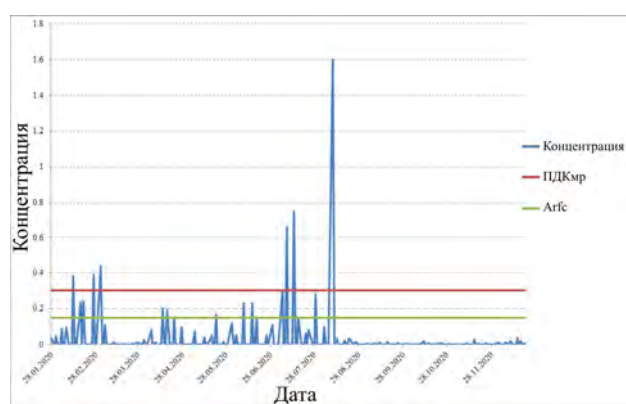


Рис. 4. Пример динамики значений концентраций бензола, измеренных в точке контроля качества атмосферного воздуха

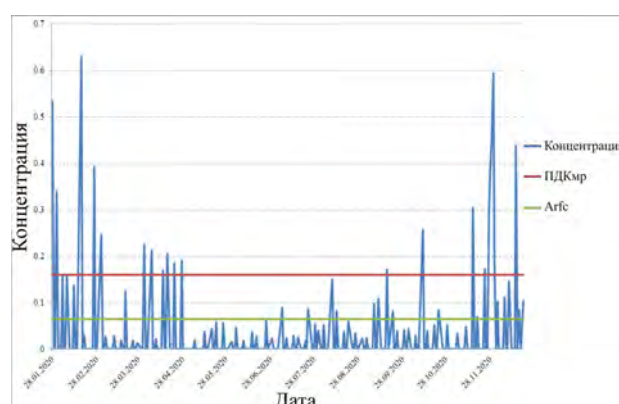


Рис. 5. Пример динамики значений концентраций взвешенных частиц $PM_{2.5}$, измеренных в точке контроля качества атмосферного воздуха

После формирования сводных данных по событиям и частоте нарушений здоровья был проведен регрессионный анализ зависимостей острых реакций в виде обращаемости населения за медицинской помощью в ответ на повышенные значения концентрации химических веществ, в результате которого были получены параметры для 13 множественных регрессионных моделей, представленных в табл. 3.

В ходе проведения процедуры моделирования формальные зависимости проверялись на соответствие критериям статистической значимости, а также была проведена экспертиза каждой модели на биологическое правдоподобие с объяснением механизмов формирования нарушений здоровья при остром кратковременном воздействии веществ.

Моделирование зависимостей показало, что одно из наиболее значимых острых воздействий на показатели здоровья населения наблюдается со стороны взвешенных веществ, которые являются причиной повышенной обращаемости за медицинской помощью по поводу ряда заболеваний органов дыхания. Из материалов многочисленных исследований известно, что пылевой фактор является одним

из наиболее значимых с точки зрения как хронических, так и острых воздействий на здоровье. Повышенные концентрации взвешенных веществ в атмосферном воздухе повреждают легочную ткань, оказывают воздействие на развитие инфекционных заболеваний [11]. Частицы $PM_{2.5}$ могут преодолевать альвеоларно-капиллярный барьер, попадая в другие органы человека [12], что может приводить к повышению обращаемости населения за медицинской помощью. Так, например, обращаемость в больницы учреждения в периоды повышения концентрации $PM_{2.5}$ в связи с обострением респираторных заболеваний зафиксирована исследователями России [13, 14], Тайваня [15], США [16, 17] и др.

Ряд международных исследований показывает связь между увеличением в атмосферном воздухе концентрации диоксида серы и риском развития респираторных заболеваний. В частности установлено, что увеличение в воздухе диоксида серы на 10 мкг/м^3 связано с повышением обращаемости респираторных стационаров у людей трудоспособного и пенсионного возраста, особенно в периоды теплого сезона (май – октябрь) [18].

Таблица 3

Параметры моделей зависимости острых реакций в виде обращаемости населения за медицинской помощью в ответ на повышенные значения концентраций химических веществ

Возрастная группа	Нозологическая форма	Наименование фактора среды обитания	Коэффициент модели		Коэффициент детерминации R^2	Достоверность модели ($p < 0,05$)
			b_0	b_i		
Детское население	Другие аллергические риниты (J30.3)	Бензол	5,111	117,161	0,050	0,000
	Аллергический ринит неуточненный (J30.4)	Взвешенные вещества	4,045	33,598	0,012	0,031
	Конъюнктивит (H10)	Формальдегид	9,005	3840,537	0,155	0,000
Взрослое население трудоспособного возраста	Хронический ринит, назофарингит и фарингит (J31)	Взвешенные вещества	6,167	16,425	0,010	0,045
	Бронхит, не уточненный как острый или хронический (J40)	Взвешенные вещества	7,428	24,106	0,018	0,009
	Другие аллергические риниты (J30.3)	Взвешенные частицы $PM_{2,5}$	0,155	5,301	0,014	0,018
	Хронический ларингит и ларинготрахеит (J37)	Серы диоксид	0,768	256,443	0,119	0,000
Взрослое население пенсионного возраста	Астма с преобладанием аллергического компонента (J45.0)	Бензол	9,932	120,676	0,049	0,000
	Астма с преобладанием аллергического компонента (J45.0)	Взвешенные вещества	10,597	55,258	0,032	0,000
	Астма неуточненная (J45.9)	Взвешенные частицы PM_{10}	0,269	11,949	0,013	0,023
	Острый бронхит неуточненный (J20.9)	Взвешенные частицы $PM_{2,5}$	0,136	4,557	0,010	0,047
	Астма неуточненная (J45.9)	Взвешенные частицы $PM_{2,5}$	0,211	14,128	0,041	0,000
	Хронический бронхит неуточненный (J42)	Серы диоксид	9,638	644,733	0,025	0,002

Более того, углубленные исследования закономерностей формирования коморбидных состояний показали, что загрязнение атмосферного воздуха бензолом и взвешенными веществами провоцирует развитие аллергического ринита среди детского населения. У 87,2 % [19] детей дошкольного возраста в условиях негативного воздействия полициклических ароматических углеводородов диагностируется аллергический ринит, у каждого третьего бронхиальная астма и рецидивирующий бронхит, при этом в 2/3 случаев болезни органов дыхания сопровождались вторичной иммунной недостаточностью. Длительное воздействие $PM_{2,5}$ усиливает экспрессию аллергических клеток в слизистой оболочке носа за счет увеличения воспалительного цитокина и снижения высвобождения регуляторного цитокина [20].

Результаты моделирования в виде формальных зависимостей, представленных в табл. 3, соответствуют требованиям статистической значимости и биологической правдоподобности. Значение параметра b_i интерпретируется как величина, показывающая количество случаев заболеваний (сл./100 тыс.), возникающих при превышении концентрации химического вещества своего референтного значения для острых воздействий на 1 мг/м^3 .

Опираясь на коэффициенты моделей и величины зафиксированных превышений концентрации химических веществ референтного уровня в точках контроля в течение календарного года, в соответствии с соотношением (4) определяются интегральные оценки количества нарушений здоровья за счет острых эффектов воздействия загрязнений атмосферного воздуха на состояние здоровья населения.

Пример реализации методики для оценки ассоциированной заболеваемости, обусловленной ост-

рым кратковременным воздействием загрязнения атмосферного воздуха, по установленным зависимостям, приведенным в табл. 3, был выполнен на основе данных по загрязнению воздуха в 2020 г.

В табл. 4 представлено количество превышений концентрации химических веществ референтного уровня в крупном промышленном центре в 2020 г., а также средние значения зафиксированных превышений.

Среди химических веществ, для которых были установлены параметризованные зависимости острых реакций в ответ на повышенные значения концентраций химических веществ (см. табл. 3), превышения концентраций над референтным уровнем в крупном промышленном городе в 2020 г. были зафиксированы по бензолу и взвешенным веществам, взвешенным частицам PM_{10} , $PM_{2,5}$. Так, превышение концентрации бензола над референтным уровнем в зависимости от поста наблюдения отмечалось до 37 раз за год (на посту № 140); в среднем по городу превышение встречалось 17,6 раза за год. При этом средняя величина превышения концентрации бензола (в среднем по городу) составила $0,364 \text{ мг/м}^3$ (см. табл. 4).

На основе установленных зависимостей, приведенных в табл. 3, информации о количестве превышений и значения превышения концентраций химического вещества над его референтным уровнем (см. табл. 4) по соотношению (4) были выполнены ориентировочные оценки ассоциированной с данными факторами заболеваемости. В зависимости от места проживания и условий экспозиции ассоциированная заболеваемость будет различаться, в табл. 5 представлены оценочные расчеты в среднем по исследуемой территории.

Таблица 4

Количество превышений концентрации химических веществ референтного уровня, средние значения превышений в точках контроля атмосферного воздуха на исследуемой территории

Номер точки контроля (поста наблюдений)	Бензол		Взвешенные вещества		Взвешенные частицы PM ₁₀		Взвешенные частицы PM _{2,5}	
	количество пиков за год	среднее значение $\Delta x_i (T)$, мг/м ³	количество пиков за год	среднее значение $\Delta x_i (T)$, мг/м ³	количество пиков за год	среднее значение $\Delta x_i (T)$, мг/м ³	количество пиков за год	среднее значение $\Delta x_i (T)$, мг/м ³
26	22	0,256	5	0,144	27	0,165	80	0,101
28	–	–	–	–	20	0,185	70	0,093
140	37	0,493	9	0,162	20	0,167	71	0,093
158	–	–	–	–	2	0,352	4	0,237
168	–	–	–	–	1	0,013	1	0,094
186	2	0,154	–	–	7	0,158	9	0,190
189	–	–	–	–	–	–	3	0,011
205	–	–	1	0,270	3	0,188	5	0,177
206	2	0,029	–	–	2	0,087	5	0,088
208	–	–	1	0,048	7	0,093	54	0,049
209	25	0,313	19	0,137	42	0,157	93	0,118
210	–	–	1	0,269	5	0,164	48	0,069
Среднее по постам	17,6	0,364	6	0,149	12,364	0,163	36,917	0,095

Таблица 5

Пример расчета ассоциированной заболеваемости

Возрастная группа	Нозологическая форма	Наименование фактора среды обитания	Ассоциированная заболеваемость, сл./100 000
Детское население	Другие аллергические риниты (J30.3)	Бензол	751,1
	Аллергический ринит неуточненный (J30.4)	Взвешенные вещества	30,1
Взрослое население трудоспособного возраста	Хронический ринит, назофарингит и фарингит (J31)	Взвешенные вещества	14,7
	Бронхит, не уточненный как острый или хронический (J40)	Взвешенные вещества	21,6
	Другие аллергические риниты (J30.3)	Взвешенные частицы PM _{2,5}	18,7
Взрослое население пенсионного возраста	Астма с преобладанием аллергического компонента (J45.0)	Бензол	773,6
	Астма с преобладанием аллергического компонента (J45.0)	Взвешенные вещества	49,5
	Астма неуточненная (J45.9)	Взвешенные частицы PM ₁₀	24,0
	Острый бронхит неуточненный (J20.9)	Взвешенные частицы PM _{2,5}	16,0
	Астма неуточненная (J45.9)	Взвешенные частицы PM _{2,5}	49,7

Так, наибольшая ассоциированная заболеваемость, связанная с воздействием бензола в атмосферном воздухе, наблюдалась по нозологическим формам «Другие аллергические риниты (J30.3)» и «Астма с преобладанием аллергического компонента (J45.0)» и составила 751,1 и 773,6 случая на 100 тысяч населения соответственно.

Для определения абсолютных случаев заболеваний необходимо проводить дополнительные расчеты, связанные с учетом количества населения соответствующей возрастной группы, находящейся под воздействием фактора. Для повышения качества оценок необходимо детально оценивать пространственное распределение концентраций и численность населения под воздействием. В идеале следует использовать посуточные карты рассеива-

ния загрязняющих веществ по всей исследуемой территории с привязкой населения. Данные вопросы являются дальнейшими направлениями развития для исследователей в области оценок острых рисков здоровью.

Выводы. Таким образом, на основе применения методов системного анализа и математического моделирования формализованы зависимости, отражающие интенсивность процесса формирования острых нарушений здоровья под воздействием кратковременных превышений концентраций химических веществ в атмосферном воздухе соответствующих референтных значений, наблюдаемых в точках контроля. Полученные модели опираются на официальные данные и могут быть использованы для оценки и прогнозирования рисков здоровью

населения любой территории, в которой проводятся мониторинговые исследования качества воздуха.

Представленные результаты исследования в виде методических подходов и формализованных зависимостей опробованы в реальных условиях городской среды, полученные оценки вполне адекватны и соответствуют априорным рискам, определенным стандартными методами.

Следует подчеркнуть, что параметры моделей, приведенные в тексте статьи, имеют широкую область применения и являются аналитической базой для решения задач определения и ранжирования

химических рисков для здоровья в зонах влияния опасных химических объектов, оценки вероятных экономических ущербов, анализа возможных демографических потерь и т.д.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках реализации комплекса процессных мероприятий «Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в целях обеспечения химической и биологической безопасности Российской Федерации», закрепленных за Роспотребнадзором.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Перспективные направления развития методологии анализа риска в России / С.Л. Авалиани, Л.Е. Безпалько, Т.Е. Бобкова, А.Л. Мишина // Гигиена и санитария. – 2013. – Т. 92, № 1. – С. 33–35.
2. Рахманин Ю.А. Актуализация методологических проблем регламентирования химического загрязнения окружающей среды // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 8. – С. 701–707. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-8-701-707
3. Совершенствование методических подходов к обоснованию среднегодовых предельно допустимых концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест по критериям допустимого риска здоровью человека / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, К.В. Четверкина, А.А. Хасанова // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 3. – С. 39–48. DOI: 10.21668/health.risk/2020.3.05
4. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Г.Г. Онищенко, С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин, С.Л. Авалиани, К.А. Буштуева. – М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. – 408 с.
5. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults / C.A. Pope 3rd, M.J. Thun, M.M. Namboodiri, D.W. Dockery, J.S. Evans, F.E. Speizer, C.W. Heath Jr. // Am. J. Respir. Crit. Care Med. – 1995. – Vol. 151, № 3, Pt 1. – P. 669–674. DOI: 10.1164/ajrccm/151.3_Pt_1.669
6. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities / D.W. Dockery, C.A. Pope 3rd, X. Xu, J.D. Spengler, J.H. Ware, M.E. Fay, B.G. Ferris Jr., F.E. Speizer // N. Engl. J. Med. – 1993. – Vol. 329, № 24. – P. 1753–1759. DOI: 10.1056/NEJM199312093292401
7. Pope C.A. 3rd, Schwartz J., Ransom M.R. Daily Mortality and PM10 pollution in Utah Valley // Arch. Environ. Health. – 1992. – Vol. 47, № 3. – P. 211–217. DOI: 10.1080/00039896.1992.9938351
8. Schwartz J. Air pollution and daily mortality in Birmingham Alabama // Am. J. Epidemiol. – 1993. – Vol. 137, № 10. – P. 1136–1147. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aje.a116617
9. Schwartz J., Morris R. Air Pollution and Hospital admissions for cardiovascular disease in Detroit, Michigan // Am. J. Epidemiol. – 1995. – Vol. 142, № 1. – P. 23–35. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aje.a117541
10. The role of particulate size and chemistry in the association between summertime ambient air pollution and hospitalization for cardiorespiratory disease / R.T. Burnett, S. Cakmak, J.R. Brook, D. Krewski // Environ. Health Perspect. – 1997. – Vol. 105, № 6. – P. 614–620. DOI: 10.1289/ehp.97105614
11. Misiukiewicz-Stepien P., Paplinska-Goryca M. Biological effect of PM₁₀ on airway epithelium-focus on obstructive lung diseases // Clin. Immunol. – 2021. – Vol. 227. – P. 108754. DOI: 10.1016/j.clim.2021.108754
12. Inflammatory effects of particulate matter air pollution / R.D. Arias-Pérez, N.A. Taborda, D.M. Gómez, J.F. Narvaez, J. Porras, J.C. Hernandez // Environ. Sci. Pollut. Res. Int. – 2020. – Vol. 27, № 34. – P. 42390–42404. DOI: 10.1007/s11356-020-10574-w
13. Прыткова Э.В., Маврин Г.В., Мансурова А.И. Сравнительный анализ дисперсного состава пыли в воздухе рабочей зоны производственных помещений // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 1–2 (43). – С. 69–70. DOI: 10.18454/IRJ.2016.43.134
14. Toxic metal exposure as a possible risk factor for COVID-19 and other respiratory infectious diseases / A.V. Skalny, T.R.R. Lima, T. Ke, J.-C. Zhou, J. Bornhorst, S.I. Alekseenko, J. Aaseth, O. Anesti [et al.] // Food Chem. Toxicol. – 2020. – Vol. 146. – P. 111809. DOI: 10.1016/j.fct.2020.111809
15. Respiratory diseases are positively associated with PM2.5 concentrations in different areas of Taiwan / F. Wang, T. Chen, Q. Chang, Y.-W. Kao, J. Li, M. Chen, Y. Li, B.-C. Shia // PLoS One. – 2021. – Vol. 16, № 4. – P. e0249694. DOI: 10.1371/journal.pone.0249694
16. Long-Term PM2.5 Exposure and Respiratory, Cancer, and Cardiovascular Mortality in Older US Adults / V.C. Pun, F. Kazemiparkouhi, J. Manjourides, H.H. Suh // Am. J. Epidemiol. – 2017. – Vol. 186, № 8. – P. 961–969. DOI: 10.1093/aje/kwx166
17. Exposure measurement error in PM2.5 health effects studies: a pooled analysis of eight personal exposure validation studies / M.-A. Kioumourtoglou, D. Spiegelman, A.A. Szpiro, L. Sheppard, J.D. Kaufman, J.D. Yanosky, R. Williams, F. Laden [et al.] // Environ. Health. – 2014. – Vol. 13, № 1. – P. 2. DOI: 10.1186/1476-069X-13-2
18. Association Between Sulfur Dioxide and Daily Inpatient Visits With Respiratory Diseases in Ganzhou, China: A Time Series Study Based on Hospital Data / X. Zhou, Y. Gao, D. Wang, W. Chen, X. Zhang // Front. Public Health. – 2022. – Vol. 10. – P. 854922. DOI: 10.3389/fpubh.2022.854922

19. Маклакова О.А. Оценка риска развития заболеваний органов дыхания и коморбидной патологии у детей в условиях загрязнения атмосферного воздуха химическими веществами техногенного происхождения (когортное исследование) // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 2. – С. 56–63. DOI: 10.21668/health.risk/2019.2.06

20. PM_{2.5} Exacerbates Oxidative Stress and Inflammatory Response through the Nrf2/NF-κB Signaling Pathway in OVA-Induced Allergic Rhinitis Mouse Model / C.H. Piao, Y. Fan, T.V. Nguyen, H.S. Shin, C.H. Song, O.H. Chai // Int. J. Mol. Sci. – 2021. – Vol. 22, № 15. – P. 8173. DOI: 10.3390/ijms22158173

Кирьянов Д.А., Цинкер М.Ю., Хисматуллин Д.Р. К расчету количества случаев заболеваний населения, ассоциированных с острым кратковременным воздействием вредных химических веществ в атмосферном воздухе // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 2. – С. 69–79. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.06

UDC 614.3

DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.06.eng



Research article

CALCULATING THE NUMBER OF DISEASE CASES ASSOCIATED WITH ACUTE SHORT-TERM EXPOSURE TO HARMFUL CHEMICALS IN AMBIENT AIR

D.A. Kiryanov, M.Yu. Tsinker, D.R. Khismatullin

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

The article addresses development of methodical approaches to calculating levels of health disorders caused by short-term exposure to ambient air pollution. We have established and parameterized relationships relevant for quantification of probable health outcomes as responses to elevated levels of chemicals in ambient air higher than their reference ones. These relationships were modeled using system analysis techniques and were based on dynamic data series on ambient air quality at the control points and the number of applications for medical aid in settlements with their overall population being more than 5 million people. We have formalized relationships that describe how intensively acute health disorders develop under short-term exposure to chemical levels in ambient air being higher than the reference ones that are identified at the control points. The resulting models rely on official data and can be used to predict and assess public health risks in any area where ambient air quality is monitored.

The formalized relationships were tested within identifying levels of incidence associated with acute short-term exposure to ambient air pollution in a large industrial center. It was established that, according to data collected in 2020, the highest associated incidence was caused by exposure to benzene (on average 0.364 mg/m³ higher than the reference level) in ambient air and was detected as per such nosologies as ‘Allergic rhinitis unspecified’ and ‘Predominantly allergic asthma’.

We are planning to use the results obtained at this stage in the research in further development of methodical approaches to assessing and predicting chemical health risks in areas influenced by hazardous chemical objects under short-term exposure to high levels of pollutants.

Keywords: ambient air, public health risk, priority pollutants, mathematical modeling, applications for medical aid, chemical levels, associated incidence.

© Kiryanov D.A., Tsinker M.Yu., Khismatullin D.R., 2023

Dmitrii A. Kiryanov – Candidate of Technical Sciences, Head of the Department for Mathematical Modeling of Systems and Processes (e-mail: kda@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5406-4961>).

Mikhail Yu. Tsinker – Junior Researcher at the Situation Modeling and Expert and Analytical Management Techniques Laboratory (e-mail: cinker@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2639-5368>).

Dmitrii R. Khismatullin – Junior Researcher at the Laboratory of Information and Computing Systems and Technologies (e-mail: hisdr@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7615-6816>).

References

1. Avaliani S.L., Bezpal'ko L.E., Bobkova I.E., Mishina A.L. The perspective directions of development of methodology of the analysis of risk in Russia. *Gigiena i sanitariya*, 2013, vol. 92, no. 1, pp. 33–35 (in Russian).
2. Rakhmanin Yu.A. Actualization of methodological problems of regulation of chemical pollutions on the environment. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 8, pp. 701–707. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-8-701-707 (in Russian).
3. Zaitseva N.V., Shur P.Z., Chetverkina K.V., Khasanova A.A. Developing methodical approaches to substantiating average annual maximum permissible concentrations of hazardous substances in ambient air in settlements as per acceptable health risk. *Health Risk Analysis*, 2020, no. 3, pp. 39–48. DOI: 10.21668/health.risk/2020.3.05.eng
4. Onishchenko G.G., Novikov S.M., Rakhmanin Yu.A., Avaliani S.L., Bushtueva K.A. Osnovy otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeistvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu [Fundamentals of public health risk assessment under exposure to chemicals that pollute the environment]. Moscow, NII ECh i GOS, 2002, 408 p. (in Russian).
5. Pope C.A. 3rd, Thun M.J., Namboodiri M.M., Dockery D.W., Evans J.S., Speizer F.E., Heath C.W. Jr. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, vol. 151, no. 3, pt 1, pp. 669–674. DOI: 10.1164/ajrccm/151.3_Pt_1.669
6. Dockery D.W., Pope C.A. 3rd, Xu X., Spengler J.D., Ware J.H., Fay M.E., Ferris B.G., Speizer F.E. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *N. Engl. J. Med.*, 1993, vol. 329, no. 24, pp. 1753–1759. DOI: 10.1056/NEJM199312093292401
7. Pope C.A. 3rd, Schwartz J., Ransom M.R. Daily Mortality and PM10 pollution in Utah Valley. *Arch. Environ. Health*, 1992, vol. 47, no. 3, pp. 211–217. DOI: 10.1080/00039896.1992.9938351
8. Schwartz J. Air pollution and daily mortality in Birmingham Alabama. *Am. J. Epidemiol.*, 1993, vol. 137, no. 10, pp. 1136–1147. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aje.a116617
9. Schwartz J., Morris R. Air Pollution and Hospital admissions for cardiovascular disease in Detroit, Michigan. *Am. J. Epidemiol.*, 1995, vol. 142, no. 1, pp. 23–35. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aje.a117541
10. Burnett R.T., Cakmak S., Brook J.R., Krewski D. The role of particulate size and chemistry in the association between summertime ambient air pollution and hospitalization for cardiorespiratory disease. *Environ. Health Perspect.*, 1997, vol. 105, no. 6, pp. 614–620. DOI: 10.1289/ehp.97105614
11. Misiukiewicz-Stepien P., Paplinska-Goryca M. Biological effect of PM₁₀ on airway epithelium-focus on obstructive lung diseases. *Clin. Immunol.*, 2021, vol. 227, pp. 108754. DOI: 10.1016/j.clim.2021.108754
12. Arias-Pérez R.D., Taborda N.A., Gómez D.M., Narvaez J.F., Porras J., Hernandez J.C. Inflammatory effects of particulate matter air pollution. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, 2020, vol. 27, no. 34, pp. 42390–42404. DOI: 10.1007/s11356-020-10574-w
13. Prytkova E.V., Mavrin G.V., Mansurova A.I. Comparative analysis dispersed composition of the dust at the workplace. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, 2016, vol. 1–2 (43), pp. 69–70. DOI: 10.18454/IRJ.2016.43.134 (in Russian).
14. Skalny A.V., Lima T.R.R., Ke T., Zhou J.-C., Bornhorst J., Alekseenko S.I., Aaseth J., Anesti O. [et al.]. Toxic metal exposure as a possible risk factor for COVID-19 and other respiratory infectious diseases. *Food Chem. Toxicol.*, 2020, vol. 146, pp. 111809. DOI: 10.1016/j.fct.2020.111809
15. Wang F., Chen T., Chang Q., Kao Y.-W., Li J., Chen M., Li Y., Shia B.-C. Respiratory diseases are positively associated with PM_{2.5} concentrations in different areas of Taiwan. *PLoS One*, 2021, vol. 16, no. 4, pp. e0249694. DOI: 10.1371/journal.pone.0249694
16. Pun V.C., Kazemiparkouhi F., Manjourides J., Suh H.H. Long-Term PM_{2.5} Exposure and Respiratory, Cancer, and Cardiovascular Mortality in Older US Adults. *Am. J. Epidemiol.*, 2017, vol. 186, no. 8, pp. 961–969. DOI: 10.1093/aje/kwx166
17. Kioumourtoglou M.-A., Spiegelman D., Szpiro A.A., Sheppard L., Kaufman J.D., Yanosky J.D., Williams R., Laden F. [et al.]. Exposure measurement error in PM_{2.5} health effects studies: a pooled analysis of eight personal exposure validation studies. *Environ. Health*, 2014, vol. 13, no. 1, pp. 2. DOI: 10.1186/1476-069X-13-2
18. Zhou X., Gao Y., Wang D., Chen W., Zhang X. Association Between Sulfur Dioxide and Daily Inpatient Visits With Respiratory Diseases in Ganzhou, China: A Time Series Study Based on Hospital Data. *Front. Public Health*, 2022, vol. 10, pp. 854922. DOI: 10.3389/fpubh.2022.854922
19. Maklakova O.A. Assessing risks of respiratory organs diseases and co-morbid pathology in children caused by ambient air contamination with technogenic chemicals (cohort study). *Health Risk Analysis*, 2019, no. 2, pp. 56–63. DOI: 10.21668/health.risk/2019.2.06.eng
20. Piao C.H., Fan Y., Nguyen T.V., Shin H.S., Kim H.T., Song C.H., Chai O.H. PM_{2.5} Exacerbates Oxidative Stress and Inflammatory Response through the Nrf2/NF-κB Signaling Pathway in OVA-Induced Allergic Rhinitis Mouse Model. *Int. J. Mol. Sci.*, 2021, vol. 22, no. 15, pp. 8173. DOI: 10.3390/ijms22158173

Kiryanov D.A., Tsinker M.Yu., Khismatullin D.R. Calculating the number of disease cases associated with acute short-term exposure to harmful chemicals in ambient air. *Health Risk Analysis*, 2023, no. 2, pp. 69–79. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.06.eng

Получена: 17.01.2023

Одобрена: 02.06.2023

Принята к публикации: 09.06.2023



Научная статья

ОСОБЕННОСТИ И РИСК ФОРМИРОВАНИЯ МИОПИИ У УЧАЩИХСЯ СРЕДНИХ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ШКОЛ С РАЗЛИЧНЫМИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ ПРОГРАММАМИ

И.Е. Штина, С.Л. Валина, О.Ю. Устинова, Л.В. Замотина, О.А. Маклакова

Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

Современный образовательный процесс характеризуется разнообразием и усложнением образовательных программ, интенсификацией учебной нагрузки, что, в свою очередь, негативно отражается на состоянии здоровья школьников. В структуре школьно-обусловленной патологии болезни глаза и его придаточного аппарата занимают ведущее место и имеют стабильный рост за период получения общего среднего образования.

Изучены особенности риска формирования миопии у учащихся средних общеобразовательных школ с различными образовательными программами и дана оценка этим факторам.

Обследовано 804 учащихся 1–11-х классов. Группу наблюдения составили 312 учащихся средних общеобразовательных школ с углубленным изучением предметов (СОШ с УИП), группу сравнения – 492 учащихся типовых средних общеобразовательных школ (СОШ). Группы были идентичны по половозрастному составу ($p = 0,203–0,479$). Применен метод раздаточного анкетирования, осуществлена оценка соответствия организации образовательного процесса требованиям санитарного законодательства Российской Федерации. Выполнена математическая обработка материалов с применением классических методов статистики, ROC-анализа и логистического моделирования.

Выявлено, что ведущими факторами риска формирования миопии при обучении в СОШ с УИП являются: увеличение образовательной нагрузки на 5,4–19,2 %, продолжительности использования персонального компьютера на уроке в 1,4 раза, цифровой активности – в 1,5 раза. Установлено, что для детей группы наблюдения характерны возрастание в 1,3–2,4 раза частоты регистрации миопии, в том числе 2–3-й степени, тенденция к снижению возраста и увеличение риска формирования патологии ($OR = 1,48–2,5$). Обусловленность миопии факторами образовательного процесса и цифровой инициации составила $R^2 = 0,52–0,77$. При использовании ROC-кривых найдены точки отреза (cut-off) длительности обучения для формирования миопии в СОШ с УИП (пятый год обучения) и типовых СОШ (седьмой год обучения).

Данные ROC-анализа свидетельствуют о необходимости дифференцированного подхода к организации профилактической работы среди учащихся средних общеобразовательных школ с различными образовательными программами.

Ключевые слова: миопия, нарушения рефракции и аккомодации, учащиеся, школы с различными образовательными программами, образовательный процесс, относительный риск, ROC-анализ, точка отреза.

Согласно данным Росстата заболеваемость болезнями глаза и его придаточного аппарата составляет порядка 5–6,0 % как у детей в возрасте 0–14 лет, так и у подростков 15–17 лет, в структуре которой ведущее место занимают болезни рефракции и аккомодации без тенденции к снижению с 2005 г.¹ [1].

Согласно данным ВОЗ число детей и подростков с миопией может достигать 370 млн [2]. Внимание исследователей привлекает тот факт, что число случаев заболеваемости миопией, выявленных по результатам школьных медосмотров, выше заболеваемости по обращаемости и достигает 30 %, при этом

© Штина И.Е., Валина С.Л., Устинова О.Ю., Замотина Л.В., Маклакова О.А., 2023

Штина Ирина Евгеньевна – кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией комплексных проблем здоровья детей с клинической группой (e-mail: shtina_irina@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-27-92; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5017-8232>).

Валина Светлана Леонидовна – кандидат медицинских наук, заведующий отделом гигиены детей и подростков (e-mail: valina@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-27-92; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1719-1598>).

Устинова Ольга Юрьевна – доктор медицинских наук, заместитель директора по клинической работе (e-mail: ustinova@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 236-32-64; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9916-5491>).

Замотина Лариса Васильевна – врач-офтальмолог консультативно-поликлинического отделения (e-mail: olga_mcl@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 219-87-36; ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-1028-7266>).

Маклакова Ольга Анатольевна – доктор медицинских наук, заведующий консультативно-поликлиническим отделением (e-mail: olga_mcl@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 219-87-36; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9574-9353>).

¹ Здравоохранение в России. 2021: статистический сборник [Электронный ресурс] // Росстат. – М., 2021. – 171 с. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13218> (дата обращения: 18.04.2023).

ряд ученых прогнозирует дальнейший рост заболеваемости миопией [1–3].

Данные проведенных лонгитюдных исследований свидетельствуют о статистически значимом приросте за 11-летний период обучения в школе как функциональных, так и хронических болезней глаза, достигающем +106,8 и +1445,5 % [4, 5].

В Российской Федерации утверждены основные обязательства государства, обеспечивающие условия обучения, не наносящие вред здоровью и исключающие воздействие неблагоприятных факторов². По данным научных работ, негативное воздействие социально-экономических факторов, окружающей среды, организации образовательного процесса способствует формированию дополнительных случаев заболеваний, включая болезни глаза [1, 6, 7]. Среди факторов риска, способствующих формированию нарушений рефракции и аккомодации, одно из ведущих мест принадлежит нерациональному использованию педагогами в учебном процессе и бесконтрольному самостоятельному применению детьми смартфонов и других электронных устройств [8–10].

В настоящее время правила и сроки прохождения несовершеннолетними медицинских осмотров регламентируются Приказом Министерства здравоохранения РФ от 10 августа 2017 г. № 514н «О Порядке проведения профилактических медицинских осмотров несовершеннолетних»³, который не учитывает направленность образовательных программ. Согласно результатам проведенных ранее исследований, среди учащихся профильных школ с углубленным изучением предметов распространенность миопии выше, чем у сверстников, обучающихся в типовых средних общеобразовательных школах [1].

Цель исследования – изучение особенностей и оценка риска формирования миопии у учащихся средних общеобразовательных школ, реализующих различные образовательные программы.

Материалы и методы. Всего обследовано 804 учащихся 1–11-х классов средних общеобразовательных школ. Группу наблюдения составили 312 учащихся средних общеобразовательных школ

с углубленным изучением предметов (СОШ с УИП) (162 (51,9 %) мальчика и 150 (48,1 %) девочек, средний возраст – $12,6 \pm 2,9$ г.), группу сравнения составили 492 учащихся типовых средних общеобразовательных школ (СОШ) (235 (47,8 %) мальчиков и 257 (52,2 %) девочек, средний возраст – $12,3 \pm 2,9$ г.). Группы были сопоставимы по половому и возрастному признаку ($p = 0,203–0,479$). Количество участвующих в исследовании школьников из каждой параллели в группе наблюдения и группе сравнения было сопоставимо и составило 8–11 %.

Критерии включения: дети, посещающие СОШ с УИП и типовые СОШ, без признаков острых инфекционных заболеваний, наличие письменного согласия родителей или законных представителей на медицинское вмешательство.

Критерии исключения: посещение СОШ, реализующих другие образовательные программы, наличие у учащихся признаков острого инфекционного заболевания, в том числе глаз, а также болезней глаза, не связанных с нарушением рефракции и аккомодации.

Исследование проведено в рамках выполнения НИР «Выявление причин и условий возникновения заболеваний детей, связанных с особенностями современного воспитательно-образовательного процесса и качеством среды обитания». Период исследования: 01.04.2020–01.12.2022.

Выполнена сравнительная оценка соответствия организации образовательного процесса требованиям санитарного законодательства Российской Федерации⁴.

В ходе исследования применен метод раздаточного анкетирования. Авторская анкета разработана специалистами ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» и опробована в 2015–2022 гг. Анкеты заполнялись родителями учащихся начальных классов или самостоятельно подростками, обучающимися в средних и старших классах. Инструментарий анкеты среди прочих содержал вопросы, характеризующие взаимодействие обучающихся с различными типами электронных устройств, учебную нагрузку вне общеобразовательной организации.

² Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации: Федеральный закон от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://base.garant.ru/12191967/#friends> (дата обращения: 21.04.2023).

³ О Порядке проведения профилактических медицинских осмотров несовершеннолетних: Приказ Министерства здравоохранения РФ от 10 августа 2017 г. № 514н (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://base.garant.ru/71748018/> (дата обращения: 21.04.2023).

⁴ СП 2.4.3648-20. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи / утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 сентября 2020 г. № 28; введ. в действие с 01.01.2021 [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74993644/> (дата обращения: 11.04.2023); СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания / утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. № 2; введ. в действие с 01.03.2021 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 11.04.2023).

Комплексное офтальмологическое обследование включало визометрию с применением таблиц Сивцевой, скиаскопию, авторефрактометрию, офтальмоскопию с помощью прямого офтальмоскопа, исследование цветоощущения с помощью полихроматических таблиц Рабкина, определение ближайшей и дальнейшей точек зрения, объема и запаса аккомодации, наличия угла косоглазия по Гиршбергу, бинокулярного зрения с помощью четырехточечного цветотеста.

Выполнен расчет показателя патологической пораженности нарушением рефракции и аккомодации, отдельно нарушением аккомодации, миопией, в том числе миопией 2-й и 3-й степени (отношение числа заболеваний, выявленных при медицинском осмотре, к числу осматриваемых лиц, умноженное на 100 (%)).

Проведение настоящего исследования одобрено Локальным этическим комитетом ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (выписка из протокола № 2 от 01.03.2018). Исследование проведено с соблюдением этических принципов Хельсинкской декларации и Национального стандарта РФ ГОСТ-Р 52379-2005 «Надлежащая клиническая практика» (ICH E6 GCP). Письменное информационное добровольное согласие на медицинское вмешательство получено от законных представителей всех обследованных детей.

Статистическая обработка материалов проведена с применением функций статистического приложения Jamovi, SPSS, программных продуктов на базе Excel. Статистическую значимость различий в значениях переменных между подвыборками и силу связей между переменными при анализе анкетных данных определяли подходящими к количеству выборок коэффициентами корреляции (Спирмена, Крамера и Фи) с соответствующей шкалой оценки силы связи. Для сравнения уровня патологической пораженности болезнями глаз у учащихся сравниваемых школ применен метод хи-квадрата Пирсона (χ^2) для четырехпольных таблиц, а также выполнен расчет относительного риска (OR) с 95%-ным доверительным интервалом (DI). Результаты логистического моделирования представлены в виде коэффициента детерминации (R^2), указывающего процент вариативности зависимой переменной, критерия Фишера (F), константы (b_0), коэффициента регрессии (b_1) и статистической значимости модели (p). Выполнено построение ROC-кривой (receiver operating characteristic – ROC) для значения «год обучения» (класс). Площадь под ROC-кривой (area under the curve – AUC) с оценкой качества модели по AUC оценивали по стандартной методике. На основании значения индекса Юдена ($(Se+Sp)-1$), где Se – чувствительность, Sp – специфичность модели) было определено разделяющее значение (точка cut-off) года обучения для развития миопии. В случае равных индексов Юдена для разных годов обучения

за разделяющее принимали значение, где чувствительность была близка к специфичности. Различия считали статистически значимыми при заданном $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Сравнительная оценка образовательной деятельности показала, что кроме общих для исследуемых школ нарушений, касающихся продолжительности больших перемен, чередования различных по сложности предметов в течение дня и недели, распределения образовательной нагрузки в течение недели при составлении расписания, в СОШ с УИП продолжительность малых перемен между уроками составила в среднем $9,66 \pm 3,12$ мин, что нарушает требования п. 3.4.16. СП 2.4.3648-20 (не менее 10 мин) и ниже среднего показателя в типовых СОШ – $10,31 \pm 3,09$ мин ($p = 0,045$).

При сопоставительном анализе учебной нагрузки в часах установлено, что превышение максимальной допустимой недельной образовательной нагрузки в СОШ с УИП достигало в начальной и основной школе 19,2 и 5,5 % соответственно, в старших классах – 5,4 %. По данным хронометражных наблюдений использования электронных средств обучения (ЭСО) продолжительность использования интерактивной доски (ИД) на некоторых уроках в СОШ с УИП превышала допустимые уровни в 1,3–2,2 раза, а средние значения были выше в 1,2–2,6 раза аналогичных показателей в типовых СОШ ($p < 0,0001$). Среднее суммарное дневное использование ИД в СОШ с УИП также превышало до 2,5 раза показатели в типовых СОШ ($p < 0,0001$ –0,011). Продолжительность использования персонального компьютера (ПК) на уроке и суммарно в день в СОШ с УИП была выше нормативных требований в 1,4–1,5 раза, а по сравнению с показателями в типовых СОШ кратность превышения составила 1,5–1,6 и 2 раза соответственно ($p < 0,0001$).

При анализе количества используемых электронных устройств и возраста начала контакта с ними по данным анкеты установлено, что половина обучающихся исследуемых общеобразовательных организаций (52,5 %) контактировала с двумя устройствами. Однако в СОШ с УИП в 1,5 раза большее число обучающихся использовали 3 устройства и более (33,1 против 22,1 %, $p = 0,001$; коэффициент корреляции Крамера – 0,20; $p = 0,011$). В СОШ с УИП в 3,3 раза больше школьников, у которых возраст начала использования планшета составил менее 6 лет (44,0 против 13,2 % – в группе сравнения, $p = 0,004$; коэффициент корреляции Крамера – 0,31; $p = 0,019$).

Оценка учебной нагрузки вне общеобразовательной школы показала, что в группе наблюдения в 1,4–1,5 раза больше респондентов, посещающих учреждения дополнительного образования (85,6 против 60,3 % – в группе сравнения; $p < 0,0001$; коэффициент корреляции Фи – 0,29; $p < 0,0001$) и получающих домашнее задание в них (46,3 % –

в группе наблюдения и 31,4 % – в группе сравнения; $p < 0,0001$; коэффициент корреляции Фи – 0,15; $p < 0,0001$). Свыше 20 ч в неделю затрачивали на посещение учреждений дополнительного образования и выполнение уроков, а также на выполнение домашних заданий по школьной программе 25,2 % обучающихся СОШ с УИП и 20,3 % обучающихся типовых СОШ.

Результаты комплексной диагностики зрения, выполненной офтальмологом, представлены в табл. 1. Установлено, что у детей группы наблюдения статистически значимо в 1,4 раза чаще диагностировали нарушения рефракции и аккомодации, при этом миопия встречалась в 1,3 раза чаще, а миопия 2–3-й степени – в 2,4 раза при значениях относительного риска 1,28–2,5 ($p < 0,001$). Существенных межгрупповых различий в частоте встречаемости нарушений аккомодации и риска ее формирования не установлено ($p = 0,163$).

Построение однофакторных логистических регрессионных моделей зависимости нарушений рефракции и аккомодации, в том числе миопии, от факторов образовательного процесса и образа жизни продемонстрировало статистически значимое влияние на зависимые переменные высокой недельной образовательной нагрузки, нерационального использования ЭСО в школе, количества используемых электронных устройств ($R^2 = 0,52–0,77$; $p < 0,001$) (табл. 2).

Установлена прямая корреляционная связь между временем, затраченным на дополнительное образование, выполнение домашних заданий и повышением частоты развития миопии (коэффициент Спирмена – 0,21; $p = 0,001$).

Дальнейший анализ показал, что медиана возраста выявления миопии у обучающихся в СОШ с УИП имела тенденцию к более низкому значению и составила 12 (11; 14) лет против 13 (12; 14) лет – у учащихся типовой СОШ ($p = 0,089$) при отсутствии статистической значимости в различиях показателей возраста формирования аккомодации (12 (10; 13) против 11 (10; 14) лет, $p = 0,532$).

В связи с выявленной тенденцией был применен ROC-анализ с целью определения критического порога продолжительности (года) обучения для формирования миопии у учащихся анализируемых образовательных организаций по разделяющему значению (точка cut-off). Хорошие прогностические способности и надежность применяемого метода оценены по площади ROC-кривой над линией «бесполезного» классификатора для значения «год обучения» в отношении формирования миопии как у учащихся СОШ с УИП ($AUC = 0,700$; $p < 0,001$), так и у учащихся типовых СОШ ($AUC = 0,702$; $p < 0,001$) с разными, согласно матрице ROC-анализа, значениями точки отреза (cut-off).

Для учащихся СОШ с УИП точка отреза (cut-off) стажа обучения для формирования миопии соответствовала пятому году обучения (максимальное значение индекса Юдена – 0,31; чувствительность – 88,2 % и специфичность – 42,5 %), для учащихся типовой СОШ – седьмому году обучения (значение индекса Юдена – 0,28; чувствительность – 69,9 % и специфичность – 57,8 %) (табл. 3).

Целью исследования было изучение особенностей формирования миопии у учащихся средних общеобразовательных школ в условиях реализации различных образовательных программ.

Таблица 1

Результаты офтальмологического обследования учащихся СОШ с УИП и типовой СОШ

Результаты медосмотра	Группа наблюдения, $n = 312$		Группа сравнения, $n = 492$		χ^2	p	OR
	абс.	%	абс.	%			
Нарушения рефракции и аккомодации	181	58	202	41,1	21,3	< 0,001	1,41 (1,23–1,63)
Нарушения аккомодации	56	17,9	69	14	2,24	0,163	1,28 (0,93–1,78)
Миопия	125	40,1	133	27	14,3	< 0,001	1,48 (1,22–1,81)
Миопия 2–3-й степени	50	15,3	32	6,5	17,9	< 0,001	2,5 (1,62–3,75)

Таблица 2

Параметры логистических регрессионных моделей «фактор – вероятность ответа»

Фактор	Ответ	b_0	b_1	F	p	R^2
Превышение максимальной допустимой недельной образовательной нагрузки	Миопия	-6,73	0,21	30,0	< 0,001	0,52
Превышение продолжительности использования ПК на уроке	Миопия	-0,94	0,41	156,0	< 0,001	0,56
Количество используемых электронных устройств	Нарушения рефракции и аккомодации	-0,47	0,16	151,1	< 0,001	0,77

Таблица 3

Параметры ROC-анализа для определения точки отреза стажа обучения для формирования миопии у учащихся анализируемых образовательных организаций

Год обучения	СОШ с УИП			Типовые СОШ		
	Чувствительность, %	Специфичность, %	Индекс Юдена	Чувствительность, %	Специфичность, %	Индекс Юдена
1	100	0	0,00	100	0 %	0,00
2	100	5,7	0,06	100	5,4	0,05
3	100	11,4	0,11	100	13,0	0,13
4	96,5	28,9	0,25	98,4	21,1	0,19
5	88,2	42,5	0,31	91,9	33,5	0,25
6	82,4	47,4	0,30	79,7	46,5	0,26
7	67,1	60,1	0,27	69,9	57,8	0,28
8	54,1	74,1	0,28	59,4	67,3	0,27
9	44,7	77,6	0,22	53,7	73,0	0,27
10	29,4	86,8	0,16	44,7	83,2	0,28
11	15,3	90,4	0,06	13,0	93,5	0,07

В результате проведенного сравнительного анализа организации образовательного процесса и оценки ее соответствия требованиям действующего санитарного законодательства установлено, что для школ с углубленным изучением предметов характерно существенное увеличение недельной образовательной нагрузки, частоты нарушений гигиенических принципов при составлении расписания и организации занятий с использованием электронных средств обучения ($p < 0,0001-0,045$), что повышает «физиологическую стоимость» обучения. Полученные данные согласуются с результатами Д.А. Эйфельд с соавт. [11], изучавших влияние риск-индуцирующих факторов образовательного процесса и среды обитания на соматическое здоровье учащихся школ различного типа, А.Г. Сетко с соавт. [12], исследовавших особенности нервно-психического статуса и качества жизни учащихся инновационных образовательных учреждений, В.Р. Кучмы с соавт. [13], оценивших организацию обучения в профильных классах колледжей. Статистически значимые различия получены и при сопоставлении количества используемых учащимися электронных устройств и возраста начала контакта с ними, а также объема внешкольной учебной нагрузки ($p < 0,0001-0,004$). Подтверждение прямого влияния количества посещаемых организаций дополнительного образования на состояние здоровья обучающихся получено и в исследовании, выполненном О.П. Грициной с соавт. [14, 15]. Актуальной проблемой остается бесконтрольное использование гаджетов детьми и подростками, что может способствовать формированию нарушений зрения независимо от типа образовательной организации [16].

В условиях повышенной недельной образовательной нагрузки, нарушения регламента продолжительности использования ЭСО в школе, увели-

чения количества используемых электронных устройств ($R^2 = 0,52-0,77$) у учащихся СОШ с УИП уровень патологической пораженности нарушениями рефракции и аккомодации, полученный в ходе данного исследования, значительно превышает показатели официальной статистики⁵ [1]. Полученные данные не противоречат результатам других научных исследований, посвященных изучению воздействия неблагоприятных факторов учебного процесса на орган зрения школьников [1, 7, 17, 18].

Выявленная тенденция в снижении возраста формирования миопии у обучающихся в общеобразовательных организациях с углубленным изучением предметов, увеличение в 1,3–2,4 раза частоты встречаемости миопии, в том числе 2–3-й степени, установленный относительный риск 1,48–2,5, различные для группы наблюдения и группы сравнения точки отреза (cut-off) стажа обучения для формирования миопии, установленные по ROC-кривым при хорошем качестве моделей ($AUC = 0,700$; $p < 0,001$; $AUC = 0,702$; $p < 0,001$) подтверждают необходимость привлечения внимания к проблеме своевременной диагностики болезней глаза у школьников с учетом особенностей современного образовательного процесса [19, 20].

Выводы:

1. При реализации образовательных программ с углубленным изучением предметов учебный процесс и связанные с ним некоторые аспекты образа жизни характеризуются возрастанием образовательной нагрузки на 5,4–19,2 % относительно гигиенических требований, нарушением регламента продолжительности малых перемен и использования ЭСО (превышение гигиенических нормативов в 1,3–2,2 раза, $p < 0,0001$), ранней цифровой активностью и высокой интенсивностью использования

⁵ Здравоохранение в России. 2021: Статистический сборник [Электронный ресурс] // Росстат. – М., 2021. – 171 с. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13218> (дата обращения: 18.04.2023).

электронных устройств (коэффициент корреляции Крамера – 0,20–0,31, $p = 0,011–0,019$), активной вовлеченностью в систему дополнительного образования (коэффициент корреляции Фи – 0,29, $p < 0,0001$).

2. В условиях воздействия ведущих факторов риска (превышение максимально допустимой недельной образовательной нагрузки, нерациональное использование ЭСО в школе, увеличение количества используемых электронных устройств), вклад которых подтвержден результатами логистического моделирования ($R^2 = 0,52–0,77$, $p < 0,001$), миопия, в том числе 2–3-й степени, развивается в 1,3–2,4 раза чаще и в более раннем возрасте, а относительный

риск возрастает в 1,5–2,5 раза ($OR = 1,48–2,50$; $DI = 1,22–3,75$; $p < 0,001$).

3. Данные ROC-анализа свидетельствуют о значимости развития миопии у учащихся общеобразовательных организаций с углубленным изучением предметов пятого года обучения в школе, а у учащихся типовых СОШ – седьмого года обучения, что необходимо учитывать при разработке и внедрении здоровьесберегающих технологий в школе.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Распространенность миопии у школьников некоторых регионов России / О.В. Проскурина, Е.Ю. Маркова, В.В. Бржеский, Е.Л. Ефимова, М.Н. Ефимова, Н.В. Хватова, Н.Н. Слышалова, А.В. Егорова // Офтальмология. – 2018. – Т. 15, № 3. – С. 348–353. DOI: 10.18008/1816-5095-2018-3-348-353
2. Всемирный доклад о проблемах зрения [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. – 2020. – URL: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/328717/9789240017207-rus.pdf> (дата обращения: 27.03.2023).
3. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050 / B.A. Holden, T.R. Fricke, D.A. Wilson, M. Jong, K.S. Naidoo, P. Sankaridurg, T.Y. Wong, T.J. Naduvilath, S. Resnikoff // Ophthalmology. – 2016. – Vol. 123, № 5. – P. 1036–1042. DOI: 10.1016/j.ophtha.2016.01.006
4. Здоровье детей и подростков в школьном онтогенезе как основа совершенствования системы медицинского обеспечения и санитарно-эпидемиологического благополучия обучающихся / В.Р. Кучма, И.К. Рапопорт, Л.М. Сухарева, Н.А. Скоблина, А.С. Седова, В.В. Чубаровский, С.Б. Соколова // Здравоохранение Российской Федерации. – 2021. – Т. 65, № 4. – С. 325–333. DOI: 10.47470/0044-197X-2021-65-4-325-333
5. Рапопорт И.К., Цамерян А.П. Особенности формирования нервно-психических расстройств и нарушений зрения у московских учащихся в процессе обучения в школе // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2019. – № 5 (314). – С. 20–27. DOI: 10.35627/2219-5238/2019-314-5-20-27
6. Новикова И.И., Ерофеев Ю.В., Денисов А.В. Результаты комплексной гигиенической оценки здоровья школьников // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2018. – № 4 (301). – С. 31–35. DOI: 10.35627/2219-5238/2018-301-4-31-35
7. Harrington S.C., Stack J., O'Dwyer V. Risk factors associated with myopia in schoolchildren in Ireland // Br. J. Ophthalmol. – 2019. – Vol. 103, № 12. – P. 1803–1809. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2018-313325
8. Риски развития болезней глаза и его придаточного аппарата у обучающихся в условиях нарушения гигиенических правил использования электронных устройств / Н.А. Скоблина, В.И. Попов, А.Л. Еремин, С.В. Маркелова, О.Ю. Милушкина, С.А. Обрубов, А.П. Цамерян // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100, № 3. – С. 279–284. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-3-279-284
9. Role of gender in the occurrence of refractive errors / D. Czepita, A. Mojsa, M. Ustianowska, M. Czepita, E. Lachowicz // Ann. Acad. Med. Stetin. – 2007. – Vol. 53, № 2. – P. 5–7.
10. The impact of computer use on myopia development in childhood: The Generation R study / C.A. Enthoven, J.W.L. Tideman, J.R. Polling, J. Yang-Huang, H. Raat, C.C.W. Klaver // Prev. Med. – 2020. – Vol. 132. – P. 105988. DOI: 10.1016/j.ypmed.2020.105988
11. Оценка потенциальной опасности влияния риск-индуцирующих факторов образовательного процесса и среды обитания на соматическое здоровье учащихся школ различного типа / Д.А. Эйфельд, О.Ю. Устинова, Н.В. Зайцева, А.А. Савочкина // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 4. – С. 72–86. DOI: 10.21668/health.risk/2022.4.07
12. Особенности нервно-психического статуса и качества жизни детей и подростков как результат воздействия факторов риска образовательной среды / А.Г. Сетко, Е.А. Терехова, А.В. Тюрин, М.М. Моисеева // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 2. – С. 62–69. DOI: 10.21668/health.risk/2018.2.07
13. Кучма В.Р., Шубочкина Е.И., Ибрагимова Е.М. Гигиенические проблемы организации обучения в профильных классах колледжей // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94, № 4. – С. 8–10.
14. Особенности состояния здоровья детей, посещающих организации дополнительного образования / О.П. Грицина, Л.В. Транковская, О.В. Переломова, К.А. Паричук, О.Л. Щепинская // Здоровье. Медицинская экология. Наука. – 2016. – № 1 (64). – С. 33–37.
15. Грицина О.П., Транковская Л.В., Нагирная Л.Н. Гигиеническая оценка режима дня и умственной работоспособности детей, посещающих организации дополнительного образования // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 2. – С. 185–189. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-2-185-189
16. Near work, screen time, outdoor time and myopia in schoolchildren in the Sunflower Myopia AEEC Consortium / C. Lanca, J.C. Yam, W.-J. Jiang, Y.-C. Tham, M. Hassan Emamian, C.-S. Tan, Y. Guo, H. Liu [et al.] // Acta Ophthalmol. – 2022. – Vol. 100, № 3. – P. 302–311. DOI: 10.1111/aos.14942
17. Бабаев А.Б., Халимова З.С., Махмадов Ш.К. Воздействие неблагоприятных факторов учебного процесса на орган зрения школьников // Вестник Педагогического университета. – 2014. – № 5 (60). – С. 164–168.

18. Prevalence of Myopia and Associated Risk Factors in Schoolchildren in North India / N. Kumar Singh, R.M. James, A. Yadav, R. Kumar, S. Asthana, S. Labani // *Optom. Vis. Sci.* – 2019. – Vol. 96, № 3. – P. 200–205. DOI: 10.1097/OPX.0000000000001344
19. Шиловских О.В. Заболеваемость населения болезнями глаз и его придаточного аппарата в Свердловской области // *Офтальмохирургия.* – 2010. – № 3. – С. 43–47.
20. Myopia / P.N. Baird, S.-M. Saw, C. Lanca, J.A. Guggenheim, E.L. Smith Iii, X. Zhou, K.-O. Matsui, P.-C. Wu [et al.] // *Nat. Rev. Dis. Primers.* – 2020. – Vol. 6, № 1. – P. 99. DOI: 10.1038/s41572-020-00231-4

Особенности и риск формирования миопии у учащихся средних общеобразовательных школ с различными образовательными программами / И.Е. Штина, С.Л. Валина, О.Ю. Устинова, Л.В. Замотина, О.А. Маклакова // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 2. – С. 80–87. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.07

UDC 613.955

DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.07.eng



Research article

PECULIARITIES AND RISKS OF MYOPIA IN CHILDREN ATTENDING COMPREHENSIVE SCHOOLS WITH DIFFERENT EDUCATIONAL PROGRAMS

I.E. Shtina, S.L. Valina, O.Yu. Ustinova, L.V. Zamotina, O.A. Maklakova

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

The contemporary educational process involves growing diversity and complexity of educational programs and intensity of educational loads. All this, in its turn, affects schoolchildren's health. Diseases of the eye and adnexa occupy the leading place among pathologies that are caused by unfavorable educational conditions. Prevalence of such diseases grows steadily over the whole period of getting secondary education.

The aim of this study was to examine peculiarities and assess risks of myopia in children attending comprehensive schools with different educational programs.

Overall, we examined 804 children from the 1st to 11th grade. The test group was made of 312 children who attended comprehensive schools with profound studies of some subjects. The reference group included 492 children who attended ordinary comprehensive schools. Both groups were identical as regards sex and age ($p = 0.203-0.479$). The study involved handing out questionnaires; estimating whether the organization of the educational processes conformed to the sanitary legislation of the Russian Federation. The research data were analyzed by conventional statistical methods, ROC-analysis, and logistic modeling.

We established several leading risk factors that caused myopia in students of comprehensive schools with profound studies of some subjects. They included 5.4–19.2 % higher educational loads; 1.4 times longer periods of PC use during classes; 1.5 times longer periods of work with digital technologies. The children from the test group tended to have myopia, including moderate and high one, 1.3–2.4 times more frequently; the disease occurred at a younger age; risks of the disease were typically higher in such schools ($OR = 1.48-2.5$). Causation of myopia by factors related to the educational process and digital initiation equaled $R^2 = 0.52-0.77$. Use of ROC-curves identified cut-off points that showed how long it took myopia to develop under the specific educational conditions in comprehensive schools with profound studies of some subjects (the 5th grade) and in ordinary comprehensive schools (the 7th grade).

ROC-analysis data indicate it is necessary to apply a differentiated approach to organizing preventive activities for children who attend comprehensive schools with different educational programs.

Keywords: myopia, refractive disorders, accommodative dysfunctions, students, schools with different educational programs, educational process, relative risk, ROC-analysis, cut-off point.

© Shtina I.E., Valina S.L., Ustinova O.Yu., Zamotina L.V., Maklakova O.A., 2023

Irina E. Shtina – Candidate of Medical Sciences, Head of the Laboratory for Complex Issues of Children's Health (e-mail: shtina_irina@mail.ru; tel.: +7 (342) 237-27-92; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5017-8232>).

Svetlana L. Valina – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department for Children and Teenagers Hygiene (e-mail: valina@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-27-92; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1719-1598>).

Olga Yu. Ustinova – Doctor of Medical Sciences, Deputy Director responsible for clinical work (e-mail: ustynova@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-32-64; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9916-5491>).

Larisa V. Zamotina – ophthalmologist of the consultative polyclinic department (e-mail: olga_mcl@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 219-87-36; ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-1028-7266>).

Olga A. Maklakova – Doctor of Medical Sciences, Head of the Consultative Polyclinic Department (e-mail: olga_mcl@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 219-87-36; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9574-9353>).

References

1. Proskurina O.P., Markova E.Yu., Brzheshkij V.V., Efimova E.L., Efimova M.N., Chvatova N.N., Slychalova N.N., Egorova A.V. The Prevalence of Myopia in Schoolchildren in Some Regions of Russia. *Oftal'mologiya*, 2018, vol. 15, no. 3, pp. 348–353. DOI: 10.18008/1816-5095-2018-3-348-353 (in Russian).
2. World report on vision. *World Health Organization*, 2019. Available at: https://www.who.int/docs/default-source/documents/publications/world-vision-report-accessible.pdf?sfvrsn=223f9bf7_2 (March 27, 2023).
3. Holden B.A., Fricke T.R., Wilson D.A., Jong M., Naidoo K.S., Sankaridurg P., Wong T.Y., Naduvilath T.J., Resnikoff S. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*, 2016, vol. 123, no. 5, pp. 1036–1042. DOI: 10.1016/j.ophtha.2016.01.006
4. Kuchma V.R., Rapoport I.K., Sukhareva L.M., Skoblina N.A., Sedova A.S., Chubarovsky V.V., Sokolova S.B. The health of children and adolescents in school ontogenesis as a basis for improving the system of school health care and sanitary-epidemiological wellbeing of students. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*, 2021, vol. 65, no. 4, pp. 325–333. DOI: 10.47470/0044-197X-2021-65-4-325-333 (in Russian).
5. Rapoport I.K., Tsameryan A.P. Peculiarities of forming nervo-mental disorders and visual impairment among Moscow students during the learning process at school. *ZNiSO*, 2019, no. 5 (314), pp. 20–27. DOI: 10.35627/2219-5238/2019-314-5-20-27 (in Russian).
6. Novikova I.I., Erofeev Yu.V., Denisov A.V. Results of complex hygienic assessment of health of schoolchildren. *ZNiSO*, 2018, no. 4 (301), pp. 31–35. DOI: 10.35627/2219-5238/2018-301-4-31-35 (in Russian).
7. Harrington S.C., Stack J., O'Dwyer V. Risk factors associated with myopia in schoolchildren in Ireland. *Br. J. Ophthalmol.*, 2019, vol. 103, no. 12, pp. 1803–1809. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2018-313325
8. Skoblina N.A., Popov V.I., Eryomin A.L., Markelova S.V., Milushkina O.Yu., Obrubov S.A., Tsameryan A.P. Risks of developing diseases of an eye and its adnexa in students in conditions of the violation of hygienic rules for the use of electronic devices. *Gigiena i sanitariya*, 2021, vol. 100, no. 3, pp. 279–284. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-3-279-284 (in Russian).
9. Czepita D., Mojsa A., Ustianowska M., Czepita M., Lachowicz E. Role of gender in the occurrence of refractive errors. *Ann. Acad. Med. Stetin.*, 2007, vol. 53, no. 2, pp. 5–7.
10. Enthoven C.A., Tideman J.W.L., Polling J.R., Yang-Huang J., Raat H., Klaver C.C.W. The impact of computer use on myopia development in childhood: The Generation R study. *Prev. Med.*, 2020, vol. 132, pp. 105988. DOI: 10.1016/j.ypmed.2020.105988
11. Eisfeld D.A., Ustinova O.Yu., Zaitseva N.V., Savochkina A.A. Assessment of potential hazards posed by influence of risk-inducing environmental factors and factors related to the educational process on somatic health of schoolchildren in different schools. *Health Risk Analysis*, 2022, no. 4, pp. 72–86. DOI: 10.21668/health.risk/2022.4.07.eng
12. Setko A.G., Terekhova E.A., Tyurin A.V., Mokeeva M.M. Peculiarities of neuro-psyche state and life quality of children and teenagers formed under influence exerted by risk factors existing in educational environment. *Health Risk Analysis*, 2018, no. 2, pp. 62–69. DOI: 10.21668/health.risk/2018.2.07.eng
13. Kuchma V.R., Shubochkina E.I., Ibragimova E.M. Hygiene problems of organization of education in profile classes in colleges. *Gigiena i sanitariya*, 2015, vol. 94, no. 4, pp. 8–10 (in Russian).
14. Gritsina O.P., Trankovskaya L.V., Perelomova O.V., Parichuk K.A., Schepinskaya O.L. Features of the state of health of children attending of additional education. *Zdorov'e. Meditsinskaya ekologiya. Nauka*, 2016, no. 1 (64), pp. 33–37 (in Russian).
15. Gritsina O.P., Trankovskaya L.V., Nagirnaya L.N. Hygienic assessment of day mode and mental performance in children attending establishments of additional education. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 2, pp. 185–189. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-2-185-189 (in Russian).
16. Lanca C., Yam J.C., Jiang W.-J., Tham Y.-C., Hassan Emamian M., Tan C.-S., Guo Y., Liu H. [et al.]. Near work, screen time, outdoor time and myopia in schoolchildren in the Sunflower Myopia AEEC Consortium. *Acta Ophthalmol.*, 2022, vol. 100, no. 3, pp. 302–311. DOI: 10.1111/aos.14942
17. Babaev A.B., Khalimova Z.S., Makhmadov Sh.K. Impact adverse factors of educational process to vision organ of school-age children. *Vestnik Pedagogicheskogo universiteta*, 2014, no. 5 (60), pp. 164–168 (in Russian).
18. Kumar Singh N., James R.M., Yadav A., Kumar R., Asthana S., Labani S. Prevalence of Myopia and Associated Risk Factors in Schoolchildren in North India. *Optom. Vis. Sci.*, 2019, vol. 96, no. 3, pp. 200–205. DOI: 10.1097/OPX.0000000000001344
19. Shilovskikh, O.V. Rate of ophthalmological diseases in Sverdlovsk region. *Oftal'mokhirurgiya*, 2010, no. 3, pp. 43–47 (in Russian).
20. Baird P.N., Saw S.-M., Lanca C., Guggenheim J.A., Smith Iii E.L., Zhou X., Matsui K.-O., Wu P.-C. [et al.]. Myopia. *Nat. Rev. Dis Primers*, 2020, vol. 6, no. 1, pp. 99. DOI: 10.1038/s41572-020-00231-4

Shtina I.E., Valina S.L., Ustinova O.Yu., Zamotina L.V., Maklakova O.A. Peculiarities and risks of myopia in children attending comprehensive schools with different educational programs. *Health Risk Analysis*, 2023, no. 2, pp. 80–87. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.07.eng

Получена: 15.02.2023

Одобрена: 11.05.2023

Принята к публикации: 02.06.2023



Научная статья

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ РАБОТНИКОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ НОРИЛЬСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

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

¹Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Красноярскому краю, Россия, 660097, г. Красноярск, ул. Каратанова, 21

²Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

Развитие Арктической зоны в качестве стратегической ресурсной базы и ее рациональное использование в целях ускорения экономического роста России является одним из основных интересов России в Арктике. При этом рабочая среда горнодобывающих производств связана с уникальными условиями труда. Подземный способ добычи полезных ископаемых ставит на первое место вопрос по сохранению здоровья работающего населения.

Осуществлена гигиеническая оценка условий труда, профессиональной заболеваемости и профессионального риска здоровью работников горнодобывающей промышленности Арктической зоны Норильского промышленного района. Оценка профессионального риска проводилась с использованием критериев, изложенных в руководстве Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса». К приоритетным факторам исследуемой отрасли промышленности, обуславливающим развитие профессиональных заболеваний, относятся воздействие производственного шума и работа в условиях высокой тяжести трудового процесса. Профессиональные заболевания среди работников горнодобывающих предприятий Норильского промышленного района относятся к шести нозологическим формам (нозологям). Наибольший вклад в общую структуру профзаболеваний вносит вибрационная болезнь I и II степени, на долю которой приходится 68,6 %. Второе место занимает двусторонняя нейросенсорная тугоухость I и II степени – 13,5 %. Третье место в структуре профзаболеваний занимает радикулопатия – 10,9 %.

Неприемлемые уровни профессионального риска установлены на 76,8 % рабочих мест. Высокая доля рабочих мест с неприемлемым уровнем профессионального риска приводит к формированию профессиональной заболеваемости горнорабочих Норильского промышленного района на уровне выше среднего по России.

Ключевые слова: специальная оценка условий труда, производственные факторы, оценка риска, превышение гигиенических нормативов, профессиональные заболевания, горнодобывающая промышленность, Арктическая зона, Норильский рудный район.

Развитие Арктической зоны в качестве стратегической ресурсной базы и ее рациональное использование в целях ускорения экономического роста

России является одним из основных интересов России в Арктике¹ [1–5]. При этом рабочая среда горнодобывающих производств связана с уникальными

© Горяев Д.В., Фадеев А.Г., Шур П.З., Фокин В.А., Зайцева Н.В., 2023

Горяев Дмитрий Владимирович – кандидат медицинских наук, руководитель, главный государственный санитарный врач по Красноярскому краю (e-mail: office@24.rosпотребнадзор.ru; тел.: 8 (391) 226-89-50; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6450-4599>).

Фадеев Алексей Геннадьевич – начальник отдела надзора за условиями труда (e-mail: onut@24.rosпотребнадзор.ru; тел.: 8 (391) 227-66-43; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1712-9196>).

Шур Павел Залманович – доктор медицинских наук, ученый секретарь, главный научный сотрудник (e-mail: shur@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5171-3105>).

Фокин Владимир Андреевич – научный сотрудник отдела анализа риска для здоровья (e-mail: fokin@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0539-7006>).

Зайцева Нина Владимировна – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель (e-mail: znv@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-25-34; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2356-1145>).

¹ Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года: Указ Президента Российской Федерации от 5 марта 2020 г. № 164 [Электронный ресурс] // Президент России: официальный сетевой ресурс. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45255> (дата обращения: 07.04.2023); Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации»: Постановление Правительства Российской Федерации от 30 марта 2021 г. № 484 [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://base.garant.ru/400534977/> (дата обращения: 07.04.2023).

условиями труда, представляющими, по данным Международной организации труда, источник опасности для работников [6].

Норильский рудный район является лидером в Российской Федерации по добыче и производству никеля, меди, кобальта, серебра, металлов платиновой группы [7–11].

Суровые арктические условия, подземный способ добычи полезных ископаемых ставят на первое место вопрос по сохранению здоровья работающего населения г. Норильска [12–17].

Цель исследования – гигиеническая оценка условий труда, профессиональной заболеваемости и профессионального риска здоровью работников горнодобывающей промышленности Арктической зоны Норильского промышленного района.

Материалы и методы. Анализ результатов специальной оценки условий труда рабочих мест работников горнодобывающей промышленности Норильского промышленного района, профессиональной заболеваемости в течение 10 лет с 2013 по 2022 г. проведен на основе государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Красноярском крае», архивных данных Управления Роспотребнадзора по Красноярскому краю. Оценка профессионального риска проводилась с использованием критериев, изложенных в руководстве Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса»².

Результаты и их обсуждение. Анализ условий труда 7872 работников горнодобывающих предприятий Норильского промышленного района показывает, что на 1838 рабочих местах (76,8 %) по результатам специальной оценки условий труда (СОУТ), проведенной в 2016 г., установлены превышения гигиенических нормативов по одному или нескольким вредным факторам производственной среды.

Основными неблагоприятными факторами рабочей среды являются производственный шум, тяжесть трудового процесса, химический фактор, аэрозоли преимущественно фиброгенного действия, общая и локальная вибрация (рис. 1).

На 1368 рабочих местах (57,2 %) по результатам СОУТ установлено превышение гигиенических нормативов по уровню шума до 105 дБА, что до 25 дБА (ПДУ 80 дБА) превышает гигиенические нормативы и классифицируется как класс условий труда (КУТ) 3.3. Наибольшие уровни шума установлены для таких профессиях, как машинист буровой установки, машинист погрузочно-доставочных машин (ПДМ), машинист подземных самоходных машин (ПСМ), машинист электровоза, горнорабочий очистного забоя (ГРОЗ), проходчик, бурильщик шпуров, дробильщик, люковой и другие.

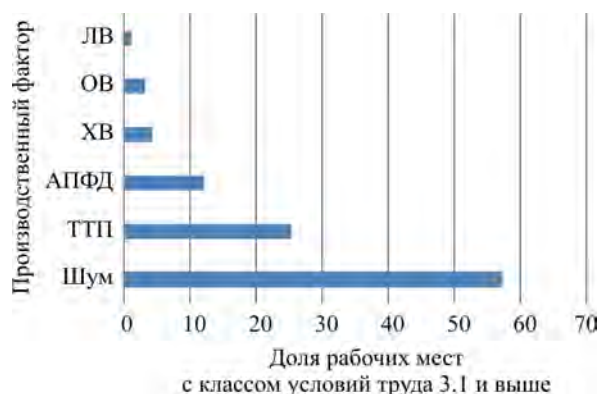


Рис. 1. Доля рабочих мест (%), на которых установлен класс условий труда 3.1 и выше, горнодобывающих предприятий Норильского промышленного района: ЛВ – локальная вибрация, ОВ – общая вибрация, ХВ – химические вещества в воздухе рабочей зоны, АПФД – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия, ТТП – тяжесть трудового процесса

Вторым по частоте выявления вредным производственным фактором, по результатам СОУТ, является тяжесть трудового процесса, превышение которой установлено на 606 рабочих местах (25,3 %). На большинстве рабочих мест основных горнодобывающих профессий, таких как мастер горный, ГРОЗ, горнорабочий подземный, взрывник, бункеровщик, проходчик, машинист буровой установки, машинист ПДМ и другие, КУТ по тяжести трудового процесса относится к 3.2.

Превышение гигиенических нормативов аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД) установлено на 291 рабочем месте (12,2 %) и соответствует КУТ 3.1. Только на двух рабочих местах крепильщика и одном рабочем месте электрогазосварщика установлено превышение гигиенических нормативов аэрозолей преимущественно фиброгенного действия, которые классифицированы как КУТ 3.2.

Загрязнение воздуха химическими веществами установлено на 101 рабочем месте (4,2 %), из них только на четырех рабочих местах КУТ равен 3.2 (электрогазосварщик, машинист ПДМ, машинист буровой установки).

На 74 рабочих местах (3,1 %) горнодобывающих предприятий Норильского промышленного района общая вибрация превышает гигиенические нормативы. Из них на 26 рабочих местах (машинист ПДМ, дробильщик, машинист буровой установки) установлено превышение до 12 дБ (КУТ = 3.2).

На 24 рабочих местах (1 %) установлено превышение гигиенических нормативов по локальной вибрации, из них на восьми рабочих местах, таких как ГРОЗ, проходчик, бункеровщик, установлены превышения гигиенических нормативов до 6 дБ, КУТ = 3.2.

² Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда / утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 29 июля 2005 г.; введ. в действие 01.11.2005 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200040973> (дата обращения: 12.04.2023).

Комплексное воздействие вредных производственных факторов на здоровье работников горнодобывающих предприятий Норильского промышленного района, превышающих ПДК / ПДУ, установлено на рабочих местах: машиниста погрузочно-доставочной машины, электрогазосварщика, проходчика, горнорабочего очистного забоя, машиниста подземных самоходных машин, оборщика горных выработок, машиниста электровоза, машиниста мельниц, машиниста конвейера, люкового, бурильщика шпуров, доставщика крепежных материалов в шахту, дробильщика, крепильщика, машиниста буровой установки (табл. 1).

В ходе анализа риска по результатам СОУТ установлено, что в целом по горнодобывающим предприятиям Норильского промышленного района доля рабочих мест с пренебрежимо малым (переносимым) риском составила 23,16 %, с малым (умеренным) риском – 34,28 %, со средним (существенным) риском – 27,3 %, с высоким (непереносимым) риском – 15,26 %. Рабочих мест с очень высоким (непереносимым) уровнем риска выявлено не было (табл. 2).

Вредные условия труда, одновременное сочетание действия вредных производственных факторов рабочей среды (КУТ = 3.1 и выше) привели к тому, что на горнодобывающих предприятиях Норильского промышленного района за 10-летний период (с 2013 по 2022 г.) установлено 957 случаев профессиональных заболеваний (рис. 2).

На момент установления профессионального заболевания средний возраст работников составлял 50,4 г., стаж работы во вредных и опасных условиях труда – 23,1 г., стаж работы в профессии, где было установлено профессиональное заболевание, – 16,1 г. Наибольшее число случаев профессионального заболевания выявлено среди машинистов ПДМ – 226 (23,6 %), бурильщиков шпуров – 143 (14,9 %), ГРОЗ – 126 (13,2 %), взрывников (включая мастера-взрывника) – 89 (9,3 %), крепильщиков – 73 (7,5 %), проходчиков – 69 (7,2 %), машинистов электровоза – 53 (5,5 %), машинистов буровой установки – 44 (4,6 %). На остальные специальности, такие как люковой, машинист подземных машин, дробильщик, слесарь, сварщик, дорожный рабочий и другие, приходится 14 % профессиональных заболеваний.

Профессиональные заболевания среди работников горнодобывающих предприятий Норильского промышленного района относятся к шести нозологическим формам (нозологиям). Наибольший вклад в общую структуру профзаболеваний вносит вибрационная болезнь I и II степени, на долю которой приходится 68,6 % случаев. Второе место занимает двусторонняя нейросенсорная тугоухость I и II степени – 13,5 %. Третье место в структуре профзаболеваний занимает радикулопатия – 10,9 %. На профессиональные заболевания органов дыхания, злокачественные новообразования различной локализации, болезни периферической нервной системы приходится 7 %.

Таблица 1

Результаты гигиенической оценки профессионального риска по результатам СОУТ на рабочих местах горнодобывающих предприятий Норильского промышленного района

№ п/п	Профессия	Вредный производственный фактор (КУТ = 3.1 и выше)					
		шум	общая вибрация	локальная вибрация	тяжесть трудового процесса	АПФД	химический фактор
1	Машинист ПДМ	+	+	+	+	-	+
2	Проходчик	+	-	-	+	+	+
3	ГРОЗ	+	-	-	+	+	+
4	Машинист ПСМ	+	+	+	+	+	+
5	Машинист электровоза	+	+	-	-	+	-
6	Машинист мельниц	+	-	-	+	+	-
7	Машинист буровой установки	+	+	+	+	-	-
8	Машинист конвейера	+	+	-	+	+	-
9	Оборщик горных выработок	+	-	-	+	+	+
10	Люковой	+	-	-	+	+	-
11	Бурильщик шпуров	+	-	-	+	+	-
12	Доставщик крепежных материалов в шахту	+	-	-	+	+	-
13	Дробильщик	+	+	-	+	+	-
14	Крепильщик	+	-	-	+	+	-

Таблица 2

Результаты гигиенической оценки профессионального риска по результатам СОУТ на рабочих местах горнодобывающих предприятий Норильского промышленного района

Количество рабочих мест	Пренебрежимо малый (переносимый) риск		Малый (умеренный) риск		Средний (существенный) риск		Высокий (непереносимый) риск		Очень высокий (непереносимый) риск	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
2392	554	23,16	820	34,28	653	27,30	365	15,26	-	-

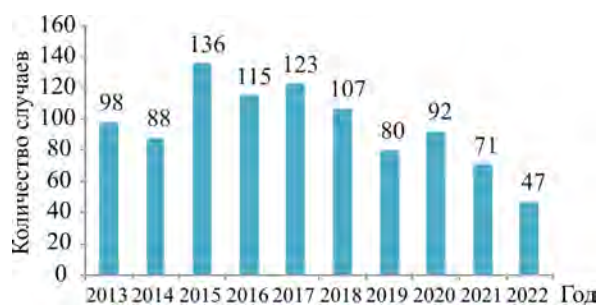


Рис. 2. Число установленных случаев профессиональной заболеваемости среди работников горнодобывающих предприятий Норильского промышленного района

Проведенное исследование позволило установить, что более чем на 75 % рабочих мест условия труда горнорабочих Норильского промышленного района не соответствуют гигиеническим нормативам. Данный уровень находит свое отражение в количестве выявляемых случаев профессиональных заболеваний среди горнорабочих, который выше уровней как Красноярского края, так и Российской Федерации. Выявленное снижение уровней профессиональных заболеваний на протяжении последних трех лет требует дальнейшего рассмотрения и обоснования его причин.

Вредные факторы трудового процесса привели к развитию 93 % всех случаев установленных профессиональных заболеваний среди горнорабочих Норильского промышленного района. Данный факт можно объяснить автоматизацией процессов, активным использованием внутришахтного пылеподавления, снижением выбросов

внутришахтного оборудования от двигателей внутреннего сгорания.

На долю всего шести профессий приходится 75,7 % всех установленных случаев профессиональных заболеваний, а именно: машинист ПДМ, бурильщик шпуров, ГРОЗ, взрывник (включая мастера-взрывника), крепильщик и проходчик. На указанных рабочих местах установлено воздействие на организм работника от 2 до 5 вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы.

Выводы. К приоритетным факторам исследуемой отрасли промышленности, обуславливающим развитие профессиональных заболеваний, относятся воздействие производственного шума и работа в условиях высокой тяжести трудового процесса, что совпадает с оценками других авторов [18–20]. Также на рабочих местах отмечается превышение гигиенических нормативов по АПФД и содержанию химических веществ в воздухе рабочей зоны. Имеет место сочетанный характер воздействия производственных факторов на здоровье работников, обуславливающий неприемлемые уровни профессионального риска на 76,8 % рабочих мест. Высокая доля рабочих мест с неприемлемым уровнем профессионального риска приводит к формированию профессиональной заболеваемости горнорабочих Норильского промышленного района на уровне выше среднего по России.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Грязнов С.Н., Малышев В.П. Обеспечение комплексной безопасности при освоении ресурсной базы Арктической зоны Российской Федерации // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2014. – Т. 4, № 1 (6). – С. 62–66.
2. Ивченко Б.П., Кудряшов В.С. Основные положения развития Арктической зоны Российской Федерации, как стратегической ресурсной базы страны // Экономика и управление народным хозяйством (Санкт-Петербург). – 2019. – № 6 (8). – С. 8–13.
3. Казакова С.М., Климанов В.В. Трансформация целей развития Арктической зоны Российской Федерации // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. – 2022. – № 1. – С. 96–110. DOI: 10.22394/2079-1690-2022-1-1-96-110
4. Суходаева Т.С. Развитие российского сегмента Арктической зоны как региональное измерение мировой геополитики // Развитие территорий. – 2020. – № 2 (20). – С. 73–77. DOI: 10.32324/2412-8945-2020-2-73-77
5. Наливайченко Е.В., Тишков С.В., Волков А.Д. Эффективность реализации государственной энергетической политики в Арктической зоне России // Актуальные проблемы и перспективы развития экономики: труды XIX Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. – Симферополь, 2020. – С. 50–53.
6. The relationship between psychosocial risk and occupational functioning among miners / A. Moscicka-Teske, J. Sadowska-Wrzesinska, A. Najder, M. Butlewski // Int. J. Occup. Med. Environ. Health. – 2019. – Vol. 32, № 1. – P. 87–98. DOI: 10.13075/ijom.1896.01162
7. Волков А.В., Галямов А.Л., Лобанов К.В. Минеральное богатство Циркумарктического пояса // Арктика: экология и экономика. – 2019. – № 1 (33). – С. 106–117. DOI: 10.25283/2223-4594-2019-1-106-117
8. Ферова И.С., Янкина Ю.С. Современное состояние и перспективы инновационного развития горно-металлургической сферы // Индустриальная экономика. – 2022. – Т. 1, № 1. – С. 6–14. DOI: 10.47576/2712-7559_2022_1_1_6
9. Веретенников Н.П. Экономика природных ресурсов в регионах Арктики // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. – 2020. – № 4 (64). – С. 16.
10. Минерально-сырьевая база цветной металлургии России / Ю.В. Дмитрак, Б.С. Цидаев, В.Х. Дзапаров, Г.Х. Харебов // Вектор ГеоНаук. – 2019. – Т. 2, № 1. – С. 9–18. DOI: 10.24411/2619-0761-2019-10002
11. Минерально-сырьевые ресурсы российского Севера / С.К. Кузнецов, И.Н. Бурцев, Н.Н. Тимонина, Д.С. Кузнецов // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. – 2022. – № 2 (54). – С. 72–83. DOI: 10.19110/1994-5655-2022-2-72-83

12. Сюрин С.А. Риски здоровью при добыче полезных ископаемых в Арктике // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2020. – № 11 (332). – С. 55–61. DOI: 10.35627/2219-5238/2020-332-11-55-61
13. Актуальные вопросы улучшения условий труда и сохранения здоровья работников горнорудных предприятий / И.В. Бухтияров, А.Г. Чеботарёв, Н.Н. Курьеров, О.В. Сокур // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 7. – С. 424–429. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-7-424-429
14. Талыкова Л.В., Быков В.Р. Исследование эффектов профессионального воздействия в условия Арктической зоны (обзор литературы) // Российская Арктика. – 2021. – № 3 (14). – С. 41–53. DOI: 10.24412/2658-4255-2021-3-00-04
15. Сюрин С.А., Горбанев С.А. Условия труда и профессиональная патология горняков Кольского Заполярья // Медицина труда и промышленная экология. – 2020. – Т. 60, № 7. – С. 456–461. DOI: 10.31089/1026-9428-2020-60-7-456-461
16. Чеботарёв А.Г., Семенцова Д.Д. Комплексная оценка условий труда и состояния профессиональной заболеваемости работников горно-металлургических предприятий // Горная промышленность. – 2021. – № 1. – С. 114–119. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-1-114-119
17. Фомин А.И., Грунковой Т.В. Аналитический обзор случаев профессиональной заболеваемости при шахтной добыче полезных ископаемых на территории Республики Коми // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2021. – № 4. – С. 45–54.
18. Gorbanev S., Syurin S., Kovshov A. Features of Occupational Health Risks in the Russian Arctic (on the Example of Nenets Autonomous Okrug and Chukotka Autonomous Okrug) // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2021. – Vol. 18, № 3. – P. 1061. DOI: 10.3390/ijerph18031061
19. Factors of work environment hazardous for health in opinions of employees working underground in the 'Bogdanka' coal mine / J. Strzemecka, M. Gozdziowska, J. Skrodziuk, E.M. Galinska, S. Lachowski // Ann. Agric. Environ. Med. – 2019. – Vol. 26, № 3. – P. 409–414. DOI: 10.26444/aaem/106224
20. Whole-body vibration exposure vis-à-vis musculoskeletal health risk of dumper operators compared to a control group in coal mines / V. Kumar, S.K. Palei, N.C. Karmakar, D.K. Chaudhary // Saf. Health Work. – 2022. – Vol. 13, № 1. – P. 73–77. DOI: 10.1016/j.shaw.2021.10.007

Гигиеническая оценка условий труда и профессиональной заболеваемости работников горнодобывающей промышленности в Арктической зоне Норильского промышленного района / Д.В. Горяев, А.Г. Фадеев, П.З. Шур, В.А. Фокин, Н.В. Зайцева // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 2. – С. 88–94. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.08

UDC 613.6

DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.08.eng



Research article

HYGIENIC ASSESSMENT OF WORKING CONDITIONS AND OCCUPATIONAL INCIDENCE AMONG MINING WORKERS IN THE ARCTIC ZONE OF THE NORILSK INDUSTRIAL AREA

D.V. Goryaev¹, A.G. Fadeev¹, P.Z. Shur², V.A. Fokin², N.V. Zaitseva²

¹Krasnoyarsk Regional Office of the Federal Service for Surveillance over Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 21 Karatanova Str., Krasnoyarsk, 660097, Russian Federation

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

© Goryaev D.V., Fadeev A.G., Shur P.Z., Fokin V.A., Zaitseva N.V., 2023

Dmitrii V. Goryaev – Candidate of Medical Sciences, Head of the Administration, Chief State Sanitary Inspector for the Krasnoyarsk region (e-mail: office@24.rosпотребнадзор.ru; tel.: +7 (391) 226-89-50; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6450-4599>).

Aleksei G. Fadeev – Head of the Labor Supervision Department (e-mail: onut@24.rosпотребнадзор.ru; tel.: +7 (391) 227-66-43; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1712-9196>).

Pavel Z. Shur – Doctor of Medical Sciences, Chief Researcher-Academic Secretary (e-mail: shur@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5171-3105>).

Vladimir A. Fokin – Researcher at the Health Risk Analysis Department (e-mail: fokin@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0539-7006>).

Nina V. Zaitseva – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Scientific Director (e-mail: znv@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-25-34; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2356-1145>).

The development of the Arctic zone as a strategic resource base and its rational use aimed at the economic growth acceleration is a key interest of the Russian Federation in this region. The occupational environment in mining industry is associated with unique working conditions. Underground mining makes workers' health protection the most significant task.

The aim of this study was to perform hygienic assessment of working conditions, occupational incidence and occupational health risks for workers employed in mining industry in the Arctic zone of the Norilsk industrial area. Occupational health risks were assessed using indicators outlined in the Guide R 2.2.2006-05 The Guide on Hygienic Assessment of Factors Related to Working Environment and Work Process. Exposure to occupational noise and considerable work hardness are priority factors in the analyzed industry that cause occupational diseases. Occupational diseases among workers employed in mining industry in the Norilsk industrial area belonged to six nosologies. Vibration disease, stages 1 and 2, makes the greatest contribution to the overall structure of occupational incidence since it accounts for 68.6 % in it. The second place belongs to two-sided sensorineural hearing loss, stages 1 and 2, 13.5 %. Radiculopathy occupies the third rank place accounting for 10.9 %.

Unacceptable occupational health risks were identified at 76.8 % of workplaces. A high share of workplaces with unacceptable occupational health risks leads to high occupational incidence among mining workers in the Norilsk industrial area, its levels being higher than the national average.

Keywords: special assessment of working conditions, occupational factors, risk assessment, violation of hygienic standards, occupational diseases, mining industry, Arctic zone, Norilsk industrial area.

References

1. Gryaznov S.N., Malyshev V.P. Obespechenie kompleksnoi bezopasnosti pri osvoenii resursnoi bazy Arkticheskoi zony Rossiiskoi Federatsii [Providing integrated security in the development of resources in the Arctic zone of the Russian Federation]. *Strategiya grazhdanskoi zashchity: problemy i issledovaniya*, 2014, vol. 4, no. 1 (6), pp. 62–66 (in Russian).
2. Ivchenko B.P., Kudryashov V.S. Osnovnye polozheniya razvitiya Arkticheskoi zony Rossiiskoi Federatsii, kak strategicheskoi resursnoi bazy strany [The main provisions of the development of the Arctic zone of the Russian Federation as a strategic resource base of the country]. *Ekonomika i upravlenie narodnym khozyaistvom (Sankt-Peterburg)*, 2019, no. 6 (8), pp. 8–13 (in Russian).
3. Kazakova S.M., Klimanov V.V. Transformation of the development goals of the Russian Arctic. *Gosudarstvennoe i munitsipal'noe upravlenie. Uchenye zapiski*, 2022, no. 1, pp. 96–110. DOI: 10.22394/2079-1690-2022-1-1-96-110 (in Russian).
4. Sukhodaeva T.S. Development of the Russian segment of the Arctic zone as a regional measurement of world geopolitics. *Razvitie territorii*, 2020, no. 2 (20), pp. 73–77. DOI: 10.32324/2412-8945-2020-2-73-77 (in Russian).
5. Nalivaichenko E.V., Tishkov S.V., Volkov A.D. Effektivnost' realizatsii gosudarstvennoi energeticheskoi politiki v Arkticheskoi zone Rossii [The effectiveness of the implementation of the state energy policy in the Arctic zone of Russia]. *Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya ekonomiki: trudy XIX Vserossiiskoi s mezhdunarodnym uchastiem nauchno-prakticheskoi konferentsii, Simferopol'*, 2020, pp. 50–53 (in Russian).
6. Moscicka-Teske A., Sadtowska-Wrzesinska J., Najder A., Butlewski M. The relationship between psychosocial risk and occupational functioning among miners. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health*, 2019, vol. 32, no. 1, pp. 87–98. DOI: 10.13075/ijom.1896.01162
7. Volkov A.V., Galyamov A.L., Lobanov K.V. The mineral wealth of the Circum-Arctic Belt. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2019, no. 1 (33), pp. 106–117. DOI: 10.25283/2223-4594-2019-1-106-117 (in Russian).
8. Ferova I.S., Yankina Yu.S. Current state and prospects for innovative development of the mining and metallurgical sector. *Industrial'naya ekonomika*, 2022, vol. 1, no. 1, pp. 6–14. DOI: 10.47576/2712-7559-2022-1-1-6 (in Russian).
9. Veretennikov N.P. Natural resource economics in the Arctic regions. *Regional'naya ekonomika i upravlenie: elektronnyi nauchnyi zhurnal*, 2020, no. 4 (64), pp. 16 (in Russian).
10. Dmitrak Yu.V., Tsidaev B.S., Dzaparov V.Kh., Kharebov G.Kh. Mineral'no-syr'evaya baza tsvetnoi metallurgii Rossii [Mineral and raw materials base of non-ferrous metallurgy of Russia]. *Vektor GeoNauk*, 2019, vol. 2, no. 1, pp. 9–18. DOI: 10.24411/2619-0761-2019-10002 (in Russian).
11. Kuznetsov S.K., Burtsev I.N., Timonina N.N., Kuznetsov D.S. Mineral resources of the Russian North. *Izvestiya Komi nauchnogo tsentra Ural'skogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk*, 2022, no. 2 (54), pp. 72–83. DOI: 10.19110/1994-5655-2022-2-72-83 (in Russian).
12. Syurin S.A. Health risks of mining in the Arctic. *ZNiSO*, 2020, no. 11 (332), pp. 55–61. DOI: 10.35627/2219-5238/2020-332-11-55-61 (in Russian).
13. Bukhtiyarov I.V., Chebotarev A.G., Courierov N.N., Sokur O.V. Topical issues of improving working conditions and preserving the health of workers of mining enterprises. *Medsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2019, vol. 59, no. 7, pp. 424–429. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-7-424-429 (in Russian).
14. Talykova L.V., Bykov V.R. Study of the effect of occupational exposure at the Arctic zone (literature review). *Rossiiskaya Arktika*, 2021, no. 3 (14), pp. 41–53. DOI: 10.24412/2658-4255-2021-3-00-04 (in Russian).
15. Syurin S.A., Gorbanev S.A. Working conditions and occupational pathology of Kola Polar miners. *Medsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2020, vol. 60, no. 7, pp. 456–461. DOI: 10.31089/1026-9428-2020-60-7-456-461 (in Russian).
16. Chebotarev A.G., Sementsova D.D. Comprehensive Assessment of Working Conditions and Occupational Disease Rates at Mining and Metallurgical Enterprises. *Gornaya promyshlennost'*, 2021, no. 1, pp. 114–119. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-1-114-119 (in Russian).

17. Fomin A.I., Grunskoy T.V. Analytical review of occupational morbidity cases in underground mineral mining on the Komi republic territory. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noi promyshlennosti*, 2021, no. 4, pp. 45–54 (in Russian).

18. Gorbanev S., Syurin S., Kovshov A. Features of Occupational Health Risks in the Russian Arctic (on the Example of Nenets Autonomous Okrug and Chukotka Autonomous Okrug). *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2021, vol. 18, no. 3, pp. 1061. DOI: 10.3390/ijerph18031061

19. Strzemecka J., Gozdziowska M., Skrodziuk J., Galinska E.M., Lachowski S. Factors of work environment hazardous for health in opinions of employees working underground in the 'Bogdanka' coal mine. *Ann. Agric. Environ. Med.*, 2019, vol. 26, no. 3, pp. 409–414. DOI: 10.26444/aaem/106224

20. Kumar V., Palei S.K., Karmakar N.C., Chaudhary D.K. Whole-body vibration exposure vis-à-vis musculoskeletal health risk of dumper operators compared to a control group in coal mines. *Saf. Health Work*, 2022, vol. 13, no. 1, pp. 73–77. DOI: 10.1016/j.shaw.2021.10.007

Goryaev D.V., Fadeev A.G., Shur P.Z., Fokin V.A., Zaitseva N.V. Hygienic assessment of working conditions and occupational incidence among mining workers in the arctic zone of the norilsk industrial area. Health Risk Analysis, 2023, no. 2, pp. 88–94. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.08.eng

Получена: 20.04.2023

Одобрена: 22.05.2023

Принята к публикации: 02.06.2023

УДК 331.4: 629.33: 616.1
DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.09

Читать
онлайн



Научная статья

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СРЕДА АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ РИСКА РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНЕЙ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ У РАБОТНИКОВ

Э.Т. Валеева^{1,2}, Р.Р. Галимова^{1,2}, А.А. Дистанова¹, И.Ф. Сулейманова¹,
Д.М. Галиуллина¹, Н.В. Бояринова¹, Л.Х. Салаватова¹, С.М. Исаева¹

¹Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека, Россия, 450106,
г. Уфа, ул. Степана Кувыкина, 94

²Башкирский государственный медицинский университет, Россия, 450077, г. Уфа, ул. Ленина, 3

Проведенные исследования показали, что условия труда работников основных профессиональных групп автомобилестроения характеризуются сочетанным и комбинированным характером воздействия производственных факторов на организм. Основными вредными факторами производственной среды являются интенсивный шум, вибрация, тяжесть трудового процесса и химический фактор, интенсивность которых колеблется от допустимых (класс 2.0) до вредных 3.1–3.2 (вредный класс 1–2-й степени вредности), что может явиться причиной развития и усугубления течения основных неинфекционных заболеваний, таких как болезни системы кровообращения (БСК), профессиональных и производственно обусловленных заболеваний.

БСК диагностированы у 37,7 % работников производства, наиболее часто встречались гипертоническая болезнь – 28,2 %, цереброваскулярные заболевания – 6,5 % и ишемическая болезнь сердца – 3,6 %. У работников, имеющих контакт с вредными факторами производства, интенсивность которых находилась в пределах вредного 3-го класса 1–2-й степени вредности, БСК развивались в более молодом возрасте, нарастали с увеличением стажа работы и имели более частое осложненное течение в виде острых сердечно-сосудистых состояний. При оценке суммарного сердечно-сосудистого риска по системе SCORE доля лиц, имеющих высокий и очень высокий уровень риска, была выше в группе маляров, лаборантов химанализа и слесарей по ремонту оборудования. Атрибутивный риск новых болезней сердечно-сосудистой системы колебался в пределах от 9,6 (токари) до 42,6 (слесари по ремонту) случая.

Наиболее высокая степень профессиональной обусловленности БСК определена у слесарей по ремонту оборудования и механосборочных работ (МСР), средняя степень – у штамповщиков, маляров, лаборантов химанализа, машинистов крана и токарей.

Ключевые слова: автомобилестроение, условия труда, факторы производственной среды, работники, болезни системы кровообращения, риск, профессиональная обусловленность.

© Валеева Э.Т., Галимова Р.Р., Дистанова А.А., Сулейманова И.Ф., Галиуллина Д.М., Бояринова Н.В., Салаватова Л.Х., Исаева С.М., 2023

Валеева Эльвира Тимерьяновна – доктор медицинских наук, главный научный сотрудник отдела медицины труда; профессор кафедры терапии и профессиональных болезней (e-mail: oozr@mail.ru; тел.: 8 (347) 255-57-30; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9146-5625>).

Галимова Расима Расиховна – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела медицины труда; доцент кафедры терапии и профессиональных болезней (e-mail: rasima75@mail.ru; тел.: 8 (347) 255-57-30; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4658-545X>).

Дистанова Альбина Анваровна – аллерголог-иммунолог отделения профпатологической аллергологии и иммунореабилитации (e-mail: f-albina@rambler.ru; тел.: 8 (347) 255-57-08; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4249-2288>).

Сулейманова Ирина Фаритовна – врач-профпатолог (e-mail: xirinaf@mail.ru; тел.: 8 (347) 255-57-12; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0651-9201>).

Галиуллина Динара Маратовна – заведующий терапевтическим профпатологическим отделением стационара (e-mail: dinara.galiullina.81@mail.ru; тел.: 8 (347) 255-19-39; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6659-3983>).

Бояринова Наталья Владимировна – врач-кардиолог консультативно-поликлинического отделения (e-mail: boyarinoffn@yandex.ru; тел.: 8 (347) 255-57-12; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4885-6348>).

Салаватова Лилияна Халимулловна – врач-невролог неврологического-профпатологического отделения стационара (e-mail: Salavatova.liliyana@gmail.ru; тел.: 8 (347) 255-18-21; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0091-8220>).

Исаева Светлана Маратовна – врач-невролог неврологического-профпатологического отделения стационара (e-mail: 21sveta07@mail.ru; тел.: 8 (347) 255-18-21; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3309-080X>).

В России производство автомобилей различных марок занимает 23 % всего объема продукции машиностроения. По всей стране на предприятиях машиностроения трудятся десятки тысяч работников. При этом работники основных профессиональных групп трудятся в таких производственных условиях, которые соответствуют вредным – 3-го класса 1–2-й степени вредности. К наиболее значимым приоритетным вредным производственным факторам относятся факторы физической природы: интенсивный производственный шум, вибрация; далее следует загрязнение воздуха рабочей зоны химическими аэрозолями и физические перегрузки [1–3]. Шумовибрационный фактор производства, его интенсивность, количественные и качественные характеристики, длительность действия на протяжении трудового процесса зачастую приводят к различным нарушениям здоровья, причиной которых являются сниженные процессы адаптационного резерва организма и защитно-компенсаторных реакций [4–6]. В этой отрасли для большинства рабочих мест характерно воздействие на работников комплекса вредных производственных факторов [1, 4]. При этом наращивание мощностей производств по выпуску автомобилей в связи с повышенным спросом на рынке приводит к увеличению негативного их действия на организм, повышает риск развития острых и хронических заболеваний различных органов и систем, в том числе угрожаемых состояний, причиной которых является сердечно-сосудистая патология [7–10].

Из более чем 200 факторов риска (ФР) развития и прогрессирования болезней системы кровообращения (БСК) только около девяти ведущих обуславливают почти 95 % популяционного риска: артериальная гипертензия, диабет, дислипидемия, курение табака, злоупотребление крепким алкоголем, ожирение по типу абдоминального, депрессия / стресс, низкая двигательная активность и малое употребление в пищу овощей / фруктов [11–14]. Исследованиями ряда авторов показано, что и профессионально-производственные факторы риска, такие как шум, комплекс токсических веществ и аэрозолей в воздухе рабочей зоны, тяжелые климатические и микроклиматические условия, физические перегрузки и напряженность труда, обусловленная ночным и сменным характером работы, стресс и психоэмоциональная нагрузка на рабочем месте вследствие высокой ответственности за трудовой процесс, – также вносят значительный вклад в рост заболеваемости БСК у работников [9, 15–20].

Актуальность настоящего исследования обусловлена малым количеством исследований по изучению распространенности БСК у работников авто-

мобилестроения, которые являются основной причиной высокой смертности и инвалидизации работающего населения. В связи с этим соблюдение требований допустимых значений факторов рабочей среды для сохранения здоровья и обеспечения необходимого уровня работоспособности определяет необходимость разработки научно обоснованных подходов к профилактике и снижению риска развития БСК.

Цель исследования – проанализировать заболеваемость БСК у работников профессиональных групп, находящихся под влиянием комплекса вредных производственных факторов в условиях производства автомобилестроения.

Материалы и методы. Проведено гигиеническое изучение условий труда на 250 рабочих местах одного из ведущих предприятий автомобилестроения России с оценкой количественных и качественных параметров неблагоприятных факторов производства согласно Р 2.2.2006-05¹ по данным собственных исследований и материалов специальной оценки условий труда (СОУТ).

Современный процесс производства автомобилестроения характеризуется значительным удельным весом обрабатывающих операций, включающих сборочные процессы, механическую обработку и в последующем сборку деталей и изделий крупных габаритов, нестандартных комплектующих.

Ведущим техническим процессом в производстве автомобилестроения являются процессы сборки узлов и обработка деталей механическим способом и нестандартных изделий, а также деталей очень крупных габаритов. Ведущей и самой многочисленной профессиональной группой предприятия являются слесари механосборочных работ (МСР), далее следуют штамповщики, которые в процессе труда испытывают воздействие производственного шума, уровни которого превышают ПДУ на 7–16 дБА по эквивалентному уровню (класс 3.2), локальной вибрации (класс 3.1), физических перегрузок (подъем и перемещение тяжестей, воздействие региональных нагрузок на мышцы верхнего плечевого пояса) (класс 3.1) (табл. 1). Условия труда работников остальных профессиональных групп определяются повышенными уровнями воздействия следующих производственных факторов: для транспортировщиков, машинистов крана – тяжести трудового процесса, токарей и слесарей по ремонту – тяжести труда и шума, маляров и лаборантов химанализа – действия токсических веществ, таких как фенол, толуол, формальдегид, уайтспирт, свинец и его соединения, ксилол, аммиак, хромовый ангидрид (класс 3.2). Кроме того, маляры подвергаются воздействию физических перегрузок (класс 3.1) и шума (класс 3.1).

¹ Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда / утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 29 июля 2005 г.; введ. в действие 01.11.2005 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200040973> (дата обращения: 06.01.2023).

Таблица 1

Итоговая оценка условий труда работников автомобилестроения

Профессия	Вредные производственные факторы					Общая оценка условий труда
	химический	шум ($L_{\text{экв}}$)	микроклимат	вибрация локальная	тяжесть труда	
Слесарь МСР	2	3.2	-	3.1	3.1	3.2
Штамповщик	-	3.2	-	3.1	3.1	3.2
Транспортировщик, машинист крана	2	2	2	-	3.1	3.1
Токарь; слесарь по ремонту	2	3.1	-	-	3.1	3.1
Маляр	3.1	3.1	-	-	3.1	3.2
Лаборант химанализа	3.1	2.0	2.0	-	3.1	3.2

Таким образом, основными неблагоприятными факторами, которые вносят определенный вклад в создание вредных условий труда, являются превышение допустимых уровней шума и локальной вибрации, высокое физическое перенапряжение, присутствие в воздухе рабочих зон большого числа высокотоксичных соединений, которые могут являться фактором химического риска для здоровья работающих. Своеобразие трудовой деятельности на данных производствах определяет специфику труда работников основных профессиональных групп, которая для большинства рабочих мест характеризуется сочетанным и комбинированным характером воздействия производственных факторов на организм.

Изучение состояния здоровья работников проводилось в 2018–2019 гг. согласно приказу Минздрава России от 12.04.2011 № 302н² в объеме периодического медицинского осмотра (ПМО). Осмотрено 583 работника основных профессиональных групп: слесари МСР (173 человека), слесари-ремонтники (99), токари (130), машинисты крана (67), транспортировщики (39), маляры и лаборанты химического анализа (75). Группу контроля составили 150 работников производства, не имеющих в процессе трудовой деятельности контакта с вредными производственными факторами, сопоставимых по стажу и возрасту. Обследование включало в себя опрос по стандартной анкете для оценки личного самочувствия по предъявляемым жалобам и выявления немодифицированных и модифицированных факторов кардиоваскулярного риска (по шкале SCORE). Дополнительно все работники осматрены врачом-кардиологом.

Значительных различий по стажу и возрасту между изученными профессиональными группами не наблюдалось.

Определялись относительный риск (ОР) и 95%-ный доверительный интервал (ДИ). В зависи-

мости от показателей относительного риска (RR) и этиологической доли (EF) проведена оценка производственной обусловленности БСК. Расчеты проводились с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. На основании анализа обобщенных показателей качественных и количественных параметров изученных производственных факторов показано, что у работников машиностроительной отрасли итоговая оценка условий труда соответствует вредному 3-му классу 1–2-й степени вредности. Воздействие профессиональных факторов риска производства автомобилестроения может способствовать росту хронических неинфекционных заболеваний, производственно обусловленной и профессиональной патологии у работников.

Проведенные клинико-лабораторные обследования в рамках периодического медицинского осмотра показали, что более чем у трети работников были диагностированы БСК (37,7 %), при этом основными нозологическими формами были гипертоническая болезнь (ГБ) (28,2 %), цереброваскулярные заболевания (ЦВЗ) (6,5 %) и ишемическая болезнь сердца (ИБС) (3,6 %) (табл. 2). Такие болезни системы кровообращения, как варикозное расширение вен нижних конечностей, атеросклероз артерий конечностей, аорты, диагностировались в единичных случаях.

Высокий риск воздействия факторов производственной среды на развитие гипертонической болезни наблюдался у работников практически всех профессиональных групп: штамповщиков (ОР = 1,84; ДИ: 1,01–3,36), слесарей МСР (ОР = 2,47; ДИ: 1,56–3,90), слесарей по ремонту (ОР = 3,26; ДИ: 2,04–5,19), токарей (ОР = 1,23; ДИ: 0,63–2,43), маляров (ОР = 2,40; ДИ: 1,42–4,06). Самые высокие показатели относительного риска наблюдались в группе маляров и лаборантов химанализа, далее следуют слесари по ремонту оборудования и МСР. Проведенные исследо-

² Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда: приказ Минздрава России от 12.04.2011 № 302н (утратил силу с 1 апреля 2021 года на основании совместного приказа Минтруда России и Минздрава России от 31 декабря 2020 года № 988н/1420н) [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902275195> (дата обращения: 24.12.2022).

вания выявили, что, в отличие от группы сравнения, в которой ГБ чаще диагностировалась у лиц в возрасте 50–62 лет, у работников основных профессий ГБ по данным амбулаторных карт выявлялась в значительно более молодом возрасте (38–49 лет). Можно высказать предположение, что воздействие таких вредных производственных факторов, как интенсивный шум, превышающий ПДУ, тяжесть трудового процесса, оказывает негативное влияние на возникновение и прогрессирование ГБ. Следует обратить внимание, что в процессе проведения СОУТ работников не оценивалась напряженность трудового процесса ни в одной профессиональной группе, что также вызывает определенные вопросы.

ИБС выявлена у 3,6 % работников, в основном у лиц старшей возрастной группы – 50–59 лет и выше, в возрастной группе 40–49 лет ИБС диагностировалась в единичных случаях. Анализ нозологических форм ИБС показал, что она была представлена стенокардией напряжения – 87,3 %, аритмическим вариантом – 3,8 % и постинфарктным кардиосклерозом – 8,9 %.

Развитие ИБС на фоне длительно протекающей, не менее 7–10 лет, гипертонической болезни наблюдалось у 17,8 % всех работников с БСК, причем в основном у лиц старше 55 лет. У 0,7 % лиц основной группы наблюдалось осложненное течение ИБС в виде острых сердечно-сосудистых со-

стояний (инфаркт миокарда и острое нарушение мозгового кровообращения в анамнезе), что явилось причиной проведения внеочередной экспертизы профпригодности и перевода ряда работников на работу, не связанную с вредными и опасными факторами производственной среды.

Цереброваскулярные заболевания у работников диагностировались в основном у лиц старше 40 лет и были представлены хроническими формами сосудистой патологии в виде начальных проявлений хронической ишемии головного мозга. Частота этой патологии нарастала с увеличением возраста и стажа работы на производстве.

При оценке суммарного сердечно-сосудистого риска по системе SCORE доля лиц, имеющих высокий и очень высокий уровень риска, была выше в группе маляров, лаборантов химанализа и слесарей по ремонту оборудования, по сравнению с группой контроля ($p < 0,05$) (табл. 3).

При стаже работы на производстве более 8–10 лет увеличивается частота развития очень высокого и высокого уровня риска и снижается частота развития умеренного уровня риска развития неизбежных сердечно-сосудистых катастроф. Следует отметить, что согласно гигиеническим критериям именно работники вышеперечисленных профессий производства трудились в наиболее вредных условиях труда (класс 3.1–3.2).

Таблица 2

Распространенность БСК у работников основных профессий автомобилестроения (сл./100)

Профессия	ГБ	ЦВЗ	ИБС	Итого
Штамповщики, $n = 61$	24,6	6,5	6,5	37,7
Слесари МСР, $n = 173$	33,1	6,4	2,5	41,6
Слесари по ремонту оборудования, $n = 99$	43,4	7,0	10,1	60,6
Токари, $n = 130$	21,5	4,6	1,5	27,6
Машинисты крана, $n = 67$	16,4	11,9	0	28,8
Транспортировщики, $n = 39$	10,3	5,1	0	15,3
Маляры, лаборанты химанализа, $n = 75$	31,5	5,3	4,0	41,7
Итого, $n = 644$	28,2	6,5	3,6	37,7
Группа сравнения, $n = 150$	13,1	1,3	3,3	18,0

Таблица 3

Оценка уровня суммарного сердечно-сосудистого риска по шкале SCORE у работников автомобилестроения, $p \pm m$

Профессия	Суммарный сердечно-сосудистый риск по SCORE			
	низкий	умеренный	высокий	очень высокий
Штамповщики, $n = 61$	11,7	45,7	28,7	13,9
Слесари МСР, $n = 173$	8,9	50,2	30,2	10,7
Слесари по ремонту оборудования, $n = 99$	9,7	44,4	31,8	14,1*
Токари, $n = 130$	10,7	53,9	22,3	13,1
Машинисты крана, $n = 67$	13,9	54,7	21,2	10,2
Транспортировщики, $n = 39$	12,5	54,2	21,3	12,0
Маляры, лаборанты химанализа, $n = 75$	10,0	45,7	34,2*	10,1
Группа сравнения, $n = 150$	14,2	56,3	22,0	9,5

Примечание: * – $p < 0,01$ – разница статистически достоверная с группой сравнения.

Таблица 4

Оценка профессиональной обусловленности и добавочного риска БСК у работников автомобилестроения

Специальности	<i>RR</i>	<i>EF</i>	<i>AR</i> , 100 человек	Степень обусловленности
Штамповщики, <i>n</i> = 61	1,7	41,9	13,3	Средняя
Слесари МСР, <i>n</i> = 173	2,3	56,5	23,3	Высокая
Слесари по ремонту оборудования, <i>n</i> = 99	3,4	70,5	42,6	Высокая
Токари, <i>n</i> = 130	1,5	33,3	9,6	Средняя
Машинисты крана, <i>n</i> = 67	1,6	37,5	10,8	Средняя
Транспортировщики, <i>n</i> = 39	0,7	-	-	Отсутствует
Маляры, лаборанты химанализа, <i>n</i> = 75	1,9	47,3	16,9	Средняя

Примечание: *RR* – относительный риск, *EF* – этиологическая доля, *AR* – атрибутивный риск.

При оценке апостериорного профессионального риска в качестве основных показателей должны использоваться уровни распространенности болезней сердечно-сосудистой системы среди работников различных специальностей изученного производства, а также степень производственной обусловленности посредством оценки относительного риска (*RR*) и этиологической доли производственного риска в формировании сердечно-сосудистой патологии, важным является также изучение уровня атрибутивного или добавочного риска (*AR*) развития БСК (табл. 4).

Относительно контрольных (группа сравнения) показателей распространенности БСК среди работников автомобилестроения, добавочно (атрибутивный риск *AR*) на каждые 100 работников формируется от 9,6 (токари) до 42,6 (слесари по ремонту) новых болезни сердечно-сосудистой системы.

Наиболее высокая степень профессиональной обусловленности БСК определена у слесарей по ремонту оборудования (класс условий труда 3.1) (*RR* = 3,4; *EF* = 70,5 %) и слесарей МСР (класс условий труда 3.2) (*RR* = 2,3; *EF* = 56,5 %).

Средняя степень профессиональной обусловленности БСК определена у штамповщиков (класс условий труда 3.2) (*RR* = 1,7; *EF* = 41,9 %), маляров, лаборантов хим. анализа (класс условий труда 3.2) (*RR* = 1,9; *EF* = 47,3 %), машинистов крана и токарей (класс условий труда 3.1) (*RR* = 1,6; *EF* = 37,5 % и *RR* = 1,5; *EF* = 33,3 % соответственно).

Профессиональная обусловленность БСК в профессиональной группе транспортировщиков отсутствует.

Приоритетные позиции среди рейтинга причин сверхсмертности, инвалидизации людей в трудоспособном возрасте по распространенности и тяжести осложнений занимают болезни системы кровообращения [20, 21]. Такие факторы образа жизни, как питание жирной, рафинированной пищей, злоупотребление алкоголем, курение обычных и электронных сигарет, а также низкая физическая активность, гипертриглицеридемия и ожирение, относят к основным причинам пандемии сердечно-сосудистой патологии [20, 22]. В то же время риск БСК как профессионально обуслов-

ленной патологии у работающих во вредных и опасных условиях труда, кроме модифицируемых и немодифицируемых причин, формируется в процессе трудовой деятельности вследствие воздействия неблагоприятных производственных факторов, потенциально способных инициировать и пролонгировать развитие сердечно-сосудистой патологии, что также наблюдали и мы в своем исследовании [22–24].

Исследования на крупном производстве автомобилестроения показали, что вредные условия труда формирует комплекс факторов производственной среды и трудового процесса, таких как шум, вибрация, химический фактор и физические перегрузки, интенсивность которых колеблется от допустимых (класс 2.0) до вредных (3.1–3.2). При обследовании БСК были выявлены почти у 40 % работников производства достоверно чаще, по сравнению с контрольной группой, среди слесарей по ремонту и МСР, штамповщиков, маляров. Гипертоническая болезнь была диагностирована практически у каждого третьего работника – 29,8 %, реже встречались ЦВЗ – 5,6 % и ИБС – 4,9 %. Хочется отметить, что риск развития БСК у работников основных профессий в более молодом возрасте был выше, чем у лиц, не имеющих контакта с вредными производственными факторами; течение БСК у работников нередко имело осложненный характер в виде острых сердечно-сосудистых состояний. Оценка риска по шкале SCORE позволила определить высокий и очень высокий уровень риска фатальных сердечно-сосудистых осложнений у 32,7 % работников основных профессий производства, у 18,1 % лиц был определен средний уровень риска.

Расчет показателей атрибутивного риска развития новых БСК находился в пределах от 9,6 (токари) до 42,6 (слесари по ремонту). При оценке степени профессиональной обусловленности установлено, что высокая степень профессиональной обусловленности БСК определена у слесарей по ремонту оборудования и МСР; у штамповщиков, маляров, лаборантов, машинистов крана и токарей определена средняя степень.

Таким образом, производственная среда предприятий автомобилестроения является одним из

значимых факторов риска возникновения и прогрессирования БСК у работников, что согласуется с данными ряда авторов, проводивших изучение распространенности и течения БСК у работников различных подотраслей машиностроения. В условиях производства имеет место сочетанное воздействие комплекса вредных факторов производственной среды на работника, а не одного изолированного профессионального фактора, при этом с увеличением стажевой нагрузки под влиянием вредных производственных и социально-бытовых факторов у работников формируется хроническая неинфекционная патология, в том числе и БСК, в связи с чем увеличивается количество обращений к врачу по поводу заболеваний [4, 25, 26]. Ряд авторов убедительно показывает, что воздействие интенсивного шума, вибрации в сочетании с непроизводственными факторами риска приводит к увеличению заболеваемости сердечно-сосудистой патологией, и предлагает комплекс первичной профилактики с целью снижения смертности [27–29].

Выводы. Фактором риска, способствующим развитию БСК у работников автомобилестроения,

является комплекс вредных производственных факторов, таких как интенсивный производственный шум, вибрация, тяжесть трудового процесса. Показано, что при оценке суммарного сердечно-сосудистого риска по системе SCORE доля лиц с высоким и очень высоким уровнем риска была выше в группе маляров, лаборантов химического анализа и слесарей по ремонту оборудования, по сравнению с группой контроля. Атрибутивный риск развития новых случаев БСК колебался от 9,6 до 42,6. Вредные условия труда в автомобилестроении (класс 3.1–3.2) являются причиной развития производственно обусловленной патологии БСК у работников от средней до высокой степени обусловленности. Интенсивное развитие машиностроительной отрасли требует обоснования организационно-профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья работников.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Гигиеническая оценка условий труда и состояния здоровья работников машиностроения / Р.Р. Галимова, Э.Т. Валеева, А.А. Дистанова, Л.В. Гирфанова, Л.Х. Салаватова, Н.Р. Газизова // Медицина труда и экология человека. – 2020. – № 1. – С. 36–43.
2. Влияние вибрации, шума, физических нагрузок и неблагоприятного микроклимата на показатели углеводного обмена у рабочих горнодобывающих предприятий и машиностроения / И.В. Лапко, В.А. Кирьяков, Л.И. Антошина, Н.А. Павловская, С.В. Кондратович // Медицина труда и промышленная экология. – 2014. – № 7. – С. 32–36.
3. Синода В.А. Гигиеническая оценка профиля и уровня профессионального риска у рабочих основных профессий вагоностроительного производства // Анализ риска здоровью. – 2015. – № 2. – С. 52–61.
4. Оценка риска нарушения состояния здоровья работников машиностроения / Л.А. Балабанова, С.К. Камаев, А.А. Имамов, О.Р. Радченко // Гигиена и санитария. – 2020. – Т. 99, № 1. – С. 76–79. DOI: 10.33029/0016-9900-2020-99-1-76-79
5. Оценка профессионального риска здоровью работающих на предприятии машиностроения / З.М. Осос, В.В. Соловьева, Д.А. Крупская, О.С. Адоньева, Н.П. Жукова, П.А. Амвросьев // Здоровье и окружающая среда. – 2014. – № 24–2. – С. 68–73.
6. Крига А.С., Усатов А.Н. Условия труда и состояние здоровья работников предприятия авиационного машиностроения на современном этапе // Здоровье населения и среда обитания – ЗНССО. – 2011. – № 9 (222). – С. 6–8.
7. Балабанова Л.А., Имамов А.А., Замалиева М.А., Камаев С.К. Факторы риска возникновения неинфекционных заболеваний у работников машиностроения // Профилактическая медицина. – 2016. – Т. 19, № 2–3. – С. 8–9.
8. Мелентьев А.В. Сердечно-сосудистый риск у рабочих промышленных предприятий // Здравоохранение Российской Федерации. – 2011. – № 4. – С. 69а.
9. Телкова И.Л. Профессиональные особенности труда и сердечно-сосудистые заболевания: риск развития и проблемы профилактики. Клинико-эпидемиологический анализ // Сибирский медицинский журнал (г. Томск). – 2012. – Т. 27, № 1. – С. 17–26.
10. Sellers C.C. Hazards of the Job: From Industrial Disease to Environmental Health Science. – Chapel Hill: University of North Carolina Press, 2000. – 350 p.
11. Ревич Б.А., Харьков Т.Л. Чем болеют и от чего гибнут россияне трудоспособного возраста // Демоскоп Weekly. – 2016. – № 691–692. – С. 1–20.
12. Распространенность факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний в российской популяции больных артериальной гипертензией / И.Е. Чазова, Ю.В. Жернакова, Е.В. Ощепкова, С.А. Шальнова, Е.Б. Яровая, А.О. Конради, С.А. Бойцов, В.С. Кавешников [и др.] // Кардиология. – 2014. – Т. 54, № 10. – С. 4–12. DOI: 10.18565/cardio.2014.10.4-12
13. Caballero-George C. Natural products and cardiovascular health. – Boca Raton: CRC Press, 2018. – 240 p.
14. Tombs S., Carson W.G. The conventionalization of early factory crime // Policy and Practice in Health and Safety. – 2005. – Vol. 3, Issue sup. 1. – P. 103–125. DOI: 10.1080/14774003.2005.11667669

15. Измеров Н.Ф., Сквирская Г.П. Условия труда как фактор риска развития заболеваний и смертности от сердечно-сосудистой патологии // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2005. – № 2 (40). – С. 14–20.
16. Оганов Р.Г., Концевая А.В., Калинин А.М. Экономический ущерб от сердечно-сосудистых заболеваний в Российской Федерации // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2011. – Т. 10, № 4. – С. 4–9. DOI: 10.15829/1728-8800-2011-4-4-9
17. Оценка рисков развития сердечно-сосудистых заболеваний у персонала химически опасных объектов / В.А. Горичный, А.В. Язенок, М.Б. Иванов, Г.Г. Загородников, В.А. Чепурнов, Д.Ю. Лазаренко, А.Н. Жекалов // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2015. – № 2 (50). – С. 96–99.
18. Driscoll T. 1372 The 2016 global burden of disease arising from occupational exposures // Occupational and Environmental Medicine. – 2018. – Vol. 75, Issue Suppl. 2. – P. A142.
19. Twentyman J. Wearable devices aim to reduce workplace accidents [Электронный ресурс] // Financial Times. – 2016. – URL: <https://www.ft.com/content/d0bfea5c-f820-11e5-96db-fc683b5e52db> (дата обращения: 24.01.2023).
20. GBD 2016 Risk Factors Collaborators. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016 // Lancet. – 2017. – Vol. 390, № 10100. – P. 1345–1422. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)32366-8
21. Влияние характера профессиональной деятельности на распространенность факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний у работников железнодорожного цеха / Т.С. Алексеева, А.Е. Скрипченко, М.Ю. Огарков, М.Ю. Янкин // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 5–2. – С. 236–239.
22. Факторы риска заболеваний сердечно-сосудистой системы у работников нефтегазодобывающих предприятий / М.А. Землянова, А.Е. Носов, А.С. Байдина, О.Ю. Устинова, А.В. Тарантин // Медицина труда и промышленная экология. – 2012. – № 12. – С. 19–24.
23. Kersten N., Backe E. Occupational noise and myocardial infarction: considerations on the interrelation of noise with job demands // Noise Health. – 2015. – Vol. 17, № 75. – P. 116–122. DOI: 10.4103/1463-1741.153403
24. Noise frequency components and the prevalence of hypertension in workers / T.-Y. Chang, C.-S. Liu, L.-H. Young, V.-S. Wang, S.-E. Jian, B.-Y. Bao // Sci. Total Environ. – 2012. – Vol. 416. – P. 89–96. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.11.071
25. Влияние социально-бытовых и производственных факторов на здоровье работников машиностроения / Л.А. Балабанова, А.А. Имамов, О.Р. Радченко, С.К. Камаев, Н.С. Абдурахманова, Е.В. Игнатанс // Актуальные вопросы профилактической медицины и санитарно-эпидемиологического благополучия населения: факторы, технологии, управление и оценка рисков: сборник научных трудов. – Вып. 2. – Н. Новгород: Медиаль, 2021. – С. 49–54.
26. Любченко П.Н., Атаманчук А.А. Оценка общих и профессиональных рисков развития гипертонической болезни у рабочих машиностроительных заводов, контактирующих с вредными производственными факторами // Альманах клинической медицины. – 2012. – № 27. – С. 72–76.
27. Dzhambov A.M., Dimitrova D.D. Heart disease attributed to occupational noise, vibration and other co-exposure: Self-reported population-based survey among Bulgarian workers // Med. Pr. – 2016. – Vol. 67, № 4. – P. 435–445. DOI: 10.13075/mp.5893.00437
28. Characteristics of cardiac arrest occurring in the workplace: A post hoc analysis of the Paris Area Fire Brigade Registry / A. Palaghita, D. Jost, T. Despreaux, W. Bougouin, F. Beganton, T. Loeb, J.P. Tourtier, A. Descatha // J. Occup. Environ. Med. – 2016. – Vol. 58, № 8. – P. 747–752. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000783
29. Primary prevention and risk factor reduction in coronary heart disease mortality among working aged men and women in eastern Finland over 40 years: population based observational study / P. Jousilahti, T. Laatikainen, M. Peltonen, K. Borodulin, S. Männistö, A. Jula, V. Salomaa, K. Harald [et al.] // BMJ. – 2016. – Vol. 352. – P. i721. DOI: 10.1136/bmj.i721

Производственная среда автомобилестроения как один из факторов риска развития болезней системы кровообращения у работников / Э.Т. Валеева, Р.Р. Галимова, А.А. Дистанова, И.Ф. Сулейманова, Д.М. Галиуллина, Н.В. Бояринова, Л.Х. Салаватова, С.М. Исаева // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 2. – С. 95–103. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.09



Research article

WORK ENVIRONMENT OF THE AUTOMOTIVE INDUSTRY AS A RISK FACTOR OF DISEASES OF THE CIRCULATORY SYSTEM AMONG WORKERS

E.T. Valeeva^{1,2}, R.R. Galimova^{1,2}, A.A. Distanova¹, I.F. Suleymanova¹, D.M. Galiullina¹, N.B. Boyarinova¹, L.Kh. Salavatova¹, S.M. Isaeva¹

¹Ufa Research Institute of Occupational Medicine and Human Ecology, 94 Stepana Kuvykina Str., Ufa, 450106, Russian Federation

²Bashkir State Medical University, 3 Lenina Str., Ufa, 450077, Russian Federation

This study has shown that working conditions of basic occupational groups in the automotive industry involve combined exposure to several harmful occupational factors. Major harmful occupational factors include intense noise, vibration, work hardness and chemical levels; their intensity varies between permissible levels (the hazard category is 2.0) and harmful ones (the hazard category 3.1–3.2, harmful working conditions with hazard levels 1 or 2). This may induce occurrence or exacerbation of basic non-communicable diseases such as diseases of the circulatory system (CSDs), occupational and work-related diseases.

CSDs were diagnosed in 37.7 % of workers employed at automotive productions. The most frequent diseases include hypertension (EH) that accounted for 28.2 %; cerebrovascular diseases (CVDs), 6.5 %; ischemic heart disease (IHD), 3.6 %. CSDs developed at an early age in workers exposed to harmful occupational factors belonging to the hazard category 3.1–3.2; these diseases became more frequent as work records got longer, and were more frequently exacerbated with acute cardiovascular conditions. We assessed the total cardiovascular risk using the SCORE scale and established that shares of people with high and very high cardiovascular risks were higher among painters, laboratory assistants responsible for chemical analysis, and repairmen. The attributive risk of new cardiovascular diseases ranged between 9.6 (turners) and 42.6 (repairmen) cases.

The highest occupational CSDs causation was identified for repairmen and mechanics at mechanical assembly production; average causation was established for stampers, painters, laboratory assistants dealing with chemical analysis, crane operators, and turners.

Keywords: automotive industry, working conditions, occupational factors, workers, diseases of the circulatory system, risk, occupational causation.

References

1. Galimova R.R., Valeeva E.T., Distanova A.A., Girfanova L.V., Salavatova L.H., Gazizova N.R. Hygienic assessment of working conditions and health status of mechanical engineering worker. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*, 2020, no. 1, pp. 36–43 (in Russian).
2. Lapko I.V., Kir'jakov V.A., Antoshina L.I., Pavlovskaya N.A., Kondratovich S.V. Influence of vibration, noise, physical exertion and unfavorable microclimate on carbohydrates metabolism in workers engaged into mining industry and machine building. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2014, no. 7, pp. 32–36 (in Russian).
3. Synoda V.A. Hygienic estimation of the structure and level of the professional risk of main professions in production of railway coaches. *Health Risk Analysis*, 2015, no. 2, pp. 52–61. DOI: 10.21668/health.risk/2015.2.07.eng

© Valeeva E.T., Galimova R.R., Distanova A.A., Suleymanova I.F., Galiullina D.M., Boyarinova N.B., Salavatova L.Kh., Isaeva S.M., 2023

Elvira T. Valeeva – Doctor of Medical Sciences, Chief Researcher of the Department of Occupational Medicine; Professor of the Department for Therapy and Occupational Diseases (e-mail: oozr@mail.ru; tel.: +7 (347) 255-57-30; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9146-5625>).

Rasima R. Galimova – Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher of the Department of Occupational Medicine; Associate Professor of the Department for Therapy and Occupational Diseases (e-mail: rasima75@mail.ru; tel.: +7 (347) 255-57-30; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4658-545X>).

Albina A. Distanova – allergologist-immunologist of the Department of Occupational Pathology and Immunorehabilitation (e-mail: f-albina@rambler.ru; tel.: +7 (347) 255-57-08; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4249-2288>).

Irina F. Suleymanova – occupational pathologist at the clinic (e-mail: xirinaf@mail.ru; tel.: +7 (347) 255-57-12; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0651-9201>).

Dinara M. Galiullina – Head of the Department of Occupational Pathology Therapy at the clinic (e-mail: dinara.galiullina.81@mail.ru; tel.: +7 (347) 255-19-39; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6659-3983>).

Natalia V. Boyarinova – cardiologist of the Consultative Polyclinic Department at the clinic (e-mail: boyarinoffn@yandex.ru; tel.: +7 (347) 255-57-12; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4885-6348>).

Liliiana Kh. Salavatova – neurologist of the Neurological-Occupational Pathology Department at the clinic (e-mail: Salavatova.liliyana@gmail.ru; tel.: +7 (347) 255-18-21; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0091-8220>).

Svetlana M. Isaeva – neurologist of the Neurological-Occupational Pathology Department at the clinic (e-mail: 21sveta07@mail.ru; tel.: +7 (347) 255-18-21; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3309-080X>).

4. Balabanova L.A., Kamaev S.K., Imamov A.A., Radchenko O.R. Risk assessment of health disorders in employees at the machinery enterprise. *Gigiena i sanitariya*, 2020, vol. 99, no. 1, pp. 76–79. DOI: 10.33029/0016-9900-2020-99-1-76-79 (in Russian).
5. Osos Z.M., Solovyova V.V., Krupskaya D.A., Adonyeva O.S., Zhukova N.P., Amvrosiev P.A. Evaluation of the occupational risk to workers' health engaged at mechanical engineering enterprises. *Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda*, 2014, no. 24–2, pp. 68–73 (in Russian).
6. Kriga A.S., Usatov A.N. Working conditions and health status of the employees of the enterprise of aeronautical engineering at the present stage. *ZNiSO*, 2011, no. 9 (222), pp. 6–8 (in Russian).
7. Balabanova L.A., Imamov A.A., Zamalieva M.A., Kamaev S.K. Risk factors for non-communicable diseases for workers of engineering industry. *Profilakticheskaya meditsina*, 2016, vol. 19, no. 2–3, pp. 8–9 (in Russian).
8. Melentyev A.V. Cardiovascular risk in workers of industrial enterprises. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*, 2011, no. 4, pp. 69a (in Russian).
9. Telkova I.L. Occupational characteristics and cardiovascular diseases: the risk of development and the challenges for prevention. Clinical-epidemiological analysis. *Sibirskii meditsinskii zhurnal (g. Tomsk)*, 2012, vol. 27, no. 1, pp. 17–26 (in Russian).
10. Sellers C.C. Hazards of the Job: From Industrial Disease to Environmental Health Science. Chapel Hill, University of North Carolina Press, 2000, 350 p.
11. Revich B.A., Khar'kova T.L. Chem bolelyut i ot chego gibnut rossiiane trudospobnogo vozrasta [What do Russians of working age get sick with and die from?]. *Demoskop Weekly*, 2016, no. 691–692, pp. 1–20 (in Russian).
12. Chazova I.E., Zhernakova Yu.V., Oshchepkova E.V., Shalnova S.A., Yarovaya E.B., Konradi A.O., Boytsov S.A., Kaveshnikov V.S. [et al.]. Prevalence of cardiovascular risk factors in Russian population of patients with arterial hypertension. *Kardiologiya*, 2014, vol. 54, no. 10, pp. 4–12. DOI: 10.18565/cardio.2014.10.4-12 (in Russian).
13. Caballero-George C. Natural products and cardiovascular health. Boca Raton, CRC Press, 2018, 240 p.
14. Tombs S., Carson W.G. The conventionalization of early factory crime. *Policy and Practice in Health and Safety*, 2005, vol. 3, issue sup. 1, pp. 103–125. DOI: 10.1080/14774003.2005.11667669
15. Ismerov N.P., Skvirskaya G.P. Work conditions as risk factors of morbidity and mortality development due to cardiovascular pathologies. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk*, 2005, no. 2 (40), pp. 14–20 (in Russian).
16. Oganov R.G., Kontsevaya A.V., Kalinina A.M. Economic burden of cardiovascular disease in the Russian Federation. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*, 2011, vol. 10, no. 4, pp. 4–9. DOI: 10.15829/1728-8800-2011-4-4-9 (in Russian).
17. Gorichny V.A., Yazenok A.V., Ivanov M.B., Zagorodnikov G.G., Chepurinov V.A., Lazarenko D.Yu., Zhekalov A.N. Risk assessment for cardiovascular diseases in personnel of chemically hazardous objects. *Vestnik Rossiiskoi voenno-meditsinskoi akademii*, 2015, no. 2 (50), pp. 96–99 (in Russian).
18. Driscoll T. 1372 The 2016 global burden of disease arising from occupational exposures. *Occupational and Environmental Medicine*, 2018, vol. 75, issue suppl. 2, pp. A142.
19. Twentymann J. Wearable devices aim to reduce workplace accidents. *Financial Times*, 2016. Available at: <https://www.ft.com/content/d0bfea5c-f820-11e5-96db-fc683b5e52db> (January 24, 2023).
20. GBD 2016 Risk Factors Collaborators. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet*, 2017, vol. 390, no. 10100, pp. 1345–1422. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)32366-8
21. Alekseeva T.S., Skripchenko A.E., Ogarkov M.Y., Yankin M.Y. The influence of the nature of the professional activity on the prevalence of risk factors of cardiovascular diseases among workers of the railway depot. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2013, no. 5–2, pp. 236–239 (in Russian).
22. Zemlyanova M.A., Nosov A.E., Baidina A.S., Ustinova O.Yu., Tarantin A.V. Cardiovascular risk factors in workers of oil and gas extraction enterprises. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2012, no. 12, pp. 19–24 (in Russian).
23. Kersten N., Backe E. Occupational noise and myocardial infarction: considerations on the interrelation of noise with job demands. *Noise Health*, 2015, vol. 17, no. 75, pp. 116–122. DOI: 10.4103/1463-1741.153403
24. Chang T.-Y., Liu C.-S., Young L.-H., Wang V.-S., Jian S.-E., Bao B.-Y. Noise frequency components and the prevalence of hypertension in workers. *Sci. Total Environ.*, 2012, vol. 416, pp. 89–96. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.11.071
25. Balabanova L.A., Imamov A.A., Radchenko O.R., Kamaev S.K., Abdurakhmanova N.S., Ignatans E.V. Vliyaniye sotsial'no-bytovykh i proizvodstvennykh faktorov na zdorov'e rabotnikov mashinostroeniya [Influence of social and production factors on the health of civil engineering workers]. *Aktual'nye voprosy profilakticheskoi meditsiny i sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya: factory, tekhnologii, upravlenie i otsenka riskov: sbornik nauchnykh trudov. Nizhny Novgorod, Medial'*, 2021, iss. 2, pp. 49–54 (in Russian).
26. Lyubchenko P.N., Atamanchuk A.A. Assessment of the general and professional risks associated with development of hypertension in workers of engineering plants contacting with unhealthy industrial factors. *Al'manakh klinicheskoi meditsiny*, 2012, no. 27, pp. 72–76 (in Russian).
27. Dzhambov A.M., Dimitrova D.D. Heart disease attributed to occupational noise, vibration and other co-exposure: Self-reported population-based survey among Bulgarian workers. *Med. Pr.*, 2016, vol. 67, no. 4, pp. 435–445. DOI: 10.13075/mp.5893.00437
28. Palaghita A., Jost D., Despreaux T., Bougouin W., Beganton F., Loeb T., Tourtier J.P., Descatha A. Characteristics of cardiac arrest occurring in the workplace: A post hoc analysis of the Paris Area Fire Brigade Registry. *J. Occup. Environ. Med.*, 2016, vol. 58, no. 8, pp. 747–752. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000783
29. Jousilahti P., Laatikainen T., Peltonen M., Borodulin K., Männistö S., Jula A., Salomaa V., Harald K. [et al.]. Primary prevention and risk factor reduction in coronary heart disease mortality among working aged men and women in eastern Finland over 40 years: population based observational study. *BMJ*, 2016, vol. 352, pp. i721. DOI: 10.1136/bmj.i721

Valeeva E.T., Galimova R.R., Distanova A.A., Suleymanova I.F., Galiullina D.M., Boyarinova N.B., Salavatova L.Kh., Isaeva S.M. Work environment of the automotive industry as a risk factor of diseases of the circulatory system among workers. *Health Risk Analysis*, 2023, no. 2, pp. 95–103. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.09.eng

Получена: 05.12.2022

Одобрена: 05.06.2023

Принята к публикации: 23.06.2023



Обзорная статья

РИСКИ ИНФЕКЦИЙ, СВЯЗАННЫХ С ОКАЗАНИЕМ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ: ПРОБЛЕМЫ И ПОДВОДНЫЕ КАМНИ

Н.И. Шулакова, А.В. Тутельян, В.В. Малеев, В.Г. Акимкин

Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии, Россия, 111123, г. Москва, ул. Новогиреевская, 3а

Современным состоянием проблемы изучения риска инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи (ИСМП), является дефицит методологических и теоретических исследований обобщающего характера на фоне значительного количества прикладных работ. В последние годы происходит переоценка методов воздействия на эпидемический процесс ИСМП, и перспективным является, по мнению ряда специалистов, переход на риск-ориентированный подход, позволяющий своевременно проводить мероприятия по снижению риска возникновения инфекции в опережающем режиме. Поскольку риск-ориентированный подход в системе эпидемиологической безопасности только начинает интегрироваться в общую систему безопасности медицинской помощи, разработка и конкретизация отдельных его компонентов представляется перспективным направлением обеспечения медицинской деятельности. Ключом к успешной эффективности системы контроля и надзора госпитальных инфекций являются мероприятия, касающиеся разработки научных подходов к систематизации и унификации параметров, характеризующих предметную область риска ИСМП в медицинских учреждениях различного профиля; совершенствование методологии анализа риска ИСМП, риск-ориентированного подхода и технологий риск-менеджмента при осуществлении надзора за этими инфекциями; оптимизация научно обоснованных подходов к выбору управленческих решений с позиций риск-ориентированного подхода, технологий риск-менеджмента ИСМП; разработка методических рекомендаций по мониторингу, оценке и прогнозированию рисков развития ИСМП в медицинских организациях различного профиля.

Ключевые слова: медицинские организации, эпидемический процесс, эпидемиологическая безопасность, инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи, риски, параметры риска, риск-менеджмент, риск-ориентированный подход.

Цель исследования – обсудить современное состояние проблемы изучения риска инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, риск-ориентированного подхода в системе эпидемиологической безопасности медицинской деятельности, определить перечень мероприятий для разработки научных подходов к систематизации и унификации

параметров, характеризующих предметную область риска.

Безопасность пациентов признается Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) в настоящее время в качестве одной из серьезных и усугубляющихся проблем глобального здравоохранения¹. Так же, как и качество медицинской помощи, обес-

© Шулакова Н.И., Тутельян А.В., Малеев В.В., Акимкин В.Г., 2023

Шулакова Надежда Ивановна – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи (e-mail: shulakova.msk@mail.ru; тел.: 8 (495) 974-96-46; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7913-1991>).

Тутельян Алексей Викторович – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, руководитель лаборатории инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи (e-mail: bio-tav@yandex.ru; тел.: 8 (495) 974-96-46; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2706-6689>).

Малеев Виктор Васильевич – академик РАН, доктор медицинских наук, советник директора по научной работе (e-mail: cric@pcr.ru; тел.: 8 (495) 974-96-46; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5748-178X>).

Акимкин Василий Геннадьевич – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, директор (e-mail: cric@pcr.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4228-9044>).

¹ Безопасность пациентов [Электронный ресурс] // ВОЗ. – URL: https://www.who.int/ru/health-topics/patient-safety#tab=tab_1 (дата обращения: 12.04.2023).

печение безопасности пациентов остается одной из ключевых целей всех без исключения национальных систем здравоохранения² [1–11]. По оценке экспертов ВОЗ, возникновение неблагоприятных событий в результате небезопасного лечения становится одной из 10 основных причин смерти и инвалидности во всем мире. Ежегодно в результате несоблюдения правил безопасности при оказании медицинской помощи страдают миллионы пациентов и гибнет 2,6 млн человек только в странах с низким и средним уровнем дохода³.

По оценкам, до четырех из 10 пациентов получают вред при осуществлении медицинской помощи в амбулаторных условиях, при этом до 80 % вреда считается предотвратимым. С диагностическими ошибками связано около 10 % случаев смерти пациентов и 6–17 % нежелательных событий в медицинских организациях³. В странах с высоким уровнем дохода при оказании стационарной помощи вред причиняется каждому десятому пациенту. Самые пагубные ошибки связаны с диагностикой, назначением и использованием лекарств [12]. Согласно данным метаанализа E.N. de Vries et al. [13], основанного на результатах изучения более 74 тысяч эпизодов лечения, средняя частота неблагоприятных исходов составила 9,2 % при средней вероятности предотвратимости осложнений в 43,5 %. Хотя 56,3 % из этих случаев имели незначительные последствия для пациентов, 7,4 % привели к летальному исходу.

Инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи (ИСМП), являются одной из основных проблем безопасности пациентов, ежегодно причиняя вред сотням миллионов человек по всему миру [9, 10, 14]. Хотя риск заболеть ИСМП универсален и присутствует в каждом медицинском учреждении систем мирового здравоохранения, глобальное бремя остается неизвестным из-за сложности сбора достоверных диагностических данных. Это объясняется отсутствием системы наблюдения за ИСМП в большинстве стран, единства критериев, используемых для диагностики этих инфекций.

До настоящего времени ИСМП остаются скрытой и сложной проблемой, в связи с чем ни одно учреждение и ни одна страна в мире на данный момент не могут сказать, что решили эту проблему [15]. ИСМП диагностируются у 5–10 % пациентов, находящихся в стационарах, могут поражать от 9 до

37 %, больных, поступивших в отделение интенсивной терапии с общим коэффициентом смертности от 12 до 80 % [16–18]. В Российской Федерации по данным официальной статистики ежегодно (до 2020 г.) регистрировалось до 30 тысяч случаев ИСМП (0,8 на 1000 пациентов), однако, по мнению большинства специалистов, истинная частота ИСМП выше и составляет не менее 2–2,5 млн человек [19]. Общим критерием для отнесения случаев инфекций к ИСМП является непосредственная связь их возникновения с оказанием медицинской помощи. Преобладающая часть ИСМП связана с факторами риска пациентов из-за сопутствующих заболеваний, длительности пребывания в стационаре, повышенной восприимчивости при высокой распространенности инвазивных процедур и / или использовании устройств, нарушений правил асептики и антисептики и т.д.

В последние годы во всем мире отмечается лавинообразный рост интереса к проблемам рискологии. В европейский языковой обиход термин «риск» входит с начала XVI в. и, по одной из версий, связан с развитием мореплавания и морской торговли. Отсюда, вероятно, и возникло первоначальное значение глагола «рисковать» (от греч. – «скала, утес») – лавировать между скал, объезжать утес (скалу): чем ближе к скалам, тем путь короче, но опасней⁴ [20]. Общенаучное понимание категории «риск» в общепhilosophическом понимании (в онтологическом смысле) трактуется как «возможность наступления известных нам событий или явлений в будущем, которых пока еще нет» [21]. При этом часто встречаются расхождения в понимании и согласовании различных определений и толкований понятия «риск». Понятие «риск» трактуется различными авторами как: «комбинация вероятности наступления события и его последствий»; «вероятность неблагоприятного события»; «событие, которое может произойти»; «сочетание вероятности и последствий наступления неблагоприятных событий»; «событие / группа родственных случайных событий, наносящих ущерб объекту, обладающему данным риском» и т.п.⁵ [22–25]. В широком смысле термином «риск» чаще всего обозначают возможность свершения некоего нежелательного события, сопряженного с различными утратами и ущербами (утрата имущества, финансовые потери, ущерб здоровью, осуждение общества и т.д.)⁶ [21].

² Безопасность пациента: руководство / под ред. Н.А. Левкиной; пер. с англ. под ред. Е.Л. Никонова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 184 с.

³ 10 facts on patient safety [Электронный ресурс] // WHO. – 2019. – URL: <https://www.who.int/news-room/photo-story/photo-story-detail/10-facts-on-patient-safety> (дата обращения: 12.04.2023).

⁴ Большой этимологический словарь русского языка / сост. М.Е. Климова. – М.: Дом славянской книги, 2012. – 960 с.

⁵ Флетчер Р., Флетчер С., Вагнер Э. Клиническая эпидемиология: основы доказательной медицины. – М.: Медиа Сфера, 1998. – 352 с.

⁶ Матвиенко Д.А., Попова Е.В., Савинская Д.Н. Рискология: уч. пособие. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2014; Рягин Ю.И. Рискология: уч. пособие: в 2 ч. – М.: Юрайт, 2017.

Методологические подходы к изучению и оценке рисков в здравоохранении Российской Федерации были начаты во второй половине прошлого столетия, когда были предприняты попытки разработки теоретических основ оценки донозологических и преморбидных состояний в плане реализации рисков вероятных заболеваний человека [26]. Анализ литературных данных показал, что определения, используемые для изучения проблем риска, причинения вреда пациенту или медицинской организации, имеют различные смыслы [27, 28]. Следует отметить, что в настоящее время практически отсутствуют публикации обобщающего характера, касающиеся теоретических основ такой категории, как «риск». Несмотря на длительную и разностороннюю историю изучения «риска», однозначного понимания сущности этой многомерной категории не существует, что обусловлено универсальностью понятия, многообразием, несогласованностью терминологии [20]. Подобные различия создают трудности при сравнении данных различных исследований и ведут к потенциальным ошибкам в трактовке и интерпретации полученных результатов.

Существующие классификации рисков построены на основе различных признаков, но, как правило, основаны на классификации рисков, используемых в бизнесе, и часто не учитывают медицинской специфики [24, 28, 29]. По отношению к деятельности человека риски могут быть природные и антропогенные. Дефекты медицинской помощи являются частными случаями антропогенных рисков [28]. Риски могут быть связаны с процессом оказания медицинской помощи: диагностические (риски некорректной диагностики, дефекты информационного взаимодействия, и т.д.); лечебные (риски хирургического лечения, риски фармакотерапии, риски взаимодействия специалистов и преемственности оказания медицинской помощи, риски развития осложнений и нежелательных лекарственных реакций); реабилитационные (дефекты реабилитации). Применительно к здравоохранению можно рассматривать риски вспомогательных процессов, которые могут быть связаны с финансами (нехватка средств); снабжением материальными ресурсами (отсутствие необходимых медикаментов, отключение электроэнергии, воды); питанием больных (некачественные продукты питания, пищевые отравления); уборкой учреждения [28, 29]. Следовательно, антиномичность терминологических понятий, неоднозначное толкование различных проявлений риска определяют актуальность унификации понятий, характеризующих предметную область риска, что, в свою очередь, по мнению отечественных авторов [23], будет способствовать объективной оценке закономерностей течения эпидемического процесса,

организации эпидемиологического надзора и профилактики заболеваний.

В настоящее время категория «Риск» является одной из ключевых парадигм современной эпидемиологии [15, 20], и едва ли не самым распространенным понятием [30, 31], в том числе в медицинской литературе. Понятие «риск» применяется в эпидемиологии с целью прогнозирования событий, выявления причины события, определения диагностических критериев и их надежности в оценке лечения и профилактики⁷. Одной из немногих попыток такого рода является монография академика РАН Б.Л. Черкасского «Риск в эпидемиологии» [32]. В своей работе академик научно обосновал концепцию и методологию управления рисками в эпидемиологии, ввел понятия «эпидемиологический риск» и «эпидемиологическая опасность», объяснил их различия, которые должны учитываться в риск-ориентированном эпидемиологическом надзоре за инфекционными заболеваниями. По мнению Б.Л. Черкасского, эпидемиологический риск – это потенциальная возможность осложнения эпидемиологической ситуации, ожидаемая или возникшая в связи с неблагоприятным воздействием на нее определенных факторов риска [32].

Риск в понимании эпидемиологической безопасности рассматривается современными авторами как потенциальная вероятность развития инфекционного осложнения у пациентов или персонала медицинских организаций (МО) с различными исходами, вплоть до летального [25]. Основываясь на современных требованиях формулирования научных дефиниций, С.Н. Шугаева с соавт. [23] предложили вариант определения понятия эпидемиологического риска, применимый для эпидемиологии инфекционных и неинфекционных болезней. Его следует понимать как «вероятность негативного влияния на заболеваемость (и / или ее следствия) отдельных групп населения внешних и / или внутренних факторов, действующих в определенное время и на определенной территории». Многовариантность терминологических понятий, неоднозначное толкование различных проявлений риска обуславливают проблему систематизации и унификации параметров (ключевых понятий), характеризующих предметную область риска с целью его идентификации и эффективного управления ими.

Риск является ключевым понятием в исследованиях этиологии (факторы риска), диагностики (вероятность выявления болезни при ее наличии), лечения (вероятность наступления неблагоприятного исхода или выздоровления), профилактики и прогноза⁷. В настоящее время в литературных источниках встречаются расхождения в понимании определений и толкований таких соподчиненных понятий, как «фактор риска», «группа риска», «территория

⁷ Эпидемиология и статистика как инструменты доказательной медицины / Е.А. Корнышева, Д.Ю. Платонов, А.А. Родионов, А.Е. Шабашов. – 2-е изд., испр. и доп. – Тверь, 2009. – 80 с.

риска» и «время риска» [23]. Термин «фактор риска» был впервые введен William Kannen в 1961 г. в эпидемиологическом исследовании, начатом еще в 1947 г. в Фремингеме [33]. Эти многолетние наблюдения позволили определить факторы, влияющие на возникновение сердечно-сосудистых заболеваний и их прогрессирование, в том числе атеросклероза. Была выработана теория факторов риска для заболеваний, обусловленных атеросклерозом⁸ [34, 35]. В эпидемиологическом словаре Дж. М. Ласта (2009) определение фактора риска представлено следующим образом: «Фактор риска – аспект поведения человека или образа жизни, экспозиция условиями среды или врожденная, или унаследованная особенность, которые, как известно из эпидемиологических данных, связаны с состоянием, относящимся к здоровью, которое считается важным предотвратить»⁹. Эксперты ВОЗ определяют фактор риска как «какое-либо свойство или особенность человека, или какое-либо воздействие на него, повышающие вероятность развития болезни или травмы [36]. Схожие по смыслу, но имеющие некоторые различия определения фактора риска приводятся и в других литературных источниках, ряде учебных и справочных изданий¹⁰ [37].

Факторы риска ИСМП разнообразны и специфичны для каждого типа ИСМП. В целом основными детерминирующими факторами для большинства типов ИСМП являются параметры, характеризующие пациента (возраст, тяжесть и множественность основной и сопутствующей патологии), эпидбезопасность применяемых медицинских технологий и больничной среды, а также ряд других причин (длительность госпитализации, мощность коечного фонда, возможность индивидуального размещения и т.п.). При различных медицинских технологиях риск присоединения ИСМП существенно различается и может быть идентифицирован. Согласно международным данным риск ИСМП наиболее высок в отделениях реанимации и интенсивной терапии, ожоговых, онкологических, травматологических, урологических отделениях [38, 39]. Неадекватная практика инфекционного контроля также вносит свой вклад в риск возникновения этих инфекций [14, 25].

К настоящему времени опубликовано значительное количество прикладных исследований по частным характеристикам факторов риска при отдельных нозологических формах [40–45]. Вместе с тем публикаций обобщающего характера, касающихся теоретических основ этой эпидемиологической категории, очень мало [37]. В связи с этим со-

храняет актуальность одна из задач «Национальной концепции профилактики инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи» [19], нацеленная на развитие научных исследований по выявлению факторов риска возникновения ИСМП у отдельных категорий пациентов в различных типах учреждений здравоохранения [15, 19].

Реализация риска нередко приводит к отклонению фактических результатов применения медицинских технологий от запланированных, что имеет медицинское, моральное, социальное и финансовое выражение [25]. Несмотря на успехи современной медицины, оперативные вмешательства не стали абсолютно безопасными, до сих пор частота послеоперационных осложнений и летальность от ИСМП остаются высокими [46]. В зависимости от типа отделений, исходной тяжести состояния пациентов, уровня агрессии применяемых медицинских технологий и степени внедрения эффективных эпидемиологических мер частота ИСМП колеблется от 0,1 до 290 на 1000 пациентов. При этом частота инфекций области хирургического вмешательства составляет 15–118 случаев на 1000 оперированных пациентов, инфекций кровотока – 3,5–12,2 на 1000 дней катетеризации центральных сосудов, инфекций мочевыводящих путей – 4,1–8,8 на 1000 дней катетеризации и поствентиляционных пневмоний – 7,9–23,9 на 1000 дней искусственной вентиляции легких [21, 47]. В связи с этим проблема разработки и внедрения концептуальных подходов к интерпретации и оценке риска ИСМП, алгоритмов оценки риска ИСМП в контексте различных медицинских технологий в учреждениях различного профиля приобретает особое значение. Современные подходы к профилактике ИСМП должны основываться на концепции факторов риска, при этом недостаточно просто иметь представление о перечне факторов риска для своего диапазона заболеваний, необходимо понимать уровень (степень) риска каждого фактора, их иерархию и взаимодействие [48].

Кроме выявления факторов риска, следует направить усилия на комплексный анализ групп риска и пространственно-временные характеристики (время и территория риска) заболеваемости и / или ее последствий [32]. Определение групп риска является одной из главных задач эпидемиологического риск-анализа. По мнению С.Н. Шугаевой с соавт., группу (контингент) риска следует рассматривать как часть населения, среди которого регистрируется повышенный уровень заболеваемости и / или ее следствий, распространенности какого-либо эпидемиологического явления [23].

⁸ Внутренние болезни / под ред. Е. Браунвальда, К.Дж. Иссельбахера, Р.Г. Петерсдорфа, Д.Д. Вилсон, Д.Б. Мартина, А.С. Фаучи; пер. с англ. Д.Г. Катковского, С.Ю. Марцевича. – М.: Медицина, 1995. – Кн. 5. – С. 361–417.

⁹ Эпидемиологический словарь / под ред. Дж.М. Ласта. – М., 2009. – 316 с.

¹⁰ Эпидемиология: учебник: в 2 т. / Н.И. Брико, Л.П. Зуева, В.И. Покровский, В.П. Сергиев, В.В. Шкарин. – М.: Медицинское информационное агентство, 2013. – Т. 1. – 832 с.; Шкарин В.В., Благоданова А.С. Термины и определения в эпидемиологии. – Н. Новгород: Изд-во НГМА, 2010. – 298 с.

Анализ литературных данных показал, что существующие на данный момент системы оценки риска не лишены значительных недостатков и обладают ограниченной прогностической ценностью. С целью обнаружения причинно-следственных связей возникновения и развития ИСМП целесообразным является направить усилия на стратификации групп риска. Стратификация является единственным способом исследования и контроля значений других (помимо экспозиции и заболевания) переменных при анализе данных. К тому же основной целью стратифицированного анализа является оценка и при необходимости контроль «мешающих» факторов. За последнее десятилетие в вопросе стандартизации исследований по стратификации риска наметился прогресс – создаются национальные регистры, позволяющие получить достоверные предикторы неблагоприятного исхода среди пациентов, в том числе высокого периперационного риска [46]. Для стратификации групп риска (риск – когорты) чаще используют демографический, социальный, производственный, клинический подходы (преморбидный фон, физиологическое или патологическое состояние, коморбидность и др.). Следует отметить, что пространственно-временная характеристика риска (время, территория риска) невозможна без подробной эпидемиологической расшифровки причин, приведших к развитию неблагоприятия на какой-либо территории, т.е. выявления факторов и групп риска, но это уже тема для дальнейшего обсуждения.

В последние годы происходит переоценка методов воздействия на эпидемический процесс ИСМП, и перспективным является, по мнению ряда специалистов, переход на риск-ориентированный подход, позволяющий своевременно проводить мероприятия по снижению риска возникновения инфекции в опережающем режиме¹¹ [20, 49, 50]. Авторы исходили из того, что в системе эпидемиологического надзора и контроля этой группы инфекций назрела необходимость перехода от стратегии вмешательства в эпидемический процесс на основе заболеваемости (по уже случившемуся факту) к стратегии оценки риска с разработкой и внедрением системы обеспечения эпидемиологической безопасности, основанной на этом подходе [20, 25, 51]. Поскольку риск-ориентированный подход в системе эпидемиологической безопасности только начинает интегрироваться в общую систему безопасности медицинской помощи, разработка и конкретизация отдельных его компонентов представляется пер-

спективным направлением обеспечения медицинской деятельности [52].

Параметрами, определяющими эффективность риск-ориентированного подхода, являются: полнота и качество информационных потоков (эпидемиологический и микробиологический мониторинги, мониторинги эпидемиологической безопасности инвазивных процедур, антибиотикорезистентности, чувствительности возбудителей ИСМП к дезсредствам и бактериофагам и др.), качество и эффективность эпидемиологической диагностики, а также риск-менеджмент, направленный на выявление, идентификацию, мониторинг и оценку рисков [25, 53], разработку конкретных мероприятий, ориентированных на устранение или минимизацию возможных негативных последствий риска.

Управление рисками – это дисциплина, целью которой является изучение неблагоприятных последствий оказания медицинской помощи путем их выявления и анализа с конечной целью разработки стратегий предотвращения [22]. В то же время, несмотря на интенсивный рост систем менеджмента качества в различных областях человеческой деятельности, медицина долгое время оставалась областью, где понятие качества ассоциировалось с уровнем образования и опытом работы персонала¹². В соответствии с ГОСТ Р ИСО 31000-2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководство» сущностью риск-менеджмента является построение системы мер внутри организации по противодействию рискам посредством их идентификации, анализа и последующей оценки¹³. Следует отметить, что за рубежом системы управления рисками уже внедрены в системы здравоохранения [24]. При этом в различных странах приняты различные подходы к построению организационной структуры системы управления риском. Управление рисками в системе здравоохранения может осуществляться на четырех уровнях: федеральном, региональном, организационном (медицинская организация) и на уровне медицинского работника [28]. В отечественной литературе имеются немногочисленные публикации по вопросам управления рисками на организационном уровне в медицинских организациях, основанные на применении качественных индикаторов ИСМП [48, 54]. Вопросы управления рисками здравоохранения, обусловленными ИСМП, на региональном уровне в литературе не освещены.

Основой управления риском является система или набор мероприятий, направленных на анализ

¹¹ Носкова О.А. Эпидемиологические особенности и основные направления профилактики генерализованных гнойно-септических инфекций в педиатрии: дис. ... канд. мед. наук. – Иркутск, 2020. – 170 с.

¹² Эпидемиология и статистика как инструменты доказательной медицины / Е.А. Корнышева, Д.Ю. Платонов, А.А. Родионов, А.Е. Шабашов. – 2-е изд., испр. и доп. – Тверь, 2009. – 80 с.

¹³ ГОСТ Р ИСО 31000-2019. Менеджмент риска. Принципы и руководство: национальный стандарт РФ / утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 декабря 2019 г. № 1379-ст [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200170125> (дата обращения: 07.04.2023).

всех инцидентов, связанных с безопасностью пациентов. Однако медицинские работники в 50–96 % случаев не информируют о неблагоприятных событиях и ошибках, возникающих в процессе оказания медицинской помощи [55]. Международные эксперты, работающие в сфере безопасности пациентов, определили, что для выявления и оценки ошибок и неблагоприятных событий в медицине наиболее оптимально применение следующих методов: анонимный сбор информации об инцидентах; ретроспективный анализ медицинской документации; проведение опросов (интервьюирование) медицинского персонала и пациентов; непосредственное наблюдение за процессом оказания медицинской помощи; отчетность сотрудников организаций здравоохранения об ошибках и неблагоприятных событиях; анализ жалоб и судебных исков пациентов; компьютерный мониторинг электронных баз медицинских данных; патолого-анатомические исследования; проведение клинко-анатомических конференций. Работами зарубежных авторов показано, что подобный подход эффективен, поскольку позволяет выявить скрытые риски, которые нигде не регистрируются и не исследуются [56–58]. Для оценки эффективности системы менеджмента рисков могут использоваться различные инструменты. Разработана методология, базирующаяся на специализированных справочниках, которые оценивают ключевые элементы системы управления рисками на основе количественной экспертной оценки [59]. В то же время отмечается, что в условиях Российской Федерации любое добровольное сообщение о дефектах часто приводит к проверкам, штрафам и предписаниям. Поэтому персонал полностью демотивирован к мониторингу рисков и подаче сообщений о дефектах [28]. Управление рисками – мульти-

дисциплинарная задача, учитывающая вклад всех специалистов, которые работают в медицинском учреждении: врачей, медсестер, лаборантов, медицинских инженеров, администраторов и др. Таким образом, одним из основных целеполагающих моментов для повышения безопасности оказания медицинской помощи является создание системы управления рисками в системе отечественного здравоохранения с разработкой технологий риск-менеджмента, методологии анализа эффективности управления рисками ИСМП.

Выводы. Резюмируя, необходимо отметить, что ключом к успешной эффективности системы контроля и надзора госпитальных инфекций являются мероприятия в части:

- разработки научных подходов к систематизации и унификации параметров (ключевых понятий), характеризующих предметную область риска ИСМП в учреждениях различного профиля;
- совершенствования методологии анализа риска ИСМП, риск-ориентированного подхода и технологий риск-менеджмента при осуществлении надзора за этими инфекциями;
- оптимизации научно обоснованных подходов к выбору управленческих решений с позиций риск-ориентированного подхода, технологий риск-менеджмента ИСМП, внедрения их в практику здравоохранения;
- разработки методических рекомендаций по мониторингу, оценке и прогнозированию рисков развития ИСМП в медицинских организациях.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Кубышкин В.А. Безопасная хирургия и клинические рекомендации // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. – 2014. – № 5. – С. 4–6.
2. Ремизов О.В., Сажин В.П., Карсанов А.М. О биоэтическом компоненте безопасности пациентов в хирургии // Биоэтика. – 2017. – Т. 10, № 1. – С. 47–51.
3. Иванов И.В., Астапенко Е.М. Обеспечение безопасности обращения медицинских изделий в медицинской организации // Менеджмент качества в медицине. – 2018. – № 1. – С. 105–109.
4. Кондратова Н.В. Система безопасности и предотвращения ошибок: от авиации к медицине // Вестник Росздравнадзора. – 2016. – № 2. – С. 22–26.
5. Кондратова Н.В. Международные цели безопасности пациентов: соблюдение требований стандартов JCI в многопрофильном стационаре // Заместитель главного врача. – 2015. – № 10 (113). – С. 24–32.
6. Линденбратен А.Л., Кондратова Н.В., Дубинин Н.Д. Возможности применения различных моделей стандартизации для улучшения качества медицинской деятельности // Здравоохранение. – 2015. – № 11. – С. 74–81.
7. Мурашко М.А. Качество медицинской помощи: пора меняться // Вестник Росздравнадзора. – 2017. – № 1. – С. 10–21.
8. Fowler A.J. A review of recent advances in perioperative patient safety // Ann. Med. Surg. (Lond). – 2013. – Vol. 2, № 1. – P. 10–14. DOI: 10.1016/S2049-0801(13)70020-7
9. Larizgoitia I., Bouesseau M.-C., Kelley E. WHO Efforts to Promote Reporting of Adverse Events and Global Learning // J. Public Health Res. – 2013. – Vol. 2, № 3. – P. e29. DOI: 10.4081/jphr.2013.e29
10. McDonald K.M., Bryce C.L., Graber M.L. The patient is in: patient involvement strategies for diagnostic error mitigation // BMJ Qual. Saf. – 2013. – Vol. 22, Suppl. 2. – P. ii33–ii39. DOI: 10.1136/bmjqs-2012-001623
11. Безопасность пациентов как целевой показатель современной медицины / А.М. Карсанов, А.К. Хестанов, И.Б. Туаева, О.И. Давыдова, А.К. Саламов // Главный врач Юга России. – 2018. – № 2 (60). – С. 10–13.

12. Auraen A., Slawomirski L., Klazinga N. The economics of patient safety in primary and ambulatory care. Flying blind // OECD Health Working Papers. – 2018. – № 106. DOI: 10.1787/baf425ad-en
13. The incidence and nature of in-hospital adverse events: a systematic review / E.N. de Vries, M.A. Ramrattan, S.M. Smorenburg, D.J. Gouma, M.A. Boormeester // Qual. Saf. Health Care. – 2008. – Vol. 17, № 3. – P. 216–223. DOI: 10.1136/qshc.2007.023622
14. WHO guidelines on hand hygiene in health care [Электронный ресурс] // WHO. – 2009. – 270 p. – URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241597906> (дата обращения: 12.04.2023).
15. Брико Н.И. Парадигма современной эпидемиологии // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2013. – № 6 (73). – С. 4–10.
16. The Global Patient Safety Challenge 2005–2006: Clean Care is Safer Care // In book: World Alliance for Patient Safety. Forward Programme 2005. – Geneva: World Health Organization, 2004. – 34 p.
17. Vincent J.-L. Nosocomial infections in adult intensive-care units // Lancet. – 2003. – Vol. 361, № 9374. – P. 2068–2077. DOI: 10.1016/S0140-6736(03)13644-6
18. The prevalence of nosocomial infection in intensive care units in Europe. Results of the European Prevalence of Infection in Intensive Care (EPIC) Study. EPIC International Advisory Committee / J.L. Vincent, D.J. Bihari, P.M. Suter, H.A. Bruining, J. White, M.H. Nicolas-Chanoine, M. Wolff, R.C. Spencer, M. Hemmer // JAMA. – 1995. – Vol. 274, № 8. – P. 639–644.
19. Национальная концепция профилактики инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, и информационный материал по ее положениям: монография / В.И. Покровский, В.Г. Акимкин, Н.И. Брико, Е.Б. Брусина, А.С. Благоданова, Л.П. Зуева, О.В. Ковалишова, В.Л. Стасенко [и др.]. – Н. Новгород: Ремедиум Приволжье, 2012. – 84 с.
20. Риск – базовая концепция эпидемиологии / Е.Д. Савилов, С.Н. Шугаева, Н.И. Брико, С.И. Колесников // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2019. – Т. 74, № 1. – С. 54–60. DOI: 10.15690/vramn1006
21. Наумова Т.В. Методологическое значение философских категорий в понимании сущности риска // Научный вестник МГТУГА. – 2012. – № 182. – С. 52–57.
22. Adverse events in critical care: search and active detection through the trigger tool / F.J. Molina, P.T. Rivera, A. Cardona, D.K. Restrepo, O. Monroy, D. Rodas, J.G. Barrientos // World J. Crit. Care Med. – 2018. – Vol. 7, № 1. – P. 9–15. DOI: 10.5492/wjccm.v7.i1.9
23. Шугаева С.Н., Савилов Е.Д. Риск в эпидемиологии: терминология, основные определения и систематизация понятий // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2017. – Т. 16, № 6 (97). – С. 73–78.
24. Вялков А.И., Кучеренко В.З. Организационно-методические аспекты снижения рисков в медицинской практике // Главврач. – 2006. – № 2. – С. 6–11.
25. Брусина Е.Б., Барбараш О.Л. Управление риском инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи (риск-менеджмент) // Медицинский альманах. – 2015. – № 5 (40). – С. 22–25.
26. Позднякова М.А., Варшавер И.М., Пасина О.Б. Теоретические аспекты акушерских и перинатальных рисков в популяции беременных женщин (дискуссия) // Медицинский альманах. – 2012. – № 5 (24). – С. 14–17.
27. Хафизьянова Р.Х., Бурыкин И.М., Алеева Г.Н. Роль индикаторов в оценке качества фармакотерапии и оказания медицинской помощи // Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. – 2011. – № 4. – С. 103–111.
28. Бурыкин И.М., Алеева Г.Н., Хафизьянова Р.Х. Управление рисками в системе здравоохранения как основа безопасности оказания медицинской помощи [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования: сетевое издание. – 2013. – № 1. – URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8463> (дата обращения: 13.04.2023).
29. Хафизьянова Р.Х., Бурыкин И.М., Алеева Г.Н. Проблема разработки качества оказания медицинской помощи и пути ее оптимизации // Экономика здравоохранения. – 2011. – № 11–12. – С. 50–56.
30. Савилов Е.Д., Шугаева С.Н. Эпидемиологический риск: систематизация видов и их оценочные характеристики // Эпидемиология и инфекционные болезни. – 2018. – Т. 23, № 4. – С. 199–203. DOI: 10.18821/1560-9529-2018-23-4-199-203
31. Тимофеева С.С. Современные методы оценки профессиональных рисков и их значение в системе управления охраной труда // XXI век. Техносферная безопасность. – 2016. – Т. 1, № 1 (1). – С. 14–24.
32. Черкасский Б.Л. Риск в эпидемиологии: монография. – М.: Практическая медицина, 2007. – 480 с.
33. Factors of risk in the development of coronary heart disease – six-year follow-up experience. The Framingham Study / W.B. Kannel, T.R. Dawber, A. Kagan, N. Revotskie, J. Stokes 3rd // Ann. Intern. Med. – 1961. – Vol. 55. – P. 33–50. DOI: 10.7326/0003-4819-55-1-33
34. Моисеев В.С. Концепция факторов риска. Новые факторы риска // Клиническая фармакология и терапия. – 2002. – Т. 11, № 3. – С. 1–6.
35. Kannel W.B. Some lessons in cardiovascular epidemiology from Framingham // Am. J. Cardiol. – 1976. – Vol. 37, № 2. – P. 269–282. DOI: 10.1016/0002-9149(76)90323-4
36. Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks [Электронный ресурс] // WHO. – 2009. – URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44203> (дата обращения: 12.04.2023).
37. Савилов Е.Д., Шугаева С.Н. Фактор риска: теория и практика применения в эпидемиологических исследованиях // Эпидемиология и инфекционные болезни. – 2017. – Т. 22, № 6. – С. 306–310. DOI: 10.18821/1560-9529-2017-22-6-306-310
38. Four country healthcare associated infection prevalence survey 2006: overview of the results / E.T.M. Smyth, G. McIlvenny, J.E. Eustone, A.M. Emmerson, H. Humphreys, F. Fitzpatrick, E. Davies, R.G. Newcombe [et al.] // J. Hosp. Infect. – 2008. – Vol. 69, № 3. – P. 230–248. DOI: 10.1016/j.jhin.2008.04.020
39. Hospital-acquired infections in the adult intensive care unit – Epidemiology, antimicrobial resistance patterns, and risk factors for acquisition and mortality / A. Despotovic, B. Milosevic, I. Milosevic, N. Mitrovic, A. Cirkovic, S. Jovanovic, G. Stevanovic // Am. J. Infect. Control. – 2020. – Vol. 48, № 10. – P. 1211–1215. DOI: 10.1016/j.ajic.2020.01.009

40. Прогнозирование развития инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи у родильниц / А.Е. Агарев, Т.Д. Здолник, М.С. Коваленко, В.В. Зотов // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2017. – Т. 25, № 4. – С. 565–574. DOI: 10.23888/PAVLOVJ20174565-574
41. Выявление вероятности риска возникновения ИСМП в многопрофильном стационаре г. Ростов-на-Дону / А.В. Алешукина, Е.В. Голошва, К.Г. Маркова, И.С. Алешукина, И.С. Полищук, Н.В. Будник, Т.Н. Ефименко // Микробиологические аспекты диагностики инфекционных заболеваний: сборник научно-практических работ VIII Межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки РФ, профессора, д.м.н. Е.П. Москаленко / под общ. ред. Г.Г. Харсеевой. – Ростов-на-Дону, 2019. – С. 14–17.
42. Храпунова И.А. Риск ориентированная профилактика ИСМП среди пациентов и персонала эндоскопических отделений. Меры профилактики // Контроль и профилактика инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи (ИСМП-2019): материалы конгресса / под ред. В.Г. Акимкина. – М., 2019. – С. 73.
43. Мультидисциплинарный подход к оценке рисков возникновения инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, в контексте пандемии COVID-19 / Э.В. Жукова, Г.Ю. Никитина, А.В. Ноздрачева, О.А. Орлова, Т.П. Готвянская, А.А. Бурова, С.А. Мазий // Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 25–34. DOI: 10.18565/epidem.2022.12.1.25-34
44. Факторы риска развития инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи у реципиентов костного мозга / О.А. Орлова, Н.А. Юмцунова, Т.А. Семененко, А.В. Ноздрачева // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 3. – С. 126–132. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.12
45. Риск-ориентированный подход в системе информационного обеспечения эпидемиологического надзора учреждений родовспоможения / Н.И. Шулакова, А.В. Тутельян, О.А. Квасова, Н.В. Сычева, В.Г. Акимкин // Вопросы практической педиатрии. – 2021. – Т. 16, № 6. – С. 161–166. DOI: 10.20953/1817-7646-2021-6-161-166
46. Заболотских И.Б., Трембач Н.В. Пациенты высокого периоперационного риска: два подхода к стратификации // Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова. – 2019. – № 4. – С. 34–46. DOI: 10.21320/1818-474X-2019-4-34-46
47. Бруси́на Е.Б., Ковали́шена О.В., Цигельник А.М. Инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи в хирургии: тенденции и перспективы профилактики // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2017. – Т. 16, № 4 (95). – С. 73–80.
48. Концепция факторов риска и ее практическое значение для здравоохранения [Электронный ресурс] / Ивановская государственная медицинская академия. – URL: <https://ivgma.ru/attachments/47101> (дата обращения: 12.04.2023).
49. Критерии эпидемиологической безопасности медицинской помощи / Н.И. Брико, Е.Б. Бруси́на, Л.П. Зуева, Г.Е. Ефимов, О.В. Ковали́шена, В.Л. Стасенко, И.В. Фельдблюм, В.В. Шкарин // Медицинский альманах. – 2014. – № 4 (34). – С. 8–13.
50. Эпидемиологическая безопасность – важнейшая составляющая обеспечения качества и безопасности медицинской помощи / Н.И. Брико, Е.Б. Бруси́на, Л.П. Зуева, Г.Е. Ефимов, О.В. Ковали́шена, В.Л. Стасенко, И.В. Фельдблюм, В.В. Шкарин // Вестник Росздравнадзора. – 2014. – № 3. – С. 27–32.
51. Общее содержание и ключевые компоненты эпидемиологической безопасности медицинской деятельности / Н.И. Брико, Е.Б. Бруси́на, Л.П. Зуева, Г.Е. Ефимов, О.В. Ковали́шена, В.Л. Стасенко, И.В. Фельдблюм, В.В. Шкарин // Поликлиника. – 2015. – № 1–3. – С. 12–16.
52. Андреева Е.Е. Управление рисками, обусловленными инфекциями, связанными с оказанием медицинской помощи, на примере г. Москвы // Профилактическая и клиническая медицина. – 2016. – № 4 (61). – С. 4–10.
53. Шулакова Н.И., Тутельян А.В., Акимкин В.Г. Теоретические аспекты рисков ИСМП, параметры эффективности риск-ориентированного подхода в медицинской организации // Контроль и профилактика инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи (ИСМП-2022): сборник тезисов X Конгресса с международным участием / под ред. В.Г. Акимкина. – М., 2022. – С. 125–126.
54. Лудупова Е.Ю., Данчинова А.М., Денисова М.А. Управление медицинскими рисками как основа обеспечения безопасности медицинской деятельности в многопрофильном стационаре // Вестник Росздравнадзора. – 2015. – № 2. – С. 56–59.
55. Rates of spontaneous reporting of adverse drug reactions in France / B. Bégaud, K. Martin, F. Haramburu, N. Moore // JAMA. – 2002. – Vol. 288, № 13. – P. 1588. DOI: 10.1001/jama.288.13.1588
56. Medication safety: using incident data analysis and clinical focus groups to inform educational needs / H. Hesselgreaves, A. Watson, A. Crawford, M. Lough, P. Bowie // J. Eval. Clin. Pract. – 2011. – Vol. 19, № 1. – P. 30–38. DOI: 10.1111/j.1365-2753.2011.01763.x
57. The investigation and analysis of critical incidents and adverse events in healthcare / M. Woloshynowych, S. Rogers, S. Taylor-Adams, C. Vincent // Health Technol. Assess. – 2005. – Vol. 9, № 19. – P. 1–143. DOI: 10.3310/hta9190
58. Quality review of an adverse incident reporting system and root cause analysis of serious adverse surgical incidents in a teaching hospital of Scotland / M. Khorsandi, C. Skouras, K. Beatson, A. Alijani // Patient Saf. Surg. – 2012. – Vol. 6, № 1. – P. 21. DOI: 10.1186/1754-9493-6-21
59. Assessing hospitals' clinical risk management: Development of a monitoring instrument / M. Briner, O. Kessler, Y. Pfeiffer, T. Wehner, T. Manser // BMC Health Serv. Res. – 2010. – Vol. 10. – P. 337. DOI: 10.1186/1472-6963-10-337

Риски инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи: проблемы и подводные камни / Н.И. Шулакова, А.В. Тутельян, В.В. Малеев, В.Г. Акимкин // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 2. – С. 104–114. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.10



Review

RISKS OF HAIs: PROBLEMS AND PITFALLS**N.I. Shulakova, A.V. Tutelyan, V.V. Maleev, V.G. Akimkin**

Central Research Institute of Epidemiology, 3a Novogireevskaya Str., Moscow, 111123, Russian Federation

At present, a major challenge in research that addresses risks of hospital-acquired infections (HAIs) is the lack of methodological and theoretical studies generalizing the available knowledge in the sphere whereas applied works are plentiful. In recent years, methods of influence on the epidemic process of HAIs have been reassessed and some experts believe transition to the risk-based approach to be quite promising in this respect. This approach makes it possible to take timely measures aimed at reducing risks of such infections in advance. Since the risk-based approach within epidemiological safety is only starting to be integrated into the whole system of healthcare safety, development and specification of its individual components seems to be a promising trend in healthcare support. The key role in creating an effective system for control and surveillance over hospital-acquired infections belongs to activities related to development of scientific approaches to systematizing and unifying indicators that describe the subject area of HAIs risks in healthcare organizations of various profiles; improvement of the methodology for analyzing HAIs risks, the risk-based approach and risk management technologies within surveillance over such infections; optimization of science-based approaches to decision-making that relies on the risk-based approach and HAIs risk management technologies; development of methodical guidelines on monitoring, assessment, and prediction of HAIs risks in healthcare organizations of various profiles.

Keywords: healthcare organizations, epidemic process, epidemiological safety, hospital-acquired infections, risks, risk parameters, risk management, risk-based approach.

References

1. Kubyshkin V.A. Safe surgery and clinical recommendation. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova*, 2014, no. 5, pp. 4–6 (in Russian).
2. Remizov O.V., Sazhin V.P., Karsanov A.M. On bioethical component of patient safety in surgery. *Bioethics Journal*, 2017, vol. 10, no. 1, pp. 47–51.
3. Ivanov I.V., Astapenko E.M. Assurance of safety and quality management of medical devices in hospital. *Medzhment kachestva v meditsine*, 2018, no. 1, pp. 105–109 (in Russian).
4. Kondratova N.V. The system for safety and prevention of errors: from aviation to medicine. *Vestnik Roszdravnadzora*, 2016, no. 2, pp. 22–26 (in Russian).
5. Kondratova N.V. Mezhdunarodnye tseli bezopasnosti patsientov: soblyudenie trebovaniy standartov JCI v mnogoprofil'nom statsionare [International goals of patient safety: compliance with the requirements of JCI standards in a multidisciplinary hospital]. *Zamestitel' glavnogo vracha*, 2015, no. 10 (113), pp. 24–32 (in Russian).
6. Lindenbraten A.L., Kondratova N.V., Dubinin N.D. Vozmozhnosti primeneniya razlichnykh modelei standartizatsii dlya uluchsheniya kachestva meditsinskoi deyatel'nosti [The possibilities of using various standardization models to improve the quality of medical activity]. *Zdravookhranenie*, 2015, no. 11, pp. 74–81 (in Russian).
7. Murashko M.A. Quality of medical care: time to change. *Vestnik Roszdravnadzora*, 2017, no. 1, pp. 10–21 (in Russian).
8. Fowler A.J. A review of recent advances in perioperative patient safety. *Ann. Med. Surg. (Lond.)*, 2013, vol. 2, no. 1, pp. 10–14. DOI: 10.1016/S2049-0801(13)70020-7
9. Larizgoitia I., Bouesseau M.-C., Kelley E. WHO Efforts to Promote Reporting of Adverse Events and Global Learning. *J. Public Health Res.*, 2013, vol. 2, no. 3, pp. e29. DOI: 10.4081/jphr.2013.e29
10. McDonald K.M., Bryce C.L., Graber M.L. The patient is in: patient involvement strategies for diagnostic error mitigation. *BMJ Qual. Saf.*, 2013, vol. 22, suppl. 2, pp. ii33–ii39. DOI: 10.1136/bmjqs-2012-001623

© Shulakova N.I., Tutelyan A.V., Maleev V.V., Akimkin V.G., 2023

Nadezhda I. Shulakova – Doctor of Medical Sciences, Leading Researcher at the Laboratory for Healthcare-Related Infections (e-mail: shulakova.msk@mail.ru; tel.: +7 (495) 974-96-46; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7913-1991>).

Alexey V. Tutelyan – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Laboratory for Healthcare-Related Infections (e-mail: bio-tav@yandex.ru; tel.: +7 (495) 974-96-46; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2706-6689>).

Viktor V. Maleev – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, director's adviser responsible for research work (e-mail: crie@pcr.ru; tel.: +7 (495) 974-96-46; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5748-178X>).

Vasily G. Akimkin – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, director (e-mail: crie@pcr.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4228-9044>).

11. Karsanov A., Khestanov A., Tuaeve I., Davydova O., Salamov A. Safety of patients as a target index of modern medicine. *Glavnyi vrach Yuga Rossii*, 2018, no. 2 (60), pp. 10–13 (in Russian).
12. Auraen A., Slawomirski L., Klazinga N. The economics of patient safety in primary and ambulatory care. Flying blind. *OECD Health Working Papers*, 2018, no. 106. DOI: 10.1787/baf425ad-en
13. De Vries E.N., Ramrattan M.A., Smorenburg S.M., Gouma D.J., Boermeester M.A. The incidence and nature of in-hospital adverse events: a systematic review. *Qual. Saf. Health Care*, 2008, vol. 17, no. 3, pp. 216–223. DOI: 10.1136/qshc.2007.023622
14. WHO guidelines on hand hygiene in health care. *WHO*, 2009, 270 p. Available at: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241597906> (April 12, 2023).
15. Briko N.I. The paradigm of modern epidemiology. *Epidemiologiya i vaksino profilaktika*, 2013, no. 6 (73), pp. 4–10 (in Russian).
16. The Global Patient Safety Challenge 2005–2006: Clean Care is Safer Care. In book: World Alliance for Patient Safety. Forward Programme 2005. Geneva, WHO, 2004, 34 p.
17. Vincent J.-L. Nosocomial infections in adult intensive-care units. *Lancet*, 2003, vol. 361, no. 9374, pp. 2068–2077. DOI: 10.1016/S0140-6736(03)13644-6
18. Vincent J.L., Bihari D.J., Suter P.M., Bruining H.A., White J., Nicolas-Chanoine M.H., Wolff M., Spencer R.C., Hemmer M. The prevalence of nosocomial infection in intensive care units in Europe. Results of the European Prevalence of Infection in Intensive Care (EPIC) Study. EPIC International Advisory Committee. *JAMA*, 1995, vol. 274, no. 8, pp. 639–644.
19. Pokrovskii V.I., Akimkin V.G., Briko N.I., Brusina E.B., Blagonravova A.S., Zueva L.P., Kovalishina O.V., Stasenko V.L. [et al.]. Natsional'naya kontseptsiya profilaktiki infektsii, svyazannykh s okazaniem meditsinskoi pomoshchi, i informatsionnyi material po ee polozeniyam [The national concept of prevention of healthcare-associated infections]. Nizhny Novgorod, Remedium Privolzh'e, 2012, 84 p. (in Russian).
20. Savilov E.D., Shugaeva S.N., Briko N.I., Kolesnikov S.I. Risk – a basic concept of epidemiology. *Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk*, 2019, vol. 74, no. 1, pp. 54–60. DOI: 10.15690/vramn1006 (in Russian).
21. Naumova T.V. The methodological significance of philosophical categories in the explanation of the essence risk. *Nauchnyi vestnik MGTUGA*, 2012, no. 182, pp. 52–57 (in Russian).
22. Molina F.J., Rivera P.T., Cardona A., Restrepo D.K., Monroy O., Rodas D., Barrientos J.G. Adverse events in critical care: search and active detection through the trigger tool. *World J. Crit. Care Med.*, 2018, vol. 7, no. 1, pp. 9–15. DOI: 10.5492/wjccm.v7.i1.9
23. Shugaeva S.N., Savilov E.D. Risk in epidemiology: terminology, main definitions and systematization of concepts. *Epidemiologiya i vaksino profilaktika*, 2017, vol. 16, no. 6 (97), pp. 73–78 (in Russian).
24. Vyalkov A.I., Kucherenko V.Z. Organizatsionno-metodicheskie aspekty snizheniya riskov v meditsinskoi praktike [Organizational and methodological aspects of risk reduction in medical practice]. *GlavVrach*, 2006, no. 2, pp. 6–11 (in Russian).
25. Brusina E.B., Barbarash O.L. Risk management of infections connected with providing medical aid (risk management). *Meditsinskii al'manakh*, 2015, no. 5 (40), pp. 22–25 (in Russian).
26. Pozdnyakova M.A., Varshaver I.M., Pasina O.B. The theoretical aspects of obstetric and perinatal risks in the population of the pregnant women. *Meditsinskii al'manakh*, 2012, no. 5 (24), pp. 14–17 (in Russian).
27. Khafizyanova R.Kh., Burykin I.M., Aleeva G.N. The role of indicators for evaluation of pharmacotherapy and medical aid administration quality. *Vestnik Sankt-Petersburgskogo universiteta. Meditsina*, 2011, no. 4, pp. 103–111 (in Russian).
28. Burykin I.M., Aleeva G.N., Khafizyanova R.K. Risk management system as a basis of health care safety. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]*, 2013, no. 1, pp. 80. Available at: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8463> (April 13, 2023) (in Russian).
29. Khafizyanova R.Kh., Burykin I.M., Aleeva G.N. Problema razrabotki kachestva okazaniya meditsinskoi pomoshchi i puti ee optimizatsii [The problem of developing the quality of medical care and ways to optimize it]. *Ekonomika zdavookhraneniya*, 2011, no. 11–12, pp. 50–56 (in Russian).
30. Savilov E.D., Shugaeva S.N. Epidemiological risk: systematization of types and their estimated characteristics. *Epidemiologiya i infektsionnye bolezni*, 2018, vol. 23, no. 4, pp. 199–203. DOI: 10.18821/1560-9529-2018-23-4-199-203 (in Russian).
31. Timofeeva S. Modern professional risk assessment methods and their role in labor protection management system. *XXI vek. Tekhnosfermaya bezopasnost'*, 2016, vol. 1, no. 1 (1), pp. 14–24 (in Russian).
32. Cherkasskii B.L. Risk v epidemiologii [Risk in epidemiology]. Moscow, Prakticheskaya meditsina, 2007, 480 p. (in Russian).
33. Kannel W.B., Dawber T.R., Kagan A., Revotskie N., Stokes J. 3rd. Factors of risk in the development of coronary heart disease – six-year follow-up experience. The Framingham Study. *Ann. Intern. Med.*, 1961, vol. 55, pp. 33–50. DOI: 10.7326/0003-4819-55-1-33
34. Moiseev V.S. Kontseptsiya faktorov riska. Novye faktory riska [The concept of risk factors. New risk factors]. *Klinicheskaya farmakologiya i terapiya*, 2002, vol. 11, no. 3, pp. 1–6 (in Russian).
35. Kannel W.B. Some lessons in cardiovascular epidemiology from Framingham. *Am. J. Cardiol.*, 1976, vol. 37, no. 2, pp. 269–282. DOI: 10.1016/0002-9149(76)90323-4
36. Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks. *WHO*, 2009. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44203> (April 12, 2023).
37. Savilov E.D., Shugaeva S.N. Risk factor: theory and practice in the application in epidemiological studies. *Epidemiologiya i infektsionnye bolezni*, 2017, vol. 22, no. 6, pp. 306–310. DOI: 10.18821/1560-9529-2017-22-6-306-310 (in Russian).
38. Smyth E.T.M., McIlvenny G., Enstone J.E., Emmerson A.M., Humphreys H., Fitzpatrick F., Davies E., Newcombe R.G. [et al.]. Four country healthcare associated infection prevalence survey 2006: overview of the results. *J. Hosp. Infect.*, 2008, vol. 69, no. 3, pp. 230–248. DOI: 10.1016/j.jhin.2008.04.020
39. Despotovic A., Milosevic B., Milosevic I., Mitrovic N., Cirkovic A., Jovanovic S., Stevanovic G. Hospital-acquired infections in the adult intensive care unit – Epidemiology, antimicrobial resistance patterns, and risk factors for acquisition and mortality. *Am. J. Infect. Control*, 2020, vol. 48, no. 10, pp. 1211–1215. DOI: 10.1016/j.ajic.2020.01.009

40. Agarev A.E., Zdolnik T.D., Kovalenko M.S., Zotov V.V. Forecasting of development of healthcare-associated infections in puerperas. *Rossiiskii mediko-biologicheskii vestnik im. akademika I.P. Pavlova*, 2017, vol. 25, no. 4, pp. 565–574. DOI: 10.23888/PAVLOVJ20174565-574 (in Russian).
 41. Aleshukina A.V., Goloshva E.V., Markova K.G., Aleshukina I.S., Polishchuk I.S., Budnik N.V., Efimenko T.N. Vyyavlenie veroyatnosti riska vozniknoveniya ISMP v mnogoprofil'nom statsionare g. Rostov-na-Donu [Identification of the probability of HAIs risks in a multidisciplinary hospital in Rostov-on-Don]. *Mikrobiologicheskie aspekty diagnostiki infektsionnykh zabolevaniy: sbornik nauchno-prakticheskikh rabot VIII Mezhhregional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 90-letiyu so dnya rozhdeniya Zasluzhennogo deyatelya nauki RF, professora, d.m.n. E.P. Moskalenko*. In: G.G. Kharseeva ed. Rostov-on-Don, 2019, pp. 14–17 (in Russian).
 42. Khrapunova I.A. Risk orientirovannaya profilaktika ISMP sredi patsientov i personala endoskopicheskikh ot-delenii. Mery profilaktiki [Risk-oriented prevention of HAIs among patients and staff of endoscopic departments. Preventive measures]. *Kontrol' i profilaktika infektsii, svyazannykh s okazaniem meditsinskoi pomoshchi (ISMP-2019): Materialy kon-gressa*. In: V.G. Akimkin ed. Moscow, 2019, pp. 73 (in Russian).
 43. Zhukova E.V., Nikitina G.Yu., Nozdracheva A.V., Orlova O.A., Gotvyanskaya T.P., Burova A.A., Mazi S.A. A multidis-ciplinary approach to assessing the risks of healthcare-associated infections in the context of the COVID-19 pandemic. *Epidemiologiya i infektsionnye bolezni. Aktual'nye voprosy*, 2022, vol. 12, no. 1, pp. 25–34. DOI: 10.18565/epidem.2022.12.1.25-34 (in Russian).
 44. Orlova O.A., Yumtsunova N.A., Semenenko T.A., Nozdracheva A.V. Risk factors of healthcare-associated infections in recipients of bone marrow transplant. *Health Risk Analysis*, 2022, no. 3, pp. 126–132. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.12.eng
 45. Shulakova N.I., Tutelyan A.V., Kvasova, O.A., Sycheva N.V., Akimkin V.G. Risk-based approach in the epidemiol-ogical surveillance at maternity facilities *Voprosy prakticheskoi pediatrii*, 2021, vol. 16, no. 6, pp. 161–166. DOI: 10.20953/1817-7646-2021-6-161-166 (in Russian).
 46. Zabolotskikh I.B., Trembach N.V. High perioperative risk patients: two approaches to stratification. *Vestnik intensiv-noi terapii im. A.I. Saltanova*, 2019, no. 4, pp. 34–46. DOI: 10.21320/1818-474X-2019-4-34-46 (in Russian).
 47. Brusina E.B., Kovalishena O.V., Tsigelnik A.M. Healthcare-associated infections: trends and prevention perspectives. *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika*, 2017, vol. 16, no. 4 (95), pp. 73–80 (in Russian).
 48. Kontseptsiya faktorov riska i ee prakticheskoe znachenie dlya zdravookhraneniya [The concept of risk factors and its practical significance for healthcare]. *Ivanovskaya gosudarstvennaya meditsinskaya akademiya*. Available at: <https://ivgma.ru/attachments/47101> (April 12, 2023) (in Russian).
 49. Briko N.I., Brusina E.B., Zueva L.P., Efimov G.E., Kovalishena O.V., Stasenko V.L., Feldblyum I.V., Shkarin V.V. Criteria of epidemiological safety of medical assistance. *Meditsinskii al'manakh*, 2014, no. 4 (34), pp. 8–13 (in Russian).
 50. Briko N.I., Brusina E.B., Zueva L.P., Efimov G.E., Kovalishena O.V., Stasenko V.L., Feldblum I.V., Shkarin V.V. Epidemiological safety is the key component for ensuring quality and safety of medical care. *Vestnik Roszdravnadzora*, 2014, no. 3, pp. 27–32 (in Russian).
 51. Briko N.I., Brusina E.B., Zueva L.P., Efimov G.E., Kovalishena O.V., Stasenko V.L., Feldblum I.V., Shkarin V.V. Obshchee soderzhanie i klyuchevye komponenty epidemiologicheskoi bezopasnosti meditsinskoi deyatel'nosti [The general content and key components of epidemiological safety of medical activity]. *Poliklinika*, 2015, no. 1–3, pp. 12–16 (in Russian).
 52. Andreeva E.E. Health care-associated infections risk management – the case of Moscow. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina*, 2016, no. 4 (61), pp. 4–10 (in Russian).
 53. Shulakova N.I., Tutelyan A.V., Akimkin V.G. Teoreticheskie aspekty riskov ISMP, parametry effektivnosti risk-orientirovannogo podkhoda v meditsinskoi organizatsii [Theoretical aspects of HAIs risks, parameters of the effectiveness of a risk-based approach in a healthcare organization]. *Kontrol' i profilaktika infektsii, svyazannykh s okazaniem meditsinskoi po-moshchi (ISMP-2022): sbornik tezisov X Kongressa s mezhdunarodnym uchastiem*. In: V.G. Akimkin ed. Moscow, 2022, pp. 125–126 (in Russian).
 54. Ludupova E.Y., Danchinova A.M., Denisova M.A. Healthcare risk management as a basis for safe healthcare practice at a multidisciplinary hospital. *Vestnik Roszdravnadzora*, 2015, no. 2, pp. 56–59 (in Russian).
 55. Bégaud B., Martin K., Haramburu F., Moore N. Rates of spontaneous reporting of adverse drug reactions in France. *JAMA*, 2002, vol. 288, no. 13, pp. 1588. DOI: 10.1001/jama.288.13.1588
 56. Hesselgreaves H., Watson A., Crawford A., Lough M., Bowie P. Medication safety: using incident data analysis and clinical focus groups to inform educational needs. *J. Eval. Clin. Pract.*, 2011, vol. 19, no. 1, pp. 30–38. DOI: 10.1111/j.1365-2753.2011.01763.x
 57. Woloshynowych M., Rogers S., Taylor-Adams S., Vincent C. The investigation and analysis of critical incidents and adverse events in healthcare. *Health Technol. Assess.*, 2005, vol. 9, no. 19, pp. 1–143. DOI: 10.3310/hta9190
 58. Khorsandi M., Skouras C., Beatson K., Alijani A. Quality review of an adverse incident reporting system and root cause analysis of serious adverse surgical incidents in a teaching hospital of Scotland. *Patient Saf. Surg.*, 2012, vol. 6, no. 1, pp. 21. DOI: 10.1186/1754-9493-6-21
 59. Briner M., Kessler O., Pfeiffer Y., Wehner T., Manser T. Assessing hospitals' clinical risk management: Develop-ment of a monitoring instrument. *BMC Health Serv. Res.*, 2010, vol. 10, pp. 337. DOI: 10.1186/1472-6963-10-337
- Shulakova N.I., Tutelyan A.V., Maleev V.V., Akimkin V.G. Risks of hais: problems and pitfalls. Health Risk Analysis*, 2023, no. 2, pp. 104–114. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.10.eng

Получена: 18.04.2023

Одобрена: 10.05.2023

Принята к публикации: 02.06.2023



Научная статья

ИНТЕРКОГОРТНЫЙ АНАЛИЗ РОДИТЕЛЬСКИХ ФАКТОРОВ РИСКА РАЗВИТИЮ РЕБЕНКА НА ПЕРВОМ ГОДУ ЖИЗНИ

Ю.Е. Шматова, И.Н. Разварина, А.Н. Гордиевская

Вологодский научный центр Российской академии наук, Россия, 160014, г. Вологда, ул. Горького, 56а

Развитие ребенка в первый год жизни происходит стремительно и закладывает основу здоровья в будущем. Заболевания нервной системы, психические, поведенческие расстройства лидируют в перечне причин детской инвалидности. В связи с этим цель работы – поиск факторов риска физическому и нервно-психическому развитию детей в возрасте одного года со стороны матери и отца.

Объект исследования – дети первого года жизни, проживающие в Вологодской области. Информационная база: выборочные анкетные данные проспективного мониторинга здоровья детей (894 ребенка из пяти когорт: 1998, 2001, 2004, 2014 и 2020 гг. рождения); статистические и социологические данные о распространенности факторов риска в России и регионе. Информанты: медицинские работники (акушеры-гинекологи, неонатологи, педиатры), матери детей. Методология – интер- и интракогортный методы социологического анализа; расчет показателя относительного риска (ОР) с целью оценки связи между отставанием в развитии детей и родительскими факторами. Развитие ребенка оценивалось педиатром с помощью патопсихологического и адаптационного подхода. Были проанализированы отечественные и зарубежные работы по теме исследования.

Расчет относительного риска различных социально-демографических, социально-экономических, медико-биологических факторов и факторов окружающей среды в отношении развития участников когортного мониторинга позволил выявить прогностически значимые из них. К ним относятся: молодой возраст родителей (ОР = 1,40); неполная семья (ОР = 1,46); неудовлетворительные отношения между супругами (ОР = 1,36); низкая покупательная способность семьи (ОР = 1,59); плохие жилищные условия (ОР = 1,66); воздействие на будущую мать химических, токсических веществ (ОР = 1,31), загазованности (ОР = 2,02), высоких температур (ОР = 1,56) на рабочем месте за год до рождения ребенка; курение матери (ОР = 1,56); венерические заболевания отца (ОР = 3,23); осложнения беременности. Выявленные факторы риска развития ребенка сформированы еще до рождения ребенка и являются управляемыми. Знания о них позволят нейтрализовать их негативное влияние на этапе планирования беременности.

Анализ статистических и социологических данных показал тенденцию снижения распространенности практически всех факторов риска. Вызывают опасение высокий уровень курения среди женщин, в том числе будущих матерей, частота анемии у беременных, нерешенность жилищных и материальных проблем значительной доли семей, ожидающих ребенка, воздействие вредных условий труда на женщин. Полученные результаты могут быть использованы при формировании программ здоровьесбережения детского населения на всех уровнях, от индивидуального до странового.

Ключевые слова: физическое и нервно-психическое развитие ребенка, фактор риска, возраст матери и отца, вредные условия труда матери, здоровье родителей, анемия, отеки, беременность, курение, социально-экономические условия, неполная семья.

© Шматова Ю.Е., Разварина И.Н., Гордиевская А.Н., 2023

Шматова Юлия Евгеньевна – кандидат экономических наук, научный сотрудник отдела исследования уровня и образа жизни населения (e-mail: ueshmatova@mail.ru; тел.: 8 (817) 259-78-10 (доб. 335); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1881-0963>).

Разварина Ирина Николаевна – научный сотрудник отдела исследования уровня и образа жизни населения (e-mail: irina.razvarina@mail.ru; тел.: 8 (817) 259-78-10 (доб. 371); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9377-1829>).

Гордиевская Александра Николаевна – младший научный сотрудник отдела исследования уровня и образа жизни населения (e-mail: alessu85@mail.ru; тел.: 8 (817) 259-78-10 (доб. 311); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7777-3456>).

Ранний детский возраст является критическим в становлении всех органов и систем. Именно в первые годы жизни формируется устойчивость организма к неблагоприятным условиям окружающего мира, складывается уровень физического и нервно-психического развития ребенка (ФиНПР) [1]. Поэтому здоровье в данный период выступает своего рода фундаментом и определяет развитие человека в будущем на протяжении всей жизни.

Физическое развитие детей включает в себя антропометрические данные (масса, длина тела, окружность головы и груди и др.), рост и формирование организма, включая темпы, стадии, критические периоды их изменения в процессе роста. Любые отклонения от нормы в физическом развитии свидетельствуют об относительном неблагополучии в состоянии здоровья, а гармоничное сочетание показателей характеризует его нормальное формирование. Оценка физического развития базируется на сравнении индивидуальных показателей со средним значением принятых стандартов для данной группы в каждом регионе (которые рекомендуется корректировать каждые 5–10 лет [2]). Наличие у ребенка отклонений в физическом развитии и биологическом созревании является абсолютным показанием для постановки его на диспансерный учет.

Рассматривая развитие ребенка, важно отметить, что отклонения психоэмоциональной сферы имеют не меньшую значимость, чем нарушения соматического статуса.

Заболевания нервной системы занимают одно из ведущих мест среди патологий у детей и подростков. По данным Минздрава России¹, заболеваемость детей от 0 до 14 лет болезнями данной нозологической группы в стране выросла с 2000 г. (2731 на 100 тысяч детей) по 2011 г. на 57 % (4293 на 100 тысяч детей) с последующим снижением (на треть) показателя к 2020 г. до 2876 случаев на 100 тысяч детей.

Стоит отметить также, что заболевания нервной системы, а также психические и поведенческие расстройства лидируют в качестве причин, обусловивших возникновение инвалидности у детей (в 2020 г. – 27 и 24 % всех детей-инвалидов соответственно). Причем данный показатель вырос с 2010 г. больше чем на треть (на 40 и 35 % соответственно), как и доля в общей инвалидности (на 2 пп.).

В классификации DSM-5 и МКБ-11 «Расстройства нервно-психического развития (РНПР)» введены в качестве всеохватывающей категории заболеваний, характеризующихся нарушениями формирования когнитивных функций, навыков общения,

характеристик поведения и / или двигательных навыков. Они включают: общую интеллектуальную недостаточность (расстройство развития интеллекта), коммуникативные расстройства (нарушения развития речи), расстройства аутистического спектра, синдром дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ), специфические расстройства обучения, расстройства развития двигательной сферы [3].

В будущем у таких детей могут возникнуть трудности при освоении учебной программы, формировании и соблюдении нравственно-этических норм и правил, взаимодействии с окружающими². Дети с задержкой нервно-психического развития (НПР) в один год относятся к группе риска нарушений психического развития в раннем возрасте [4]. Тем не менее существует проблема: неотработанная система динамического наблюдения за детьми с перинатальной патологией и других групп риска в различные периоды детства, несвоевременная диагностика и, соответственно, позднее начало лечебно-коррекционных мероприятий могут приводить к нарушению формирования высших психических функций, задержке когнитивного развития. Сложность профилактики, диагностики и лечения неврологических патологий, а также проблема адаптации, социализации таких детей представляет собой весьма важную проблему не только педиатрии (в будущем – терапии), но и социальной медицины [5].

В связи с этим своевременная диагностика отклонений развития детей на первом году жизни является крайне актуальной задачей. Особенно на фоне роста количества детей с отставанием НПР, который за период с 2000 до 2018 г. составил 150 % (с 62,4 до 91,1 на 1000 детей в возрасте 0–14 лет). При этом наиболее значительные отставания НПР отмечаются по речевому развитию и психическому здоровью [6]. Проведенный анализ показал, что в России именно дети с задержкой психического развития (ЗПР) являются самой многочисленной нозологической группой, составляющей около 40 % от всей популяции детей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалидностью [7]. Данная тенденция, помимо истинного роста заболеваемости, может быть обусловлена применением новых подходов к обучению детей и информатизацией общества, а также несовершенством действующей системы профосмотров [6].

Оценка НПР проводится в определенные возрастные периоды (эпикризные сроки): на первом году – ежемесячно, на втором году – раз в квартал, на третьем году – раз в полгода, с трех лет – один раз в год.

¹ Семья, материнство и детство. Здравоохранение, дружественное к детям, и здоровый образ жизни. 3.17. Дети-инвалиды по заболеваниям, обусловившим возникновение инвалидности [Электронный ресурс] // Росстат. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13807> (дата обращения: 11.04.2023).

² Адаптационный подход к оценке нервно-психического развития детей младшего школьного возраста: методические рекомендации для педагогов-психологов, социальных педагогов и классных руководителей общеобразовательных организаций / сост. И.Н. Разварина. – Вологда: ИСЭРТ РАН, 2017. – 23 с.

Так, в норме к концу первого года жизни ребенок должен узнавать на фотографии себя и своих знакомых; может переносить разученные действия с одних предметов на другие, на игрушки; понимает на слух названия предметов, действий, имена взрослых; выполняет односложные поручения «принеси», «найди», «отдай» и др.; начинает ходить без опоры; узнает голоса своих родных; может осознанно говорить 10–12 слов. При выполнении заданий лицо ребенка должно быть сосредоточенным. А если результат достигнут, то возникает проявление радости. Неудача же сопровождается мимикой недовольства. Ребенок должен уметь контролировать физиологические отправления. Комплексная медицинская оценка состояния здоровья ребенка дается с обязательным учетом всех перечисленных критериев (в соответствии с Приказом Министерства здравоохранения РФ от 10.08.2017 № 514н «О Порядке проведения профилактических медицинских осмотров несовершеннолетних»³).

Зачастую отклонение от нормы развития является первым важным симптомом как функционального состояния, так и уже имеющегося заболевания. Своевременная диагностика отставания ФиНПР повышает уровень здоровья детей и будет способствовать решению многих не только медицинских, но и социальных проблем⁴. Учитывая вышеизложенное, необходимо осуществлять пристальное внимание за динамикой развития ребенка, в том числе во внутриутробном периоде, учитывая факторы риска со стороны обоих родителей, используя все этапы профилактики нарушений.

Цель исследования – выявить факторы риска физическому и нервно-психическому развитию ребенка в возрасте одного года со стороны матери и отца.

Задачи:

1. Произвести анализ научной литературы по теме родительских факторов риска развитию ребенка.

2. Рассчитать относительный риск воздействия социально-демографических, социально-экономических, медико-биологических и экологических факторов со стороны обоих родителей на развитие ребенка на первом году жизни.

3. Оценить распространенность и динамику выявленных факторов риска развитию ребенка на протяжении 24 лет когортного исследования.

4. Предложить направления минимизации управляемых родительских факторов риска развитию детей первого года жизни.

Объект исследования – дети первого года жизни Вологодской области. Предмет – здоровье детей в возрасте одного года.

Материалы и методы. Федеральным бюджетным государственным учреждением науки «Вологодский научный центр Российской академии наук» (ФГБУН ВолНЦ РАН) с 1995 г. проводится проспективный мониторинг («Изучение условий формирования здорового поколения») наблюдения за когортами семей с детьми. В качестве информантов, заполняющих анкеты, выступают:

(1) Медицинские работники. На момент включения в когарту: акушер-гинеколог (об особенностях протекания беременности и родов) и неонатолог (о состоянии здоровья младенца-новорожденного). В дальнейшем раз в год – педиатр по месту жительства ребенка (об особенностях ФиНПР ребенка).

(2) Родитель (преимущественно мать) ребенка: при рождении (ретроспективные ответы о различных аспектах ее жизни и отца ребенка), на первом году жизни ребенка – в возрасте одного, 6 и 12 месяцев (об особенностях жизни семьи, состоянии здоровья и развития ребенка). В дальнейшем – ежегодно.

(3) Дети-участники мониторинга по достижении 10-летнего возраста.

В рамках представленной работы были изучены данные, полученные в течение первого года жизни ребенка от родителей и медицинских работников. Выборку составили 894 участника пяти когорт (было набрано в 1998 г. – 166, в 2001 г. – 211, в 2004 г. – 190, в 2014 г. – 243 и в 2020 г. – 227 детей), которые приняли дальнейшее участие в мониторинге в возрасте одного года. Нами применен интеркогортный способ анализа данных исследования.

В контрольную группу вошли те дети, у которых, согласно ответам участкового педиатра (на основании данных медицинской карты ребенка), на вопрос анкеты «Соответствуют ли показатели физического и нервно-психического развития ребенка норме?», отмечено «Имеются незначительные отклонения» или «Отклонения от нормы значительны». В среднем каждый третий ($n = 294$) из 894 участников был отнесен к данной категории. Группой сравнения являлись те дети, у которых ФиНПР в один год соответствовало норме ($n = 600$). Можно отметить положительную тенденцию сокращения доли детей, имеющих отклонения в развитии, в 2,8 раза – с 47 % в 2001 г. до 17 % в 2020 г.

Наиболее частыми диагнозами, поставленными детям с нарушениями развития на первом году жизни, были следующие: перинатальная энцефалопатия (ПЭП), перинатальное поражение центральной нервной системы (ППЦНС), перенесенные внутриутробные (врожденные) инфекции (ВУИ) и врожденные пороки развития, гипосомия и дефицит массы тела,

³ О Порядке проведения профилактических медицинских осмотров несовершеннолетних: Приказ Министерства здравоохранения РФ от 10 августа 2017 г. № 514н (с изм. и доп.) [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://base.garant.ru/71748018/> (дата обращения: 10.04.2023).

⁴ Ткачук Е.А., Мартынович Н.Н. Оценка нервно-психического развития детей и основные клинические проявления нарушений со стороны нервной системы: учебное пособие для студентов. – Иркутск: Сетевой институт дополнительного профессионального образования, 2020. – 75 с.

Таблица 1

Характеристика выборки исследования

Показатель	Когорта (год рождения)					Всего
	1998	2001	2004	2014	2020	
Количество новорожденных, набранных в когорту, человек	166	211	190	243	227	1037
Выбыли из мониторинга в возрасте одного года, человек	19	34	44	39	7	143
ФиНПР ребенка в один год* соответствует норме, человек	86	94	87	151	182	600
Отставание ФиНПР в возрасте один год**, человек	61	83	59	53	38	294
В % к оставшимся в мониторинге	41,5	46,9	40,4	26,0	17,3	-

Примечание: * – по данным ответа педиатра по месту жительства (на основании данных медицинской карты ребенка) на вопрос анкеты «Соответствуют ли показатели физического и нервно-психического развития ребенка норме?». Вариант ответа «Соответствуют норме»; **Учитывались только варианты ответа: «Имеются незначительные отклонения» и «Отклонения от нормы значительны».

рахит, анемия, синдром вегетовисцеральных нарушений, экссудативно-катаральный диатез и дерматиты, гидроцефалия, эпилепсия, дисплазия суставов, аномалии сердца (открытое овальное отверстие (ООО), врожденные пороки (ВПС)), гидроцефально-гипертензивный синдром, паротрофия, миотонический синдром, задержка речевого развития (ЗРР), нейтропения и другие уточненные заболевания ЦНС, отиты, ОРВИ. Как можно видеть, подавляющее большинство из них возникли во внутриутробный период развития ребенка.

На основании изучения отечественной и зарубежной литературы, доступных нам медико-биологических и социологических данных мониторинга, а также более ранних собственных исследований, посвященных факторам риска здоровью младенцев, нами были выделены следующие их группы, заложенные еще до рождения ребенка:

1. Социально-демографические: возраст и уровень образования родителей, семейное положение.

2. Социально-экономические: удовлетворенность уровнем дохода и жилищными условиями, покупательная способность семьи.

3. Медико-биологические: (а) наличие в анамнезе у родителей хронических заболеваний, опасных инфекций, (б) акушерский анамнез предыдущих беременностей и (с) особенности протекания текущей; (д) осложнения родов; (е) вредные привычки обоих родителей (курение).

4. Воздействие окружающей среды: экологические условия в месте проживания семьи и профессиональные вредности обоих родителей за год до рождения ребенка (психическое напряжение, повышенный шум, работа в 2–3 смены, большая физическая нагрузка, работа на конвейере, работа в ночное время, химическое и токсическое воздействие, радиации и сверхвысоких частот, запыленность, загазованность, влажность, вибрация, высокая и низкая температура, биологическая опасность).

В данной работе мы анализируем риски развития ребенка со стороны обоих родителей, которые воздействовали на ребенка до его рождения, без учета тех факторов, которые влияют на здоровье и развитие в первый год жизни. Мы постараемся дать характеристику той категории новорожденных, которые являются группой повышенного риска дальнейшего отставания ФиНПР с целью повышенного внимания к ним со стороны медицинских работников, начиная с самого рождения.

Для оценки влияния изучаемых факторов риска мы выбрали показатель относительного риска (ОР)⁵. ОР рассчитывается на основе четырехпольной таблицы сопряженности: фактор риска (есть / нет) • неблагоприятный исход (есть / нет), представленной ниже (табл. 2).

Таблица 2

Четырехпольная таблица сопряженности

Параметр	Есть исход (1)	Нет исхода (0)	Всего
Фактор риска присутствует (1)	A	B	A+B
Фактор риска отсутствует (0)	C	D	C+D
Всего	A+C	B+D	A+B+C+D

$$RR = \frac{A \cdot (C + D)}{C \cdot (A + B)}.$$

Если ОР больше «1», то действие изучаемого фактора увеличивает риск развития заболевания (в нашем случае – отставания развития), и чем больше значение ОР, тем вероятность выше. Если ОР меньше «1», то фактор – защитный и снижает вероятность отставания развития. В каждом случае обязательно оценивается статистическая значимость относительного риска, исходя из значений 95%-ного доверительного интервала (ДИ). Отметим, что ОР

⁵ Относительный риск определяется как отношение вероятностей наступления событий в одной группе к аналогичной вероятности в другой. ОР рассчитывался как отношение риска отставания ФиНПР ребенка на первом году жизни в «экспонированной» группе (подвергшейся воздействию фактора риска) к аналогичному риску в «неэкспонированной» группе (не подвергшейся воздействию).

не несет информации о величине абсолютного риска, а демонстрирует силу связи между воздействующим фактором и отставанием в развитии.

Статистический анализ медико-биологических и социологических данных был осуществлен с использованием пакета статистической программы SPSS.

Научная новизна представленного исследования заключается в оценке влияния факторов риска развитию детей первого года жизни со стороны обоих родителей и условий проживания семьи с помощью интеркогортного анализа нескольких поколений детей. Представленная работа позволяет углубить знания о степени воздействия наиболее значимых и управляемых факторов риска здоровью ребенка еще до его рождения.

Факторы риска ФиНПР ребенка: анализ исследований. Современные исследования подтверждают, что большинство неврологических и психических отклонений, нарушений развития можно спрогнозировать задолго до их клинической манифестации в дошкольном возрасте.

Выявлено значительное количество разнообразных факторов риска, играющих патогенную роль в формировании различных вариантов отклонений в развитии: медико-биологические (связанные с осложнениями беременности и родов, генетические нарушения), медико-социальные (низкий материальный доход, неполные, социально неблагополучные, асоциальные семьи), медико-организационные (неэффективная система профилактики, недостатки в структуре помощи отдельным группам детского населения и др.), а также обусловленные условиями жизни (воздействие неблагоприятных факторов окружающей среды, неправильное питание, гиподинамия, стресс, нарушение межличностных отношений в семье, деструктивный стиль воспитания и др.). Стоит учитывать, что мультифакторный и сочетанный характер неблагоприятных воздействий усиливает их влияние и повышает вероятность развития отклонений [4].

В первую очередь важным предиктором задержки развития и / или интеллектуальной недостаточности у детей выступают генетические заболевания. Среди них 25–30 % составляют хромосомные аномалии, 10 % – моногенные болезни (болезни обмена веществ, нейроэктодермальные синдромы, заболевания с преимущественным поражением серого или белого вещества головного мозга) [8].

Большинство проведенных ранее исследований важным фактором риска здоровью и развитию детей на первом году жизни считают особенности протекания беременности и родов, а именно перенесенные матерью заболевания, задержку внутриутробного развития (ЗВУР) плода, недоношенность, применение кесарева сечения (КС) в родах и др.

Известно, что классические инфекционные патогены, например, вирус простого герпеса и краснухи, токсоплазмоз и цитомегаловирус, обладают прямым тератогенным действием на плод, что может повлиять на развитие его мозга, приводя в будущем к психоневрологическим последствиям. Более 30 лет назад впервые была описана связь между шизофренией у ребенка и перенесенным его беременной матерью гриппом. Ряд современных исследований предполагают, что инфекции во время беременности могут увеличить риск развития расстройств аутистического спектра и депрессии у ребенка [9].

ЗВУР плода является интегральным показателем внутриутробного неблагополучия, предиктором повышенной заболеваемости, развития хронической инвалидизирующей патологии, смертности в перинатальном и младенческом возрасте, а также отставания в физическом и интеллектуальном развитии, нарушения адаптации в постнатальном. В экономически развитых странах частота рождения детей с ЗВУР составляет 30–40 %, в развивающихся странах – 70 % (на фоне более высокой частоты рождения детей с низкой массой тела). Известно, что перинатальная заболеваемость у детей с ЗВУР колеблется в пределах 17–36 %, а перинатальная смертность – 8–24 %⁶.

Развитие и совершенствование новых репродуктивных технологий, достижения в области интенсивной терапии и выхаживании новорожденных группы высокого риска с сочетанной перинатальной патологией, снижение смертности среди недоношенных и новорожденных с низкой массой тела имеют и оборотную сторону медали. Всё это становится (наряду с патологиями беременности и родов) причиной распространения среди детского населения нарушений ФиНПР. Заболеваемость среди выживших, включая отклонения в развитии нервной системы, увеличилась, особенно у крайне недоношенных детей. Почти половина выживших из них имеют серьезные отклонения в развитии нервной системы. Долгосрочные неблагоприятные исходы крайне недоношенных включают умственную отсталость (5–36 % случаев), церебральный паралич (9–18 %), слепоту (1–9 %) и глухоту (2–4 %) [10]. Позднедоношенные дети (рожденные на сроке гестации от 34 до 36 недель) также считаются подверженными риску неблагоприятных исходов ФиНПР, а значит и способности к обучению [11].

Оперативный способ родоразрешения может быть необходимым для спасения матери и ребенка. Но существуют данные о том, что дети, рожденные с помощью кесарева сечения (КС), подвергаются различным гормональным, физическим, бактериальным и медицинским воздействиям, которые мо-

⁶ Задержка внутриутробного развития: учебно-методическое пособие / под ред. проф. Л.В. Козловой. – Смоленск: СГМА, 2011. – 82 с.

гут негативно сказаться на здоровье новорожденных. Отдельные работы посвящены влиянию КС на когнитивные и образовательные возможности ребенка [12].

Ряд современных исследований отражает вклад психологической составляющей в развитие ребенка в раннем детстве. Так, доказано, что эмоциональное благополучие матери во время беременности и после родов связано с нормальным моторным и когнитивным развитием новорожденного [13]. А воздействие глубокого материнского пренебрежения в раннем детстве может препятствовать развитию ребенка. Привязанность, нежность и внимание матери к младенцу выступают наиболее важными факторами его моторного развития [14]. Например, дети, усыновленные в возрасте до шести месяцев, имеют сходное развитие по сравнению с их не усыновленными братьями и сестрами. Если же дети были усыновлены позже, то они имели высокий риск когнитивных нарушений, поведенческих проблем, аутизма и гиперактивности [15], что подтверждается и отечественными исследованиями [16]. Поэтому раннее медико-психологическое вмешательство для детей с неблагоприятным психотравмирующим опытом является основой их здорового развития.

Ряд научных исследований направлен на поиск факторов риска отдельных компонентов развития (физическое, речевое, психомоторное, эмоциональное, интеллектуальное и т.д.) детей различного возраста.

Так, ученые Ивановского научно-исследовательского института материнства и детства им. В.Н. Городкова в качестве неблагоприятных прогностически значимых биологических факторов риска формирования у ребенка низкой длины тела выделили профессиональные вредности будущей матери (в течение пяти лет до зачатия ребенка), патологию мочевыделительной системы у матери, угрозу невынашивания, фетоплацентарную недостаточность, маловодие, церебральную ишемию III степени, двухстороннее внутрижелудочковое кровоизлияние у ребенка в неонатальном периоде, пребывание ребенка на искусственной вентиляции легких более семи суток, бронхолегочную дисплазию, внутриутробную инфекцию, дисбактериоз кишечника у ребенка. К социальным факторам риска авторы исследования отнесли незарегистрированный брак на момент зачатия ребенка, среднее специальное образование и рабочую профессию у отца (а также отсутствие у него выходных дней и ненормированный рабочий день). Дефициту массы тела ребенка могут способствовать возраст матери старше 35 лет, ее безработный статус, третья и последующая по счету беременность, наличие острых респираторных заболеваний матери во время беременности, ЗВУР плода, ненормированный рабочий день у отца [17].

Консорциум ориентированных на здоровье исследований в переходных обществах (COHORTS) показал, что низкая масса тела при рождении была

связана с невысоким ростом, более низким уровнем образования родителей и материальной обеспеченностью семьи [18].

Когортное исследование в Финляндии [19], направленное на выявление детерминант речевого развития, показало, что важное прогностическое значение для языкового развития ребенка имеет социальный статус обоих родителей. А повышенная тревожность матерей коррелировала с плохим пониманием языка и ограниченным словарным запасом детей к двум годам.

Другое исследование (о 1314 детях из выборки «Дети в фокусе» (CiF) Продольного исследования родителей и детей Avon (ALSPAC)) с помощью многомерных регрессионных моделей также подтвердило особый вклад в раннее языковое развитие показателей социального неблагополучия. Так, доход, жилье и материальное благополучие семьи связаны с развитием экспрессивной и рецептивной речи, вербальным пониманием детей в год и три месяца [20].

Много исследований посвящено поиску причин развития у детей синдрома дефицита внимания / гиперактивности (СДВГ). Так, в качестве фактора риска был выделен молодой возраст матери. Дети, рожденные матерями в возрасте 18–24 лет, имели повышенный шанс СДВГ (ОШ = 1,34) и неспособности к обучению (ОШ = 1,36). Возраст матери – 35–39 лет, напротив, выступает защитным фактором развития СДВГ у потомства (ОШ = 0,60) [21]. Другим фактором риска выступает внутриутробная гипоксия, которая встречалась в анамнезе детей с СДВГ значительно чаще по сравнению с общей популяцией [22, 23]. Курение матери во время беременности также увеличивает риск гиперактивности у потомства на 60 % (а у заядлых курильщиц – на 75 %) [24]. В другом исследовании было доказано, что внутриутробное воздействие высоких уровней неионизирующего излучения повышает вероятность развития у будущего ребенка гиперактивности с сопутствующими иммунными заболеваниями [25].

Ряд работ, направленных на поиск причин развития у детей расстройств аутистического спектра (РАС), продемонстрировал в анамнезе у таких пациентов специфические осложнения в родах [26–28].

К снижению функционирования головного мозга ребенка может приводить также зрелый возраст отца [29].

Группой отечественных ученых под руководством Г.О. Момот проведено исследование, направленное на поиск статистически значимых факторов риска нарушений НПП у детей 4–6 лет. Согласно полученным данным, из группы социально-биологических факторов наибольшее отрицательное влияние оказывали низкая оценка по шкале Апгар при рождении ($RA = 2,700$), отягощенные роды ($RA = 2,489$), патологически протекавшая беременность ($RA = 2,354$). Среди социально-экономических значимым оказался фактор неполной семьи ($RA = 1,687$) [6]. Аналогично-

го комплексного анализа факторов риска развитию ребенка в более раннем возрасте в научной литературе мы не встретили.

Результаты и их обсуждение. В табл. 3 приведены все выявленные нами на момент рождения ребенка прогностически значимые факторы риска его развитию на первом году жизни.

Молодой возраст родителей, по нашим расчетам, является фактором риска несоответствия показателей ФинПР норме на первом году жизни. Если мать моложе 20 лет, то ОР = 1,42 (95 % ДИ: 1,09–1,85), если моложе 30, то показатель чуть ниже – ОР = 1,25 (95 % ДИ: 1,02–1,53). Если отец моложе 30 лет, то вероятность нарушений развития его ребенка на первом году жизни увеличивалась на 40 % (ОР = 1,40; 95 % ДИ: 1,13–1,74).

Стоит отметить, что распространенность данного фактора риска в последние годы продолжает снижаться. Возрастная модель рождаемости во всем мире смещается к более старшим возрастам (у женщин к 25–29 годам, у мужчин – к 30–34 годам) [30]. Откладывание материнского дебюта обусловлено, по мнению демографов, в том числе репродуктивной грамотностью и стремлением женщины закончить высшее образование и достичь успехов в карьере до рождения детей. Средний возраст российской матери при рождении ребенка за 2000-е гг. увеличился на три года (с 25,8 до 28,8 г.), а в Вологодской области – почти на 4 (с 24,3 до 28,1 г.)¹⁰. Средний возраст участниц нашего когортного мониторинга увеличился еще больше – на 6 лет (с 24,8 в 1995 и 2001 гг. до 31 года в 2020 г.).

Таблица 3

Значимые факторы риска ФинПР ребенка на первом году жизни ($n = 294$)

Факторы риска	Встречаемость в выборке	ОР	95 % ДИ
Семейные			
<i>Материальное положение семьи</i>			
Низкая покупательная способность доходов ⁷	$n = 299$	1,59	(1,30–1,94)
Низкая оценка жилищных условий ⁸	$n = 494$	1,66	(1,37–2,03)
<i>Семейное положение</i>			
Неполная семья (не замужем, вдова, разведена)	$n = 122$	1,46	(1,15–1,84)
Отсутствие хороших взаимоотношений с супругом / отцом ребёнка ⁹	$n = 183$	1,36	(1,09–1,71)
Со стороны матери			
<i>Возраст</i>			
Возраст до 20 лет	$n = 95$	1,42	(1,09–1,85)
Возраст до 30 лет	$n = 663$	1,25	(1,02–1,53)
<i>Вредные условия труда на рабочем месте за год до рождения ребенка</i>			
Химические и токсические вещества	$n = 94$	1,31	(1,00–1,72)
Загазованность	$n = 24$	2,02	(1,45–2,83)
Высокая температура	$n = 49$	1,56	(1,13–2,16)
<i>Курение</i>			
Курение до беременности	$n = 272$	1,26	(1,03–1,54)
Курение во время беременности	$n = 117$	1,56	(1,23–1,97)
<i>Осложнения текущей беременности</i>			
Анемия	$n = 540$	1,23	(1,02–1,49)
Имели место отеки	$n = 126$	1,53	(1,22–1,91)
Имели место случаи обнаружения белка в анализах мочи	$n = 171$	1,53	(1,24–1,88)
Со стороны отца			
Возраст до 30 лет	$n = 468$	1,40	(1,13–1,74)
Образование среднее специальное и ниже	$n = 587$	1,52	(1,19–1,95)
Венерические заболевания в анамнезе	$n = 2$	3,23	(2,91–3,59)

Примечание: расчеты авторов произведены на основании данных когортного мониторинга в Вологодской области (1037 респондентов волн 1998, 2001, 2004, 2014 и 2020 гг. рождения).

⁷ По вопросу «Оцените, пожалуйста, возможности удовлетворения потребности Вашей семьи исходя из её совокупного дохода» варианты ответов: «Денег хватает только на приобретение продуктов питания»; «Денег не хватает даже на приобретение продуктов питания, приходится влезать в долги».

⁸ По вопросу «Ваша оценка жилищных условий» варианты ответов: «удовлетворительные»; «плохие»; «очень плохие».

⁹ По вопросу «Как Вы считаете, какие у Вас отношения с супругом?» (в 2020 г. – с отцом ребенка) варианты ответов: «нормальные»; «могли бы быть лучше»; «они меня не устраивают»; «плохие»; «другое».

¹⁰ Шабунова А.А., Калачикова О.Н., Короленко А.В. Демографическая ситуация и социально-демографическая политика Вологодской области в условиях пандемии COVID-19: II региональный демографический доклад / под ред. А.А. Шабуновой. – Вологда: ВолНЦ РАН, 2021. – 89 с.

Уровень образования матери не продемонстрировал связи с ФиНПР ее потомства, в отличие от такового у отца. Так, было выявлено, что если он на момент рождения сына или дочери не имел высшего образования, то риск отставания развития его ребенка к году увеличивался на 50 % (ОР = 1,52; 95 % ДИ: 1,19–1,95).

Согласно нашим расчетам, неблагополучие семейных отношений является важным предиктором нарушения развития ребенка на первом году жизни, что согласуется с другими научными исследованиями. Так, если мать новорожденного была одинока (не замужем, разведена или овдовела), то риск отставания от нормы показателей ФиНПР ее годовалого ребенка увеличивался на 46 % (ОР = 1,46; 95 % ДИ: 1,15–1,84). Причем нами обнаружено, что неполная на момент рождения ребенка семья остается фактором риска не только в год, но и в будущем, повышая вероятность нарушений НПР к 3–4 годам на две трети (ОР = 1,64; 95 % ДИ: 1,07–2,52), а к дошкольному возрасту (6–7 лет) – почти в 4 раза (ОР = 3,89; 95 % ДИ: 2,09–7,23).

В свою очередь, при наличии официально зарегистрированного брака неудовлетворенность родителей супружескими отношениями также повышает вероятность нарушения развития их ребенка в возрасте одного года более чем на треть (ОР = 1,36; 95 % ДИ: 1,09–1,71).

Согласно исследованиям ученых, одинокие в период ожидания ребенка женщины подвержены наибольшему стрессу, который выступает важным фактором риска здоровью как мамы, так и ребенка [31, 32]. По нашим более ранним расчетам, у таких женщин выше вероятность развития анемии в период беременности (ОР = 1,20), ЗВУР плода (ОР = 2,22) и врожденных пороков развития у новорожденного (ОР = 1,66); ребенок значительно чаще болеет на первом году жизни (ОР = 1,13), что может негативно отразиться на ФиНПР ребенка [33].

Институт брака в России в последние десятилетия претерпевает существенные негативные изменения. Происходит легитимизация сожительства, преобладание мотива заключения брака с целью деторождения либо его откладывание, возникновение новых видов брака (пробный, гостевой или брак на расстоянии) [34].

По данным статистики¹¹, количество браков в России увеличивалось с 2000 г. (6,2 на 1000 населения) лишь до 2011 г. (9,2). В дальнейшем фиксируется снижение данного показателя (к 2020 г. до 5,3). Количество же разводов колеблется на одном уровне в пределах 4,7–4,0 на 1000 населения (исключение: пандемийный 2020 г. с минимальной за последние 30 лет отметкой 3,9).

Согласно опросам населения Вологодской области¹², регулярно проводимыми ВолНЦ РАН, за последние 22 года доля замужних жительниц региона снизилась на 10 %, а одиноких, напротив, увеличилась на 65 % [35]. Доля же незамужних матерей-участниц когортного мониторинга здоровья детского населения в период 1998–2020 гг., напротив, сократилась в 3,7 раза. Косвенно это может подтверждать факт превалирования у населения репродуктивных мотивов заключения брака.

Самооценка взаимоотношений с супругом за 25 лет когортного мониторинга также улучшается. В 1995 г. лишь две трети опрошенных характеризовали их как «хорошие», а в 2020 г. – уже 84 %. Столько же убеждены, что их брак основан на любви (в начале 2000-х гг. их было 3/4) либо на уважении и сходстве взглядов, системы ценностей (треть опрошенных).

Другим значимым фактором риска развитию ребенка первого года жизни, по нашим расчетам, являются такие социально-экономические показатели, как низкая покупательная способность и неудовлетворительные условия проживания семьи в течение года, предшествовавшего рождению ребенка. Так, если в период беременности и родов, согласно ответам респондентки, «денег хватало только на приобретение продуктов питания» или «даже ... приходилось влезать в долги», то риск нарушений ФиНПР их ребенка увеличивался на 60 % (ОР = 1,59 %; 95 % ДИ: 1,30–1,94). В случае, если жилищные условия семьи оценивались как «удовлетворительные», «плохие» или «очень плохие», вероятность отставания развития ребенка в возрасте одного года увеличивалась на две трети (ОР = 1,66 %; 95 % ДИ: 1,37–2,03).

Материальные возможности родителей обеспечивают бытовые условия жизни, доступ к платным медицинским и образовательным услугам с целью сохранения здоровья и развития ребенка, возможности полноценного отдыха. Так, педиатры, следящие за здоровьем маленьких участников нашего когортного исследования, зачастую отмечали асоциальный тип семей и алкоголизм родителей у тех детей, которым было поставлено отставание ФиНПР не только в годовалом возрасте, но и на протяжении всего дошкольного возраста.

По данным мониторинга, наблюдается позитивная тенденция роста благосостояния и покупательной способности набранных в когорты семей (причем большими темпами, чем среди населения региона в целом). Низкий уровень покупательной способности снизился почти в 4 раза и составил 17 % в 2020 г.¹³. Доля семей, дохода которых «достаточно для приобретения всего необходимого, кроме крупных покупок», повысилась в 2,5 раза (76 %).

¹¹ Демография. Браки и разводы [Электронный ресурс] // Росстат. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (дата обращения: 11.04.2023).

¹² Источник данных в общей женской популяции региона: Мониторинг социально-экономического положения и социального самочувствия, ВолНЦ РАН.

¹³ Источник: данные мониторинга «Изучение условий формирования здорового поколения» и мониторинга социально-экономического положения и социального самочувствия, ВолНЦ РАН.

Улучшилась и оценка участниками когортного мониторинга жилищных условий. В 2020 г. более 70 % оценивали их как «хорошие» (в конце 90-х гг. – 27 %). Уровень обеспеченности коммунальными удобствами респонденток составляет 80 %.

Рост благосостояния будущих родителей привел к снижению в 2,5 раза (в период 1998–2020 гг.) тех, кто ожидает ухудшения жилищных условий после появления ребенка. На четверть увеличилось число семей, которые могут выделить новорожденному отдельную комнату (24 %).

Это говорит о том, что растет не только уровень жизни жителей региона, но и стремление укрепить свое материальное положение до рождения ребенка.

Тем не менее лишь половина семей из когорты 2020 г. имеет собственное, не обремененное долгами жилье (каждая девятая – снимает жилье, а каждая третья – выплачивает ипотеку).

Вредные условия труда женщины за год до рождения ребенка, по данным нашего исследования, негативно влияют на его развитие на первом году жизни. Так, если мать за три месяца до и во время беременности сталкивалась на рабочем месте с химическими и токсическими веществами, то риск отставания ФиНПР ее ребенка увеличивался на треть (ОР = 1,31; 95 % ДИ: 1,00–1,72), с высокой температурой – на 56 % (ОР = 1,56; 95 % ДИ: 1,13–2,16), а с повышенной загазованностью – вдвое (ОР = 2,02; 95 % ДИ: 1,45–2,83).

Нами было выявлено также, что риск КС возрастает на три четверти среди женщин, которые за год до родов вынуждены были работать с токсическими и химическими веществами (ОР = 1,74) [36]. Тем не менее можем отметить благоприятную тенденцию снижения частоты контактов беременных женщин (с 1998 по 2020 г.) с химическими и токсическими веществами на рабочем месте (на четверть – с 7 до 5 % опрошенных).

Учеными уже были выявлены некоторые аспекты воздействия нездорового образа жизни родителей на развитие их потомства. Так, Британское когортное исследование BCS70 обнаружило сильную зависимость между курением матери во время беременности и появлением поведенческих расстройств у ребенка в раннем детстве [37].

Согласно нашим расчетам, курение будущей матери до наступления беременности повышало риск отставания в развитии ее ребенка в первый год жизни на четверть (ОР = 1,26; 95 % ДИ: 1,03–1,54), а во время беременности – в половину (ОР = 1,56; 95 % ДИ: 1,23–1,97). С никотиновой зависимостью отца подобной связи нами не выявлено. Но перенесенные им ранее венерические заболевания втрое увеличивают вероятность нарушений ФиНПР у его

потомства к возрасту одного года (ОР = 3,23; 95 % ДИ: 2,91–3,59).

Что касается вредных привычек беременных женщин-участниц нашего когортного исследования, то за два последних десятилетия они претерпели некоторые изменения. Отмечается незначительное сокращение числа женщин, куривших до наступления беременности (с 28 % когорты 1998 г. рождения до 26 % 2020 г. рождения) и не отказавшихся от пагубной зависимости даже во время ожидания ребенка (с 13 до 11 % соответственно). Таким образом, обратим внимание, что в последней набранной когорте курила до беременности каждая четвертая мама, а во время – каждая десятая. Причем среди них растут объемы ежедневно потребляемых сигарет, по сравнению с участницами мониторинга в конце 90-х гг. Возможно, это вызвано изменением состава сигарет, появлением более «легких» их вариантов.

Осложнения во время беременности и угроза ее прерывания являются известными факторами риска неблагоприятных исходов для здоровья и развития ребенка [32].

Нами было подтверждено, что анемия будущей матери в период вынашивания плода на 23 % повышает вероятность нарушений развития у ее ребенка на первом году жизни (ОР = 1,23; 95 % ДИ: 1,02–1,49), а отеки и наличие белка в анализах мочи – на 50 % (ОР = 1,53; 95 % ДИ: 1,22–1,91 и 1,24–1,88 соответственно).

Согласно расчетам Росстата¹⁴: по данным Минздрава России диагностирование анемии у беременных как в 1995 г., так и в 2020 г. остается практически на одном уровне (35 % беременных, чьи роды завершились рождением ребенка; табл. 4). Был отмечен рост показателя в первой половине 2000-х гг. Тем не менее на четверть увеличилось за указанный период число анемий, осложнивших роды (с 209 на 1000 родов в 1995 г. до 261 в 2020 г.). Возможно, рост показателя связан с улучшением диагностики.

Выявление отеков у беременных за последнюю четверть века снизилось вдвое (с 15 % беременных в 1995 г. до 8 % в 2020 г.), как и их вклад в осложнение родов (с 157 до 84 случаев на 1000 родов).

Встречаемость факторов риска осложнения беременности в набранных нами когортах следующая. На примере когорт, набранных в 1998, 2001, 2004 гг., мы видим, что уровень распространения анемии у беременных – 20–22 %, белка в анализах мочи – 29–31 % (табл. 5)¹⁵. Анемия в 2014 г. была поставлена 24 % беременных, а в 2020 г. – уже 38 %. То есть мы можем говорить, что данный фактор риска ФиНПР ребенка первого года жизни остается достаточно распространенным (в пределах 35–40 %).

¹⁴ Здравоохранение. Показатели здоровья матери и ребенка, деятельности службы охраны детства и родовспоможения. Состояние здоровья беременных, рожениц, родильниц и новорожденных [Электронный ресурс] // Росстат. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13721> (дата обращения: 11.04.2023).

¹⁵ В 2014 г. изменились формулировки в анкете, предназначенной для акушеров-гинекологов, в результате чего появились открытые вопросы об осложнениях беременности, где не были предложены варианты ответа, как ранее. Поэтому лишь 1–2 % медицинских работников отмечали наличие отеков и белка в анализе мочи.

Таблица 4

Распространенность анемии и отеков у беременных женщин в России в 1995–2021 гг.

Заболевание	1995	2000	2001	2004	2005	2010	2014	2015	2020	2021
<i>Из числа закончивших беременность страдали, %</i>										
Анемия	34,4	43,9	42,7	41,7	41,5	34,7	32,0	32,6	35,5	35,4
Отеки*	14,9	21,4	21,2	21,5	21,6	18,1	14,6	9,2**	7,6	2,2
<i>Число заболеваний, осложнивших роды (на 1000 родов)</i>										
Анемия	209,5	267,9	274,7	257,9	259,5	230,8	235,0	235,3	261,7	258,1
Отеки*	156,8	217,0	224,6	225,1	223,5	189,5	154,3	88,3**	84,2	85

Примечание: * – отеками, протеинурией и гипертензивными расстройствами; ** – с 2015 г. изменилась система оценки.

Таблица 5

Распространенность анемии, отеков и случаев обнаружения белка в моче у беременных женщин-участниц когортного мониторинга Вологодской области в 1998–2020 гг. (%)

Осложнения беременности	Когорта 1998 г.р.	Когорта 2001 г.р.	Когорта 2004 г.р.	Когорта 2014 г.р.	Когорта 2020 г.р.
Анемия	36,1	41,2	36,8	23,5	37,9
Отеки	21,7	22,3	19,5	0,8*	1,8*
Белок в моче	28,9	29,9	30,5	0,0*	0,9*

Примечание: * – изменение в 2014 г. методики и вопросов в анкете для акушеров-гинекологов.

Выводы. На сегодня в России не сложилась система полноценного мониторинга состояния новорожденных детей, раннего выявления проблем развития. В связи с этим актуальны практики раннего вмешательства, которые предполагают междисциплинарный подход с участием сфер медицины, образования, психологии, социальных наук. Важно совершенствовать формы медико-социального и образовательного воздействия, направленные не только на ребенка и нарушения его здоровья и развития, но и на семью. Необходимо выявлять и минимизировать управляемые факторы риска, что имеет огромное значение для построения адекватной диагностики, терапии и профилактики нарушений развития. Знания о тех факторах риска здоровью и развитию ребенка, которые уже заложены на момент его рождения, позволят нейтрализовать их негативное влияние еще на этапе планирования беременности.

Произведенный нами в рамках данного исследования расчет относительного риска развитию ребенка на первом году жизни различных социально-демографических, социально-экономических, медико-биологических факторов и факторов окружающей среды на примере участников многолетнего регионального когортного мониторинга пяти волн позволил выявить прогностически значимые из них. К ним относятся: молодой возраст родителей (младше 20 лет); неполная семья или нарушенные отношения с партнером; низкая покупательная способность и неудовлетворительные жилищные условия семьи; воздействие на будущую мать химических, токсических веществ, загазованности и высокой температуры на рабочем месте; курение матери до и во время беременности; осложнения беременности и венерические заболевания в анамнезе отца.

Положительной можно отметить тенденцию снижения распространенности практически всех факторов риска. Тем не менее, учитывая негативные последствия развитию ребенка на первом году жизни (а значит и усугубление ситуации в будущем по мере его взросления), можно сделать вывод, что вызывает опасение достаточно высокий уровень курения среди женщин, в том числе будущих матерей, частота анемии у беременных, нерешенность жилищных и материальных проблем у значительной доли семей, ожидающих ребенка, воздействие вредных условий труда на женщин.

В связи с этим считаем, что опыт внедрения программ раннего вмешательства, направленных на развитие детей раннего возраста с нарушениями развития или риском появления таких нарушений, можно взять за основу мероприятий, ориентированных на комплексное сопровождение и матери, и отца, и ребенка до рождения.

К ним можно отнести систему мер по обеспечению материальной поддержки семьи, предоставление благоустроенного жилья семье до рождения ребенка; организацию доступной психологической, психотерапевтической помощи, курирование вопросов оздоровления будущих родителей, особенно работающих на производстве с вредными условиями труда; обеспечение женщины во время беременности необходимыми бесплатными лекарствами.

В процессе оценки рисков ФиНПР ребенка в перинатальный период важно, чтобы диагностика была всесторонней и затрагивала аспекты, связанные как с состоянием ребенка, так и его ближайшим окружением. Для раннего вмешательства нужна команда специалистов с разным профильным образованием: педиатр, неонатолог, профпатолог, инфек-

ционист, венеролог, психолог, психотерапевт, социальный работник, юрист. В процессе оценки каждый специалист использует свои профессиональные инструменты и методы, однако результаты анализируются коллегиально.

Таким образом, необходимы:

1. Разработка нормативных актов для регламентации деятельности программ раннего вмешательства, межведомственного взаимодействия.

2. Обучение специалистов, лицензирование служб.

3. Повышение квалификации специалистов, а также развитие соответствующих обучающих курсов и тренингов, основанных на таких принципах, как семейная центрированность и междисциплинарность.

4. Проведение мультидисциплинарных научных исследований, которые бы позволяли определить эффективность применяемых или вновь появившихся программ.

Ограничения исследования. (1) Выборку исследования составили лишь пожелавшие участвовать в мониторинге родильницы, а не все родившие в период набора когорты. Предполагаем, что женщины с серьезными осложнениями беременности и родов, а также матери детей с опасными патологиями внутриутробного развития не попали в набираемые нами когорты. (2) Спустя один год из набранного числа участников когортного мониторинга пяти волн в исследовании осталось 86 %. И выборка

сокращается с каждым годом. (3) Мы понимаем, что существует неизмеримое смещение и комбинация всех внутренних и внешних факторов, которые требуют дальнейшего изучения. (4) Изменение формулировок вопросов, исключение прежних и добавление новых в анкеты в некоторых случаях не позволяют проследить тенденции и особенности воздействия факторов риска.

Перспективы исследования. Важным является оценка факторов риска развитию ребенка на первом году жизни, воздействующих после рождения ребенка (как, например, грудное вскармливание, медицинская грамотность и активность родителей, профилактические мероприятия, материальное положение и семейные взаимоотношения, и другие). В представленной работе мы также намеренно не рассматривали блок факторов риска здоровью и развитию ребенка со стороны организации медицинской помощи в системе здравоохранения и образования (уровень, качество и доступность медико-социальной помощи и т.д.). В будущем планируем углубленное изучение именно институциональных факторов, в том числе и с точки зрения межведомственного взаимодействия.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Сакаева Д.Р., Хайретдинова Т.Б. Нервно-психическое развитие детей раннего возраста и факторы, его определяющие. Обзор литературы // Молодой ученый. – 2011. – № 6–2. – С. 194–198.
2. Сравнительная характеристика физического развития детей первого года / И.В. Попова, А.Н. Токарев, А.В. Кашин, Н.В. Чагаева, В.А. Беляков // Вятский медицинский вестник. – 2011. – № 3–4. – С. 39–43.
3. Расстройства нервно-психического развития у детей и возможности их фармакотерапевтической коррекции / Н.Н. Заваденко, Н.Ю. Суворинова, А.Н. Заваденко, В.В. Фатеева // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2021. – Т. 121, № 11–2. – С. 38–45. DOI: 10.17116/jnevro202112111238
4. Белова О.С., Соловьев А.Г. Направления профилактической психиатрии раннего детского возраста // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2021. – Т. 121, № 11–2. – С. 60–66. DOI: 10.17116/jnevro202112111260
5. Потехина Е.С., Михайлюк Е.В., Зененко М.Н. Неврологическая патология у детей и подростков. Анализ заболеваемости основными нозологическими формами [Электронный ресурс] // Международный студенческий научный вестник: сетевое издание. – 2016. – № 6. – URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=16741> (дата обращения: 06.04.2023).
6. Факторы риска нарушений нервно-психического развития у детей дошкольного возраста / Г.О. Момот, Е.В. Крукович, Е.В. Герасименко, А.А. Денисова // Современные проблемы науки и образования: сетевое издание. – 2022. – № 6–1. DOI: 10.17513/spno.32171
7. Бабкина Н.В. Современные тенденции в образовании и психолого-педагогическом сопровождении детей с задержкой психического развития // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2021. – № 202. – С. 36–44. DOI: 10.33910/1992-6464-2021-202-36-44
8. Заваденко Н.Н. Задержки раннего нервно-психического развития: подходы к диагностике // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2015. – Т. 60, № 5. – С. 6–13.
9. The fetal origins of mental illness / B.J.S. Al-Haddad, E. Oler, B. Armistead, N.A. Elsayed, D.R. Weinberger, R. Bernier, I. Burd, R. Kapur [et al.] // Am. J. Obstet. Gynecol. – 2019. – Vol. 221, № 6. – P. 549–562. DOI: 10.1016/j.ajog.2019.06.013
10. Jarjour I.T. Neurodevelopmental outcome after extreme prematurity: a review of the literature // Pediatr. Neurol. – 2015. – Vol. 52, № 2. – P. 143–152. DOI: 10.1016/j.pediatrneurol.2014.10.027
11. Early childhood development of late-preterm infants: a systematic review / J.E. McGowan, F.A. Alderdice, V.A. Holmes, L. Johnston // Pediatrics. – 2011. – Vol. 127, № 6. – P. 1111–1124. DOI: 10.1542/peds.2010-2257
12. Short-term and long-term effects of caesarean section on the health of women and children / J. Sandall, R.M. Tribe, L. Avery, G. Mola, G.H. Visser, C.S. Homer, D. Gibbons, N.M. Kelly [et al.] // Lancet. – 2018. – Vol. 392, № 10155. – P. 1349–1357. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)31930-5

13. Udagawa J., Hino K. Impact of maternal stress in pregnancy on brain function of the offspring // *Nihon Eiseigaku Zasshi: Japanese journal of hygiene*. – 2016. – Vol. 71, № 3. – P. 188–194. DOI: 10.1265/jjh.71.188
14. Effects of parenting role and parent-child interaction on infant motor development in Taiwan Birth Cohort Study / Y.-C. Chiang, D.-C. Lin, C.-Y. Lee, M.-C. Lee // *Early Hum. Dev.* – 2015. – Vol. 91, № 4. – P. 259–264. DOI: 10.1016/j.earlhumdev.2015.02.005
15. Balasundaram P., Avulakunta I.D. Human Growth and Development [Электронный ресурс] // *StatPearls*. – 2023. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK567767/> (дата обращения: 06.04.2023).
16. Факторы риска сохранения задержки нервно-психического развития у детей раннего возраста в первый год воспитания в замещающей семье / О.Ю. Кочерова, Е.Н. Антышева, В.В. Чубаровский, О.М. Филькина // *Анализ риска здоровью*. – 2018. – № 2. – С. 33–40. DOI: 10.21668/health.risk/2018.2.04
17. Факторы риска и алгоритм прогнозирования нарушений здоровья к году жизни у детей, родившихся с очень низкой и экстремально низкой массой тела / О.М. Филькина, Е.А. Воробьева, Н.В. Долотова, Е.А. Матвеева, А.И. Малышкина, Н.Д. Гаджимурадова // *Анализ риска здоровью*. – 2016. – № 1. – С. 69–76.
18. Evidence of Impact of Interventions on Growth and Development during Early and Middle Childhood / ed. by H. Alderman, J.R. Behrman, P. Glewwe, L. Fernald, S. Walker, D.A.P. Bundy, N. de Silva, S. Horton [et al.] // *Child and Adolescent Health and Development*. – 3rd ed. – Washington (DC): The International Bank for Reconstruction and Development; The World Bank, 2017. – Chapter 7. DOI: 10.1596/978-1-4648-0423-6_ch7
19. Korpilahti P., Kaljonen A., Jansson-Verkasalo E. Identification of biological and environmental risk factors for language delay: The Let's Talk STEPS study // *Infant Behav. Dev.* – 2016. – Vol. 42. – P. 27–35. DOI: 10.1016/j.infbeh.2015.08.008
20. Association of proximal elements of social disadvantage with children's language development at 2 years: an analysis of data from the Children in Focus (CiF) sample from the ALSPAC birth cohort / J. Law, J. Clegg, R. Rush, S. Roulstone, T.J. Peters // *Int. J. Lang. Commun. Disord.* – 2019. – Vol. 54, № 3. – P. 362–376. DOI: 10.1111/1460-6984.12442
21. Maternal age at childbirth and the risk of attention-deficit/hyperactivity disorder and learning disability in offspring / L. Gao, S. Li, Y. Yue, G. Long // *Front. Public Health*. – 2023. – Vol. 11. – P. 923133. DOI: 10.3389/fpubh.2023.923133
22. Зиновьева О.Е., Роговина Е.Г., Тыринова Е.А. Синдром дефицита внимания с гиперактивностью у детей // *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. – 2014. – № 1. – С. 4–8. DOI: 10.14412/2074-2711-2014-1-4-8
23. Набойченко Е.С., Абшилава Э.А. Этиология, патогенез и клинические проявления синдрома дефицита внимания и гиперактивности в различные периоды онтогенеза // *Педагогическое образование в России*. – 2016. – № 1. – С. 183–187. DOI: 10.26170/po16-01-32
24. Maternal Smoking and Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder in Offspring: A Meta-analysis / L. Huang, Y. Wang, L. Zhang, Z. Zheng, T. Zhu, Y. Qu, D. Mu // *Pediatrics*. – 2018. – Vol. 141, № 1. – P. e20172465. DOI: 10.1542/peds.2017-2465
25. Association Between Maternal Exposure to Magnetic Field Nonionizing Radiation During Pregnancy and Risk of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder in Offspring in a Longitudinal Birth Cohort / D.-K. Li, H. Chen, J.R. Ferber, A.K. Hirst, R. Odouli // *JAMA Netw. Open*. – 2020. – Vol. 3, № 3. – P. e201417. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2020.1417
26. Теппер Е.А., Гришкевич Н.Ю. Возраст ребенка и готовность к началу систематического школьного обучения // *Сибирское медицинское обозрение*. – 2011. – № 1 (67). – С. 12–16.
27. Свааб Д. Мы – это наш мозг. От матки до Альцгеймера. – СПб: ИД Ивана Лимбаха, 2020. – 544 с. – С. 256–266.
28. Чернов А.Н. Патологические механизмы развития аутизма у детей // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. – 2020. – Т. 120, № 3. – С. 97–108. DOI: 10.17116/jnevro202012003197
29. Aurox M.R. Age du pere et aptitude au developpement // *Contracept. Fertil. Sex. (Paris)*. – 1992. – Vol. 20, № 10. – P. 942–945.
30. Архангельский В.Н., Калачикова О.Н. Женщины и мужчины: различия в показателях рождаемости и репродуктивного поведения // *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. – 2021. – Т. 14, № 5. – С. 165–185. DOI: 10.15838/esc.2021.5.77.10
31. Lau Y., Yin L. Maternal, obstetric variables, perceived stress and health-related quality of life among pregnant women in Macao, China // *Midwifery*. – 2011. – Vol. 27, № 5. – P. 668–673. DOI: 10.1016/j.midw.2010.02.008
32. Sociodemographic factors affecting perceived stress during pregnancy and the association with immune-mediator concentrations / C. McLeod, M.D. Ebeling, J.E. Baatz, J.R. Shary, J.R. Mulligan, C.L. Wagner // *J. Perinat. Med.* – 2021. – Vol. 50, № 2. – P. 192–199. DOI: 10.1515/jpm-2021-0227
33. Шматова Ю.Е., Разварина И.Н., Гордиевская А.Н. Факторы риска здоровью ребенка со стороны матери до и во время беременности (итоги многолетнего когортного мониторинга в Вологодской области) // *Анализ риска здоровью*. – 2022. – № 3. – С. 143–159. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.14
34. Ильин В.А., Шабунова А.А., Калачикова О.Н. Потенциал повышения рождаемости и семейно-демографическая политика России // *Вестник Российской академии наук*. – 2021. – Т. 91, № 9. – С. 831–844. DOI: 10.31857/S0869587321090048
35. Шматова Ю.Е., Разварина И.Н. Динамика медико-социального портрета беременной женщины: опыт регионального мониторинга условий формирования здорового поколения // *Профилактическая медицина*. – 2023. – Т. 26, № 2. – С. 14–23. DOI: 10.17116/profmed20232602114
36. Окружающая среда как фактор риска здоровья новорожденных детей / И.Н. Разварина, Л.Н. Напун, Ю.Е. Шматова, А.Н. Гордиевская // *Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта*. – 2021. – № 2 (22). – С. 39–53. DOI: 10.14258/zosh(2021)2.04
37. Pregnancy Smoking and Childhood Conduct Problems: A Causal Association? / B. Maughan, B. Taylor, A. Taylor, N. Butler, J. Bynner // *J. Child Psychol. Psychiatry*. – 2001. – Vol. 42, № 8. – P. 1021–1028. DOI: 10.1111/1469-7610.00800

Шматова Ю.Е., Разварина И.Н., Гордиевская А.Н. Интеркогортный анализ родительских факторов риска развития ребенка на первом году жизни // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 2. – С. 115–129. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.11

Research article

INTER-COHORT ANALYSIS OF PARENTAL RISK FACTORS FOR DEVELOPMENT OF INFANTS

Yu.E. Shmatova, I.N. Razvarina, A.N. GordievskayaVologda Research Center of the Russian Academy of Sciences, 56a Gor'kogo Str., Vologda, 160014,
Russian Federation

Children develop rapidly in the first year of life and this period should create a solid ground for their health in future. Diseases of the nervous system, mental and behavioral disorders occupy leading places among causes of childhood disability. Given that, the aim of this study was to search for parental risk factors endangering physical and neuropsychic development of infants.

Infants living in Vologda region were selected as a research object. Our informational basis was represented by sample data of the prospective monitoring over children's health (894 children from five different cohorts born in 1998, 2001, 2004, 2014 and 2020); statistical and sociological data on prevalence of risk factors in Russia and in the region. The information was provided by healthcare workers (obstetrician-gynecologist, neonatologist, and pediatrician) and children's mothers. The applied methodology included inter- and intra-cohort sociological analysis; calculation of relative risk (RR) to assess a correlation between developmental delay and parental factors. Child development was assessed by a pediatrician using abnormal psychology and adaptation approaches. We analyzed Russian and foreign studies that focused on the same research subject.

We calculated relative risks of various social-demographic, socioeconomic, biomedical and environmental factors for the development of children who participated in the cohort monitoring. This allowed us to identify those with prognostic value including young age of parents (RR = 1.40); a single-parent family (RR = 1.46), bad relationships between spouses (RR = 1.36); low purchasing ability of a family (RR = 1.59), poor living conditions (RR = 1.66); a future mother being exposed to chemicals and toxic substances (RR = 1.31), gas pollution (RR = 2.02), hand high temperatures (RR = 1.56) at her workplace one year prior to childbirth; a smoking mother (RR = 1.56); a father having a sexually transmitted disease (RR = 3.23); abnormal pregnancy. The identified risk factors for child development occur prior to childbirth and are manageable. Awareness about them makes it possible to neutralize their negative influence when a pregnancy is being planned.

Our analysis of statistical and sociological data has revealed a descending trend for prevalence of practically all the analyzed risk factors. Still, some factors cause certain concern including high prevalence of smoking among women, future mothers included; prevalence of anemia in pregnant women; unresolved financial issues and poor living conditions of a considerable share of families who are expecting a child; effects produced on women by harmful working conditions. The results of this study can be used for developing programs aimed at protecting child's health at any level, from an individual to the national one.

Keywords: physical and neuropsychic development of a child, risk factors, age of a mother and father, harmful working conditions of a mother, parents' health, anemia, edemas, pregnancy, smoking, socioeconomic conditions, a single-parent family.

References

1. Sakaeva D.R., Khairtudinova T.B. Nervno-psikhicheskoe razvitie detei rannego vozrasta i faktory, ego opredelyayushchie. Obzor literatury [Neuropsychic development of young children and the factors that determine it. Literature review]. *Molodoi uchenyi*, 2011, no. 6–2, pp. 194–198 (in Russian).
2. Popova I.V., Tokarev A.N., Kashin A.V., Chagaeva N.V., Belyakov V.A. Sravnitel'naya kharakteristika fizicheskogo razvitiya detei pervogo goda [Comparative characteristics of the physical development of children of the first year]. *Vyatskii meditsinskii vestnik*, 2011, no. 3–4, pp. 39–43 (in Russian).

© Shmatova Yu.E., Razvarina I.N., Gordievskaya A.N., 2023

Yulia E. Shmatova – Candidate of Economic Sciences, Researcher at the Department for the Studies of Lifestyles and Standards of Living (e-mail: ueshmatova@mail.ru; tel.: +7 (8172) 59-78-10 (ext. 335); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1881-0963>).

Irina N. Razvarina – Researcher at the Department for the Studies of Lifestyles and Standards of Living (e-mail: irina.razvarina@mail.ru; tel.: +7 (8172) 59-78-10 (ext. 371); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9377-1829>).

Aleksandra N. Gordievskaya – Junior Researcher at the Department for the Studies of Lifestyles and Standards of Living (e-mail: alessu85@mail.ru; tel.: +7 (8172) 59-78-10 (ext. 311); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7777-3456>).

3. Zavadenko N.N., Suvorinova N.Yu., Zavadenko A.N., Fateeva V.V. Neurodevelopmental disorders in children and the possibilities of their pharmacotherapy. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*, 2021, vol. 121, no. 11–2, pp. 38–45. DOI: 10.17116/jnevro202112111238 (in Russian).
4. Belova O.S., Soloviev A.G. Preventive psychiatry directions of early childhood. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*, 2021, vol. 121, no. 11–2, pp. 60–66. DOI: 10.17116/jnevro202112111260 (in Russian).
5. Potekhina E.S., Mikhailyuk E.V., Zenenko M.N. Nevrologicheskaya patologiya u detei i podrostkov. Analiz zabolevaemosti osnovnymi nozologicheskimi formami [Neurological pathology in children and adolescents. Analysis of the incidence of the main nosologic forms]. *Mezhdunarodnyi studencheskii nauchnyi vestnik: setevoe izdanie*, 2016, no. 6. Available at: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=16741> (April 06, 2023) (in Russian).
6. Momot G.O., Krukovich E.V., Gerasimenko E.V., Denisova A.A. Faktory riska narushenii nervno-psikhicheskogo razvitiya u detei doshkol'nogo vozrasta [Risk factors for disorders of neuropsychic development in preschool children]. *Modern problems of science and education. Surgery: Online Scientific Journal*, 2022, no. 6–1. DOI: 10.17513/spno.32171 (in Russian).
7. Babkina N.V. Current trends in special education: psychological and pedagogical support for students with learning disabilities. *Izvestiya Rossiiskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A.I. Gertsena*, 2021, no. 202, pp. 36–44. DOI: 10.33910/1992-6464-2021-202-36-44 (in Russian).
8. Zavadenko N.N. Delays in early neuropsychic development: approaches to diagnosis. *Rossiiskii vestnik perinatologii i pediatrii*, 2015, vol. 60, no. 5, pp. 6–13 (in Russian).
9. Al-Haddad B.J.S., Oler E., Armistead B., Elsayed N.A., Weinberger D.R., Bernier R., Burd I., Kapur R. [et al.]. The fetal origins of mental illness. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 2019, vol. 221, no. 6, pp. 549–562. DOI: 10.1016/j.ajog.2019.06.013
10. Jarjour I.T. Neurodevelopmental outcome after extreme prematurity: a review of the literature. *Pediatr. Neurol.*, 2015, vol. 52, no. 2, pp. 143–152. DOI: 10.1016/j.pediatrneurol.2014.10.027
11. McGowan J.E., Alderdice F.A., Holmes V.A., Johnston L. Early childhood development of late-preterm infants: a systematic review. *Pediatrics*, 2011, vol. 127, no. 6, pp. 1111–1124. DOI: 10.1542/peds.2010-2257
12. Sandall J., Tribe R.M., Avery L., Mola G., Visser G.H., Homer C.S., Gibbons D., Kelly N.M. [et al.]. Short-term and long-term effects of caesarean section on the health of women and children. *Lancet*, 2018, vol. 392, no. 10155, pp. 1349–1357. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)31930-5
13. Udagawa J., Hino K. Impact of maternal stress in pregnancy on brain function of the offspring. *Nihon Eiseigaku Zasshi: Japanese journal of hygiene*, 2016, vol. 71, no. 3, pp. 188–194. DOI: 10.1265/jjh.71.188 (in Japanese).
14. Chiang Y.-C., Lin D.-C., Lee C.-Y., Lee M.-C. Effects of parenting role and parent-child interaction on infant motor development in Taiwan Birth Cohort Study. *Early Hum. Dev.*, 2015, vol. 91, no. 4, pp. 259–264. DOI: 10.1016/j.earlhumdev.2015.02.005
15. Balasundaram P., Avulakunta I.D. Human Growth and Development. *StatPearls*, 2023. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK567767/> (April 06, 2023).
16. Kocherova O.Yu., Antysheva E.N., Chubarovskiy V.V., Filkina O.M. Risk factors causing persistent delay in neuropsychic development in infant children during their first year in a foster family. *Health Risk Analysis*, 2018, no. 2, pp. 33–40. DOI: 10.21668/health.risk/2018.2.04.eng
17. Filkina O.M., Vorobieva E.A., Dolotova N.V., Matveeva E.A., Malysheva A.I., Gadzhimuradova N.D. Risk factors and prediction chart of violations of health of the one-year-olds born with very low and extremely low birth weight. *Health Risk Analysis*, 2016, no. 1, pp. 69–76. DOI: 10.21668/health.risk/2016.1.08.eng
18. Evidence of Impact of Interventions on Growth and Development during Early and Middle Childhood. In: H. Alderman, J.R. Behrman, P. Glewwe, L. Fernald, S. Walker, D.A.P. Bundy, N. de Silva, S. Horton [et al.] eds. In book: *Child and Adolescent Health and Development*, 3rd ed. Washington (DC), The International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank, 2017, Chapter 7. DOI: 10.1596/978-1-4648-0423-6_ch7
19. Korpilahti P., Kaljonen A., Jansson-Verkasalo E. Identification of biological and environmental risk factors for language delay: The Let's Talk STEPS study. *Infant Behav. Dev.*, 2016, vol. 42, pp. 27–35. DOI: 10.1016/j.infbeh.2015.08.008
20. Law J., Clegg J., Rush R., Roulstone S., Peters T.J. Association of proximal elements of social disadvantage with children's language development at 2 years: an analysis of data from the Children in Focus (CiF) sample from the ALSPAC birth cohort. *Int. J. Lang. Commun. Disord.*, 2019, vol. 54, no. 3, pp. 362–376. DOI: 10.1111/1460-6984.12442
21. Gao L., Li S., Yue Y., Long G. Maternal age at childbirth and the risk of attention-deficit/hyperactivity disorder and learning disability in offspring. *Front. Public Health*, 2023, vol. 11, pp. 923133. DOI: 10.3389/fpubh.2023.923133
22. Zinov'eva O.E., Rogovina E.G., Tyrinova E.A. Attention deficit hyperactivity disorder in children. *Nevrologiya, neiropsikiatriya, psikhosomatika*, 2014, no. 1, pp. 4–8. DOI: 10.14412/2074-2711-2014-1-4-8 (in Russian).
23. Naboychenko E.S., Abshilava E.A. Etiology, pathogenesis and clinical manifestations of attention deficit hyperactivity disorder at different periods of ontogenesis. *Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii*, 2016, no. 1, pp. 183–187. DOI: 10.26170/po16-01-32 (in Russian).
24. Huang L., Wang Y., Zhang L., Zheng Z., Zhu T., Qu Y., Mu D. Maternal Smoking and Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder in Offspring: A Meta-analysis. *Pediatrics*, 2018, vol. 141, no. 1, pp. e20172465. DOI: 10.1542/peds.2017-2465
25. Li D.-K., Chen H., Ferber J.R., Hirst A.K., Odouli R. Association Between Maternal Exposure to Magnetic Field Nonionizing Radiation During Pregnancy and Risk of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder in Offspring in a Longitudinal Birth Cohort. *JAMA Netw. Open*, 2020, vol. 3, no. 3, pp. e201417. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2020.1417
26. Tepper E.A., Grishkevich N.Y. The age of the child and the readiness for systematic school education. *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie*, 2011, no. 1 (67), pp. 12–16 (in Russian).

27. Swaab D.F. Wij zijn ons brein: van baarmoeder tot Alzheimer [We are our brain: from womb to Alzheimer's]. Amsterdam, Contact Publ., 2010, 480 p. (in Dutch).
28. Chernov A.N. Pathophysiological mechanisms of autism in children. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova*, 2020, vol. 120, no. 3, pp. 97–108. DOI: 10.17116/jnevro202012003197 (in Russian).
29. Auroux M.R. Age du pere et aptitude au developpement [Age of the father and development potential]. *Contracept. Fertil. Sex. (Paris)*, 1992, vol. 20, no. 10, pp. 942–945 (in French).
30. Arkhangel'skii V.N., Kalachikova O.N. Women and men: Differences in fertility and reproductive behavior indicators. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2021, vol. 14, no. 5, pp. 165–185. DOI: 10.15838/esc.2021.5.77.10
31. Lau Y., Yin L. Maternal, obstetric variables, perceived stress and health-related quality of life among pregnant women in Macao, China. *Midwifery*, 2011, vol. 27, no. 5, pp. 668–673. DOI: 10.1016/j.midw.2010.02.008
32. McLeod C., Ebeling M.D., Baatz J.E., Shary J.R., Mulligan J.R., Wagner C.L. Sociodemographic factors affecting perceived stress during pregnancy and the association with immune-mediator concentrations. *J. Perinat. Med.*, 2021, vol. 50, no. 2, pp. 192–199. DOI: 10.1515/jpm-2021-0227
33. Shmatova Yu.E., Razvarina I.N., Gordievskaya A.N. Maternal risk factors for a child's health prior to and during pregnancy (results of long-term cohort monitoring in Vologda region). *Health Risk Analysis*, 2022, no. 3, pp. 143–159. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.14.eng
34. Il'in V.A., Shabunova A.A., Kalachikova O.N. Potentsial povysheniya rozhdaemosti i semeino-demograficheskaya politika Rossii [The potential for increasing the birth rate and family and demographic policy in Russia]. *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk*, 2021, vol. 91, no. 9, pp. 831–844. DOI: 10.31857/S0869587321090048 (in Russian).
35. Shmatova Yu.E., Razvarina I.N. Trends of the medical and social characteristics of pregnant women: an experience of regional monitoring for the healthy generation formation. *Profilakticheskaya meditsina*, 2023, vol. 26, no. 2, pp. 14–23. DOI: 10.17116/profmed20232602114 (in Russian).
36. Razvarina I., Natsun L., Shmatova Yu., Gordievskaya A. Health risks of newborn babies. *Zdorov'e cheloveka, teoriya i metodika fizicheskoi kul'tury i sporta*, 2021, no. 2 (22), pp. 39–53. DOI: 10.14258/zosh(2021)2.04 (in Russian).
37. Maughan B., Taylor B., Taylor A., Butler N., Bynner J. Pregnancy Smoking and Childhood Conduct Problems: A Causal Association? *J. Child Psychol. Psychiatry*, 2001, vol. 42, no. 8, pp. 1021–1028. DOI: 10.1111/1469-7610.00800

Shmatova Yu.E., Razvarina I.N., Gordievskaya A.N. Inter-cohort analysis of parental risk factors for development of infants. Health Risk Analysis, 2023, no. 2, pp. 115–129. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.11.eng

Получена: 27.04.2023

Одобрена: 19.06.2023

Принята к публикации: 26.06.2023



Научная статья

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА РАЗВИТИЯ ПРОТРОМБОГЕННОЙ ГОТОВНОСТИ ПРИ ИНФЕКЦИИ COVID-19 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

Н.А. Воробьева, А.И. Воробьева, А.С. Воронцова

Северный государственный медицинский университет, Россия, 163000, г. Архангельск, Троицкий пр., 51

Инфекция COVID-19 представляет особую опасность в отношении развития декомпенсации исходных хронических заболеваний, специфического поражения сердечно-сосудистой системы, высокого риска развития неблагоприятных исходов в виде тромботических событий. Патогенез коронавирусной инфекции сложен и до сих пор не изучен, что во многом зависит от особенностей вируса и исходного состояния системы гемостаза пациента.

Осуществлен анализ молекулярно-генетических маркеров системы гемостаза у пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19 как прогностического триггера риска развития протромботической готовности.

Объект исследования – госпитализированные пациенты с инфекцией COVID-19. Проведен молекулярно-генетический анализ основных генов факторов системы гемостаза – факторы V (rs6025), II (rs1799963), I (rs1800790), VII (rs6046), XIII A1 (rs5985), IGFBP2 A2 (rs1126643), IGFBP3 B3 (rs5918), PAI-1 (rs1799889). Оценка степени выраженности тромбоинемии определялась с помощью теста генерации тромбина на автоматическом коагулометре Ceveron®alpha с TGA-модулем.

Полиморфизм в генах PAI-1, протромбина (FII), фибриногена (FI) определял высокий уровень тромбоинемии по показателям теста кинетики тромбина (эндогенного тромбинового потенциала (AUC), пиковой концентрации тромбина (Peak thrombin), времени достижения пика генерации тромбина (tPeak), уровня фибриногена и D-димера у пациентов с COVID-19 в течение всего периода госпитализации. Показано, что повышенная генерация тромбина, проявляющаяся повышенным уровнем эндогенного тромбинового потенциала (AUC), может являться прогностическим признаком протромботического состояния у пациентов с генетическим полиморфизмом в генах PAI-1 и фибриногена.

Полученные результаты свидетельствуют о генетической детерминации состояния протромботической готовности при наличии у пациентов с новой коронавирусной инфекцией аллельных вариантов в генах PAI-1, протромбина (фактора II) и фибриногена (фактора I).

Ключевые слова: COVID-19, генотип, риск, мутация, тромбоинемия, полиморфизм, тромбин, тромбоз.

Пандемия COVID-19 привела к кризису в области здравоохранения, унесшему миллионы жизней по всему миру. Клинические симптомы инфекции варьируются от легких до критических, наиболее частым тяжелым проявлением является пневмония с острым респираторным дистресс-синдромом и органной недостаточностью. Новая вспышка коронавирусной инфекции в случае тяжелого течения представляет особую опасность и в отношении развития декомпенсации исходных хро-

нических заболеваний, специфического поражения сердечно-сосудистой системы, высокого риска развития неблагоприятных исходов в виде тромботических событий [1]. Данные зарубежных и отечественных исследований свидетельствуют о высокой частоте развития тромботических событий у госпитализированных пациентов с COVID-19 некротического течения, несмотря на проведение стандартной тромбопрофилактики. Патогенез коронавирусной инфекции сложен и до сих пор не изучен, что во

© Воробьева Н.А., Воробьева А.И., Воронцова А.С., 2023

Воробьева Надежда Александровна – доктор медицинских наук, профессор, заслуженный врач РФ, заведующий кафедрой клинической фармакологии и фармакотерапии (e-mail: nadejdav0@gmail.com; тел.: 8 (921) 246-28-06; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6613-2485>).

Воробьева Алена Ивановна – научный сотрудник Центральной научно-исследовательской лаборатории (e-mail: greenhhamster@rambler.ru; тел.: 8 (911) 223-98-85; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4817-6884>).

Воронцова Александра Сергеевна – младший научный сотрудник Центральной научно-исследовательской лаборатории (e-mail: baklab1gkb@yandex.ru; тел.: 8 (991) 113-83-76; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3643-0515>).

многим зависит от особенностей самого вируса и исходного состояния системы гемостаза пациента [2]. Известно, что провоспалительные цитокины при инфекции COVID-19 стимулируют экспрессию тканевого тромбопластина на иммунных клетках и инициируют активацию свертывания крови. Дисфункция эндотелия, вызванная воспалением, дополнительно ускоряет протромботическую готовность, повышенную генерацию тромбина, угнетает активность фибринолиза за счет уменьшения активности активатора плазминогена урокиназного типа и повышения высвобождения ингибитора активатора плазминогена 1-го типа (PAI-1) [3–7].

В настоящее время активно рассматриваются вопросы генетической предрасположенности к тяжелому течению коронавирусной инфекции. Так, ранее было показано, что изменения в гене ангиотензинпревращающего фермента 2 (АПФ2), меняющие структуру данного рецептора могут облегчить или усложнить вирусу проникновение в клетку. Существуют отдельные данные, свидетельствующие, что дефицит функции белка ApoE при SARS-CoV-2 может способствовать прогрессированию заболевания и развитию ряда осложнений, обсуждается влияние генов гистосовместимости 1-го типа на течение ковид-инфекции [8–11].

При этом важно отметить, что роли наследственной тромбофилии высокого риска при инфекции, вызванной вирусом SARS-CoV-2, не уделяется должного внимания. Ранее было показано, что наследственно детерминированные тромбофилии высокого риска, такие как мутация фактора II (протромбина), фактора V Лейдена, а также аллельные варианты в гене PAI-1, могут не проявлять себя в течение всей жизни, но при таких триггерах, как травма, тяжелая инфекция, сепсис, беременность, могут манифестировать органическими нарушениями, прогрессированием тромбозами, тромбозами различной локализации, а в тяжелых случаях – развитием синдрома полиорганной недостаточности (СПОН) [7, 12, 13]. Следует отметить, что результаты молекулярно-генетического анализа для выявления протромботического полиморфизма в генах системы гемостаза могут влиять на интенсивность и длительность антитромботической терапии [7, 14–16].

В настоящее время используемые и доступные лабораторные тесты не позволяют объективно и достоверно прогнозировать риск развития и тяжесть состояния тромбозами при инфекции COVID-19 на фоне генетической предрасположенности и, как следствие, выбрать соответствующий оптимальный режим антитромботической профилактики или терапии.

Цель исследования – анализ молекулярно-генетических маркеров системы гемостаза у пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19

как прогностического триггера риска развития протромботической готовности.

Материалы и методы. Проспективное клинико-лабораторное исследование выполнено в период пандемии COVID-19 (апрель 2020 г. – май 2021 г.) на базе Регионального центра антитромботической терапии ГБУЗ АО «Первая городская клиническая больница им. Е.Е. Волосевич» (г. Архангельск) с включением 100 пациентов со среднетяжелым и тяжелым течением новой коронавирусной инфекции.

Критериями включения в исследование явились: подтвержденная методом ПЦР-анализа инфекция COVID-19; госпитализация в ковидное отделение; письменное добровольное информированное согласие на участие в исследовании; возраст старше 18 лет. Критерии не включения: отказ от участия в исследовании; возраст младше 18 лет. Дизайн исследования был одобрен локальным этическим комитетом Северного государственного медицинского университета (протокол № 2/20 от 23.04.2020).

Лабораторные исследования выполнены на базе Регионального центра антитромботической терапии и бактериологической лаборатории ГБУЗ АО «Первая ГКБ им. Е.Е. Волосевич» (Архангельск). Отбор образцов плазмы осуществляли трижды: первая точка – при госпитализации пациента в стационар до назначения антитромботической терапии, вторая точка – на 3–5-е сутки госпитализации на фоне антитромботической терапии низкомолекулярными гепаринами (НМГ), третья – на 9–10-е сутки госпитализации на фоне антитромботической терапии НМГ.

Материалом для молекулярно-генетического анализа протромботического статуса явилась венозная кровь, полученная путем венепункции локтевой вены объемом 4,5 мл в вакуумный вакутейнер с ЭДТА (этилендиаминуксусная кислота). В качестве материала исследования использовался образец геномной ДНК, полученной из лейкоцитов периферической крови. Для генотипирования полиморфизма и мутаций системы гемостаза использовался метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) с последующим рестрикционным анализом продукта.

Для анализа коагуляционных показателей (вакутейнер с цитратом натрия) полученные образцы крови центрифугировали при скорости 3000 об./мин в течение 15 мин. Исходя из временных методических рекомендаций версии 11, действующих на период проведения исследования, определяли протромбиновое время (ПВ), D-димер, активированное частичное тромбопластиновое время (АЧТВ), фибриноген на автоматическом анализаторе Sysmex CS-2000i (Sysmex, Япония) в течение 30 мин с момента забора крови в вакутейнер¹.

¹ Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19): Временные методические рекомендации. Версия 11 (07.05.2021) [Электронный ресурс] / утв. Заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации Е.Г. Камкиным // Минздрав РФ. – URL: <http://nasci.ru/?id=40123&download=1> (дата обращения: 30.03.2022).

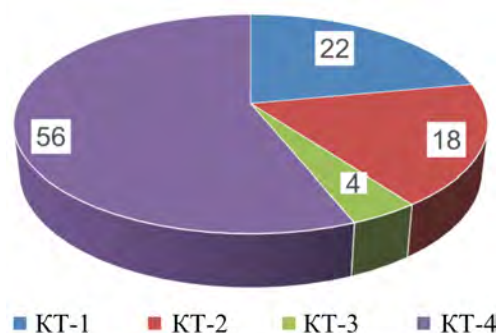


Рис. 1. Класс тяжести течения коронавирусной инфекции по данным томографии легких

Дополнительно для оценки степени выраженности тромбинемии определяли показатели кинетики тромбина на автоматическом коагулометре Severon® alpha с TGA-модулем с использованием реагентов Severon TGA High (Technoclone GmbH, Австрия). Измерены и проанализированы время лаг-фазы (tLag), время образования пика тромбина (tPeak), пик тромбина (Peak), эндогенный тромбиновый потенциал (AUC).

Статистический анализ выполнен с использованием программы SPSS Statistics, версия 20.0, и калькулятора MedCalc. Количественные переменные представлены как *Me* (median) и 25, 75-й процентиля, качественные данные – в виде относительной частоты и 95%-ного доверительного интервала для доли. Сравнение количественных данных между зависимыми группами проводилось с помощью двухвыборочного критерия Вилкоксона. Критический уровень статистической значимости (*p*) принимался равным 0,05. Использованы методы корреляционного анализа (коэффициенты линейной корреляции Пирсона и ранговой корреляции Спирмена), регрессионного анализа (множественная линейная регрессия и множественная логистическая регрессия).

Результаты и их обсуждение. Анализ тяжести течения новой коронавирусной инфекции показал, что медианный возраст пациентов, включенных в исследование, составил 63 [31; 85] года, из них женщин – 60 %, 4-й класс тяжести коронавирусной пневмонии наблюдался в 56 % случаев (рис. 1). У госпитализированных пациентов с внегоспитальными пневмониями картина по данным СКТ соответствовала классификации КТ-4, госпитальные

пневмонии развились у 1/3 пациентов, где также преобладали пациенты с КТ-4.

Как демонстрирует реальная клиническая практика, лабораторная диагностика протромботической готовности (тромбинемии) определяет решающую роль как в патогенезе, так и в интенсивной терапии инфекции COVID-19. В настоящее время лабораторными критериями ковид-ассоциированной коагулопатии и воспаления являются лабораторные маркеры, рекомендованные научными обществами [17, 18]. При этом следует учитывать, что рекомендуемые стандартные или рутинные гемостазиологические тесты, такие как протромбиновое время, активированное частичное тромбопластиновое время, уровень D-димера, фибриногена, не способны выявить состояние протромботической готовности при новой коронавирусной инфекции, а также спрогнозировать тяжесть протромботического состояния. Анализ динамики рутинных лабораторных показателей системы гемостаза у пациентов с COVID-19 представлен в табл. 1.

Было выявлено, что уровень D-димера статистически значимо повышался к четвертым суткам госпитализации, несмотря на проводимую антипротромботическую терапию НМГ, уровни фибриногена и ферритина снижались только к десятым суткам терапии (рис. 2, 3). При этом важно отметить, что указанные лабораторные тесты относятся к лабораторным маркерам диагностики как состояния гиперкоагуляции, так и системного воспаления [19, 20], рутинные клотинговые тесты (АЧТВ, МНО) не показали диагностической значимости для выявления состояния тромбинемии.

Нами выдвигалась гипотеза, согласно которой клиническому проявлению тромбинемии у части пациентов с инфекцией COVID-19 может предшествовать наличие наследственного генетически детерминированного тромбофилического состояния, характеризующегося повышенным риском развития протромботической готовности на фоне носительства полиморфизма в генах фибриногена, протромбина и PAI-1, связанное с регуляцией кинетики (генерации) тромбина. В связи с этим мы посчитали возможным в группе пациентов с диагнозом новой коронавирусной инфекции провести молекулярно-генетическое исследование на предмет наличия генетического полиморфизма в системе гемостаза, указывающего на наследственно детерминированное тромбофилическое состояние.

Таблица 1

Динамика рутинных показателей коагулограммы у пациентов с COVID-19 (*Me* [*Q*₁–*Q*₃])

Показатель	Сутки госпитализации		
	первые	четвертые	десятые
Тромбоциты, 10 ⁹ /л	246 [85–407]	287 [70–615]	319 [179–500]*
АЧТВ, с	34,7 [30–47]	36,8 [30–49]	34,2 [23–79]
Фибриноген, г/л	5,4 [2,3–6,8]	5,8 [3,2–6,5]	4,4 [2,8–7,2]**
D-димер, мг/мл	1,16 [0,2–7,0]	1,6 [0,3–5,5]*	1,2 [0,1–4,2]**
МНО, ед.	1,02 [0,8–1,0]	1,1 [0,9–1,1]	1,2 [1,0–1,2]

Примечание: **p* < 0,05 – различия статистически значимы по сравнению с первыми сутками; ***p* < 0,05 – различия статистически значимы по сравнению с четвертыми сутками.

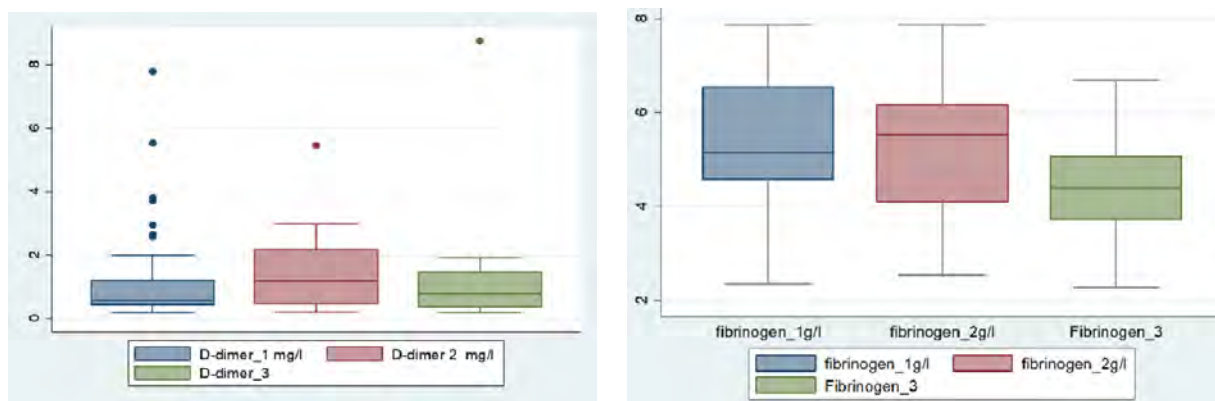


Рис. 2. Динамика показателей D-димера (мг/л), фибриногена (г/л) за время госпитализации: первые, четвертые, десятые сутки ($n = 100$)

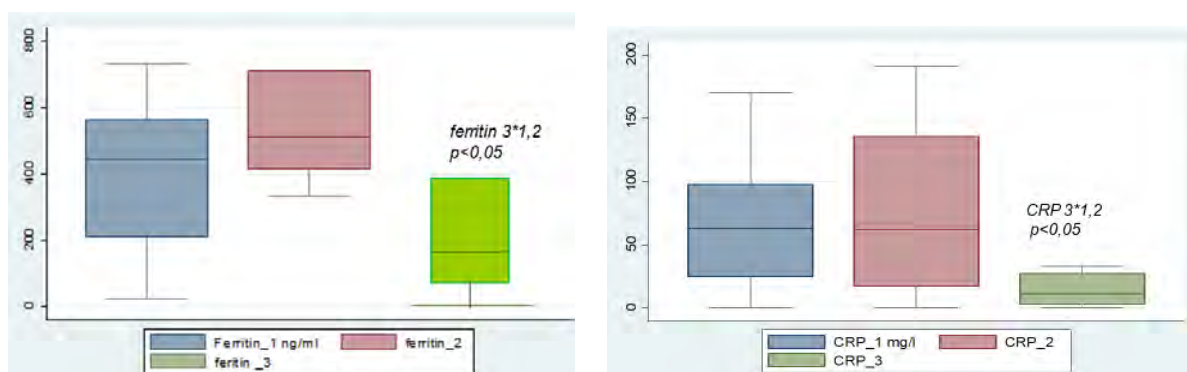


Рис. 3. Динамика показателей ферритина (нг/мл), СРБ (мг/л) за время госпитализации: первые, четвертые, десятые сутки ($n = 100$)

Исходя из основной цели нашего исследования, был выполнен молекулярно-генетический анализ основных генов факторов системы гемостаза, детерминирующих коагуляционное звено (Factor V (rs6025), Factor II (rs1799963), Factor I (rs1800790), Factor VII (rs6046), Factor XIII A1 (rs5985)), тромбоцитарное звено (IGN A2 (rs1126643), IGN B3 (rs5918)) и активность фибринолиза (PAI-1 (rs1799889)), рекомендуемых для проведения персонализированной фармакотерапии (табл. 2) [21]. Данные проведенного молекулярно-генетического тестирования показали, что самым распространенным генетическим полиморфизмом по всем исследуемым генам системы гемостаза в данной выборке пациентов явился «дикий тип», и только в гене PAI-1 (rs1799889) преобладал гетерозиготный полиморфизм – в 49 % и гомозиготный – в 34 % случаев (табл. 2).

Следующим этапом исследования явился анализ взаимосвязи генетического полиморфизма факторов системы гемостаза (FII 20210 G > A (rs1799963), FV 1691 G > A (rs6025), PAI-1 675 5G > 4G (rs1799889)) с тяжестью ковид-ассоциированной коагулопатии с использованием рекомендуемых рутинных тестов. Анализ показал статистически значимый рост уровня фибриногена к четвертым суткам (более 6,0 г/л; $p < 0,001$) на фоне носительства гетерозиготного аллельного варианта в генах PAI-1, фактора V и II. При этом уровень D-димера изменялся недостоверно с

тенденцией к повышению у большинства пациентов независимо от генотипа исследуемых факторов системы гемостаза (табл. 3).

Согласно Международной классификации болезней 10-го пересмотра (МКБ-10) к наследственным тромбофилиям высокого риска относятся мутации в генах факторов II и V. В связи с этим нами проведен анализ наличия возможной взаимосвязи генетического полиморфизма в генах факторов протромбина FII 20210 G > A, V Лейден G > A с уровнем тромбинемии у пациентов с COVID-19. Анализ подтвердил, что уровень тромбинемии был выше у пациентов с наличием генетического полиморфизма в указанных генах (рис. 4).

Регрессионный анализ независимых предикторов тромбинемии и зависимой переменной D-димера при госпитализации (первые сутки) показал, что риск повышения уровня D-димера более 0,5 мг/л возрастал у пациентов с наличием генетического полиморфизма в генах PAI-1 (гетерозиготный аллельный вариант – β 95 % ДИ: 1,4 [0,6–2,13], $p = 0,001$; гомозиготный – β 95 % ДИ: 2,0 [0,3–1,5], $p = 0,008$) и гетерозиготного полиморфизма в гене фактора II (протромбин) (табл. 4).

По данным многофакторного анализа, на повышение уровня D-димера выше референсных значений достоверно влияло наличие генетического полиморфизма в гене PAI-1 и уровень ферритина выше 200 пг/мл (табл. 5).

Таблица 2

Распространенность генетических полиморфизмов генов системы гемостаза у пациентов с инфекцией COVID-19, $n = 100$

Исследуемый ген	Генотип	Частота встречаемости, %	95 % ДИ
Factor XIII A1 (rs5985)	103 (G/G)	47,0	41,0; 53,8
	103 (G/T)	40,0	33,7; 46,0
	103 (T/T)	12,0	10,0; 15,4
IGN A2 (rs1126643)	807 (C/C)	43,0	45,0; 59,0
	807 (C/T)	38,0	31,5; 44,0
	807 (T/T)	19,0	17,0; 22,4
IGN B3 (rs5918)	1565 (T/T)	66,0	60,0; 73,0
	1565 (T/C)	26,0	19,0; 31,0
	1565 (C/C)	12,0	10,0; 15,4
Factor V (rs6025)	1691 (G/G)	91,0	89,2; 92,8
	1691 (G/A)	6,0	4,2; 7,8
	1691 (A/A)	0	-
Factor II (rs1799963)	20210 (G/G)	93,0	90,6; 94,0
	20210 (G/A)	2,0	1,2; 4,4
	20210 (A/A)	0	-
PAI-1 (rs1799889)	-675 5G/5G	17,0	11,95; 22,51
	-675 4G/5G	49,0	42,2; 56,1
	675 4G/4G	34,0	30,8; 40,8
Factor I (rs1800790)	455 G/G	57,0	51,0; 63,8
	-455 G/A	37,0	30,7; 42,9
	-455 A/A	6,0	3,7; 9,4
Factor (VII rs6046)	10976 G/G	72,0	65,1; 78,2
	10976 G/A	23,0	17,0; 29,8
	10976 A/A	5,0	3,5; 7,9

Таблица 3

Уровень тромбинемии в зависимости от наличия аллельных вариантов в генах факторов II, V, PAI-1

Генетический полиморфизм	Сутки госпитализации					
	первые	четвертые	десятые	первые	четвертые	десятые
	D-димер, мг/л (Me)			Фибриноген, г/л (Me)		
PAI-1675 5G > 4G (rs1799889)						
5G/5G ($n = 17$)	0,9	1,5	3,2	4,9	4,6	4,0
4G/5G ($n = 49$)	1,4	1,5	1,5	5,5	5,0	4,6
4G/4G ($n = 34$)	0,9	0,9	0,7	5,3	5,7	4,1
FV 1691 G > A (rs6025)						
GG ($n = 91$)	1,3	1,8	1,2	5,4	5,0	4,5
GA ($n = 6$)	0,7	0,5	1,1	5,9	6,7	3,7
FII 20210 G > A (rs1799963)						
GG ($n = 93$)	0,6	1,5	3,03	5,0	5,15	4,4
GA ($n = 2$)	2,6	0,2	0,4	6,0	6,7	4,1

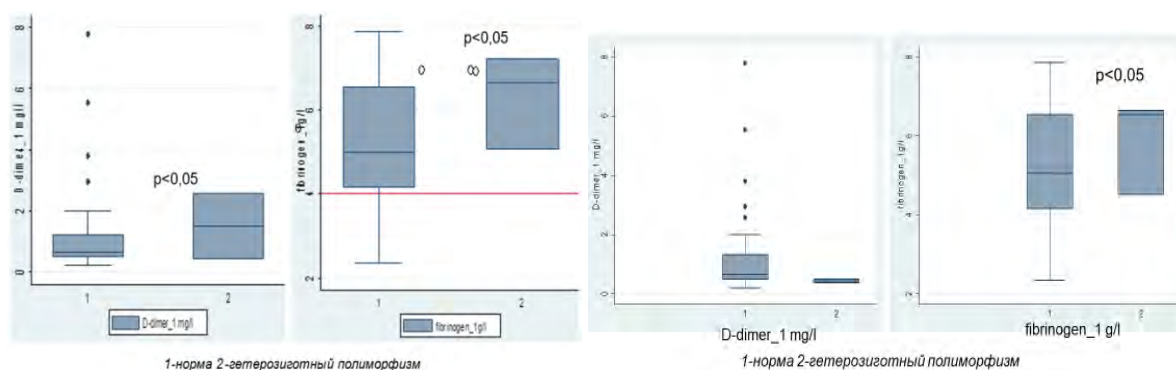


Рис. 4. Уровень D-димера и фибриногена при поступлении при наличии полиморфизма в гене FII 20210 G > A и в гене FV 1691 G > A

Таблица 4

Линейный регрессионный анализ (D-димер и генетический полиморфизм)

Независимый предиктор	D-димер		
	β	p	95 % ДИ
FV (rs6025) дикий тип	1,2	0,1	-2,4; 2,27
– гетерозиготный полиморфизм	0,7	0,2	0,1; 1,1
– гомозиготный полиморфизм	1,0	0,3	0,31; 1,5
PAI-I (rs1799889) дикий тип	0,9	0,1	-0,43; 1,2
– гетерозиготный полиморфизм	1,4	0,001	0,61; 2,13
– гомозиготный полиморфизм	2,0	0,008	0,31; 1,5
FII (rs1799963) дикий тип	1,0	0,6	
– гетерозиготный полиморфизм	0,3	0,01	0,3; 1,9

Таблица 5

Регрессионный анализ независимых предикторов тромбинемии и зависимой переменной D-димера при поступлении (первые сутки)

Предиктор тромбинемии	ОШ [95 % ДИ]	p
Наличие генетического полиморфизма в гене PAI-I (rs1799889)	1,2 [0,1–2,5]	0,005
Уровень ферритина более 200 нг/л	2,4 [1,1–5,4]	0,036
Уровень СРБ более 5,0 мг/л	0,1 [0,01–0,7]	0,999

Таблица 6

Показатели теста кинетики тромбина у пациентов с COVID-19 на момент включения в исследование до назначения антикоагулянтной терапии

Анализируемый показатель	$Me [Q1; Q3]$	Референсный показатель
Время инициации свертывания (Tlag), мин	2,46 [1,3–4,2]	7,8–13,6
Эндогенный тромбиновый потенциал (AUC, нМ), нМоль/мин	4425,1 [3400–5070]	1379,4–1735,9
Пиковое количество тромбина в образце (Peak), нМоль/мин	862,43 [680,4–1040]	98,4–153,7
Время достижения пика (tPeak), мин	5,87 [4,4–7,5]	16,7–23,2

Для объективизации лабораторной оценки состояния тромбинемии был использован тест генерации (кинетики) тромбина (ТГТ), который отражает количество генерируемого тромбина, кинетику его образования, и, таким образом, оценивается состояние протромботической готовности [22, 23]. Результаты анализа теста кинетики тромбина в нашем исследовании указывали на повышение прокоагулянтного потенциала крови у пациентов с COVID-19 уже при госпитализации в стационар. Так, было установлено, что у пациентов в первые сутки госпитализации статистически значимо изменялись все показатели кинетики тромбина, что свидетельствовало о значимой активации тромбина и состоянии тромбинемии – протромботической готовности (табл. 6).

Заключительным этапом данного исследования явился анализ взаимосвязи полиморфизма генов системы гемостаза с тестом кинетики тромбина как прогностического триггера риска развития протромботической готовности на фоне новой коронавирусной инфекции COVID-19. Корреляционный анализ времени инициации свертывания (Tlag) с генотипом

фактора I (фибриноген) показал отрицательную умеренную взаимосвязь, то есть наличие гетерозиготного полиморфизма в гене фибриногена ассоциировано с уменьшением времени задержки свертывания. Наличие гетерозиготного и гомозиготного полиморфизма в гене фибриногена было ассоциировано с увеличением пиковой концентрации тромбина (Peak), которая была достоверно выше, в отличие от таковой у пациентов без данного генетического полиморфизма (рис. 5).

Наличие гетерозиготного и гомозиготного полиморфизма в гене PAI-1 было ассоциировано с уменьшением времени достижения пика тромбина (tPeak), то есть у пациентов с альтернативным полиморфизмом в гене PAI-1 пик тромбина достигался быстрее (рис. 6).

Корреляционный анализ уровня эндогенного потенциала тромбина (AUC) и генотипов генов факторов свертывания I, II и PAI-1 показал, что наличие альтернативного полиморфизма в гене фибриногена, PAI-1 было ассоциировано с повышением эндогенного потенциала тромбина (рис. 7).

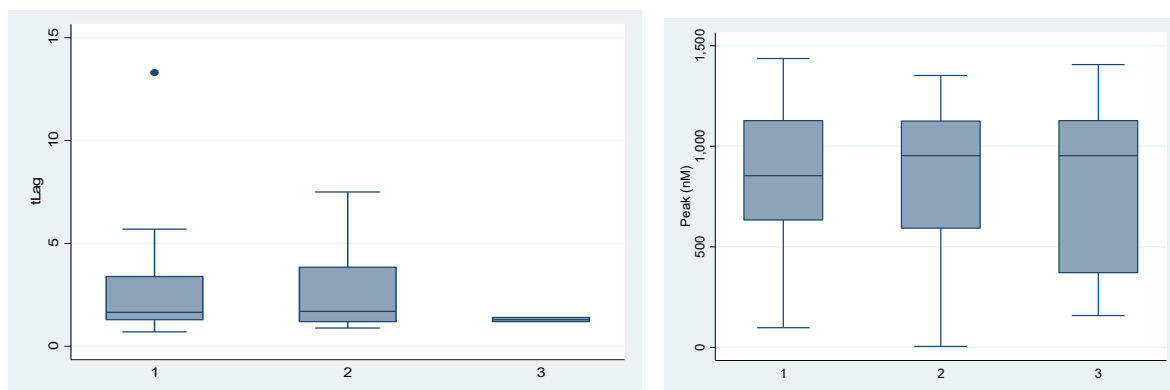


Рис. 5. Корреляционный анализ времени инициации свертывания (tLag), пиковой концентрации тромбина (Peak thrombin, nmol/l) с генотипом фактора I свертывания (фибриноген)

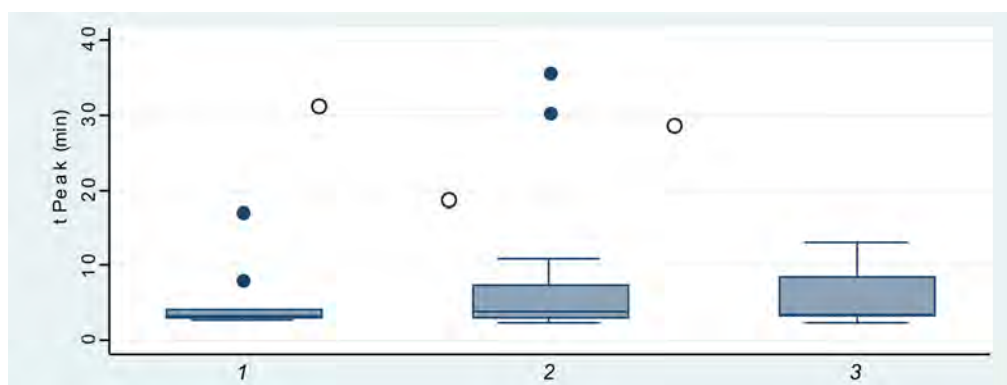


Рис. 6. Корреляционный анализ времени достижения пика генерации тромбина (tPeak, мин) с наличием генетического полиморфизма в гене PAI-1: 1 – дикий тип; 2 – гетерозиготный аллельный вариант; 3 – гомозиготный аллельный вариант

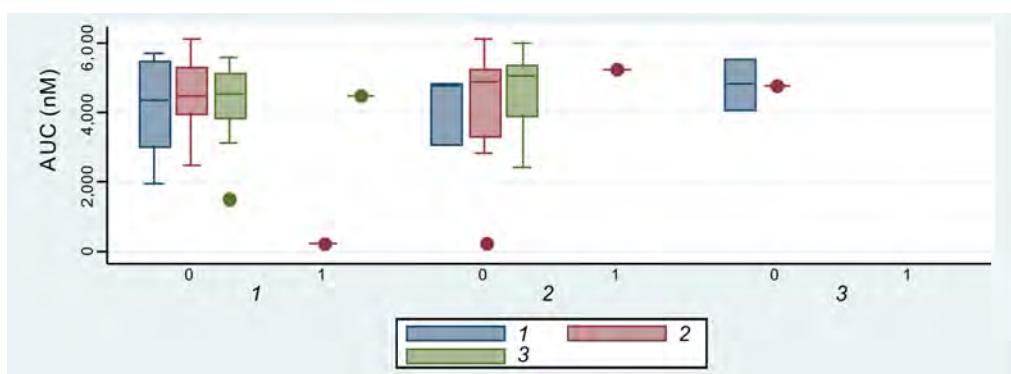


Рис. 7. Корреляционный анализ уровня эндогенного потенциала тромбина (AUC) и генотипов генов PAI-1, факторов свертывания II и I: 1 – дикий тип; 2 – гетерозиготный аллельный вариант; 3 – гомозиготный аллельный вариант

Выводы. Таким образом, полиморфизм в генах PAI-1, протромбина (FII), фибриногена (FI) определял высокий уровень тромбинемии по показателям теста кинетики тромбина (эндогенного тромбинового потенциала (AUC), пиковой концентрации тромбина (Peak thrombin), времени достижения пика генерации тромбина (tPeak), уровня фибриногена и D-димера) у пациентов с COVID-19 в течение всего периода госпитализации. Полученные результаты свидетельствуют о генетической детерминации со-

стояния протромботической готовности при наличии у пациентов с новой коронавирусной инфекцией аллельных вариантов в генах PAI-1, протромбина (фактора II) и фибриногена (фактора I). Продemonстрировано, что повышенная генерация тромбина, проявляющаяся повышенным уровнем эндогенного тромбинового потенциала (AUC), может являться прогностическим признаком протромботического состояния у пациентов с генетическим полиморфизмом в генах PAI-1 и фибриногена.

Проведенное пилотное исследование показало, что молекулярно-генетическое тестирование на наличие наследственно детерминированной тромбоинемии может рассматриваться в качестве прогностического маркера риска развития состояния тромбоинемии – протромботической готовности у пациентов со среднетяжелым и тяжелым течением новой коронавирусной инфекции. Данные настоящего проспективного клинического исследования демонстрируют полезность предложенного молекулярно-генетического скрининга состояния тромбоинемии при инфекции COVID-19. Врач-клиницист «красной» зоны ковидного госпиталя получает дополнительный объективный показатель, указывающий на возможность прогнозирования состояния тромбоинемии на фоне остро го воспаления при инфекции COVID-19.

Скрининг наличия генетического полиморфизма в медицине критических состояний необхо-

дим при проведении патогенетически оправданной антипротромботической терапии, а также в превентивных целях. Полученные результаты указывают на возможные молекулярные механизмы состояния тромбоинемии при инфекции COVID-19 и свидетельствуют о целесообразности широкого внедрения методов ДНК-диагностики в клиническую практику для оценки тяжести и прогнозирования протромбогенного состояния.

По результатам проведенного исследования получен патент на изобретение № 2789822 от 10 февраля 2023 г.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания – Рег. № НОКТР 121030300111-7.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

Список литературы

1. Risks of deep vein thrombosis, pulmonary embolism, and bleeding after COVID-19: nationwide self-controlled cases series and matched cohort study / I. Katsoularis, O. Fonseca-Rodríguez, P. Farrington, H. Jerndal, E. Häggström Lundevaller, M. Sund, K. Lindmark, A.-M. Fors Connolly // *BMJ*. – 2022. – Vol. 377. – P. e069590. DOI: 10.1136/bmj-2021-069590
2. COVID-19 and Thrombotic or Thromboembolic Disease: Implications for Prevention, Antithrombotic Therapy, and Follow-up: JACC State-of-the-Art Review / B. Bikdeli, M.V. Madhavan, D. Jimenez, T. Chuich, I. Dreyfus, E. Driggin, C. Der Nigoghossian, W. Agano [et al.] // *J. Am. Coll. Cardiol.* – 2020. – Vol. 75, № 23. – P. 2950–2973. DOI: 10.1016/j.jacc.2020.04.031
3. Risk factors associated with acute respiratory distress syndrome and death in patients with coronavirus disease 2019 pneumonia in Wuhan, China / C. Wu, X. Chen, Y. Cai, J. Xia, X. Zhou, S. Xu, H. Huang, L. Zhang [et al.] // *JAMA Intern. Med.* – 2020. – Vol. 180, № 7. – P. 934–943. DOI: 10.1001/jamainternmed.2020.0994
4. Soares M.P., Teixeira L., Moita L.F. Disease tolerance and immunity in host protection against infection // *Nat. Rev. Immunol.* – 2017. – Vol. 17, № 2. – P. 83–96. DOI: 10.1038/nri.2016.136
5. Kabouridis P.S., Jury E.C. Lipid rafts and T-lymphocyte function: implications for autoimmunity // *FEBS Lett.* – 2008. – Vol. 582, № 27. – P. 3711–3718. DOI: 10.1016/j.febslet.2008.10.006
6. Mannucci P.M., Franchini M. Classic thrombophilic gene variants // *Thromb. Haemost.* – 2015. – Vol. 114, № 5. – P. 885–889. DOI: 10.1160/TH15-02-0141
7. Role of functional plasminogen-activator-inhibitor-1 4G/5G promoter polymorphism in susceptibility, severity, and outcome of meningococcal disease in Caucasian children / E. Haralambous, M.L. Hibberd, P.W.M. Hermans, N. Ninis, S. Nadel, M. Levin // *Crit. Care Med.* – 2003. – Vol. 31, № 12. – P. 2788–2793. DOI: 10.1097/01.CCM.0000100122.57249.5D
8. Receptor recognition by the Novel Coronavirus from Wuhan: an analysis based on decade-long structural studies of SARS Coronavirus / Y. Wan, J. Shang, R. Graham, R.S. Baric, F. Li // *J. Virol.* – 2020. – Vol. 94, № 7. – P. e00127-20. DOI: 10.1128/JVI.00127-20
9. Endothelial cell infection and endotheliitis in COVID-19 / Z. Varga, A.J. Flammer, P. Steiger, M. Haberecker, R. Andermatt, A.S. Zinkernagel, M.R. Mehra, R.A. Schuepbach [et al.] // *Lancet.* – 2020. – Vol. 395, № 10234. – P. 1417–1418. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30937-5
10. Moore J.B., June C.H. Cytokine release syndrome in severe COVID-19 // *Science.* – 2020. – Vol. 368, № 6490. – P. 473–474. DOI: 10.1126/science.abb8925
11. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China / C. Huang, Y. Wang, X. Li, L. Ren, J. Zhao, Y. Hu, L. Zhang, G. Fan [et al.] // *Lancet.* – 2020. – Vol. 395, № 10223. – P. 497–506. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30183-5
12. Воробьева Н.А., Недашковский Э.В. К вопросу об оптимизации интенсивной терапии острого ДВС-синдрома // *Анестезиология и реаниматология.* – 2003. – № 4. – С. 50–54.
13. Воробьева Н.А. Место генетических полиморфизмов системы гемостаза в генезе тромбофилических состояний // *Вестник Поморского университета.* – 2004. – № 2 (6). – С. 14–21
14. Association of mannose-binding lectin polymorphisms with sepsis and fatal outcome, in patients with systemic inflammatory response syndrome / P. Garred, J.J. Strom, L. Quist, E. Taaning, H.O. Madsen // *J. Infect. Dis.* – 2003. – Vol. 188, № 9. – P. 1394–1403. DOI: 10.1086/379044
15. TNF and TNFR polymorphisms in severe sepsis and septic shock: a prospective multicentre study / A.C. Gordon, A.L. Lagan, E. Aganna, L. Cheung, C.J. Peters, M.F. McDermott, J.L. Mollo, K.I. Welsh [et al.] // *Genes Immun.* – 2004. – Vol. 5, № 8. – P. 631–640. DOI: 10.1038/sj.gene.6364136
16. Воробьева Н.А., Капустин С.И. Роль генетического мониторинга системы гемостаза при тяжелом течении острого ДВС-синдрома // *Экология человека.* – 2005. – № 12. – С. 25–30.
17. Временные рекомендации Международного общества специалистов по тромбозу и гемостазу (ISTH) по выявлению и коррекции коагулопатии у пациентов с COVID-19: дайджест // *Атеротромбоз.* – 2020. – № 1. – С. 6–8. DOI: 10.21518/2307-1109-2020-1-6-8

18. Шатохин Ю.В., Снежко И.В., Рябикина Е.В. Нарушение гемостаза при коронавирусной инфекции // Южно-Российский журнал терапевтической практики. – 2021. – Т. 2, № 2. – С. 6–15. DOI: 10.21886/2712-8156-2021-2-2-6-15
19. Linkins L.A., Takach Lapner S. Review of D-dimer testing: good, bad, and ugly // Int. J. Lab. Hematol. – 2017. – Vol. 39, Suppl. 1. – P. 98–103. DOI: 10.1111/ijlh.12665
20. Thachil J., Lippi G., Favaloro E.J. D-dimer testing: laboratory aspects and current issues // Methods Mol. Biol. – 2017. – Vol. 1646. – P. 91–104. DOI: 10.1007/978-1-4939-7196-1_7
21. Colucci G., Tsakiris D.A. Thrombophilia screening revisited: an issue of personalized medicine // J. Thromb. Thrombolysis. – 2020. – Vol. 49, № 4. – P. 618–629. DOI: 10.1007/s11239-020-02090-y
22. Thrombin generation, a function test of the haemostatic-thrombotic system / H.C. Hemker, R. Al Dieri, E. De Smedt, S. Béguin // Thromb. Haemost. – 2006. – Vol. 96, № 5. – P. 553–561.
23. Ex vivo thrombin generation patterns in septic patients with and without disseminated intravascular coagulation / L. Carlier, G. Hunault, N. Lerolle, L. Macchi // Thromb. Res. – 2015. – Vol. 135, № 1. – P. 192–197. DOI: 10.1016/j.thromres.2014.11.001

Воробьева Н.А., Воробьева А.И., Воронцова А.С. Прогнозирование риска развития протромботической готовности при инфекции COVID-19 с использованием генетического тестирования // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 2. – С. 130–139. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.12

UDC 616.13+575.1

DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.12.eng



Research article

PREDICTING RISKS OF PROTHROMBOTIC READINESS UNDER COVID-19 USING GENETIC TESTING

N.A. Vorobyeva, A.I. Vorobyeva, A.S. Vorontsova

Northern State Medical University, 51 Troitskii Ave., Arkhangelsk, 163000, Russian Federation

COVID-19 poses a significant hazard as regards decompensation of underlying chronic diseases, specific damage to the cardiovascular system, and a high risk of negative health outcomes such as thrombotic events. The coronavirus infection pathogenesis is rather complicated and has not been studied yet; this is largely due to peculiar features of the virus and the initial state of homeostasis in a patient.

In this study, our aim was to analyze molecular-genetic markers of homeostasis in patients with the new coronavirus infection COVID-19 as a prognostic trigger of developing pro-thrombotic readiness.

Hospitalized patients with COVID-19 were chosen as study objects. We performed molecular-genetic analysis of basic genes significant for homeostasis including several factors such as V (rs6025), II (rs1799963), I (rs1800790), VII (rs6046), XIII A1 (rs5985), IGFBP3 (rs1126643), IGFBP3 (rs5918), and PAI-1 (rs1799889). The thrombinemia severity was identified by thrombin generation tests using the Ceveron® alpha automated coagulation analyzer with TGA-module.

Allelic variants of PAI-1, prothrombin (FII), and fibrinogen (FI) determined high thrombinemia as per the thrombin kinetics test (endogenous thrombin potential (AUC), peak thrombin concentration (peak-thrombin), time necessary to reach thrombin peak (tPeak), levels of fibrinogen and D-dimer) in COVID-19 patients during the entire hospitalization. We established that elevated thrombin generation becoming apparent through elevated levels of endogenous thrombin potential (AUC) might be a prognostic indicator of the pro-thrombotic state in patients with genetic polymorphisms of PAI-1 and fibrinogen.

The study results indicate that pro-thrombotic readiness is determined genetically in case COVID-19 patients have allelic variants in PAI-1, prothrombin (factor II) and fibrinogen (factor I) genes.

Keywords: COVID-19, genotype, risk, mutation, thrombinemia, polymorphism, thrombin, thrombosis.

© Vorobyeva N.A., Vorobyeva A.I., Vorontsova A.S., 2023

Nadezda A. Vorobyeva – Doctor of Medical Sciences, Professor, Honored Doctor of the Russian Federation, Head of the Department of Clinical Pharmacology and Pharmacotherapy (e-mail: nadejdav0@gmail.com; tel.: +7 (921) 246-28-06; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6613-2485>).

Alyona I. Vorobyeva – Researcher at the Central Research Laboratory (e-mail: greenhamster@rambler.ru; tel.: +7 (911) 223-98-85; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4817-6884>).

Aleksandra S. Vorontsova – Junior Researcher at the Central Research Laboratory (e-mail: baklab1gkb@yandex.ru; tel.: +7 (991) 113-83-76; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3643-0515>).

References

1. Katsoularis I., Fonseca-Rodríguez O., Farrington P., Jerndal H., Häggström Lundevaller E., Sund M., Lindmark K., Fors Connolly A.-M. Risks of deep vein thrombosis, pulmonary embolism, and bleeding after COVID-19: nationwide self-controlled cases series and matched cohort study. *BMJ*, 2022, vol. 377, pp. e069590. DOI: 10.1136/bmj-2021-069590
2. Bikdeli B., Madhavan M.V., Jimenez D., Chuich T., Dreyfus I., Driggin E., Der Nigoghossian C., Agano W. [et al.]. COVID-19 and Thrombotic or Thromboembolic Disease: Implications for Prevention, Antithrombotic Therapy, and Follow-up: JACC State-of-the-Art Review. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2020, vol. 75, no. 23, pp. 2950–2973. DOI: 10.1016/j.jacc.2020.04.031
3. Wu C., Chen X., Cai Y., Xia J., Zhou X., Xu S., Huang H., Zhang L. [et al.]. Risk factors associated with acute respiratory distress syndrome and death in patients with coronavirus disease 2019 pneumonia in Wuhan, China. *JAMA Intern. Med.*, 2020, vol. 180, no. 7, pp. 934–943. DOI: 10.1001/jamainternmed.2020.0994
4. Soares M.P., Teixeira L., Moita L.F. Disease tolerance and immunity in host protection against infection. *Nat. Rev. Immunol.*, 2017, vol. 17, no. 2, pp. 83–96. DOI: 10.1038/nri.2016.136
5. Kabouridis P.S., Jury E.C. Lipid rafts and T-lymphocyte function: implications for autoimmunity. *FEBS Lett.*, 2008, vol. 582, no. 27, pp. 3711–3718. DOI: 10.1016/j.febslet.2008.10.006
6. Mannucci P.M., Franchini M. Classic thrombophilic gene variants. *Thromb. Haemost.*, 2015, vol. 114, no. 5, pp. 885–889. DOI: 10.1160/TH15-02-0141
7. Haralambous E., Hibberd M.L., Hermans P.W., Ninis N., Nadel S., Levin M. Role of functional plasminogen-activator-inhibitor-1 4G/5G promoter polymorphism in susceptibility, severity, and outcome of meningococcal disease in Caucasian children. *Crit. Care Med.*, 2003, vol. 31, no. 12, pp. 2788–2793. DOI: 10.1097/01.CCM.0000100122.57249.5D
8. Wan Y., Shang J., Graham R., Baric R.S., Li F. Receptor recognition by the Novel Coronavirus from Wuhan: an analysis based on decade-long structural studies of SARS Coronavirus. *J. Virol.*, 2020, vol. 94, no. 7, pp. e00127–20. DOI: 10.1128/JVI.00127-20
9. Varga Z., Flammer A.J., Steiger P., Haberecker M., Andermatt R., Zinkernagel A.S., Mehra M.R., Schuepbach R.A. [et al.]. Endothelial cell infection and endotheliitis in COVID-19. *Lancet*, 2020, vol. 395, no. 10234, pp. 1417–1418. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30937-5
10. Moore J.B., June C.H. Cytokine release syndrome in severe COVID-19. *Science*, 2020, vol. 368, no. 6490, pp. 473–474. DOI: 10.1126/science.abb8925
11. Huang C., Wang Y., Li X., Ren L., Zhao J., Hu Y., Zhang L., Fan G. [et al.]. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet*, 2020, vol. 395, no. 10223, pp. 497–506. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30183-5
12. Vorobyova N.A., Nedashkovsky E.V. Optimization of intensive care in acute disseminated intravascular syndrome. *Anesteziologiya i reanimatologiya*, 2003, no. 4, pp. 50–54 (in Russian).
13. Vorob'eva N.A. Mesto geneticheskikh polimorfizmov sistemy gemostaza v geneze trombofilicheskikh sostoyanii [Role of genetic polymorphisms of the hemostasis system in the genesis of thrombophilic conditions]. *Arctic environmental research*, 2004, no. 2 (6), pp. 14–21 (in Russian).
14. Garred P., Strom J.J., Quist L., Taaning E., Madsen H.O. Association of mannose-binding lectin polymorphisms with sepsis and fatal outcome, in patients with systemic inflammatory response syndrome. *J. Infect. Dis.*, 2003, vol. 188, no. 9, pp. 1394–1403. DOI: 10.1086/379044
15. Gordon A.C., Lagan A.L., Aganna E., Cheung L., Peters C.J., McDermott M.F., Mollo J.L., Welsh K.I. [et al.]. TNF and TNFR polymorphisms in severe sepsis and septic shock: a prospective multicentre study. *Genes Immun.*, 2004, vol. 5, no. 8, pp. 631–640. DOI: 10.1038/sj.gene.6364136
16. Vorobyova N.A., Kapustin S.I. Role of hemostatic system's genetic monitoring during serious proceeding of acute syndrome of disseminated intravascular coagulation. *Ekologiya cheloveka*, 2005, no. 12, pp. 25–30 (in Russian).
17. The International Society on Thrombosis and Hemostasis (ISTH) interim guidance on recognition and management of coagulopathy in COVID-19: digest. *Aterotromboz*, 2020, no. 1, pp. 6–8. DOI: 10.21518/2307-1109-2020-1-6-8 (in Russian).
18. Shatohin Yu.V., Snezhko I.V., Ryabikina E.V. Violation of hemostasis in coronavirus infection. *Yuzhno-Rossiiskii zhurnal terapevticheskoi praktiki*, 2021, vol. 2, no. 2, pp. 6–15. DOI: 10.21886/2712-8156-2021-2-2-6-15 (in Russian).
19. Linkins L.A., Takach Lapner S. Review of D-dimer testing: good, bad, and ugly. *Int. J. Lab. Hematol.*, 2017, vol. 39, suppl. 1, pp. 98–103. DOI: 10.1111/ijlh.12665
20. Thachil J., Lippi G., Favaloro E.J. D-dimer testing: laboratory aspects and current issues // *Methods Mol. Biol.* – 2017. – Vol. 1646. – P. 91–104. DOI: 10.1007/978-1-4939-7196-1_7
21. Colucci G., Tsakiris D.A. Thrombophilia screening revisited: an issue of personalized medicine // *J. Thromb. Thrombolysis*. – 2020. – Vol. 49, № 4. – P. 618–629. DOI: 10.1007/s11239-020-02090-y
22. Hemker H.C., Al Dieri R., De Smedt E., Béguin S. Thrombin generation, a function test of the haemostatic-thrombotic system. *Thromb. Haemost.*, 2006, vol. 96, no. 5, pp. 553–561.
23. Carlier L., Hunault G., Lerolle N., Macchi L. Ex vivo thrombin generation patterns in septic patients with and without disseminated intravascular coagulation. *Thromb. Res.*, 2015, vol. 135, no. 1, pp. 192–197. DOI: 10.1016/j.thromres.2014.11.001

Vorobyeva N.A., Vorobyeva A.I., Vorontsova A.S. Predicting risks of prothrombotic readiness under COVID-19 using genetic testing. *Health Risk Analysis*, 2023, no. 2, pp. 130–139. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.12.eng

Получена: 02.04.2023

Одобрена: 18.05.2023

Принята к публикации: 02.06.2023

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ РИСКА

УДК 613.6; 616.24

DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.13

Читать
онлайн



Научная статья

ГЛУТАТИОН КАК ПРОГНОСТИЧЕСКИЙ ФАКТОР РИСКА НАРУШЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ РАБОТАЮЩИХ ЛИЦ

Т.В. Блинова, Л.А. Страхова, В.В. Трошин, С.А. Колесов, И.А. Умнягина, Ю.В. Иванова

Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии, Россия, 603105,
г. Нижний Новгород, ул. Семашко, 20

Окислительно-восстановительный баланс является ключевым в сохранении здоровья человека. В связи с этим оптимизация уровня глутатиона в организме была предложена в качестве стратегии укрепления здоровья и профилактики заболеваний, хотя причинно-следственная связь между статусом глутатиона и риском заболевания или лечением до конца не установлена. Цель исследования – дать оценку глутатиону как неспецифическому прогностическому фактору риска нарушения и ухудшения состояния здоровья лиц, работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей. Под наблюдением находились: работники металлургического завода, контактирующие с промышленными аэрозолями (сварочными и кремнийсодержащими аэрозолями преимущественно фиброгенного действия); больные хроническим пылевым необструктивным бронхитом вне обострения; больные хронической обструктивной болезнью легких профессиональной этиологии, находившиеся в постконтактном периоде; работающие, которые в своей трудовой деятельности не подвергались воздействию промышленных аэрозолей. Содержание общего (TG), восстановленного (GSH) и окисленного (GSSG) глутатиона в цельной крови определяли по методу Элмана.

Более чем у 50 % работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей были выявлены повышенные уровни GSSG (более 100 мкмоль/л) и низкие уровни коэффициента GSH/GSSG (менее 10 ед.). Для данных маркеров установлена диагностическая чувствительность более 50 %, диагностическая специфичность более 85 % и прогностическая значимость более 80 % для обследованных групп. Уровень GSSG и величину GSH/GSSG возможно использовать в качестве прогностического критерия ухудшения состояния здоровья лиц, работающих в контакте с промышленными аэрозолями и возможного развития у них хронической бронхо-легочной патологии.

Ключевые слова: восстановленный глутатион, окисленный глутатион, отношение фракций глутатиона, промышленные аэрозоли, бронхо-легочная патология, окислительный стресс, фактор риска, работающие лица.

Сохранение здоровья нации является первоочередной задачей государства и тесно связано с состоянием здравоохранения в стране, разработкой программ, направленных на сохранение здоровья всех групп населения независимо от их статуса, производственной деятельности, благосостояния¹.

© Блинова Т.В., Страхова Л.А., Трошин В.В., Колесов С.А., Умнягина И.А., Иванова Ю.В., 2023

Блинова Татьяна Владимировна – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник клинического отделения (e-mail: btvdn@yandex.ru; тел.: 8 (915) 944-38-75; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5254-9378>).

Страхова Лариса Анатольевна – научный сотрудник клинического отдела (e-mail: strahova.laris2019@yandex.ru; тел.: 8 (910) 381-72-47; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0672-6622>).

Трошин Вячеслав Владимирович – кандидат медицинских наук, заведующий клиническим отделом (e-mail: recept@nniigp.ru; тел.: 8 (831) 419-61-94; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7077-0014>).

Колесов Сергей Алексеевич – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник клинического отдела (e-mail: recept@nniigp.ru; тел.: 8 (831) 419-61-94; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4379-0228>).

Умнягина Ирина Александровна – кандидат медицинских наук, директор (e-mail: recept@nniigp.ru; тел.: 8 (831) 419-61-94; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9276-7043>).

Иванова Юлия Валентиновна – кандидат медицинских наук, научный сотрудник клинического отдела (e-mail: iul.999@yandex.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1251-4610>).

¹ О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации: Указ Президента РФ от 02.07.2021 № 400 [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://base.garant.ru/401425792/> (дата обращения: 30.10.2022); О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года (с изменениями и дополнениями): Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://base.garant.ru/71937200/#friends> (дата обращения: 03.11.2022).

Большое внимание уделяется состоянию здоровья людей трудоспособного возраста, работающих во вредных условиях труда [1]. В этом случае ключевую роль играют предварительные и периодические медицинские осмотры, одна из задач которых – выявление ранних признаков профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний. Своевременному раннему выявлению заболеваний помогают биомаркеры – количественные показатели состояния здоровья человека. Биомаркер может явиться индикатором риска и развития заболевания, диагностики и эффективности лечения.

Одним из таких маркеров является биохимический маркер глутатион. Несмотря на то, что изучение структурно-функциональных взаимоотношений в системе глутатиона идет десятки лет, многие вопросы, касающиеся функции глутатиона в норме и при патологии, требуют углубленного исследования.

Глутатион является основным внутриклеточным антиоксидантом, который удаляет активные формы кислорода и азота неферментативным или ферментативным путем. Внутриклеточный глутатион существует в виде мономера в восстановленной форме (GSH) и в виде дисульфидного димера – в окисленной форме (GSSG), которая образуется после окисления GSH. Восстановленная и окисленная формы глутатиона представляют собой основной окислительно-восстановительный буфер клетки. В физиологических условиях наблюдаются более высокие концентрации GSH по сравнению с GSSG. Соотношение фракций GSH / GSSG рассматривается некоторыми авторами как маркер оксидативного стресса (ОС) [2]. Дефицит GSH или снижение соотношения GSH / GSSG в значительной степени свидетельствует об ОС и сниженной антиоксидантной способности клеток, повышенные уровни GSH говорят об усилении антиоксидантной способности и устойчивости к ОС [3]. Исследования фракций глутатиона показали, что у здоровых людей соотношение «GSH / GSSG» составляет около 10:1, а уменьшение соотношения является маркером оксидативного стресса [4].

Функции глутатиона очень разнообразны. Глутатион предотвращает окислительное повреждение клеток, усиливает функции иммунной системы, участвует в посттрансляционной модификации белков, принимает участие в синтезе и восстановлении ДНК, в клеточной пролиферации, дифференцировке и регуляции клеточной гибели, включая пути апоптоза. Глутатион играет важную роль в процессе неферментативного глутатионилирования белков, регулируя тем самым структуру и функцию белка, изменяя форму, заряд и размер белка-мишени, защищает белки от дальнейшего необратимого перекисления [5].

Нарушения в системе глутатиона отмечены при многих заболеваниях. Снижение уровня восстановленного и увеличение окисленного глутатиона были выявлены при сахарном диабете, инсульте,

артериальной гипертензии, после операций на сердце, при неврологических заболеваниях, шизофрении, болезни Альцгеймера [6–9]. Снижение GSH и увеличение фракции GSSG наблюдались при многих заболеваниях легких: хронической обструктивной болезни легких, бронхиальной астме, идиопатическом легочном фиброзе, кистозном фиброзе, острым респираторном дистресс-синдроме [10, 11]. Установлено, что окислительно-восстановительный баланс является ключевым в сохранении здоровья человека. В связи с этим оптимизация уровня глутатиона в организме была предложена в качестве стратегии укрепления здоровья и профилактики заболеваний, хотя причинно-следственная связь между статусом глутатиона и риском заболевания или лечением до конца не установлена [12]. Учитывая множество ролей, которые играет GSH, трудно установить причинно-следственную связь между изменениями уровня GSH и развитием того или иного заболевания [13].

В систему глутатиона входит ряд ферментов, осуществляющих важные антиоксидантные функции. Глутатионпероксидазы обезвреживают перекись водорода и восстанавливают окисленные липиды [14]. Глутатионредуктаза восстанавливает окисленный глутатион (GSSG) и поддерживает в клетках постоянный уровень восстановленного глутатиона (GSH) [15]. Глутатион-S-трансферазы защищают клетки от воздействия окружающей среды за счет функции детоксикации, катализируя процесс конъюгации GSH [16].

В неблагоприятных условиях система глутатиона направлена на сохранение гомеостаза организма путем работы его ферментных систем, ориентированных на сохранение сбалансированного взаимоотношения между его отдельными фракциями – окисленная форма глутатиона быстро переходит в восстановленную, система глутатиона снова восстанавливается и осуществляет свою антиоксидантную функцию. При воздействии неблагоприятных факторов окружающей и производственной среды (загрязненная атмосфера, табачный дым, радиация, химические соединения производственной среды, промышленные аэрозоли, шумовое воздействие, соединения, попадающие в организм с пищей, и т.д.) в избыточном количестве образуются свободные радикалы [17, 18]. По результатам, полученным рядом исследователей, вредные производственные факторы способствуют нарушению сбалансированной работы оксидантных и антиоксидантных систем [6, 7]. При избыточном образовании свободных радикалов и нарушениях в системе свободнорадикального окисления антиоксидантная функция глутатиона может быть нарушена, что проявляется в конечном счете в избыточном образовании его окисленной формы и снижении восстановленной. Обобщая данные многочисленных исследований, можно утверждать, что сбой в системе глутатиона отрицательно сказывается на течении и прогнозе

уже имеющихся различных заболеваний и может способствовать возникновению новых патологий различного генеза.

Цель исследования – дать оценку глутатиону как неспецифическому прогностическому фактору риска нарушения и ухудшения состояния здоровья лиц, работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей.

Материалы и методы. Под наблюдением находилось 245 человек. Обследуемые были разделены на пять групп:

1-я группа (контроль) – практически здоровые лица, работающие в разных сферах производства, которые в своей трудовой деятельности не подвергались воздействию промышленных аэрозолей (работники рекламного агентства, менеджеры, работники офисов и бухгалтерии) (44 человека – мужчины в возрасте 57 (53–59) лет, стаж работы – $13,9 \pm 8,5$ г.).

2-я группа – практически здоровые лица, работающие на металлургическом заводе Нижегородской области (55 человек – мужчины в возрасте 52 (47–54) лет, стаж работы – $13,8 \pm 7,7$ г.), которые подвергались преимущественному воздействию сварочных и кремнийсодержащих аэрозолей по большей части фиброгенного действия (электрогазосварщики, стропальщики, резчики металла, фрезеровщики, вальцовщики), не имеющие функциональных признаков нарушения легочной вентиляции.

3-я группа – практически здоровые лица, работающие на металлургическом заводе Нижегородской области (39 человек – мужчины в возрасте 51 (45–55) года, стаж работы – $13,3 \pm 7,5$ г.), которые подвергались преимущественному воздействию сварочных и кремнийсодержащих аэрозолей по большей части фиброгенного действия (электрогазосварщики, стропальщики, резчики металла, фрезеровщики, вальцовщики), имеющие функциональные признаки нарушения легочной вентиляции.

4-я группа – стажированные работники автомобилестроительного предприятия г. Нижнего Новгорода, больные хроническим пылевым необструктивным бронхитом (пХНБ) вне обострения, вызванным длительным воздействием сварочных и кремнийсодержащих аэрозолей преимущественного фиброгенного действия, которые находились в постконтактном периоде и наблюдались в терапевтической клинике ФБУН ННИИГП Роспотребнадзора (29 человек (14 мужчин и 15 женщин) в возрасте

59 (55–60) лет, стаж работы во вредных условиях – $27,8 \pm 8,0$ г.).

5-я группа – стажированные работники автомобилестроительного предприятия г. Нижнего Новгорода, больные хронической обструктивной болезнью легких профессиональной этиологии (пХОБЛ) стабильного течения, вызванной длительным воздействием сварочных и кремнийсодержащих аэрозолей преимущественного фиброгенного действия, находившиеся под наблюдением в клинике ФБУН ННИИГП Роспотребнадзора (78 человек (12 женщин и 66 мужчин) в возрасте 59 (58–63) лет, стаж работы во вредных условиях – $26,0 \pm 8,0$ г.).

Из исследования были исключены лица с острыми инфекционными заболеваниями, злокачественными образованиями, сахарным диабетом, обострениями хронических заболеваний.

Работа была выполнена с информированного согласия пациентов на участие в нем и одобрена локальным этическим комитетом ФБУН ННИИГП Роспотребнадзора.

Данные об условиях труда для работающих 2-й и 3-й групп предоставлялись работодателем в соответствии с ФЗ № 426 от 28.12.2013 «О специальной оценке условий труда»². Согласно данной оценке среднесменные значения пыли с содержанием диоксида триоксида на разных участках колебались от 0,65 до 7,2 мг/м³ (при ПДК 6,0 мг/м³), диоксида кремния (при содержании пыли от 10 до 70 %) – от 0,44 до 2,4 мг/м³ (ПДК 2,0 мг/м³), электрокорунда – от 1,8 до 6,6 мг/м³ (ПДК 6,0 мг/м³). Среднесменные концентрации диоксида кремния, электрокорунда и диоксида триоксида в воздухе рабочих мест превышали ПДК в 1,1–1,2 раза. Класс условий труда 3.1 («вредный» первой степени).

Диагноз ХОБЛ был поставлен на основании критериев Глобальной стратегии по диагностике и лечению ХОБЛ (Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease – GOLD, 2021) [19] и Федеральных клинических рекомендаций Российского респираторного общества [20]. Диагноз пХНБ был установлен на основании критериев Национального руководства³. Диагноз профессионального заболевания был установлен в соответствии с «Положением о расследовании и учете профессиональных заболеваний» (Постановление Правительства РФ от 15.12.2000 г. № 967)⁴ и приказом Минздрава-соцразвития России от 27 апреля 2012 г. № 417н

² О специальной оценке условий труда: Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ / принят Госдумой 23 декабря 2013 г., одобрен Советом Федерации 25 декабря 2013 г. [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156555/ (дата обращения: 01.11.2022).

³ Профессиональные заболевания органов дыхания: национальное руководство / под ред. акад. РАН Н.Ф. Измерова, акад. РАН А.Г. Чучалина. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 792 с.

⁴ Об утверждении Положения о расследовании и учете профессиональных заболеваний (с изменениями и дополнениями): Постановление Правительства РФ от 15 декабря 2000 г. № 967 [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://base.garant.ru/182775/> (дата обращения: 07.02.2023).

«Об утверждении перечня профессиональных заболеваний»⁵.

У всех обследованных изучалась функция внешнего дыхания при помощи спирометра Spirolab III ОХУ (Италия) с оценкой следующих параметров: форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ, % должн), объем форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ₁, % должн), расчетное соотношение этих параметров (ОФВ₁ / ФЖЕЛ, %) – модифицированный индекс Тиффно (МИТ) и максимальная объемная скорость выдоха на уровне 75 % ФЖЕЛ (МОС 75 %).

У всех обследуемых определяли концентрацию общего глутатиона (TG), восстановленного (GSH) и окисленного (GSSG) в цельной крови по методу Элмана [21]. После забора образцы крови помещались в лед, затем замораживались при температуре минус 70–80 °С. Центрифугирование образцов на всех этапах анализа проходило при 4 °С в предварительно охлажденной центрифуге при 10 000 об./мин в течение 10 мин. Рассчитывали отношение концентраций GSH / GSSG: величину отношения менее 10 оценивали как критическую, что свидетельствовало о функциональной недостаточности антиоксидантной системы [4].

Статистическая обработка результатов проводилась методами вариационной статистики на персональном компьютере с использованием программы Statistica 6.1 (StatSoft Inc, USA). С использованием критерия Шапиро – Уилка были проведены анализ нормальности распределения признаков и анализ равенства дисперсий. Для признаков, распределения которых отклонялись от нормального, были использованы методы непараметрической статистики – *U*-критерий Манна – Уитни. Данные представлены как *Med* ± *IQR* (25–75 %). Для определения статистической значимости отличий между качественными признаками применяли критерий хи-квадрат (χ^2) с поправкой Йейтса, при значении ожидаемого явления менее 10 применялся точный критерий Фишера (*F*-критерий Фишера). Рассчитывалась прогностическая значимость показателей фракций глутатиона⁶, а также риск возникновения дисбаланса его фракций у лиц, работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей. Для сравнения вероятности исхода в зависимости от фактора риска составляли четырехпольную таблицу сопряженности, рассчитывали относительный риск (*RR*) и его 95%-ный доверительный интервал (95 % ДИ). Показатель считался положительным при его значении > 1. Различия считались достоверными, если доверительный интервал данного показателя не включал в себя единицу. Для определения влияния фактора риска на вероятность исхода определяли отношение шансов (*OR*) и 95%-ный доверительный

интервал (95 % ДИ). Критический уровень значимости результатов исследования принимался при $p < 0,05$. Значения p от 0,05 и до 0,1 включительно расценивались как тенденция.

Результаты и их обсуждение. В табл. 1 представлены данные спирометрии у обследованных.

В ходе проведенных исследований было установлено, что работающие 2-й и 3-й групп в основном не предъявляли жалоб на состояние здоровья, несмотря на выявленные функциональные признаки нарушения легочной вентиляции в группе 3 (величина МОС 75 % колебалась от 37 до 68 %). У пяти лиц данной группы были выявлены начальные признаки пХНБ – периодически возникающий кашель, небольшая одышка, которым работающие не придавали особого значения. Средняя величина МОС 75 % в группе 3 была достоверно ниже по сравнению с группой 2, где величина МОС 75 % колебалась от 79 до 98 % ($p_{2,3}=0,002$, критерий Манна – Уитни) и достоверно превышала величину МОС 75 % в группах 4 и 5 на 20–29 % ($p_{3,4}=0,02$; $p_{3,5}=0,012$, критерий Манна – Уитни).

Результаты исследования уровней глутатиона и его фракций в крови обследуемых представлены в табл. 2.

При анализе полученных данных были выявлены достоверные различия в количественном содержании глутатиона и его фракций между контрольной группой и группами 3, 4 и 5. Между группами 1 и 2 достоверные различия выявлены только в содержании GSSG и величине GSH / GSSG ($p_{1,2}^{GSSG}=0,023$; $p_{1,2}^{GSH/GSSG}=0,01$, критерий Манна – Уитни). Следует отметить, что у работающих лиц с функциональными признаками нарушения легочной вентиляции (группа 3) выявлены достоверные различия в количественном содержании глутатиона и его фракций, по сравнению с работающими лицами без признаков нарушения легочной вентиляции (группа 2): ($p_{2,3}^{TG}=0,015$; $p_{2,3}^{GSSG}=0,01$; $p_{2,3}^{GSH/GSSG}=0,019$; $p_{2,3}^{GSSG\%}=0,021$, критерий Манна – Уитни).

Для расчета диагностической чувствительности, специфичности и прогностической значимости показателей фракций глутатиона были отобраны показатели, уровни которых во всех группах обследуемых лиц (№ 2–5) достоверно отличались от их уровней в контрольной группе. На основании данных, представленных в табл. 2, были выбраны показатели GSSG и GSH / GSSG. Диагностическая специфичность для данных маркеров составляла 93,2 и 88,6 % соответственно. В табл. 3 представлены диагностическая чувствительность и прогностическая значимость фракции GSSG и коэффициента GSH / GSSG у работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей и больных бронхолегочной патологией.

⁵ Об утверждении перечня профессиональных заболеваний: Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 27 апреля 2012 г. № 417н [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://base.garant.ru/70177874/> (дата обращения: 07.02.2023).

⁶ Павловская Н.А. Ранняя диагностика профессиональных заболеваний: руководство. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 128 с.

Таблица 1

Параметры спирометрии у обследуемых, $Med \pm IQR$ (25–75 %)

Группа	ФЖЕЛ, %	ОФВ ₁ , %	МИТ	МОС 75 %
Группа 1 (контроль), $n = 44$	100,6 (95–113)	98,5 (94–106)	0,86 (0,80–0,98)	82 (80,1–85,2)
Группа 2 (МОС 75 % от 70 % и более), $n = 55$	105,8 (96–117)	95,4 (91–101,2)	0,92 (0,83–0,98)	89 (81,0–96,0)
Группа 3 (МОС 75 % менее 70 %), $n = 39$	98,4 (88,7–102,5)	100 (96–109)	0,89 (0,81–0,95)	58 (46,5–64,0)
Группа 4 (больные пХНБ), $n = 29$	65,5 (58–74)	59 (54–71,5)	0,78 (0,73–0,85)	46 (41,8–49)
Группа 5 (больные пХОБЛ), $n = 78$	62 (61–75)	50 (52–63)	0,65 (0,65–0,69)	41 (38,7–43)

Примечание: ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких, в % от должного; ОФВ₁ – объем форсированного выдоха за первую секунду, в % от должного; МИТ – модифицированный индекс Тиффно; МОС 75 % – максимальная объемная скорость воздуха на уровне выдоха 75 % от ФЖЕЛ.

Таблица 2

Количественные показатели глутатиона и его фракций у работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей, больных пХНБ и пХОБЛ, $Med \pm IQR$ (25–75 %)

Показатель	Обследованные				
	группа 1 (контроль), $n = 44$	группа 2 (МОС 75 % от 70 % и более), $n = 55$	группа 3 (МОС 75 % менее 70 %), $n = 39$	группа 4 (больные пХНБ), $n = 29$	группа 5 (больные пХОБЛ), $n = 78$
Фракции глутатиона (референтные значения)	Количество глутатиона и его фракций, $Med \pm IQR$ (25–75 %)				
TG (900–1500 мкмоль/л)	1270,8 (1145,8–1370,5)	1269,5 (1128,5–1401,3)	993,9 (856,1–1121,5)	1000,1 (891,3–1101,1)	968,2 (820,1–1060,2)
GSH (750–1300 мкмоль/л)	1072,5 (1002,5–1272,8)	1035,6 (910,0–1144,5)	990,5 (933,3–1077,6)	806,7 (632,5–869,9)	783,4 (584,2–929,4)
GSSG (45–100 мкмоль/л)	62,6 (28,8–109,6)	96,0* (71,5–123,4)	110,8* (87,5–164,5)	109,4* (71,7–127,4)	99,7* (49,1–129,8)
GSH / GSSG (от 10 и более)	19,6 (9,9–40,9)	11,1* (6,8–13,3)	8,7* (5,9–11,9)	6,7* (4,7–11,5)	8,7* (5,8–14,6)
% GSSG от TG (менее 10 %)	4,0 (2,6–7,2)	4,1 (2,9–8,8)	9,0 (7,9–13,7)	11,4 (7,1–14,4)	9,3 (6,0–12,9)

Примечание: * – p (критерий Манна – Уитни) – статистически значимое различие в содержании GSSG и величине GSH / GSSG с контрольной группой ($p < 0,05$).

Таблица 3

Диагностическая чувствительность и прогностическая значимость GSSG и GSH / GSSG у работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей, %

Показатель (референтные значения)	Обследованные				
	группа 1 (контроль), <i>n</i> = 44	группа 2 (МОС 75 % от 70 % и более), <i>n</i> = 55	группа 3 (МОС 75 % менее 70 %), <i>n</i> = 39	группа 4 (больные пХНБ), <i>n</i> = 29	группа 5 (больные пХОБЛ), <i>n</i> = 78
	Диагностическая чувствительность (частота выявления повышенных (↑) и пониженных (↓) значений, %)				
	GSSG (45–100 мкмоль/л)	6,8 (↑)	50,9 (↑)	58,9 (↑)	55,2 (↑)
GSH / GSSG (от 10 и более)	11,4 (↓)	52,7 (↓)	53,8 (↓)	62,1 (↓)	61,5 (↓)
	Прогностическая значимость, %				
GSSG (45–100 мкмоль/л)	-	88,2	89,6	89	86,8
GSH / GSSG (от 10 и более)	-	82,2	82,5	84,5	84,4

Анализ полученных данных показал, что повышенный уровень GSSG (более 100 мкмоль/л) в группах 2–4 выявлялся с частотой более 50 % (диагностическая чувствительность). В группах работающих в условиях воздействия аэрозолей диагно-

стическая чувствительность была одинаковой ($\chi^2 = 2,045$; $p_{2,3} = 0,153$) и достоверно превышала данный показатель в группе контроля в 7–8 раз ($F = 0,00007$; $p_{1,2} < 0,05$; $F = 0,00000$; $p_{1,3} < 0,05$). Аналогичные результаты были получены в группах

больных пХНБ и пХОБЛ: диагностическая чувствительность GSSG в данных группах не отличалась ($\chi^2=0,534$; $p_{4,5}=0,466$) и достоверно превышала данный показатель в группе контроля ($F=0,00001$; $p_{1,4}<0,05$; $F=0,00001$; $p_{1,5}<0,05$).

Пониженный уровень GSH / GSSG (менее 10 ед.) выявлялся с частотой 50–60 % во всех группах обследованных лиц. В группах работающих в условиях воздействия аэрозолей диагностическая чувствительность коэффициента GSH / GSSG не различалась ($\chi^2=0,588$; $p=0,444$) и достоверно превышала данный показатель в 4–5 раз в группе контроля ($\chi^2=10,783$; $p_{1,2}=0,002$; $\chi^2=15,426$; $p_{1,3}<0,001$). В группах больных пХНБ и пХОБЛ диагностическая чувствительность GSH / GSSG также была одинаковой ($\chi^2=0,30$; $p=0,863$) и достоверно превышала данный показатель в группе контроля ($\chi^2=18,542$; $p_{1,4}<0,001$; $\chi^2=26,818$; $p_{1,5}<0,001$).

Выявлена высокая прогностическая значимость (80 % и более) для показателей GSH / GSSG и GSSG при воздействии аэрозолей на организм работающих. Был установлен значимый риск нарушений отношения фракций глутатиона GSH / GSSG у работающих в условиях воздействия аэрозолей ($RR=3,208$; 95 % ДИ (1,143–9,002); $p<0,05$). Показатель относительного риска свидетельствует о влиянии промышленных аэрозолей фиброгенного типа действия на развитие нарушений в работе системы глутатиона. Установлено, что у работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей шанс выявить нарушения в работе системы глутатиона увеличивается в 12 раз ($OR=11,632$; 95 % ДИ (2,369–57,099)), у больных пХНБ – в 11 раз ($OR=10,632$; 95 % ДИ (2,008–56,334)), у больных ХОБЛ – в 10 раз ($OR=10,400$; 95 % ДИ (2,192–49,346)) относительно работающих контрольной группы.

Таким образом, полученные данные показали, что более чем у половины работающих в контакте с промышленными аэрозолями выявляются негативные изменения в системе глутатиона, что свидетельствует о нарушении окислительно-восстановительного баланса, развитии ОС и снижении антиоксидантной защиты с участием глутатиона. Подобные изменения были выявлены и у больных бронхолегочной патологией – пХНБ и пХОБЛ, находившихся в постконтактном периоде. Несмотря на то, что контакт с промышленными аэрозолями был прекращен, система глутатиона, независимо от проводимой терапии у больных хронической бронхолегочной патологией, оставалась нарушенной, и механизм этих нарушений требует более глубокого изучения. Следует отметить, что глутатион относится к неспецифическим биомаркерам антиоксидантной защиты организма, а его прогностическая роль в развитии того или иного заболевания, по-видимому, будет зависеть от экзогенных факторов риска, воздействующих на работников. В профессиональной патологии чрезвычайно трудно выявить высокоспецифичные информативные тесты для того или иного

профессионального заболевания, поскольку в их развитии важную роль играют вредные факторы производственной среды, которые помимо непосредственного влияния на органы и системы организма могут негативно воздействовать на биомаркер и его метаболизм. В связи с этим возможность использования в профпатологии тестов с чувствительностью более 50 % и прогностической значимостью не менее 80 % вполне оправдана.

Проведенный в статье анализ информативности фракций глутатиона показал, что восстановленный глутатион, несмотря на высокую специфичность (снижение его величины не было выявлено ни у одного обследуемого контрольной группы), имел низкую чувствительность (7,5 % у работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей и 42 % у больных хронической бронхолегочной патологией). Его применение возможно лишь в качестве показателя прогрессирования заболевания и развития осложнений. Большей информативностью обладают фракция окисленного глутатиона и величина отношения восстановленного глутатиона к окисленному. Данные показатели имеют достаточно высокие диагностические специфичность (более 80 %) и чувствительность (более 50 %) во всех группах обследуемых лиц. Их применение возможно как для формирования групп среди лиц, работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей, для углубленного мониторинга их здоровья, так и в качестве показателей риска развития бронхолегочной патологии. При пХНБ и ХОБЛ, вызванных воздействием промышленных аэрозолей, данные показатели могут свидетельствовать о неблагоприятном прогностическом течении заболеваний и эффективности проводимой терапии.

Выводы. Безусловно, трудно определить причинно-следственные отношения между развитием той или иной патологии и нарушениями в системе глутатиона, требуются более углубленные исследования. Полученные результаты не дают прямого доказательства участия глутатиона в развитии бронхолегочной патологии, в частности пХНБ и пХОБЛ, поскольку его функции слишком разнообразны. Хотя нельзя не отметить, что снижение антиоксидантной защиты, в которой глутатион играет первостепенную роль, приводит к высокому уровню оксидативного стресса, который является одним из важных звеньев в развитии ХОБЛ. Однако на проведение лечебных и профилактических мероприятий, направленных на снижение избыточного количества свободных радикалов и повышение антиоксидантной защиты организма человека, включая систему глутатиона, обращено недостаточное внимание клиницистов, в том числе профпатологов. Необходимо более тщательное исследование влияния факторов окружающей и производственной среды на систему свободнорадикального окисления и антиоксидантной защиты.

Исследования показывают, что «антиоксидантные подходы», включая питание, витаминно-

терапию, нейропротекторные, противовоспалительные средства, которые нейтрализуют активные формы кислорода, могут иметь терапевтическую эффективность при лечении многих заболеваний. Обсуждаются вопросы применения глутатиона и его метаболитов в терапевтической практике [22–24].

На основании проведенных исследований были выбраны фракция окисленного глутатиона и коэффициент отношения восстановленного глутатиона

к окисленному как наиболее информативные прогностические показатели риска ухудшения здоровья работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей и возможного развития у них бронхолегочной патологии.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В., Прокопенко Л.В. Концепция осуществления государственной политики, направленной на сохранение здоровья работающего населения России на период до 2020 года и дальнейшую перспективу // *Здоровье населения и среда обитания* – 3НиСО. – 2014. – № 9 (258). – С. 4–7.
2. Schafer F.Q., Buettner G.R. Redox environment of the cell as viewed through the redox state of the glutathione disulfide couple // *Free Radic. Biol. Med.* – 2001. – Vol. 30, № 11. – P. 1191–1212. DOI: 10.1016/s0891-5849(01)00480-4
3. Mitochondrial dysfunction and oxidative stress in heart disease / J.N. Peoples, A. Saraf, N. Ghazal, T.T. Pham, J.Q. Kwong // *Exp. Mol. Med.* – 2019. – Vol. 51, № 12. – P. 1–13. DOI: 10.1038/s12276-019-0355-7
4. Бабак О.Я. Глутатион в норме и при патологии: биологическая роль и возможности клинического применения // *Здоровье Украины*. – 2015. – № 1. – С. 1–3.
5. Emerging mechanisms of glutathione-dependent chemistry in biology and disease / Y.M.W. Janssen-Heininger, J.D. Nolin, S.M. Hoffman, J.L. van der Velden, J.E. Tully, K.G. Lahue, S.T. Abdalla, D.G. Chapman [et al.] // *J. Cell. Biochem.* – 2013. – Vol. 114, № 9. – P. 1962–1968. DOI: 10.1002/jcb.24551
6. Shahid S.U., Shabana, Humphries S. The SNP rs10911021 is associated with oxidative stress in coronary heart disease patients from Pakistan // *Lipids Health Dis.* – 2018. – Vol. 17, № 1. – P. 6. DOI: 10.1186/s12944-017-0654-8
7. Investigating the causes for decreased levels of glutathione in individuals with type II diabetes / M. Lagman, J. Ly, T. Saing, M.K. Singh, E.V. Tudela, D. Morris, P.-T. Chi, C. Ochoa [et al.] // *PLoS One*. – 2015. – Vol. 10, № 3. – P. e0118436. DOI: 10.1371/journal.pone.0118436
8. Inadequate cytoplasmic antioxidant enzymes response contributes to the oxidative stress in human hypertension / F.J. Chaves, M.L. Mansego, S. Blesa, V. Gonzalez-Albert, J. Jiménez, M.C. Tormos, O. Espinosa, V. Giner [et al.] // *Am. J. Hypertens.* – 2007. – Vol. 20, № 1. – P. 62–69. DOI: 10.1016/j.amjhyper.2006.06.006
9. Iskushnykh I.Y., Zakharova A.A., Pathak D. Glutathione in Brain Disorders and Aging // *Molecules*. – 2022. – Vol. 27, № 1. – P. 324. DOI: 10.3390/molecules27010324
10. Methodological fallacies in the determination of serum/plasma glutathione limit its translational potential in chronic obstructive pulmonary disease / S. Sotgia, A.G. Fois, P. Paliogiannis, C. Carru, A.A. Mangoni, A. Zinellu // *Molecules*. – 2021. – Vol. 26, № 6. – P. 1572. DOI: 10.3390/molecules26061572
11. Antioxidant nutrients in plasma of Japanese patients with chronic obstructive pulmonary disease, asthma-COPD overlap syndrome and bronchial asthma / Y. Kodama, Y. Kishimoto, Y. Muramatsu, J. Tatebe, Y. Yamamoto, N. Hirota, Y. Itoigawa, R. Atsuta [et al.] // *Clin. Respir. J.* – 2017. – Vol. 11, № 6. – P. 915–924. DOI: 10.1111/crj.12436
12. Minich D.M., Brown B.I. A Review of Dietary (Phyto) Nutrients for Glutathione Support // *Nutrients*. – 2019. – Vol. 11, № 9. – P. 2073. DOI: 10.3390/nut11092073
13. Systematic review and meta-analysis of the blood glutathione redox state in chronic obstructive pulmonary disease / S. Sotgia, P. Paliogiannis, E. Sotgiu, S. Mellino, E. Zinellu, A.G. Fois, P. Pirina, C. Carru [et al.] // *Antioxidants (Basel)*. – 2020. – Vol. 9, № 11. – P. 1146. DOI: 10.3390/antiox9111146
14. Brigelius-Flohe R., Flohe L. Regulatory phenomena in the glutathione peroxidase superfamily // *Antioxid. Redox Signal.* – 2020. – Vol. 33, № 7. – P. 498–516. DOI: 10.1089/ars.2019.7905
15. Wang L., Ahn Y.J., Asmis R. Sexual dimorphism in glutathione metabolism and glutathione-dependent responses // *Redox Biol.* – 2020. – Vol. 31. – P. 101410. DOI: 10.1016/j.redox.2019.101410
16. GSTM1 modulation of IL-8 expression in human bronchial epithelial cells exposed to ozone / W. Wu, V. Doroswamy, D. Diaz-Sanchez, J.M. Samet, M. Kesic, L. Dailey, W. Zhang, I. Jaspers, D.B. Peden // *Free Radic. Biol. Med.* – 2011. – Vol. 51, № 2. – P. 522–529. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2011.05.006
17. The roles of environmental factors in regulation of oxidative stress in plant / X. Xie, Z. He, N. Chen, Z. Tang, Q. Wang, Y. Cai // *Biomed Res. Int.* – 2019. – Vol. 2019. – P. 9732325. DOI: 10.1155/2019/9732325
18. Environmental noise and the cardiovascular system / T. Münzel, F.P. Schmidt, S. Steven, J. Herzog, A. Daiber, M. Sørensen // *J. Am. Coll. Cardiol.* – 2018. – Vol. 71, № 6. – P. 688–697. DOI: 10.1016/j.jacc.2017.12.015
19. Global strategy for the diagnosis, management and prevention of chronic obstructive pulmonary disease (2021 report) [Электронный ресурс] // Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD 2021). – URL: https://goldcopd.org/wp-content/uploads/2020/11/GOLD-REPORT-2021-v1.1-25Nov20_WMV.pdf (дата обращения: 30.10.2022).
20. Хроническая обструктивная болезнь легких: федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению / А.Г. Чучалин, С.Н. Авдеев, З.Р. Айсанов, А.С. Белевский, И.В. Лещенко, С.И. Овчаренко, Е.И. Шмелев // *Пульмонология*. – 2022. – Т. 32, № 3. – С. 356–392. DOI: 10.18093/0869-0189-2022-32-3-356-392
21. Anethole dithiolethione lowers the homocysteine and raises the glutathione levels in solid tissues and plasma of rats: a novel non-vitamin homocysteine-lowering agent / D. Giustarini, P. Fanti, A. Sparatore, E. Matteucci, R. Rossi // *Biochem. Pharmacol.* – 2014. – Vol. 89, № 2. – P. 246–254. DOI: 10.1016/j.bcp.2014.03.005

22. Glutathione dysregulation and the etiology and progression of human diseases / N. Ballatori, S.M. Krance, S. Notenboom, S. Shi, K. Tieu, C.L. Hammond // *Biol. Chem.* – 2009. – Vol. 390, № 3. – P. 191–214. DOI: 10.1515/BC.2009.033
23. Биологическая роль глутатиона / О.А. Борисенок, М.И. Бушма, О.Н. Басалай, А.Ю. Радковец // *Медицинские новости.* – 2019. – № 7 (298). – С. 3–8.
24. The central role of glutathione in the pathophysiology of human diseases / R. Franco, O.J. Schoneveld, A. Pappa, M.I. Panayiotidis // *Arch. Physiol. Biochem.* – 2007. – Vol. 113, № 4–5. – P. 234–258. DOI: 10.1080/13813450701661198

Глутатион как прогностический фактор риска нарушения здоровья работающих лиц / Т.В. Блинова, Л.А. Страхова, В.В. Трошин, С.А. Колесов, И.А. Умнягина, Ю.В. Иванова // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 2. – С. 140–148. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.13

UDC 613.6; 616.24

DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.13.eng



Research article

GLUTATHIONE AS A PROGNOSTIC FACTOR OF HEALTH RISK IN WORKING POPULATION

T.V. Blinova, L.A. Strakhova, V.V. Troshin, S.A. Kolesov, I.A. Umnyagina, J.V. Ivanova

Nizhny Novgorod Scientific Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology, 20 Semashko Str.,
Nizhny Novgorod, 603105, Russian Federation

Redox balance plays the key role in maintaining health. Optimizing glutathione levels has been proposed as a strategy for health promotion and disease prevention, although cause-effect relationships between glutathione status and disease risk or treatment have not been fully clarified. This study aims to estimate glutathione as a non-specific prognostic risk factor of health disorders in people exposed to industrial aerosols at their workplaces. Our observation covered the following occupational groups: workers employed at a metallurgic plant who contacted industrial aerosols (welding and silicon-containing aerosols with predominantly fibrogenic effects); patients with non-obstructive chronic industrial bronchitis (NCIB) without exacerbation; patients suffering from occupational chronic obstructive pulmonary disease (oCOPD) who were in a post-exposure period; workers who were not exposed to industrial aerosols at their workplaces. Total glutathione (TG), reduced glutathione (GSH) and oxidized glutathione (GSSG) were identified in whole blood by the Ellman method.

Elevated GSSG levels (higher than 100 $\mu\text{mol/l}$) and low values of the GSH/GSSG ratio (less than 10 units) were identified in more than 50 % of the workers exposed to industrial aerosols. These markers were established to have diagnostic sensitivity of more than 50 %, diagnostic specificity of more than 85 % and prognostic significance of more than 80 % for the examined groups. The GSSG level and GSH/GSSG ratio can be used as a prognostic indicator of health disorders in workers exposed to industrial aerosols and a possibility of chronic bronchopulmonary pathology developing in future.

Keywords: reduced glutathione, oxidized glutathione, ratio of glutathione fractions, industrial aerosols, bronchopulmonary pathology, oxidative stress, risk factor, working population.

© Blinova T.V., Strakhova L.A., Troshin V.V., Kolesov S.A., Umnyagina I.A., Ivanova J.V., 2023

Tatyana V. Blinova – Doctor of Medical Sciences, Leading Researcher at the Clinical Department (e-mail: btvndn@yandex.ru; tel.: +7 (915) 944-38-75; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5254-9378>).

Larisa A. Strakhova – Researcher at the Clinical Department (e-mail: strakhova.laris2019@yandex.ru; tel.: +7 (910) 381-72-47; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0672-6622>).

Vyacheslav V. Troshin – Candidate of Medical Sciences, Head of the Clinical Department (e-mail: recept@nniigp.ru; tel.: +7 (831) 419-61-94; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7077-0014>).

Sergei A. Kolesov – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at the Clinical Department (e-mail: recept@nniigp.ru; tel.: +7 (831) 419-61-94; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4379-0228>).

Irina A. Umnyagina – Candidate of Medical Sciences, director (e-mail: recept@nniigp.ru; tel.: +7 (831) 419-61-94; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9276-7043>).

Julija V. Ivanova – Candidate of Medical Sciences, Researcher at the Clinical Department (e-mail: iul.999@yandex.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1251-4610>).

References

1. Izmerov N.F., Bukhtiyarov I.V., Prokopenko L.V. Implementation concept of the state policy aimed at preserving health of Russia working population up to the year 2020 and beyond. *ZNiSO*, 2014, no. 9 (258), pp. 4–7 (in Russian).
2. Schafer F.Q., Buettner G.R. Redox environment of the cell as viewed through the redox state of the glutathione disulfide/ glutathione couple. *Free Radic. Biol. Med.*, 2001, vol. 30, no. 11, pp. 1191–1212. DOI: 10.1016/s0891-5849(01)00480-4
3. Peoples J.N., Saraf A., Ghazal N., Pham T.T., Kwong J.Q. Mitochondrial dysfunction and oxidative stress in heart disease. *Exp. Mol. Med.*, 2019, vol. 51, no. 12, pp. 1–13. DOI: 10.1038/s12276-019-0355-7
4. Babak O.Ya. Glutathione v norme i pri patologii: biologicheskaya rol' i vozmozhnosti klinicheskogo primeneniya [Glutathione in health and pathology: biological role and possibilities of clinical application]. *Zdorov'e Ukrainy*, 2015, no. 1, pp. 1–3 (in Russian).
5. Janssen-Heininger Y.M.W., Nolin J.D., Hoffman S.M., van der Velden J.L., Tully J.E., Lahue K.G., Abdalla S.T., Chapman D.G. [et al.]. Emerging mechanisms of glutathione-dependent chemistry in biology and disease. *J. Cell. Biochem.*, 2013, vol. 114, no. 9, pp. 1962–1968. DOI: 10.1002/jcb.24551
6. Shahid S.U., Shabana, Humphries S. The SNP rs10911021 is associated with oxidative stress in coronary heart disease patients from Pakistan. *Lipids Health Dis.*, 2018, vol. 17, no. 1, pp. 6. DOI: 10.1186/s12944-017-0654-8
7. Lagman M., Ly J., Saing T., Singh M.K., Tudela E.V., Morris D., Chi P.-T., Ochoa C. [et al.]. Investigating the causes for decreased levels of glutathione in individuals with type II diabetes. *PLoS One*, 2015, vol. 10, no. 3, pp. e0118436. DOI: 10.1371/journal.pone.0118436
8. Chaves F.J., Mansego M.L., Blesa S., Gonzalez-Albert V., Jiménez J., Tormos M.C., Espinosa O., Giner V. [et al.]. Inadequate cytoplasmic antioxidant enzymes response contributes to the oxidative stress in human hypertension. *Am. J. Hypertens.*, 2007, vol. 20, no. 1, pp. 62–69. DOI: 10.1016/j.amjhyper.2006.06.006
9. Iskusnykh I.Y., Zakharova A.A., Pathak D. Glutathione in Brain Disorders and Aging. *Molecules*, 2022, vol. 27, no. 1, pp. 324. DOI: 10.3390/molecules27010324
10. Sotgia S., Fois A.G., Paliogiannis P., Carru C., Mangoni A.A., Zinellu A. Methodological fallacies in the determination of serum/plasma Glutathione limit its translational potential in chronic obstructive pulmonary disease. *Molecules*, 2021, vol. 26, no. 6, pp. 1572. DOI: 10.3390/molecules26061572
11. Kodama Y., Kishimoto Y., Muramatsu Y., Tatebe J., Yamamoto Y., Hirota N., Itoigawa Y., Atsuta R. [et al.]. Antioxidant nutrients in plasma of Japanese patients with chronic obstructive pulmonary disease, asthma-COPD overlap syndrome and bronchial asthma. *Clin. Respir. J.*, 2017, vol. 11, no. 6, pp. 915–924. DOI: 10.1111/crj.12436
12. Minich D.M., Brown B.I. A Review of Dietary (Phyto)Nutrients for Glutathione Support. *Nutrients*, 2019, vol. 11, no. 9, pp. 2073. DOI: 10.3390/nu11092073
13. Sotgia S., Paliogiannis P., Sotgiu E., Mellino S., Zinellu E., Fois A.G., Pirina P., Carru C. [et al.]. Systematic review and meta-analysis of the blood glutathione redox state in chronic obstructive pulmonary disease. *Antioxidants (Basel)*, 2020, vol. 9, no. 11, pp. 1146. DOI: 10.3390/antiox9111146
14. Brigelius-Flohe R., Flohe L. Regulatory phenomena in the glutathione peroxidase superfamily. *Antioxid. Redox Signal.*, 2020, vol. 33, no. 7, pp. 498–516. DOI: 10.1089/ars.2019.7905
15. Wang L., Ahn Y.J., Asmis R. Sexual dimorphism in glutathione metabolism and glutathione-dependent responses. *Redox Biol.*, 2020, vol. 31, pp. 101410. DOI: 10.1016/j.redox.2019.101410
16. Wu W., Doreswamy V., Diaz-Sanchez D., Samet J.M., Kesic M., Dailey L., Zhang W., Jaspers I., Peden D.B. GSTM1 modulation of IL-8 expression in human bronchial epithelial cells exposed to ozone. *Free Radic. Biol. Med.*, 2011, vol. 51, no. 2, pp. 522–529. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2011.05.006
17. Xie X., He Z., Chen N., Tang Z., Wang Q., Cai Y. The roles of environmental factors in regulation of oxidative stress in plant. *Biomed Res. Int.*, 2019, vol. 2019, pp. 9732325. DOI: 10.1155/2019/9732325
18. Münzel T., Schmidt F.P., Steven S., Herzog J., Daiber A., Sørensen M. Environmental noise and the cardiovascular system. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2018, vol. 71, no. 6, pp. 688–697. DOI: 10.1016/j.jacc.2017.12.015
19. Global strategy for the diagnosis, management and prevention of chronic obstructive pulmonary disease (2021 report). *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD 2021)*. Available at: https://goldcopd.org/wp-content/uploads/2020/11/GOLD-REPORT-2021-v1.1-25Nov20_WMV.pdf (October 30, 2022).
20. Chuchalin A.G., Avdeev S.N., Aisanov Z.R., Belevskiy A.S., Leshchenko I.V., Ovcharenko S.I., Shmelev E.I. Federal guidelines on diagnosis and treatment of chronic obstructive pulmonary disease. *Pul'monologiya*, 2022, vol. 32, no. 3, pp. 356–392. DOI: 10.18093/0869-0189-2022-32-3-356-392 (in Russian).
21. Giustarini D., Fantì P., Sparatore A., Matteucci E., Rossi R. Anethole dithiolethione lowers the homocysteine and raises the glutathione levels in solid tissues and plasma of rats: a novel non-vitamin homocysteine-lowering agent. *Biochem. Pharmacol.*, 2014, vol. 89, no. 2, pp. 246–254. DOI: 10.1016/j.bcp.2014.03.005
22. Ballatori N., Krance S.M., Notenboom S., Shi S., Tieu K., Hammond C.L. Glutathione dysregulation and the etiology and progression of human diseases. *Biol. Chem.*, 2009, vol. 390, no. 3, pp. 191–214. DOI: 10.1515/BC.2009.033
23. Borisenok O.A., Bushma M.I., Basalai O.N., Radkovec A.Y. Glutathione biological role. *Meditsinskie novosti*, 2019, no. 7 (298), pp. 3–8 (in Russian).
24. Franco R., Schoneveld O.J., Pappa A., Panayiotidis M.I. The central role of glutathione in the pathophysiology of human diseases. *Arch. Physiol. Biochem.*, 2007, vol. 113, no. 4–5, pp. 234–258. DOI: 10.1080/13813450701661198

Blinova T.V., Strakhova L.A., Troshin V.V., Kolesov S.A., Umnyagina I.A., Ivanova J.V. Glutathione as a prognostic factor of health risk in working population. *Health Risk Analysis*, 2023, no. 2, pp. 140–148. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.13.eng

Получена: 09.11.2022

Одобрена: 13.02.2023

Принята к публикации: 02.06.2023



Научная статья

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИММУНОХИМИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ ЭФФЕКТА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ФАКТОРОВ РИСКА ВИБРАЦИОННОЙ БОЛЕЗНИ РАЗЛИЧНОГО ЭТИОГЕНЕЗА

Г.М. Бодиенкова, Е.В. Боклаженко

Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований, Россия, 665827, г. Ангарск, 12 «А» микрорайон, 3

В последние годы особую значимость приобретает проблема выявления прогностических рисков нарушений здоровья работающих в условиях воздействия факторов производственной среды, что является необходимым для обоснования профессионального генеза заболевания, биомаркеров экспозиции и оптимизации методологии оценки профессиональных рисков.

Осуществлена сравнительная оценка и проведен анализ иммунохимических маркеров эффекта (цитокинов, белков теплового шока, нейрональных антител (АТ)) в сыворотке крови пациентов с вибрационной болезнью (ВБ), индуцированной воздействием различных видов вибрации, для обоснования наиболее информативных диагностических критериев риска развития и течения заболевания.

Методом иммуноферментного анализа в сыворотке крови определяли цитокины, белки теплового шока, антитела к регуляторным белкам нервной ткани. У лиц, страдающих ВБ, сформировавшейся при одновременном воздействии общей и локальной вибрации, по сравнению с пациентами с ВБ, подвергавшимися воздействию только локальной вибрации, установлены однонаправленные, статистически значимо более выраженные изменения, характеризующиеся гиперактивацией провоспалительных реакций иммунного ответа (IL-1 β , TNF- α , INF γ), нарастанием концентраций АТ к белкам: S-100, ОБМ, NF-200, GFAP, В-зав. Са-каналу. Различия заключались в том, что у лиц с ВБ при совместном воздействии обоих видов вибрации дополнительно наблюдалось усиление продукции провоспалительного IL-8 и HSP27, в то время как у лиц с ВБ от локальной вибрации выявлено снижение HSP70.

Полученные результаты позволили подтвердить более выраженный характер нейроиммунного воспаления у пациентов с ВБ, сформировавшейся при сочетанном воздействии общей и локальной вибрации, что может свидетельствовать о более значимых факторах риска развития заболевания, а также позволяет выделить наиболее чувствительные биомаркеры диагностики ВБ различного этиогенеза.

Ключевые слова: вибрационная болезнь, цитокины, белки теплового шока, нейрональные антитела, воспаление, локальная вибрация, общая вибрация.

В последние годы особую значимость приобретает проблема выявления прогностических рисков нарушения здоровья работающих в условиях воздействия факторов производственной среды, что является необходимым для обоснования профессионального генеза заболевания, биомаркеров экспозиции и особенностей биологического ответа на воздействия [1, 2]. Известно, что вибрационная болезнь (ВБ) – это полисиндромальное заболевание, при котором страдают как периферические, так и центральные отделы нервной системы¹ [3]. В патологический процесс вовлечены спинномозговые, тала-

мические, корковые центры вибрационной чувствительности, гипоталамус [4, 5]. Ведущими синдромами ВБ являются дистальная вегетативно-сенсорная полиневропатия и ангиодистонический синдром. Многочисленными исследованиями показано, что нарушения при ВБ в нервной системе на всех стадиях ее формирования и течения сопровождаются изменениями в иммунной системе [6–9]. В современный период в условиях производства преимущественно встречается сочетанное воздействие общей и локальной вибрации. Локальная вибрация передается через руки, а при общей вибрации

© Бодиенкова Г.М., Боклаженко Е.В., 2023

Бодиенкова Галина Михайловна – доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией иммуно-биохимических и молекулярно-генетических исследований в гигиене (e-mail: immun11@ya.ru; тел.: 8 (904) 144-68-49; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0428-3063>).

Боклаженко Елена Валерьевна – кандидат медицинских наук, научный сотрудник лаборатории иммуно-биохимических и молекулярно-генетических исследований в гигиене (e-mail: belena.21@mail.ru; тел.: 8 (908) 650-24-29; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2025-8303>).

¹ Профессиональные болезни: учебник / Н.А. Мухин, В.В. Косарев, С.А. Бабанов, В.В. Фомин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 512 с.

чаще всего имеет место воздействие на весь организм, что не может не отражаться на клинической картине болезни. Вместе с тем в литературе в большей степени освещены вопросы патогенеза, клиники, диагностики ВБ, сформировавшейся при воздействии локальной вибрации. Имеются немногочисленные свидетельства об аддитивном действии общей и локальной вибрации [10]. Однако отсутствуют данные, касающиеся сравнительной оценки нейроиммунного ответа у больных ВБ различного этиогенеза, которые являются необходимыми для совершенствования методологии оценки профессионального риска, персонализированного подхода к диагностике и лечению заболевания.

Цель исследования – сравнительная оценка и анализ иммунохимических маркеров эффекта (циткинов, белков теплового шока, нейрональных антигенов (АН)) в сыворотке крови пациентов с вибрационной болезнью, индуцированной воздействием различных видов вибрации, для обоснования наиболее информативных диагностических критериев риска развития и течения заболевания.

Материалы и методы. Проведено лабораторно-иммунологическое обследование 137 мужчин с ВБ. Первую группу составили 50 пациентов с ВБ, обусловленной хроническим воздействием локальной вибрации (в возрасте $48,34 \pm 0,88$ г.). По профессии это – проходчики, горнорабочие очистного забоя, сварщики-клепальщики. Во вторую группу включены 53 пациента с ВБ, обусловленной сочетанным воздействием общей и локальной вибрации (в возрасте $52,21 \pm 0,49$ г.). По профессии это – машинисты буровых станков, водители большегрузного и гусеничного автотранспорта. По напряженности трудового процесса пациенты обеих групп относятся к классу 2, по тяжести – к классу 3.2. Для всех обследуемых первой и второй групп было характерно наличие профессионального заболевания, установленного во время контакта с вибрацией, отсутствие коморбидной патологии (ожирение, сахарный диабет, артериальная гипертензия и т.д.) и обострения каких-либо хронических заболеваний. Третья группа представлена 34 здоровыми, не имеющими хронических заболеваний на момент обследования мужчинами (в возрасте $50,35 \pm 1,69$ г.), которые не подвергались воздействию вибрации. Забор материала на исследование проводили до начала пандемии новой коронавирусной инфекции. Методом ИФА в сыворотке крови оценивали про- и противовоспалительные цитокины (IL-1 β , TNF- α , IL-2, IL-8, IL-10, IL-4, INF γ) с помощью наборов реагентов производства «Вектор-Бест» (г. Новосибирск). Количественное определение белков теплового шока – HSP27, HSP70 исследовали методом ИФА с использованием тест-систем ELISA kits HSP70, HSP27 Assay Design (Enzo Life Sciences, США). Определение АТ проводили с помощью стандартных тест-систем «ЭЛИ-Нейро-Тест» Московского научно-производственного объединения «Иммункулюс». Оценивали уровни наиболее информативных АТ класса IgG к

белкам: S-100, NF-200 (нейрофиламентному протеину), GFAP (глиальному кислому белку), ОБМ (основному белку миелина), В-зав. Са-канал (вольтажзависимому Са-каналу).

Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета прикладных программ Statistica 6.0 (StatSoft, USA). Проверку нормальности распределения выполняли с использованием критерия Шапиро – Уилкса. Результаты представлены в виде медианы (*Me*), нижнего (Q_{25}) и верхнего (Q_{75}) квартилей. За уровень статистической значимости различий принимали $p < 0,05$.

Обследование пациентов проходило в соответствии с этическим стандартом Хельсинкской декларации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации» (приказ № 266 Минздрава РФ от 19.06.2003).

Результаты и их обсуждение. Сравнительный анализ уровней отдельных про- и противовоспалительных цитокинов в сыворотке крови у пациентов с ВБ в зависимости от воздействующих производственных факторов позволил выявить общие закономерности и различия между сравниваемыми группами. У лиц как в первой, так и во второй группах установлено статистически значимое возрастание продукции провоспалительных IL-1 β ($p < 0,00001$ и $p < 0,00001$ соответственно) и TNF- α ($p = 0,0006$ и $p = 0,001$ соответственно) относительно третьей группы (таблица).

Дополнительно у лиц второй группы зарегистрировано нарастание другого провоспалительного медиатора воспаления – IL-8 – при сопоставлении с группой контроля ($p = 0,003$) и лицами с ВБ, обусловленной воздействием локальной вибрации ($p = 0,0003$). При этом у последних не выявлено различий по IL-8 при сопоставлении с группой контроля. Анализируя в сравниваемых группах концентрации INF γ , обеспечивающего взаимодействие множества клеточных систем, показано, что у пациентов второй группы медианные значения показателя были значимо ($p < 0,002$) выше, чем в первой и в третьей группах ($p < 0,00001$). Одновременно у лиц первой группы значение указанного показателя имело тенденцию к росту.

Важными показателями, наиболее адекватно отражающими неспецифическую реакцию клеток на внешние раздражители, являются белки теплового шока (HSP), или белки стресса. Рядом исследователей показано, что циркулирующие внеклеточные белки теплового шока могут обладать иммунорегуляторными свойствами, в свое время клетки иммунной системы могут быть источником внеклеточного пула HSP [9, 11, 12]. В связи с этим представлялось целесообразным в наших исследованиях провести сравнительный анализ изменения отдельных маркеров функционального состояния клеток (HSP27 и HSP70) (см. таблицу). Исследование внеклеточного HSP27 свидетельствовало, что у пациентов второй

Сравнительная оценка иммунохимических показателей у пациентов с ВБ, *Me (Q₂₅–Q₇₅)*

Наименование показателя	Единица измерения	Первая группа, <i>n</i> = 50	Вторая группа, <i>n</i> = 53	Третья группа, <i>n</i> = 34
IL-1	пг/мл	12,57 (6,14–36,6) <i>*p</i> = 0,0000	10,52 (6,17–39,17) <i>*p</i> = 0,0000	3,4 (1,21–6,19)
IL-2	пг/мл	3,39 (2,37–5,39)	4,79 (2,44–7,71)	4,22 (2,67–6,33)
IL-4	пг/мл	0,01 (0,01–0,01)	0,01 (0,01–0,57)	0,01 (0,01–0,69)
IL-8	пг/мл	6,63 (1,47–8,52)	13,09 (6,65–29,77) <i>*p</i> = 0,003; <i>•p</i> ¹⁻² = 0,0003	5,08 (1,41–13,40)
IL-10	пг/мл	0,58 (0,01–1,4)	0,01 (0,01–1,33)	0,01 (0,01–1,54)
TNFα	пг/мл	1,87 (1,50–2,86) <i>*p</i> = 0,0006	1,87 (0,84–3,3) <i>*p</i> = 0,001	0,73 (0,01–1,47)
INFγ	пг/мл	0,87 (0,01–2,24)	1,75 (0,72–21,7) <i>*p</i> = 0,0000; <i>•p</i> ¹⁻² = 0,002	0,01 (0,01–1,16)
HSP27	пг/мл	2,93 (0,41–6,83)	7,53 (6,76–9,63) <i>*p</i> = 0,0003	1,7 (0,57–3,61)
HSP70	пг/мл	0,1 (0,04–0,36) <i>*p</i> = 0,019	0,39 (0,33–0,42)	0,37 (0,13–0,41)
S-100	усл. ед	0,585 (0,54–0,686) <i>*p</i> = 0,00001	1,14 (0,942–1,19) <i>*p</i> = 0,000007; <i>•p</i> ¹⁻² = 0,00004	0,285 (0,240–0,410)
GFAP	усл. ед.	0,556 (0,483–0,618) <i>*p</i> = 0,00002	0,828 (0,525–0,903) <i>*p</i> = 0,000009; <i>•p</i> ¹⁻² = 0,009	0,368 (0,310–0,430)
NF-200	усл. ед	0,565 (0,449–0,661) <i>*p</i> = 0,000001	0,813 (0,662–0,854) <i>*p</i> = 0,000001; <i>•p</i> ¹⁻² = 0,0005	0,306 (0,250–0,320)
В-зав. Са кан	усл. ед	0,582 (0,516–0,686) <i>*p</i> = 0,000005	0,833 (0,751–1,12) <i>*p</i> = 0,0000005; <i>•p</i> ¹⁻² = 0,00001	0,215 (0,170–0,326)
ОБМ	усл. ед.	0,453 (0,370–0,558) <i>*p</i> = 0,000004	0,679 (0,522–0,758) <i>*p</i> = 0,000005; <i>•p</i> ¹⁻² = 0,0009	0,300 (0,270–0,360)

Примечание: * – различия при сопоставлении с третьей группой; • – между первой и второй группами.

группы наблюдается статистически значимое повышение его по сравнению с третьей группой ($p = 0,00003$), а при воздействии локальной вибрации наблюдалась лишь тенденция к его нарастанию. Установленный факт может свидетельствовать о прямом повреждении клеток, что способствовало высвобождению и выходу указанных белков во внеклеточное пространство [13]. Сывороточные концентрации HSP70 у пациентов второй группы не изменялись относительно контрольных данных, вместе с тем у лиц первой группы с ВБ, сформировавшейся при воздействии локальной вибрации, – статистически значимо снижались ($p < 0,019$). Выявленное снижение уровня HSP70 в сыворотке крови у пациентов первой группы, по-видимому, свидетельствует о накоплении его внутри клетки [14]. Отдельные авторы отмечают, что белки теплового шока могут приобретать аутоантигенное начало, что может способствовать повреждению сосудов [15], мембран эндотелия, которые являются наиболее уязвимыми при ВБ. Подтверждают указанный факт и экспериментальные исследования [16]. Поэтому для всестороннего комплексного понимания особенностей функционирования иммунобиохимиче-

ских процессов у пациентов с ВБ различного этиогенеза нами также исследованы наиболее информативные при профессиональных поражениях нервной системы нейроспецифические АТ. Как следует из данных, представленных в таблице, у пациентов с ВБ, как в первой, так и во второй группах, установлено статистически значимое ($p < 0,05$) повышение уровней АТ к белкам: S-100; ОБМ; NF-200; GFAP; В-зав. Са-каналу. При этом в ходе анализа отмечено, что у лиц с ВБ, сформировавшейся при сочетанном воздействии общей и локальной вибрации, медианные значения всех определяемых ауто-АТ статистически значимо выше, чем у лиц с ВБ, индуцированной локальной вибрацией. Наиболее выраженные различия зарегистрированы по АТ к белку S-100 у лиц с ВБ, обусловленной сочетанным воздействием общей и локальной вибрации, концентрация которых превышает почти в два раза ($p < 0,00004$) таковую у лиц с ВБ, сформировавшейся при воздействии локальной вибрации. Известно, что длительно сохраняющиеся избыточные концентрации АТ могут способствовать нарушениям иммунометаболических процессов в задействованных структурах нервной ткани различной степени выраженности вплоть

до их разрушения² [17]. Следует учесть, что многофункциональные белки S-100 в зависимости от концентрации могут оказывать как защитное, так и разрушающее действие на структуры нервной ткани. Выполняя регуляцию взаимодействия глии и нейронов в целом, белки S-100 тем самым обеспечивают функциональный гомеостаз клеток мозга [18]. Учитывая данные литературы и результаты нашего исследования, можно заключить о наличии наиболее выраженных изменений в нервной системе у пациентов с ВБ, обусловленной сочетанным воздействием общей и локальной вибрации, что может свидетельствовать о более значимых факторах риска развития заболевания при указанном воздействии.

Выявленные особенности изменений иммунохимических показателей у пациентов с ВБ различного этиогенеза согласуются и подтверждаются результатами нейрофизиологического обследования этих же лиц. У пациентов с ВБ, сформировавшейся при сочетании воздействия общей и локальной вибрации, регистрация соматосенсорных вызванных потенциалов позволила выявить более выраженные изменения в состоянии нейронов центральных афферентных проводящих структур на уровне соматосенсорной зоны коры и шейного отдела спинного мозга [19]. У этих же лиц с помощью метода нейроэнергокартирования обнаружены отличительные признаки, характеризующиеся тем, что у лиц с ВБ усиление постоянных потенциалов головного мозга отмечено по центральному отведению, а при воздействии локальной вибрации – по правому лобно-

му отведению [20]. Это дает основание выделить наиболее информативные биомаркеры эффекта к факторам риска развития ВБ различного этиогенеза.

Выводы. Таким образом, у пациентов с вибрационной болезнью, сформировавшейся в результате сочетанного воздействия общей и локальной вибрации, установлены однонаправленные, статистически значимо выраженные изменения, характеризующиеся гиперактивацией провоспалительных реакций иммунного ответа (IL-1 β , TNF- α , INF γ), нарастанием уровней АТ к белкам нервной ткани (S-100, ОБМ, NF-200, GFAP, В-зав. Са-каналу), что отличается от эффектов, обусловленных воздействием локальной вибрации. У лиц с ВБ, обусловленной сочетанным воздействием вибрации, выявлено увеличение концентраций IL-8 и HSP27, тогда как при ВБ под воздействием локальной вибрации фиксируется снижение HSP70. Полученные результаты позволили подтвердить более выраженный риск развития нейроиммунного воспаления у пациентов при сочетании воздействия общей и локальной вибрации и выделить наиболее чувствительные биомаркеры (IL-1 β , TNF- α , INF γ , АТ к S-100) диагностики развития и течения ВБ.

Финансирование. Работа выполнена за счет финансовых средств, выделенных в рамках Государственного задания ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Сааркоппель Л.М., Кирьяков В.А., Ошкoderов О.А. Роль современных биомаркеров в диагностике вибрационной болезни // Медицина труда и промышленная экология. – 2017. – № 2. – С. 6–10.
2. Жеглова А.В., Федина И.Н. Современные подходы к проведению профилактических осмотров рабочих виброопасных профессий // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 11. – С. 1048–1051. DOI: 10.1882/0016-9900-2016-95-11-1048-1051
3. Попова А.Ю. Состояние условий труда и профессиональная заболеваемость в Российской Федерации // Медицина труда и экология человека. – 2015. – № 3. – С. 7–13.
4. Вибрационная болезнь у работников авиастроительного предприятия: факторы формирования, клинические проявления, социально-психологические особенности / М.В. Кулешова, В.А. Панков, М.П. Дьякович, В.С. Рукавишников, Н.В. Сливницына, П.В. Казакова, Г.В. Бочкин // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97, № 10. – С. 915–920. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-10-915-920
5. Азовская Т.А., Вакурова Н.В., Лаврентьев Н.Е. О современных аспектах диагностики и классификации вибрационной болезни // Русский медицинский журнал. – 2014. – Т. 22, № 16. – С. 1206–1209.
6. Курчевенко С.И., Бодиенкова Г.М. Экспрессия поверхностных маркеров CD25+ и CD95+ на лимфоцитах периферической крови у пациентов с вибрационной болезнью // Acta Biomedica Scientifica. – 2020. – Т. 5, № 2. – С. 24–27. DOI: 10.29413/ABS.2020-5.2.4
7. Бараева Р.А., Бабанов С.А. Иммунный профиль при вибрационной болезни от воздействия локальной и общей вибрации // Санитарный врач. – 2015. – № 7. – С. 11–19.
8. Потапнев М.П. Аутофагия, апоптоз, некроз, клеток и иммунное распознавание своего и чужого // Иммунология. – 2014. – Т. 35, № 2. – С. 95–102.
9. Бодиенкова Г.М., Курчевенко С.И. Оценка цитокинов и белка теплового шока при вибрационной болезни // Медицинская иммунология. – 2018. – Т. 20, № 6. – С. 895–898. DOI: 10.15789/1563-0625-2018-6-895-898
10. Котиринич Е.А. Клинические особенности вибрационной патологии от воздействия общей низкочастотной вибрации и статодинамической перегрузки при управлении самодвижущейся техникой // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2006. – № 3 (49). – С. 96–98.
11. Влияние инкапсулированного белка теплового шока БТШ70 на основные функциональные свойства фагоцитов крови / О.Ю. Кочеткова, М.М. Юринская, М.Б. Евгеньев, О.Г. Зацепина, Л.И. Шабарчина, А.В. Сусликов, С.А. Тихоненко, М.Г. Винокуров // Доклады академии наук. – 2015. – Т. 465, № 4. – С. 506–509. DOI: 10.7868/S0869565215340277

² Полетаев А.Б. Молекулярная диспансеризация (новые подходы к раннему проявлению патологических изменений в организме человека: методические рекомендации для врачей. – М.: Иммунокулус, 2014. – 80 с.

12. Белки теплового шока – участники патогенеза остеоартроза / М.А. Кабалык, Б.И. Гельцер, А.Л. Осипов, М.Ф. Фадеев // Казанский медицинский журнал. – 2016. – Т. 97, № 5. – С. 744–749. DOI: 10.17750/KMJ2016-744
13. Regulation of age-related macular degeneration-like pathology by complement factor H / C.B. Toomey, U. Kelly, D.R. Saban, C. Bowes Rickman // Proc. Natl Acad. Sci. USA. – 2015. – Vol. 112, № 23. – P. E3040–9. DOI: 10.1073/pnas.1424391112
14. Андреева Л.И. Теоретическое и прикладное значение белков теплового шока 70 кДа; возможность практического применения и фармакологической коррекции // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. – 2002. – Т. 1, № 2. – С. 2–14.
15. Xu Q. Infections, heat shock proteins, and atherosclerosis // Curr. Opin. Cardiol. – 2003. – Vol. 18, № 4. – P. 245–252. DOI: 10.1097/00001573-200307000-00001
16. Prohaszka Z., Fust G. Immunological aspects of heat-shock proteins-the optimum stress of life // Mol. Immunol. – 2004. – Vol. 41, № 1. – P. 29–44. DOI: 10.1016/j.molimm.2004.02.001
17. Аномалии уровней сывороточных аутоантител к антигенам нервной ткани у больных шизофренией: мультипараметрическая иммунологическая оценка / В.А. Орлова, И.И. Михайлова, В.Л. Минутко, А.В. Симонова // Социальная и клиническая психиатрия. – 2015. – Т. 25, № 4. – С. 45–53.
18. Бодиенкова Г.М., Боклаженко Е.В. Динамика изменений нейротропных антител, индуцированных воздействием паров металлической ртути [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования: сетевое издание. – 2016. – № 2. – URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24425> (дата обращения: 15.02.2023).
19. Shevchenko O.I., Lakhman O.L. Neuropsychological features of patients with occupational diseases from exposure to physical factors // Information Society: Health, Economics and Law: International Scientific Conference. – 2019. – P. 123–130.
20. Шевченко О.И., Лахман О.Л. Состояние энергетического обмена головного мозга у пациентов с профессиональными заболеваниями от воздействия физических факторов // Экология человека. – 2020. – № 2. – С. 18–23. DOI: 10.33396/1728-0869-2020-2-18-23

Бодиенкова Г.М., Боклаженко Е.В. Сравнительная оценка иммунохимических маркеров эффекта при воздействии факторов риска вибрационной болезни различного этиогенеза // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 2. – С. 149–154. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.14

UDC 616-001.34:612.017.1

DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.14.eng

Read
online



Research article

IMMUNOCHEMICAL MARKERS OF EFFECT UNDER EXPOSURE TO RISK FACTORS CAUSING VIBRATION DISEASE OF DIFFERENT ETIOGENESIS: COMPARATIVE ASSESSMENT

G.M. Bodienkova, E.V. Boklazhenko

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 3 12 «А» mikroraion, Angarsk, 665826, Russian Federation

In recent years, it has become especially vital to identify prognostic risks of health disorders in workers exposed to harmful occupational factors. This is necessary for substantiating an occupational origin of a disease and biomarkers of exposure and for optimizing the occupational risk assessment methodology.

The aim of this study was to compare and analyze immunochemical markers of effect (cytokines, heat shock proteins, and neuronal antibodies (AB)) in blood serum of patients with vibration disease (VD) induced by exposure to different types of vibration in order to substantiate the most informative diagnostic risk indicators concerning the disease development and clinical course.

Cytokines, heat shock proteins, and antibodies to regulatory proteins of nervous tissue were identified in blood by ELISA tests. We established unidirectional statistically significantly more apparent changes in patients who had VD caused by combined exposure to both whole body vibration and local vibration against those who had VD caused by exposure to local vibration only. These changes included hyperactivated pro-inflammatory reactions of the immune response (IL-1 β , TNF- α , INF γ), growing concentrations of antibodies to proteins: S-100, MBP, NF-200, GFAP, and voltage-gated Ca-channel. The differences were that patients with VD under combined exposure to both types of vibration had greater production of pro-inflammatory IL-8 and HSP27 whereas people with VD caused by exposure to local vibration only had a decrease in HSP70 levels.

© Bodienkova G.M., Boklazhenko E.V., 2023

Galina M. Bodienkova – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Laboratory for Immune, Biochemical and Molecular Genetic Studies (e-mail: immun11@yandex.ru; tel.: +7 (904) 144-68-49; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0428-3063>).

Elena V. Boklazhenko – Candidate of Medical Sciences, Researcher at the Laboratory for Immune, Biochemical and Molecular Genetic Studies (e-mail: belena.21@mail.ru; tel.: +7 (908) 650-24-29; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2025-8303>).

The study results confirmed more apparent neuro-immune inflammation in patients with VD caused by combined exposure to both whole body vibration and local vibration. This may indicate more significant risk factors of the disease and gives an opportunity to identify the most sensitive biomarkers eligible for diagnosing VD of different etiogenesis.

Keywords: vibration disease, cytokines, heat shock proteins, neuronal antibodies, inflammation, local and whole body vibration.

References

1. Saarkoppel' L.M., Kir'yakov V.A., Oshkoderov O.A. Role of contemporary biomarkers in vibration disease diagnosis. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2017, no. 2, pp. 6–10 (in Russian).
2. Zheglova A.V., Fedina I.N. Modern approaches to carrying out preventive examinations of workers of vibration-dangerous occupations. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 11, pp. 1048–1051. DOI: 10.1882/0016-9900-2016-95-11-1048-1051 (in Russian).
3. Popova A.Yu. Working conditions and occupational morbidity in the Russian Federation. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*, 2015, no. 3, pp. 7–13 (in Russian).
4. Kuleshova M.V., Pankov V.A., Dyakovich M.P., Rukavishnikov V.S., Slivnitsyna N.V., Kazakova P.V., Bochkina G.V. The vibration disease in workers of the aircraft enterprise: factors of the formation, clinical manifestations, social-psychological features (dynamic following-up). *Gigiena i sanitariya*, 2018, vol. 97, no. 10, pp. 915–920. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-10-915-920 (in Russian).
5. Azovskaya T.A., Vakurova N.V., Lavrent'ev N.E. O sovremennykh aspektakh diagnostiki i klassifikatsii vibratsionnoi bolezni [On modern aspects of vibration disease diagnostics and classification]. *Russkii meditsinskii zhurnal*, 2014, vol. 22, no. 16, pp. 1206–1209 (in Russian).
6. Kurchevko S.I., Bodienkova G.M. Expression of CD25+ and CD95+ surface markers on peripheral blood lymphocytes in patients with vibration disease. *Acta Biomedica Scientifica*, 2020, vol. 5, no. 2, pp. 24–27. DOI: 10.29413/ABS.2020-5.2.4 (in Russian).
7. Baraeva R.A., Babanov S.A. Immune profile at vibration disease from exposure to local and general vibration. *Sani-tarnyi vrach*, 2015, no. 7, pp. 11–19 (in Russian).
8. Potapnev M.P. Autophagy, apoptosis, necrosis and immune recognition of self and nonself. *Immunologiya*, 2014, vol. 35, no. 2, pp. 95–102 (in Russian).
9. Bodienkova G.M., Kurchevko S.I. Evaluation of cytokines and heat shock protein in vibration disease. *Meditsinskaya immunologiya*, 2018, vol. 20, no. 6, pp. 895–898. DOI: 10.15789/1563-0625-2018-6-895-898 (in Russian).
10. Kotirnich I.A. Clinical features of vibration-induced pathologies after exposure to whole-body vibration and static-dynamic overloads in driving self-propelled technic. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk*, 2006, no. 3 (49), pp. 96–98 (in Russian).
11. Kochetkova O.Y., Yurinskaya M.M., Evgen'ev M.B., Vinokurov M.G., Shabarchina L.I., Tikhonenko S.A., Zatsepina O.G., Suslikov A.V. Influence of encapsulated heat shock protein HSP70 on the basic functional properties of blood phagocytes. *Doklady Biological Sciences*, 2015, vol. 465, no. 1, pp. 299–302. DOI: 10.1134/S001249661506006X
12. Kabalyk M.A., Gel'tser B.I., Osipov A.L., Fadeev M.F. Heat shock proteins – participants in osteoarthritis pathogenesis. *Kazanskii meditsinskii zhurnal*, 2016, vol. 97, no. 5, pp. 744–749. DOI: 10.17750/KMJ2016-744 (in Russian).
13. Toomey C.B., Kelly U., Saban D.R., Bowes Rickman C. Regulation of age-related macular degeneration-like pathology by complement factor H. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 2015, vol. 112, no. 23, pp. E3040–9. DOI: 10.1073/pnas.1424391112
14. Andreeva L.I. Teoreticheskoe i prikladnoe znachenie belkov teplovogo shoka 70 kDa; vozmozhnost' prakticheskogo primeneniya i farmakologicheskoi korektsii [Theoretical and applied significance of 70 kDa heat shock proteins; possibility of practical application and pharmacological correction]. *Obzory po klinicheskoi farmakologii i lekarstvennoi terapii*, 2002, vol. 1, no. 2, pp. 2–14 (in Russian).
15. Xu Q. Infections, heat shock proteins, and atherosclerosis. *Curr. Opin. Cardiol.*, 2003, vol. 18, no. 4, pp. 245–252. DOI: 10.1097/00001573-200307000-00001
16. Prohaszka Z., Fust G. Immunological aspects of heat-shock proteins-the optimum stress of life. *Mol. Immunol.*, 2004, vol. 41, no. 1, pp. 29–44. DOI: 10.1016/j.molimm.2004.02.001
17. Orlova V.A., Mikhailova I.I., Minutko V.L., Simonova A.V. Abnormal levels of serum autoantibodies to neuronal antigens in schizophrenic patients: multiparameter immunologic evaluation. *Sotsial'naya i klinicheskaya psikiatriya*, 2015, vol. 25, no. 4, pp. 45–53 (in Russian).
18. Bodienkova G.M., Boklazhenko E.V. Dynamics of changes neurotropic antibodies induced by exposure to vapors of metallic mercury. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2016, no. 2, pp. 160. Available at: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24425> (February 15, 2023) (in Russian).
19. Shevchenko O.I., Lakhman O.L. Neuropsychological features of patients with occupational diseases from exposure to physical factors. *Information Society: Health, Economics and Law, International Scientific Conference*, 2019, pp. 123–130.
20. Shevchenko O.I., Lakhman O.L. State of energy brain exchange in patients with professional diseases from influence of physical factor. *Ekologiya cheloveka*, 2020, no. 2, pp. 18–23. DOI: 10.33396/1728-0869-2020-2-18-23 (in Russian).

Bodienkova G.M., Boklazhenko E.V. Immunochemical markers of effect under exposure to risk factors causing vibration disease of different etiogenesis: comparative assessment. Health Risk Analysis, 2023, no. 2, pp. 149–154. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.14.eng

Получена: 29.10.2022

Одобрена: 18.05.2023

Принята к публикации: 02.06.2023

УДК 577:575:614.8.086 (470.54)
DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.15

Читать
онлайн



Научная статья

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА APOE КАК ФАКТОР РИСКА РАЗВИТИЯ ОЖИРЕНИЯ РАБОТНИКОВ С ВРЕДНЫМИ УСЛОВИЯМИ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Д.Д. Полянина, И.А. Берёза, А.М. Амромина, Д.Р. Шаихова,
С.Г. Астахова, М.П. Сутункова, В.Б. Гурвич

Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий, Россия, 620014, г. Екатеринбург, ул. Попова, 30

Ожирение способствует развитию тяжелых сопутствующих заболеваний и существенно ухудшает качество жизни. Данное состояние имеет множество факторов риска, включая условия труда и генетическую предрасположенность. Одним из генов-регуляторов липидного обмена является APOE. Наиболее значимыми полиморфизмами данного гена являются rs429358 и rs7412, дающие в результате аллели e2, e3 и e4.

В ходе исследования не учитывалось влияние электромагнитного излучения офисной техники, а также образ жизни пациентов. В выборке учитываются люди с большой разницей в возрасте на основании редкости аллелей e2 и e4. Не была произведена стандартизация выборки по возрасту и стажу работы.

Изучена взаимосвязь вариантов полиморфизмов гена APOE и индекса массы тела у работников металлургического завода. Было обследовано 328 человек: мужчины, офисные работники и рабочие конвертерного цеха. Для определения индекса массы тела (ИМТ) применялась инструментальная оценка роста и веса с дальнейшим расчетом по стандартной формуле. ДНК выделяли из периферической крови с помощью набора LitiPure, определение полиморфизмов было проведено с помощью амплификации по Калеро с модификациями и горизонтального электрофореза в агарозном геле. Для статистической обработки данных использовался критерий Краскела – Уоллеса.

Статистически значимые различия наблюдались в основной группе. Наибольшее среднее значение ИМТ было зафиксировано у людей, несущих аллель e2.

В ходе исследования установлено, что люди, имеющие в генотипе аллель e2, больше подвержены развитию ожирения, также возможно наличие взаимосвязи между вредными условиями труда и более ярким проявлением фенотипа. Данные результаты можно использовать для выявления лиц группы риска и проведения своевременных профилактических мероприятий.

Ключевые слова: APOE, ожирение, факторы риска, ИМТ, липидный обмен, черная металлургия, вредное производство, холестерин.

Ожирение является одним из основных и распространенных факторов риска развития серьезных патологий сердечно-сосудистой системы (инсульт, ишемическая болезнь сердца, тромбоэмболия легочной артерии и т.д.) и опорно-двигательного ап-

парата (в этой группе особенно выделяют остеоартрит как главное инвалидизирующее сопутствующее заболевание) [1–3]. По данным Росстата на 2019 г., в России 17,8 % мужчин и 24,5 % женщин имеют ожирение первой, второй и третьей степени, а избы-

© Полянина Д.Д., Берёза И.А., Амромина А.М., Шаихова Д.Р., Астахова С.Г., Сутункова М.П., Гурвич В.Б., 2023
Полянина Дарья Дмитриевна – лаборант отдела молекулярной биологии и электронной микроскопии (e-mail: polyaninadd@ymrc.ru; тел.: 8 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5046-0207>).

Берёза Иван Андреевич – научный сотрудник отдела молекулярной биологии и электронной микроскопии (e-mail: berezaia@ymrc.ru; тел.: 8 (912) 254-68-99; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4109-9268>).

Амромина Анна Михайловна – младший научный сотрудник отдела молекулярной биологии и электронной микроскопии (e-mail: amrominaam@ymrc.ru; тел.: 8 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8794-7288>).

Шаихова Дарья Рамильевна – научный сотрудник отдела молекулярной биологии и электронной микроскопии (e-mail: darya.boo@mail.ru; тел.: 8 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7029-3406>).

Астахова Светлана Геннадьевна – заведующий отделом организации клинической деятельности и медицинской статистики (e-mail: astakhova@ymrc.ru; тел.: 8 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6027-704X>).

Сутункова Марина Петровна – доктор медицинских наук, директор (e-mail: sutunkova@ymrc.ru; тел.: 8 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1743-7642>).

Гурвич Владимир Борисович – доктор медицинских наук, научный руководитель (e-mail: gurvich@ymrc.ru; тел.: 8 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6475-7753>).

точная масса тела зафиксирована у 46,9 % мужчин и 34,7 % женщин [4].

Ранее исследователями было показано, что наиболее подвержены развитию избыточной массы тела и ожирения люди после 40 лет и с низкой физической активностью. Однако о распространенности ожирения у лиц, занятых на производствах с вредными условиями труда, известно значительно меньше. Общеизвестно, что основной причиной чрезмерного развития жировой ткани является превышение количества поступающей с пищей энергии над ее затратами, однако как профессиональные факторы, так и генетическая предрасположенность также могут способствовать высокой распространенности ожирения среди работающего населения [5–8].

Одним из регуляторов липидного обмена является белок апополипротеин Е (АпоЕ). АпоЕ принимает участие в транспорте триглицеридов и холестерина в различных тканях путем взаимодействия с липопротеиновыми рецепторами на клетках-мишенях. Он является ключевым регулятором для координации перераспределения холестерина [9–11]. Наиболее значимыми полиморфизмами для гена АРОЕ являются rs429358, характеризующийся заменой аминокислоты цистеин на аргинин в 112-м положении, и rs7412 с заменой аргинина на цистеин в 158-м положении [12, 13].

Исследование взаимосвязи генетической предрасположенности, вредных условий труда и патологического ожирения позволяет выявить критерии оценки риска здоровью и может предоставить возможность разработки профилактических мер для населения, находящегося в группе риска.

Цель исследования – изучить взаимосвязь вариантов полиморфизма гена АРОЕ, условий труда и индекса массы тела у работников металлургического завода.

Материалы и методы. Было обследовано 328 человек: мужчины, работники предприятия черной металлургии в возрасте от 23 до 66 лет (средний возраст – $43,61 \pm 9,04$ г.). Выборка поделена на две группы – группа сравнения (административно-управленческий персонал – офисные работники, не подвергающиеся вредному воздействию производства), состоящая из 186 человек, и основная группа (работники конвертерного цеха, подвергающиеся воздействию вредных производственных факторов черной металлургии), состоящая из 142 человек.

Для определения индекса массы тела (ИМТ) применялась инструментальная оценка роста и веса с дальнейшим расчетом по стандартной формуле. ДНК выделяли из периферической крови с помощью набора LumiPure, определение полиморфизмов было проведено по методике Калеро с модификациями [14].

Состав ПЦР-смеси. Было изготовлено две смеси: смесь А (праймеры Arg112, Arg158) и смесь В (праймеры Cys112, Cys158). Каждая смесь содержала 10 мкл «БиоМастер» HS-Taq ПЦР-Color (2х), 0,4 мкл каждого праймера, 0,8 мкл общего праймера, DMSO,

воду и 2,5 мкл образца ДНК. Амплификация проводилась с помощью термоциклера T100 Thermal Cycler (Bio-Rad, США) со следующими условиями: предварительная денатурация 5 мин при 95 °С; далее 35 циклов по три шага: денатурация – 30 с при 95 °С, отжиг праймеров – 30 с при 61 °С, элонгация – 60 с при 72 °С, далее финальная элонгация 15 мин при 72 °С. Результаты визуализировали с помощью горизонтального электрофореза в агарозном геле.

Для статистической обработки результатов данные каждого пациента записывались дважды (компенсация потери данных при выборе только одного аллеля), таким образом каждый участник исследования с гетерозиготным генотипом учитывался сразу в двух группах. Использование генотипов для обработки результатов было признано нецелесообразным из-за образования малых групп, вызывающих сложности при использовании методов статистики. Для оценки полученных данных использовался критерий Краскела – Уоллиса в пакете программ Statistica 12 (StatSoft Inc).

Результаты и их обсуждение. В настоящем исследовании мы изучили взаимосвязь вариантов полиморфизмов АРОЕ со значением ИМТ у работников предприятия черной металлургии, представленную в таблице.

Средние значения ИМТ у разных аллелей АРОЕ у рабочих

Группа	е2	е3	е4	P-value
Административно-управленческий персонал	27,48 ± 4,45 (n = 7)	28,05 ± 4,54 (n = 316)	28,11 ± 4,32 (n = 49)	0,683
Конвертерный цех	29,24 ± 4,53 (n = 21)	28,21 ± 4,52 (n = 225)	28,36 ± 4,55 (n = 38)	0,038

Примечание: е3 – нормальный генотип; е2, е4 – мутантный генотип. В таблице указаны средние значения и ошибка среднего, в скобках указано количество учитываемых аллелей, жирным выделены статистически значимые различия ($p \leq 0,05$). Сравнение производилось внутри групп между аллелями.

Каждая группа была поделена еще на три в зависимости от имеющегося аллеля. При анализе полной выборки без деления по месту работы статистически значимых различий не было обнаружено, но прослеживается тенденция проявления фенотипа у людей, несущих аллель е2 ($p = 0,074$).

Внутри группы сравнения статистически значимых различий не было обнаружено ($p = 0,683$), что, вероятно, указывает на отсутствие у офисных работников внешнего фактора, влияющего на проявление фенотипических признаков.

В противовес группе сравнения, у работников конвертерного цеха значения ИМТ различались в

зависимости от установленного аллеля ($p = 0,038$), причем наибольшее среднее значение определялось у группы, несущей аллель $\epsilon 2$. Стоит отметить, что в выборке учитываются люди с большой разницей в возрасте, поэтому данные могут быть искажены отсутствием проявлений фенотипа у молодых пациентов и наличием сопутствующих заболеваний, ведущих к набору веса, у пожилых. Решение о включении данных групп пациентов было принято на основании редкости аллелей $\epsilon 2$ и $\epsilon 4$.

Отсюда можно сделать вывод о вероятной взаимосвязи набора веса с наличием в генотипе аллеля $\epsilon 2$. Достоверное влияние данного варианта аллеля на развитие ожирения до сих пор не было обнаружено, поэтому нельзя с уверенностью утверждать, что выявленная корреляция будет справедлива для других популяций, так как на антропометрические данные оказывают сильное влияние такие факторы, как этническая принадлежность, пол, образ жизни и сопутствующие заболевания [15–17].

Но стоит отметить, что существует зависимость между конформацией белка ApoE и его связывающей активностью. Weisgraber утверждает, что ApoE3 и ApoE4 были одинаково эффективны в связывании с рецепторами ЛПНП на культивируемых

фибробластах человека, в то время как ApoE2 демонстрировал только 1 % связывающей способности. Данный факт связывают с развитием гиперлипотеинемии 3-го типа, которая в случае отсутствия контроля может привести к ожирению. Но, как утверждает автор, наличие аллеля $\epsilon 2$ не является абсолютным гарантом развития гиперлипотеинемии и, как было сказано ранее, основную роль в формировании метаболического синдрома играют внешние факторы [18–20].

Выводы. В ходе нашего исследования было установлено, что люди, имеющие в генотипе аллель $\epsilon 2$, больше подвержены развитию ожирения, также возможно наличие взаимосвязи между вредными условиями труда и более ярким проявлением фенотипа. Данные результаты можно использовать для выявления лиц группы риска и проведения своевременных профилактических мероприятий.

Финансирование. Работа не имела спонсорской поддержки, никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Obesity and overweight [Электронный ресурс] // World Health Organization. – 2021. – URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (дата обращения: 03.03.2023).
2. The incidence of co-morbidities related to obesity and overweight: A systematic review and meta-analysis / D.P. Guh, W. Zhang, N. Bansback, Z. Amarsi, C.L. Birmingham, A.H. Anis // BMC Public Health. – 2009. – Vol. 9. – P. 88. DOI: 10.1186/1471-2458-9-88
3. Malik V.S., Willet W.C., Hu F.B. Nearly a decade on — trends, risk factors and policy implications in global obesity // Nat. Rev. Endocrinol. – 2020. – Vol. 16, № 11. – P. 615–616. DOI: 10.1038/s41574-020-00411-y
4. Росстат изучил рацион россиян [Электронный ресурс] // Росстат. – 2019. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/313/document/70761> (дата обращения: 03.03.23).
5. Prevalence of obesity among US workers and associations with occupational factors / S.E. Luckhaupt, M.A. Cohen, J. Li, G.M. Calvert // Am. J. Prev. Med. – 2014. – Vol. 46, № 3. – P. 237–248. DOI: 10.1016/j.amepre.2013.11.002
6. Prevalence, risk factors, and interventions for obesity in Saudi Arabia: A systematic review / V. Salem, N. AlHusseini, H.I.A. Razack, A. Naoum, O.T. Sims, S.A. Alqahtani // Obes. Rev. – 2022. – Vol. 23, № 7. – P. e13448. DOI: 10.1111/obr.13448
7. Overweight and Obesity in the Russian Population: Prevalence in Adults and Association with Socioeconomic Parameters and Cardiovascular Risk Factors / A. Kontsevaya, S. Shalnova, A. Deev, J. Breda, J. Jewell, I. Rakovac, A. Conrady, O. Rotar [et al.] // Obes. Facts. – 2019. – Vol. 12, № 1. – P. 103–114. DOI: 10.1159/000493885
8. A comprehensive diagnostic approach to detect underlying causes of obesity in adults / E.S. van der Valk, E.L.T. van den Akker, M. Savas, L. Kleinendorst, J.A. Visser, M.M. Van Haelst, A.M. Sharma, E.F.C. van Rossum // Obes. Rev. – 2019. – Vol. 20, № 6. – P. 795–804. DOI: 10.1111/obr.12836
9. Riedel B.C., Thompson P.M., Brinton R.D. Age, APOE and sex: Triad of risk of Alzheimer's disease // J. Steroid Biochem. Mol. Biol. – 2016. – Vol. 160. – P. 134–147. DOI: 10.1016/j.jsbmb.2016.03.012
10. Gylling H., Miettinen T.A. Cholesterol absorption and synthesis related to low density lipoprotein metabolism during varying cholesterol intake in men with different apoE phenotypes // J. Lipid Res. – 1992. – Vol. 33, № 9. – P. 1361–1371.
11. Decreased content, rate of synthesis and export of cholesterol in the brain of apoE knockout mice / V.S. Nunes, P.M. Cazita, S. Catanozi, E.R. Nakandakare, E.C.R. Quintão // J. Bioenerg. Biomembr. – 2018. – Vol. 50, № 4. – P. 283–287. DOI: 10.1007/s10863-018-9757-9
12. Mahley R.W., Rall S.C. Jr. Apolipoprotein E: Far More Than a Lipid Transport Protein // Annu. Rev. Genomics Hum. Genet. – 2000. – Vol. 1. – P. 507–537. DOI: 10.1146/annurev.genom.1.1.507
13. Hatters D.M., Peters-Libeu C.A., Weisgraber K.H. Apolipoprotein E structure: insights into function // Trends Biochem. Sci. – 2006. – Vol. 31, № 8. – P. 445–454. DOI: 10.1016/j.tibs.2006.06.008
14. Apolipoprotein E genotyping method by Real Time PCR, a fast and cost-effective alternative to the TaqMan and FRET assays / O. Calero, R. Hortigüela, M.J. Bullido, M. Calero // J. Neurosci. Methods. – 2009. – Vol. 183, № 2. – P. 238–240. DOI: 10.1016/j.jneumeth.2009.06.033
15. The Apolipoprotein E Polymorphism rs7412 Associates with Body Fatness Independently of Plasma Lipids in Middle Aged Men / M.T. Tejedor, M.P. Garcia-Sobreviela, M. Ledesma, J.M. Arbones-Mainar // PLoS One. – 2014. – Vol. 9, № 9. – P. e108605. DOI: 10.1371/journal.pone.0108605

16. Association between APOE Genotype with Body Composition and Cardiovascular Disease Risk Markers Is Modulated by BMI in Healthy Adults: Findings from the BODYCON Study / E. Ozen, R.G. Mihaylova, N.J. Lord, J.A. Lovegrove, K.G. Jackson // *Int. J. Mol. Sci.* – 2022. – Vol. 23, № 17. – P. 9766. DOI: 10.3390/ijms23179766
17. Jones N.S., Rebeck G.W. The Synergistic Effects of APOE Genotype and Obesity on Alzheimer's Disease Risk // *Int. J. Mol. Sci.* – 2018. – Vol. 20, № 1. – P. 63. DOI: 10.3390/ijms20010063
18. Weisgraber K.H. Apolipoprotein E: Structure-Function Relationships // *Adv. Protein Chem.* – 1994. – Vol. 45. – P. 249–302. DOI: 10.1016/s0065-3233(08)60642-7
19. The apoE isoform binding properties of the VLDL receptor reveal marked differences from LRP and the LDL receptor / J. Ruiz, D. Kouliavskaya, M. Migliorini, S. Robinson, E.L. Saenko, N. Gorlatova, D. Li, D. Lawrence [et al.] // *J. Lipid Res.* – 2005. – Vol. 46, № 8. – P. 1721–1731. DOI: 10.1194/jlr.M500114-JLR200
20. Matsunaga A., Saito T. Apolipoprotein E mutations: a comparison between lipoprotein glomerulopathy and type III hyperlipoproteinemia // *Clin. Exp. Nephrol.* – 2014. – Vol. 18, № 2. – P. 220–224. DOI: 10.1007/s10157-013-0918-1

Полиморфизм гена APOE как фактор риска развития ожирения работников с вредными условиями труда на предприятиях черной металлургии / Д.Д. Полянина, И.А. Берёза, А.М. Амромина, Д.Р. Шаихова, С.Г. Астахова, М.П. Сутункова, В.Б. Гурвич // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 2. – С. 155–159. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.15

UDC 577:575:614.8.086 (470.54)
DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.15.eng



Research article

POLYMORPHISM OF THE APOE GENE AS A RISK FACTOR OF OBESITY IN WORKERS EXPOSED TO OCCUPATIONAL HAZARDS AT FERROUS METALLURGY ENTERPRISES

D.D. Polyanina, I.A. Bereza, A.M. Amromina, D.R. Shaikhova, S.G. Astakhova, M.P. Sutunkova, V.B. Gurvich

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

Obesity contributes to the development of severe concomitant diseases and substantially degrades the quality of life. This pathological condition is caused by multiple risk factors including hazardous workplace exposures and genetic predisposition. The ApoE gene participates in regulation of lipid metabolism. Its most significant polymorphisms are rs429358 and rs7412 with the resulting e2, e3 and e4 alleles.

This study did not consider effects of electromagnetic fields generated by office electrical equipment or the lifestyle of the subjects. The sample included people with a large age difference due to the rarity of the apolipoprotein e2 and e4 alleles. The sample was not standardized by age and years of work experience.

The aim of this study was to investigate associations between the ApoE gene polymorphisms and body mass index in workers employed at a metallurgic plant.

© Polyanina D.D., Bereza I.A., Amromina A.M., Shaikhova D.R., Astakhova S.G., Sutunkova M.P., Gurvich V.B., 2023
Daria D. Polyanina – Laboratory Assistant at the Department of Molecular Biology and Electron Microscopy (e-mail: polyaninadd@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5046-0207>).

Ivan A. Bereza – Researcher at the Department of Molecular Biology and Electron Microscopy (e-mail: berezaia@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4109-9268>).

Anna M. Amromina – Junior Researcher at the Department of Molecular Biology and Electron Microscopy (e-mail: amrominaam@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8794-7288>).

Daria R. Shaikhova – Researcher at the Department of Molecular Biology and Electron Microscopy (e-mail: darya.boo@mail.ru; tel.: +7 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7029-3406>).

Svetlana G. Astakhova – Head of the Department for Organization of Clinical Activities and Medical Statistics (e-mail: astakhova@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6027-704X>).

Marina P. Sutunkova – Doctor of Medical Sciences, Director (e-mail: sutunkova@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1743-7642>).

Vladimir B. Gurvich – Doctor of Medical Sciences, Scientific Director (e-mail: gurvich@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6475-7753>).

We examined 328 male office workers and workers of a converter workshop. The body mass index (BMI) was calculated based on the results of instrumental measurements of weight and height using the conventional formula. DNA was isolated from peripheral blood using the LumiPure DNA gel extraction kit, and polymorphisms were determined using amplification by Calero et al with modifications and horizontal agarose gel electrophoresis. The data were analyzed using the Kruskal – Wallis test.

Statistically significant differences were established in the blue-collar workers. The highest mean BMI value was established in the e2 allele carriers.

We found that people with the e2 allele in their genotype were more prone to obesity. We also assume a potential association between the unsafe work environment and a more pronounced manifestation of the phenotype. These findings can be used for identifying individuals at risk and taking timely preventive measures.

Keywords: ApoE, obesity, risk factors, BMI, lipid metabolism, ferrous metallurgy, harmful working conditions, cholesterol.

References

1. Obesity and overweight. *World Health Organization*, 2021. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (March 03, 2023).
2. Guh D.P., Zhang W., Bansback N., Amarsi Z., Birmingham C.L., Anis A.H. The incidence of co-morbidities related to obesity and overweight: A systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health*, 2009, vol. 9, pp. 88. DOI: 10.1186/1471-2458-9-88
3. Malik V.S., Willet W.C., Hu F.B. Nearly a decade on — trends, risk factors and policy implications in global obesity. *Nat. Rev. Endocrinol.*, 2020, vol. 16, no. 11, pp. 615–616. DOI: 10.1038/s41574-020-00411-y
4. Rosstat izuchil ratsion rossiyanyan [Rosstat studied Russians' diets]. *Rosstat*, 2019. Available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/313/document/70761> (March 03, 2023) (in Russian).
5. Luckhaupt S.E., Cohen M.A., Li J., Calvert G.M. Prevalence of obesity among US workers and associations with occupational factors. *Am. J. Prev. Med.*, 2014, vol. 46, no. 3, pp. 237–248. DOI: 10.1016/j.amepre.2013.11.002
6. Salem V., AlHusseini N., Razack H.I.A., Naoum A., Sims O.T., Alqahtani S.A. Prevalence, risk factors, and interventions for obesity in Saudi Arabia: A systematic review. *Obes. Rev.*, 2022, vol. 23, no. 7, pp. e13448. DOI: 10.1111/obr.13448
7. Kontsevaya A., Shalnova S., Deev A., Breda J., Jewell J., Rakovac I., Conrady A., Rotar O. [et al.]. Overweight and Obesity in the Russian Population: Prevalence in Adults and Association with Socioeconomic Parameters and Cardiovascular Risk Factors. *Obes. Facts*, 2019, vol. 12, no. 1, pp. 103–114. DOI: 10.1159/000493885
8. Van der Valk E.S., van den Akker E.L.T., Savas M., Kleinendorst L., Visser J.A., Van Haelst M.M., Sharma A.M., van Rossum E.F.C. A comprehensive diagnostic approach to detect underlying causes of obesity in adults. *Obes. Rev.*, 2019, vol. 20, no. 6, pp. 795–804. DOI: 10.1111/obr.12836
9. Riedel B.C., Thompson P.M., Brinton R.D. Age, APOE and sex: Triad of risk of Alzheimer's disease. *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.*, 2016, vol. 160, pp. 134–147. DOI: 10.1016/j.jsbmb.2016.03.012
10. Gylling H., Miettinen T.A. Cholesterol absorption and synthesis related to low density lipoprotein metabolism during varying cholesterol intake in men with different apoE phenotypes. *J. Lipid Res.*, 1992, vol. 33, no. 9, pp. 1361–1371.
11. Nunes V.S., Cazita P.M., Catanozi S., Nakandakare E.R., Quintão E.C.R. Decreased content, rate of synthesis and export of cholesterol in the brain of apoE knockout mice. *J. Bioenerg. Biomembr.*, 2018, vol. 50, no. 4, pp. 283–287. DOI: 10.1007/s10863-018-9757-9
12. Mahley R.W., Rall S.C. Jr. Apolipoprotein E: Far More Than a Lipid Transport Protein. *Annu. Rev. Genomics Hum. Genet.*, 2000, vol. 1, pp. 507–537. DOI: 10.1146/annurev.genom.1.1.507
13. Hatters D.M., Peters-Libeu C.A., Weisgraber K.H. Apolipoprotein E structure: insights into function. *Trends Biochem. Sci.*, 2006, vol. 31, no. 8, pp. 445–454. DOI: 10.1016/j.tibs.2006.06.008
14. Calero O., Hortigüela R., Bullido M.J., Calero M. Apolipoprotein E genotyping method by Real Time PCR, a fast and cost-effective alternative to the TaqMan and FRET assays. *J. Neurosci. Methods*, 2009, vol. 183, no. 2, pp. 238–240. DOI: 10.1016/j.jneumeth.2009.06.033
15. Tejedor M.T., Garcia-Sobreviela M.P., Ledesma M., Arbones-Mainar J.M. The Apolipoprotein E Polymorphism rs7412 Associates with Body Fatness Independently of Plasma Lipids in Middle Aged Men. *PLoS One*, 2014, vol. 9, no. 9, pp. e108605. DOI: 10.1371/journal.pone.0108605
16. Ozen E., Mihaylova R.G., Lord N.J., Lovegrove J.A., Jackson K.G. Association between APOE Genotype with Body Composition and Cardiovascular Disease Risk Markers Is Modulated by BMI in Healthy Adults: Findings from the BODYCON Study. *Int. J. Mol. Sci.*, 2022, vol. 23, no. 17, pp. 9766. DOI: 10.3390/ijms23179766
17. Jones N.S., Rebeck G.W. The Synergistic Effects of APOE Genotype and Obesity on Alzheimer's Disease Risk. *Int. J. Mol. Sci.*, 2018, vol. 20, no. 1, pp. 63. DOI: 10.3390/ijms20010063
18. Weisgraber K.H. Apolipoprotein E: Structure-Function Relationships. *Adv. Protein Chem.*, 1994, vol. 45, pp. 249–302. DOI: 10.1016/s0065-3233(08)60642-7
19. Ruiz J., Kouivskaia D., Migliorini M., Robinson S., Saenko E.L., Gorlatova N., Li D., Lawrence D. [et al.]. The apoE isoform binding properties of the VLDL receptor reveal marked differences from LRP and the LDL receptor. *J. Lipid Res.*, 2005, vol. 46, no. 8, pp. 1721–173. DOI: 10.1194/jlr.M500114-JLR200
20. Matsunaga A., Saito T. Apolipoprotein E mutations: a comparison between lipoprotein glomerulopathy and type III hyperlipoproteinemia. *Clin. Exp. Nephrol.*, 2014, vol. 18, no. 2, pp. 220–224. DOI: 10.1007/s10157-013-0918-1

Polyanina D.D., Bereza I.A., Amromina A.M., Shaikhova D.R., Astakhova S.G., Sutunkova M.P., Gurvich V.B. Polymorphism of the ApoE gene as a risk factor of obesity in workers exposed to occupational hazards at ferrous metallurgy enterprises. *Health Risk Analysis*, 2023, no. 2, pp. 155–159. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.15.eng

Получена: 14.04.2023

Одобрена: 19.06.2023

Принята к публикации: 23.06.2023



Научная статья

АЭРОГЕННАЯ ЭКСПОЗИЦИЯ НИКЕЛЕМ И ФЕНОЛОМ И ОСОБЕННОСТИ ИММУННОГО ОТВЕТА, ОПОСРЕДОВАННОГО ИММУНОГЛОБУЛИНАМИ КЛАССА Е И G

Н.В. Зайцева, О.В. Долгих, Д.Г. Дианова

Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

Загрязнение воздушной среды техногенными гаптенами, отличающимися аллергенным потенциалом, способствует формированию atopической реакции, создает предпосылки развития в дальнейшем аллергопатологии у экспонированного населения.

Выполнена оценка формирования IgE-опосредованного и IgG-опосредованного специфического иммунного ответа на поступление в организм ингаляционным путем низкомолекулярных химических соединений (на примере никеля и фенола).

Группы наблюдения – дети (n = 99) и взрослые (n = 57), проживающие в селитебной зоне аэрогенного влияния никеля и фенола, где создаются концентрации, не превышающие ПДК (до 0,7 ПДК). Группы сравнения – дети (n = 95) и взрослые (n = 53), проживающие на условно чистой территории.

В группах наблюдения диапазон среднесуточных доз аэрогенной экспозиции никеля и фенола составил для детей $0,7 \cdot 10^{-6}$ – $9,3 \cdot 10^{-6}$, для взрослых – $3,5 \cdot 10^{-6}$ – $5,0 \cdot 10^{-5}$ мг/ (кг·день) (дозы, формируемые выбросами предприятия цветной металлургии), что превышает аналогичные значения, выявленные в группах сравнения, в 1,5–3,0 раза. Экспонированные группы отличались более чем двукратным увеличением содержания специфических IgE к никелю, а также практически трехкратным повышением уровня специфических IgG-антител к фенолу у детей относительно результатов групп сравнения ($p < 0,05$). Использование моделей логистической регрессии позволило установить значимую вероятностную причинно-следственную связь между повышением в крови детей никеля и специфических IgE-антител к никелю ($R^2 = 0,87$; $F = 468,58$; $p < 0,05$). Проведенная оценка отношения шансов позволила верифицировать связь содержания никеля в крови с повышением уровня IgE специфического к никелю у детей ($OR = 8,96$; 95 % ДИ = 2,00–40,15) и у взрослых группы наблюдения ($OR = 3,12$; 95 % ДИ = 1,10–9,40).

Результаты исследования позволили установить, что проживание в условиях низкоуровневой аэрогенной экспозиции детей и взрослых никелем и фенолом формирует гиперчувствительность к техногенным гаптенам, отличающуюся повышенной IgE-опосредованной реакцией на никель и IgG-опосредованной реакцией на фенол. Гиперпродукция специфического иммуноглобулина Е к никелю, а также специфических IgG-антител к фенолу у детей и взрослых отражает величину аэрогенной экспозиции никелем и фенолом, является отличительной особенностью гиперактивности иммунного ответа у детей, формируемой на территории наблюдения.

Ключевые слова: никель, фенол, аэрогенная экспозиция, специфический IgG, специфический IgE, реагены, чувствительность к гаптенам, atopическая реакция.

Наблюдаемые в последние 20 лет высокий уровень урбанизации, существенные темпы индустриализации и глобальный рост населения, в значительной степени обуславливающие антропогенное загрязнение окружающей среды, повышают риск развития аллергопатологии [1]. По данным Всемирной организации по аллергии (WAO), аллергические заболевания диагностированы у 30–40 % населения мира. По статистическим наблюдениям аллергиями страдают в большей мере дети и лица молодого возраста [2].

Гиперчувствительность к химическим веществам техногенного происхождения при их ингаляционном поступлении в организм является достаточно распространенным нарушением в работе иммунной системы. Так, показано гаптен-ассоциированное повышение концентрации антител класса G к фенолсодержащим аддуктам у детей дошкольного возраста и обучающихся различных классов, ассоциированное с избыточным содержанием фенола в крови [3, 4]. В условиях аэрогенной экспозиции

© Зайцева Н.В., Долгих О.В., Дианова Д.Г., 2023

Зайцева Нина Владимировна – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель (e-mail: znv@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-25-34; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2356-1145>).

Долгих Олег Владимирович – доктор медицинских наук, заведующий отделом иммунобиологических методов диагностики (e-mail: oleg@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 236-39-30; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4860-3145>).

Дианова Дина Гумаровна – доктор медицинских наук, старший научный сотрудник отдела иммунобиологических методов диагностики (e-mail: dianovadina@rambler.ru; тел.: 8 (342) 236-39-30; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0170-1824>).

фенолом и формальдегидом обнаруживаются только специфические IgE к формальдегиду [5]. Однако выявлена прямая зависимость между повышением концентрации бисфенола С (BPS) в организме и специфическим IgE к BPS у женщин с бронхиальной астмой [6]. По сравнению с мужчинами, женщины и дети в большей степени подвержены воздействию фенола и его производных [7]. Показана способность фенола вызывать девиацию иммунного ответа в сторону Th2, установлена тропность к арилуговеодородным и эстрогеновым рецепторам [3]. Ряд авторов диагностировали нарушения со стороны респираторного тракта (одышка, хрипы) у детей дошкольного возраста, обусловленные экспозицией фенола, однако связи с возникновением бронхиальной астмы не выявили [8]. В то же время другие исследователи обнаружили зависимость между развитием бронхиальной астмы и фенолом, поступающим ингаляционным путем, у взрослых пациентов [9]. Отмечено, что системное воздействие фенола детерминирует нарушение репродуктивной функции [10], развитие метаболического синдрома [11]. Фенол с высокой степенью вероятности способен откладываться в жировой ткани, которая запускает процесс воспаления через гиперпродукцию цитокинов, в итоге совокупность данных эффектов увеличивает риск развития аллергии. Показано, что частота высокопозитивного IgE-ответа на аэроаллергены в 3 раза выше у пациентов с ожирением [6]. Независимо от способа поступления, максимальные значения многих фенольных соединений обнаруживаются в моче, более низкие концентрации – в сыворотке крови, грудном молоке, что объясняется максимальным выведением фенолов через почки [6]. Фенол имеет относительно короткий период полувыведения. Однако устойчивое воздействие в определенной степени предполагает относительно одинаковое содержание фенолсодержащих соединений в биосредах в течение длительного времени, что допускает однократную оценку уровня фенола в организме [6]. Переходные металлы – железо (Fe), цинк (Zn), медь (Cu), кобальт (Co), марганец (Mn) и никель (Ni) – относятся к жизненно необходимым микроэлементам и входят в состав многих ферментов, участвующих в фундаментальных биологических процессах. Показано влияние никеля на показатели врожденного и адаптивного иммунитета при формировании ответа на пищевой аллерген, аэроаллерген [12]. Доказана способность никеля изменять метаболизм других металлов [13]. Также никель является адъювантом для других металлов [13]. Проникновение никеля через дыхательные пути вызывает фиброз легких, рак трахеи, гортани и легких, воспалительные неинфекционные заболевания органов бронхолегочной системы, сердечно-сосудистую патологию, поражения почек, дисфункцию иммунной системы, обуславливает его отложение в головном и спинном мозге, легочной ткани и сердечной мышце [12–14]. Ряд исследователей утверждают,

что ингаляционное поступление никеля служит причиной развития астмы и риноконъюнктивита, вместе с тем другими авторами не установлено такой связи. Однако отмечено, что распространенность бронхиальной астмы коррелировала с возрастом и увеличивалась во время полового созревания [14]. В период ранней взрослости (20–40 лет) распространенность никель-ассоциированной сенсибилизации является максимальной, а затем отмечается снижение данного показателя. Установленная тенденция объясняется снижением гиперреактивности иммунной системы с возрастом. Аллергия на никель чаще встречается у женщин, чем у мужчин (15,7–22,9 и 4,3–6,65 % соответственно) [13]. Никель обладает высоким аллергенным потенциалом, в ряде случаев выступает в качестве иммуноотоксического и канцерогенного агента [13]. Аллергический контактный дерматит на никель развивается у 10–20 % населения [15]. Повышение в биосредах (сыворотка крови, бронхиальный секрет) концентрации IL-6, IFN- γ и TNF- α , IL-2 отмечено в условиях контаминации никелем [16]. Проникновение никеля в организм через кожу или дыхательную систему вызывает развитие аллергической реакции I типа и IV типа, опосредованной реактинами и аллерген-специфическими Т-лимфоцитами [17]. Однако механизмы возникновения аллергической реакции очень сложны, и точные механизмы аллергии на никель остаются до конца не выясненными [14]. Ряд авторов утверждают, что только никель и хром из переходных металлов являются аллергенами [18–20]. Никель и марганец могут входить в состав взвешенных частиц, последние имеют пористую поверхность и электростатические свойства, вследствие чего происходит их взаимодействие с аэроаллергенами и развитие специфической иммунной реакции [16, 21–23]. В экспериментальных моделях *in vitro* и *in vivo* установлено, что марганец и никель повышают экспрессию HLA-молекулы II класса, CD86-антигена, CD23-антигена и продукцию Th2-цитокинов, обуславливающих интенсификацию процесса сенсибилизации и аллергического воспаления [24, 25].

Таким образом, распространенность аллергических заболеваний и зависимость их динамики от интенсивности антропогенного воздействия на окружающую среду, наблюдаемые в последние десятилетия, подтверждают необходимость поиска и применения усовершенствованных диагностических методологических подходов для своевременной идентификации степени чувствительности к загрязнителям окружающей среды у различных возрастных групп населения. Разработанные подходы в последующем обеспечат эффективность лечебно-профилактических мероприятий и снизят риск развития аллергической реакции на антропогенные факторы, в том числе и на техногенные химические факторы.

Цель исследования – выполнить оценку формирования IgE-опосредованного и IgG-опосредованного специфического иммунного ответа на по-

ступление в организм ингаляционным путем низкомолекулярных химических соединений (на примере никеля и фенола).

Материалы и методы. Медико-биологические исследования выполнены согласно требованиям, изложенным в Хельсинкской декларации ВМА (1964, 2013), при наличии индивидуального письменного информированного согласия на обследование и обработку персональных данных. Всего, включая группы сравнения, обследовано 304 взрослых (30–45 лет) и детей (от 3 до 7 лет), проживающих на различных по антропогенной нагрузке территориях Восточной Сибири. Критерии включения в исследование: проживание не менее пяти лет на исследуемых территориях, отсутствие острых инфекционных заболеваний не менее чем за две недели до начала исследования. Критерий исключения: участие в другом исследовании. Группы наблюдения – дети ($n = 99$) и взрослые ($n = 57$), проживающие в жилой застройке в зоне влияния аэрогенной экспозиции выбросов предприятия цветной металлургии: фенол, никель (территория наблюдения). Группы сравнения – дети ($n = 95$) и взрослые ($n = 53$), проживающие в условиях отсутствия аэрогенного воздействия данных химических соединений (территория сравнения). Сопоставление результатов отобранных проб с нормативами качества атмосферного воздуха выявило: на территории наблюдения концентрация никеля составила 0,03 ПДК_{сс}, фенола – 0,68 ПДК_{сс}; на территории сравнения – никеля – 0,02 ПДК_{сс}, фенола – 0,22 ПДК_{сс}. Химический анализ крови у детей включал количественное определение содержания фенола методом газовой хроматографии в соответствии с МУК 4.1.2102-4.1.2116-06¹ на капиллярном газовом хроматографе «Кристалл 2000» (ЗАО СКБ «Хроматэк», Россия). Измерение содержания никеля в биосредах (кровь) выполнено методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ISP-MS) на масс-спектрометре Agilent 7500сх в соответствии с МУК 4.1.3230-14². Оценку содержания фенола и никеля в биосредах групп наблюдения детского и взрослого населения выполняли относительно показателей, установленных в соответствующих группах сравнения.

Уровень IgG специфического к фенолу, уровень IgE специфического к никелю определены аллергосорбентным методом, IgE общего – методом имму-

ноферментного анализа на анализаторе ELx808IU (BioTek, США).

В качестве критерия нормальности распределения признаков в группах обследуемых использовали критерий Колмогорова – Смирнова. Для описания данных, имеющих нормальное распределение, использовали среднее арифметическое значение (M) и среднее арифметическое (m). Для проверки нулевых гипотез о равенстве средних значений между двумя независимыми группами с нормальным распределением применялся двухвыборочный критерий Стьюдента. Сравнение выборочных данных с референтными значениями выполнено с использованием одновыборочного критерия Вилкоксона. Для прогнозирования вероятности нарушения механизмов иммунного ответа использовали простой логистический регрессионный анализ. Для оценки связи исследуемых ответов с воздействием факторов рассчитывали отношение шансов (OR) и 95%-ный доверительный интервал для отношения шансов. Уровень значимости, на котором проводилась проверка нулевых гипотез, принимался равным 0,05. Статистический анализ данных осуществляли с помощью программы Statistica 6.0 (StatSoft, США).

Результаты и их обсуждение. Обнаружено, что среднесуточная доза аэрогенной экспозиции у детей группы наблюдения никелем составила $0,7 \cdot 10^{-6}$ мг/(кг·день), фенолом – $9,3 \cdot 10^{-6}$ мг/(кг·день) и группы сравнения – никелем – $0,4 \cdot 10^{-6}$ мг/(кг·день), фенолом – $3,0 \cdot 10^{-6}$ мг/(кг·день). Установлено, что у взрослых группы наблюдения среднесуточная доза аэрогенной экспозиции никелем составляет $3,5 \cdot 10^{-6}$ мг/(кг·день), фенолом – $5,0 \cdot 10^{-5}$ мг/(кг·день), а группы сравнения – никелем – $2,3 \cdot 10^{-6}$ мг/(кг·день), фенолом – $1,62 \cdot 10^{-5}$ мг/(кг·день)³. Очевидно, в группах наблюдения среднесуточное поступление никеля и фенола в среднем в 1,5 и 3,1 раза соответственно превышает аналогичные значения, выявленные в группах сравнения.

При выполнении химико-аналитических исследований установлено, что содержание никеля в крови детей группы наблюдения ($0,1173 \pm 0,0065$ мг/дм³) и взрослых группы наблюдения ($0,1125 \pm 0,0098$ мг/дм³) не имеет статистически значимых различий с результатами, идентифицированными в соответствующих группах сравнения ($0,1143 \pm 0,0069$ мг/дм³; $p = 0,751$ и $0,1088 \pm 0,0065$ мг/дм³; $p = 0,753$). Доля проб крови с завышенным

¹ Определение вредных веществ в биологических средах: сборник методических указаний МУК 4.1.2102-4.1.2116-06. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008. – 183 с.

² МУК 4.1.3230-14. Методы контроля. Химические факторы. Измерение массовых концентраций химических элементов в биосредах (кровь, моча) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой / утв. Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А.Ю. Поповой 19 декабря 2014 г. [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/495856222> (дата обращения: 19.01.2023).

³ О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году: Государственный доклад. – М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2019; Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2017 г.: Ежегодник. – СПб.: ФГБУ «ГГО» Росгидромета, 2018. – 234 с.

Профиль специфической сенсибилизации в группах сравнения и группах наблюдения

Обследуемые	Группа сравнения	Группа наблюдения	<i>p</i>
IgE общий, МЕ/см ³ (% проб выше референтного интервала) РИ 0–9,99, МЕ/см ³			
Дети	75,375 ± 17,567 (38,3)	87,767 ± 25,64 (43,3)	0,445
Взрослые	88,125 ± 27,137 (18,9)	88,943 ± 55,982 (11,8)	0,977
IgE спец. к никелю, МЕ/см ³ (% проб выше референтного интервала) РИ 0–1,55, МЕ/см ³			
Дети	0,387 ± 0,146 (2,1)	1,014 ± 0,349 (16,5)	0,002
Взрослые	0,465 ± 0,215 (8,6)	1,340 ± 0,703 (22,0)	0,021
IgG спец. к фенолу, усл. ед. (% проб выше референтного интервала) РИ 0–0,13, усл. ед.			
Дети	0,049 ± 0,054 (8,7)	0,139 ± 0,069 (36,2)	0,046
Взрослые	0,126 ± 0,086 (32,0)	0,300 ± 0,188 (62,5)	0,091

содержанием никеля относительно значений, установленных в группах сравнения, в группах наблюдения составила по 50 %. Обнаружено, что в биосредах детей ($0,0732 \pm 0,0158$ мг/дм³) и взрослых ($0,0490 \pm 0,008$ мг/дм³) групп наблюдения статистически значимо ($p = 0,026–0,048$) в 2 раза повышен уровень фенола по сравнению с величинами, зафиксированными в соответствующих группах сравнения ($0,0379 \pm 0,0083$ мг/дм³; $p = 0,026$ и $0,0249 \pm 0,0099$ мг/дм³; $p = 0,048$). Доля проб с избыточным содержанием фенола в крови по отношению к значениям группы сравнения у лиц обеих групп наблюдения составила по 75,0 %.

Сравнительная характеристика профиля специфической сенсибилизации выявила в сыворотке крови детей и взрослых групп наблюдения статистически значимое ($p = 0,002–0,021$) повышение – в среднем в 2,6 раза – содержания IgE специфического к никелю по отношению к результатам, полученным в соответствующих группах сравнения. Оценка IgG-опосредованной реакции продемонстрировала, что у детей, экспонированных фенолом, статистически значимо ($p = 0,046$) в 2,8 раза увеличен уровень специфических IgG-антител к фенолу относительно значений, установленных у неэкспонированных детей (таблица). У взрослых пациентов группы наблюдения статистически значимо ($p < 0,05$) в 2,3 раза повышено среднегрупповое содержание IgG специфического к фенолу по сравнению с верхней границей референтного предела.

Доля проб с повышенной концентрацией антител класса G к фенолсодержащим аддуктам и антител класса E к никельсодержащим аддуктам, по сравнению с референтными значениями, в сыворотке крови детей группы наблюдения составила 36,2 и 16,5 % соответственно против 8,7 и 2,1 % в группе сравнения (кратность превышения 4,2 и 7,9 раза соответственно). У взрослых группы наблюдения содержание IgG специфического к фенолу и IgE специфического к никелю относительно референтного предела повышено в 62,5 и 22,0 % проб соответственно против 32,0 и 8,6 % в группе сравнения (кратность превышения 2,0 и 2,6 раза соответственно). Оценка отношения шансов продемонстрировала связь гаптенной нагруз-

ки (никель) с повышением уровня IgE специфического к никелю у детей группы наблюдения ($OR = 8,96$; 95 % ДИ = 2,00–40,15) и у взрослых группы наблюдения ($OR = 3,12$; 95 % ДИ = 1,10–9,40).

На основе построения математических моделей логистической регрессии установлена статистически значимая вероятностная причинно-следственная связь между повышением в крови детей никеля и специфических IgE-антител к никелю ($b_0 = -5,53$; $b_1 = 28,44$; $R^2 = 0,87$; $F = 468,58$; $p < 0,001$).

Очевидно, что хроническое воздействие фенола и никеля в дозах, не превышающих ПДК ($0,03–0,68$ ПДК_{ср}), способствует формированию у детского и взрослого населения иммунологически опосредованного повышения чувствительности организма к экзогенным химическим факторам (гаптенам). Установлено, что относительно взрослых у детей, проживающих в зоне возможного влияния приоритетных аэрогенных химических факторов, наблюдаются более выраженная IgE-опосредованная сенсибилизация к никелю и значительная интенсификация продукции иммуноглобулина G специфического к фенолу.

Устойчивое проникновение низкомолекулярных соединений (НМХС) воздушной среды через дыхательные пути детерминирует их накопление в различных биологических средах организма, что очень часто ассоциировано с развитием гиперчувствительности. При нормальных физиологических условиях клетки адаптивной иммунной системы адекватно распознают и удаляют антигены (гаптены). Однако чрезмерная реакция иммунной системы на обычно безвредные вещества может сопровождаться аллергией и воспалительной реакцией. Перманентный воспалительный процесс возникает в местах многократного воздействия аллергенов. Хроническое аллергическое воспаление связано с ремоделированием тканей и существенными изменениями в барьерной функции пораженного эпителия, что повышает риск инфицирования. Тучные клетки, Т-клетки, эозинофилы, базофилы, нейтрофилы, моноциты / макрофаги, тромбоциты, NK-клетки и Th-2 цитокины являются основными участниками, ответственными за развитие хронического аллергического воспаления. Свойством функционирования иммунной системы у детей является Th2-девиация

иммунного ответа, характеризующегося усилением продукции аллерген-специфических IgE и эозинофильным воспалением, а также активация факторов врожденного иммунитета, пролонгирующих воспалительную реакцию [2]. Особенностью иммунной системы у взрослых является способность адаптивной иммунной системы ограничивать активность врожденной иммунной системы для минимизации иммунопатологического повреждения тканей.

Ответ организма на НМХС, которые не распознаются TCR или антителом, ассоциирован с формированием гаптен-белкового конъюгата. Гаптеннизация является обязательной для взаимодействия низкомолекулярных химических соединений с адаптивной иммунной системой. Очевидно, сенсибилизацию на НМХС можно рассматривать как чрезмерный адаптивный иммунный ответ на гаптен [13]. Механизмы развития гиперреактивности к органическим соединениям и металлам характеризуются существенными различиями. При сенсибилизации к органическим химическим веществам (имеющим в составе фенильное ядро) формирование гаптен-белкового конъюгата обусловлено ковалентной связью. Ионы металлов (в частности, никель) создают пространственно четко определенные координационные связи по донорно-акцепторному механизму. Именно специфические координационные комплексы облегчают (обеспечивают) распознавание чужеродного агента и запуск иммунного ответа, завершающегося приобретением гиперчувствительности к никелю [23]. Возможна перекрестная реактивность между переходными металлами, так как ион одного металла может быть заменен ионом другого металла с одинаковым зарядом и сходными свойствами [13]. Включение в антигенную детерминанту ряда металлов (никель, марганец, хром, кобальт) белка-носителя служит основой для образования новой гаптенной детерминанты, что также объясняет возникновение перекрестных реакций на данные металлы.

Сшивка аллергена и IgE с Fc-эпсилон-рецептором 1 (FcεRI) необходима для индуцирования дегрануляции тучных клеток. CD23⁺-рецептор (FcεRII), экспрессируемый на В- и Т-лимфоцитах и антигенпрезентирующих клетках, контролирует иммунный ответ, регулирует гомеостаз IgE, отвечает за транспорт реагинов через эпителий дыхательных путей и кишечника [24, 25]. Связывание CD23⁺-рецептора на В-клетках, с одной стороны, предотвращает активацию эффекторных клеток, с другой стороны, облегчает презентацию путем доставки антигена к дендритным клеткам. Установлено, что FcεRI связывает свободный IgE, инициируя аллергическое воспаление, а FcεRII, рецептор с низким сродством к IgE, в большей степени связывает иммунный комплекс «IgE – аллерген» (IgE – IC) [24]. Растворимый CD23 (sCD23) имеет несколько типов, но все связывают IgE. Считается, что sCD23 стимулирует или ингибируют синтез IgE в зависимости от условий процесса олигомеризации [26]. Следует

отметить, что эпителий респираторного тракта и кишечника является основным участником развития аллергического воспаления [27]. Эпителиальные клетки напрямую активируют антигенпрезентирующие клетки и опосредованно врожденные лимфоидные клетки 2 типа (ILC2). Аллерген вызывает Th-2-поляризацию иммунного ответа с гиперпродукцией аллергенспецифического IgE и ILC2. Показана роль ILC2 в развитии аллергической реакции, тканевой репарации. Повреждение эпителия на фоне Th-2 смещения цитокинового профиля способствует переклещиванию синтеза IgM на IgE [27]. Уровень специфического IgE в сыворотке крови может сохраняться длительное время после прекращения воздействия аллергена. Реагиновые реакции опосредуют инициацию воспаления и гиперреактивность бронхов. Высказано предположение о возможной регулирующей роли IgE. Показано, что избыток неспецифического IgE способен ингибировать индуцированную аллергеном дегрануляцию тучных клеток и базофилов в коже [26]. Полагают, что индукция специфических антител IgG, которые перекрестно реагируют с аллергенами и ингибируют их связывание с IgE из-за конкуренции эпитопов, предупреждает аллергическое воспаление [27]. Доказана роль арилулгелеводородного рецептора в продукции антител всех изотипов и в переключении их различных классов (IgG – IgE), а также изотипов IgG в плазматической клетке [4]. Очевидно, результаты исследования согласуются с ранее полученными сведениями других авторов о возможности развития избыточного иммунного ответа на низкодозовое воздействие НМХС, а также подтверждают риск развития аллергопатологии у населения, пребывающего в условиях экспозиции техногенных химических факторов.

Выводы. В группах наблюдения диапазон среднесуточных доз аэрогенной экспозиции никеля и фенола составил для детей $0,7 \cdot 10^{-6} - 9,3 \cdot 10^{-6}$, для взрослых – $3,5 \cdot 10^{-6} - 5,0 \cdot 10^{-5}$ мг/(кг·день), что превышает аналогичные значения, выявленные в группах сравнения, в 1,5–3,0 раза. Сравнительная характеристика профиля сенсибилизации детского и взрослого населения, проживающего в условиях экспозиции никелем и фенолом в малых дозах, продемонстрировала особенности развития повышенной чувствительности к гаптенам, характеризующиеся формированием IgE-опосредованной реакцией на никель и IgG-опосредованной реакцией на фенол. Результаты, представленные в настоящем исследовании, позволяют рекомендовать к использованию IgE и IgG в качестве критериев выявления предрасположенности к развитию аллергических состояний у взрослых и детей, проживающих в условиях хронической низкодозовой экспозиции никелем и фенолом, обладающими аллергенным потенциалом.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Štefanac T., Grgas D., Dragičević T.L. Xenobiotics-division and methods of detection: A Review // *J. Xenobiot.* – 2021. – Vol. 11, № 4. – P. 130–141. DOI: 10.3390/jox11040009
2. Oršolić N. Allergic inflammation: Effect of propolis and its flavonoids // *Molecules.* – 2022. – Vol. 27, № 19. – P. 6694. DOI: 10.3390/molecules27196694
3. Долгих О.В., Дианова Д.Г. Особенности специфической сенсибилизации к гаптенам и иммунный статус у обучающихся различных возрастных групп // *Российский иммунологический журнал.* – 2020. – Т. 23, № 2. – С. 209–216. DOI: 10.46235/1028-7221-266-FOH
4. Dolgikh O.V., Dianova D.G. Peculiarities detected in formation of specific hapten sensitization to phenol in children // *Health Risk Analysis.* – 2022. – № 1. – P. 123–129. DOI: 10.21668/health.risk/2022.1.14.eng
5. Exposure to formaldehyde and phenol during an anatomy dissecting course: sensitizing potency of formaldehyde in medical students / F. Wantke, M. Focke, W. Hemmer, R. Bracun, S. Wolf-Abdolvahab, M. Götz, R. Jarisch, M. Götz [et al.] // *Allergy.* – 2000. – Vol. 55, № 1. – P. 84–87. DOI: 10.1034/j.1398-9995.2000.00307.x
6. Exposure to environmental phenols and parabens, and relation to body mass index, eczema and respiratory outcomes in the Norwegian RHINESSA study / H.K. Vindenes, C. Svanes, S.H.L. Lygre, F.G. Real, T. Ringel-Kulka, R.J. Bertelsen // *Environ. Health.* – 2021. – Vol. 20, № 1. – P. 81. DOI: 10.1186/s12940-021-00767-2
7. Environmental phenol and paraben exposure risks and their potential influence on the gene expression involved in the prognosis of prostate cancer / D. Alwadi, Q. Felty, D. Roy, C. Yoo, A. Deoraj // *Int. J. Mol. Sci.* – 2022. – Vol. 23, № 7. – P. 3679. DOI: 10.3390/ijms23073679
8. Prenatal exposure to phenols and lung function, wheeze, and asthma in school-age children from 8 European birth cohorts / A. Abellan, R. Mensink-Bout, L. Chatzi, T. Duarte-Salles, M.F. Fernández, J. Garcia-Aymerich, B. Granum, V. Jaddoe [et al.] // *Eur. Respir. J.* – 2019. – Vol. 54, Suppl. 63. – P. OA4969. DOI: 10.1183/13993003.congress-2019.OA4969
9. Influence of indoor respiratory irritants on the course of bronchial asthma / M. Tageldin, H. Raafat, G. Ellassal, W. Salah Eldin // *Egypt. J. Chest Dis. Tuberc.* – 2014. – Vol. 63, № 2. – P. 291–298. DOI: 10.1016/j.ejcdt.2014.01.005
10. Patterns of environmental exposure to phenols in couples who plan to become pregnant / J. Ao, Y. Wang, W. Tang, R. Aimuzi, K. Luo, Y. Tian, Q. Zhang, J. Zhang // *Sci. Total Environ.* – 2022. – Vol. 821. – P. 153520. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.153520
11. Exposure to phenols, phthalates, and parabens and development of metabolic syndrome among Mexican women in midlife // A.N. Zamora, E.C. Jansen, M. Tamayo-Ortiz, J.M. Goodrich, B.N. Sánchez, D.J. Watkins, J.A. Tamayo-Orozco, M.M. Téllez-Rojo [et al.] // *Front. Public Health.* – 2021. – Vol. 9. – P. 620769. DOI: 10.3389/fpubh.2021.620769
12. Metalloimmunology: the metal ion-controlled immunity / C. Wang, R. Zhang, X. Wei, M. Lv, Z. Jiang // *Adv. Immunol.* – 2020. – Vol. 145. – P. 187–241. DOI: 10.1016/bs.ai.2019.11.007
13. Immunological mechanisms of metal allergies and the nickel-specific TCR-pMHC interface / F. Riedel, M. Aparicio-Soto, C. Curato, H.-J. Thierse, K. Siewert, A. Luch // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2021. – Vol. 18, № 20. – P. 10867. DOI: 10.3390/ijerph182010867
14. Nickel allergy is associated with wheezing and asthma in a cohort of young German adults: results from the SOLAR study / L. Kolberg, F. Forster, J. Gerlich, G. Weinmayr, J. Genuneit, D. Windstetter, C. Vogelberg, E. von Mutius [et al.] // *ERJ Open Res.* – 2020. – Vol. 6, № 1. – P. 00178–2019. DOI: 10.1183/23120541.00178-2019
15. Nickel: human health and environmental toxicology / G. Genchi, A. Carocci, G. Lauria, M.S. Sinicropi, A. Catalano // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2020. – Vol. 17, № 3. – P. 679. DOI: 10.3390/ijerph17030679
16. Role of macrophages in air pollution exposure related asthma / C.-H. Li, M.-L. Tsai, H.-Y.C. Chiou, Y.-C. Lin, W.-T. Liao, C.-H. Hung // *Int. J. Mol. Sci.* – 2022. – Vol. 23, № 20. – P. 12337. DOI: 10.3390/ijms232012337
17. Yang J., Ma Z. Research progress on the effects of nickel on hormone secretion in the endocrine axis and on target organs // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* – 2021. – Vol. 213. – P. 112034. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2021.112034
18. Altaf M.A., Goday P.S., Telega G. Allergic enterocolitis and protein-losing enteropathy as the presentations of manganese leak from an ingested disk battery: a case report // *J. Med. Case Rep.* – 2008. – Vol. 2. – P. 286. DOI: 10.1186/1752-1947-2-286
19. Allergic contact dermatitis to manganese in a prosthodontist with orthodontics / D. Velásquez, P. Zamberk, R. Suárez, P. Lázaro // *Allergol. Immunopathol. (Madr.).* – 2010. – Vol. 38, № 1. – P. 47–48. DOI: 10.1016/j.aller.2009.05.005
20. Cross-Reactivity of Palladium in a Murine Model of Metal-induced Allergic Contact Dermatitis / H. Shigematsu, K. Kumagai, M. Suzuki, T. Eguchi, R. Matsubara, Y. Nakasone, K. Nasu, T. Yoshizawa [et al.] // *Int. J. Mol. Sci.* – 2020. – Vol. 21, № 11. – P. 4061. DOI: 10.3390/ijms21114061
21. Chib S., Singh S. Manganese and related neurotoxic pathways: A potential therapeutic target in neurodegenerative diseases // *Neurotoxicol. Teratol.* – 2022. – Vol. 94. – P. 107124. DOI: 10.1016/j.ntt.2022.107124
22. Manganese homeostasis at the host-pathogen interface and in the host immune system / Q. Wu, Q. Mu, Z. Xia, J. Min, F. Wang // *Semin. Cell Dev. Biol.* – 2021. – Vol. 115. – P. 45–53. DOI: 10.1016/j.semcdb.2020.12.006
23. Kimber I., Basketter D.A. Allergic sensitization to nickel and implanted metal devices: a perspective // *Dermatitis.* – 2022. – Vol. 33, № 6. – P. 396–404. DOI: 10.1097/DER.0000000000000819
24. CD23 provides a noninflammatory pathway for IgE-allergen complexes / P. Engeroff, F. Caviezel, D. Mueller, F. Thoms, M.F. Bachmann, M. Vogel // *J. Allergy Clin. Immunol.* – 2020. – Vol. 145, № 1. – P. 301–311.e4. DOI: 10.1016/j.jaci.2019.07.045
25. Lack of ecto-5'-nucleotidase protects sensitized mice against allergen challenge / E. Caiazzo, I. Cerqua, R. Turiello, M.A. Riemma, G. De Palma, A. Ialenti, F. Roviezzo, S. Morello, C. Cicala // *Biomolecules.* – 2022. – Vol. 12, № 5. – P. 697. DOI: 10.3390/biom12050697
26. Pellefigues C. IgE autoreactivity in atopic dermatitis: paving the road for autoimmune diseases? // *Antibodies (Basel).* – 2020. – Vol. 9, № 3. – P. 47. DOI: 10.3390/antib9030047

27. How do pollen allergens sensitize? / S.V. Guryanova, E.I. Finkina, D.N. Melnikova, I.V. Bogdanov, B. Bohle, T.V. Ovchinnikova // *Front. Mol. Biosci.* – 2022. – Vol. 9. – P. 900533. DOI: 10.3389/fmolb.2022.900533

Зайцева Н.В., Долгих О.В., Дианова Д.Г. Аэрогенная экспозиция никелем и фенолом и особенности иммунного ответа, опосредованного иммуноглобулинами класса Е и G // *Анализ риска здоровью.* – 2023. – № 2. – С. 160–167. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.16

UDC 571.27:613

DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.16.eng



Research article

EXPOSURE TO AIRBORNE NICKEL AND PHENOL AND FEATURES OF THE IMMUNE RESPONSE MEDIATED BY E AND G IMMUNOGLOBULINS

N.V. Zaitseva, O.V. Dolgikh, D.G. Dianova

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

Ambient air pollution with potentially allergenic technogenic haptens facilitates occurrence of atopic reactions and creates favorable conditions for future development of allergic pathologies in exposed population.

The aim of this study was to estimate formation of an IgE-mediated and IgG-mediated specific immune response to low-molecular chemical compounds introduced into the body by inhalation (nickel and phenol used as examples).

The test groups were made of children (n = 99) and adults (n = 57) who lived under exposure to airborne nickel and phenol in levels not exceeding maximum permissible ones (up to 0.7 MPL). The reference groups included children (n = 95) and adults (n = 53) who lived on a conventionally clean territory.

In the test groups, average daily exposure doses of airborne nickel and phenol varied between $0.7 \cdot 10^{-6}$ and $9.3 \cdot 10^{-6}$ mg/(kg-day) for children and between $3.5 \cdot 10^{-6}$ and $5.0 \cdot 10^{-5}$ mg/(kg-day) for adults (the doses were created by emissions from a non-ferrous metallurgy plant); this was 1.5–3.0 times higher than the same indicators in the reference groups. Levels of IgG specific to nickel were more than two times higher in the exposed groups; the exposed children had elevated levels of IgG specific to phenol in their blood, practically three times higher than in the reference group ($p < 0.05$). By using logistic regression models, we established a significant probabilistic cause-effect relation between elevated nickel levels in children's blood and elevated levels of IgE-specific to nickel ($R^2 = 0.87$; $F = 468.58$; $p < 0.05$). The assessment of the odds ratio made it possible to verify the relationship between nickel levels in blood and the increase in the level of IgE specific to nickel in children ($OR = 8.96$; 95% $CI = 2.00–40.15$) and in adults from the test group ($OR = 3.12$; 95% $CI = 1.10–9.40$).

The study results indicate that exposure to low levels of airborne nickel and phenol induces hypersensitivity to technogenic haptens in the exposed children and adults. Its distinctive features are an IgE-mediated reaction to nickel and IgG-mediated reaction to phenol. Hyperproduction of immunoglobulin E specific to nickel as well as IgG-antibodies specific to phenol in the exposed children and adults reflects levels of exposure to airborne nickel and phenol and is a peculiarity of a hyperactive immune response developing in the analyzed children on the test territory.

Keywords: nickel, phenol, airborne exposure, specific IgG, specific IgE, reagins, sensitivity to haptens, atopic reaction.

References

1. Štefanac T., Grgas D., Dragičević T.L. Xenobiotics-division and methods of detection: A Review. *J. Xenobiot*, 2021, vol. 11, no. 4, pp. 130–141. DOI: 10.3390/jox11040009
2. Oršolić N. Allergic inflammation: Effect of propolis and its flavonoids. *Molecules*, 2022, vol. 27, no. 19, pp. 6694. DOI: 10.3390/molecules27196694

© Zaitseva N.V., Dolgikh O.V., Dianova D.G., 2023

Nina V. Zaitseva – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Scientific Director (e-mail: znv@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-25-34; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2356-1145>).

Oleg V. Dolgikh – Doctor of Medical Sciences, Head of the Department for Immune-Biological Diagnostic Procedures (e-mail: oleg@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-39-30; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4860-3145>).

Dina G. Dianova – Doctor of Medical Sciences, Senior Researcher at the Department for Immune-Biological Diagnostic Procedures (e-mail: dianovadina@rambler.ru; tel.: +7 (342) 236-39-30; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0170-1824>).

3. Dolgikh O.V., Dianova D.G. Features of hapten specific sensitization and immune status in different student age groups. *Rossiiskii immunologicheskii zhurnal*, 2020, vol. 23, no. 2, pp. 209–216. DOI: 10.46235/1028-7221-266-FOH (in Russian).
4. Dolgikh O.V., Dianova D.G. Peculiarities detected in formation of specific hapten sensitization to phenol in children. *Health Risk Analysis*, 2022, no. 1, pp. 123–129. DOI: 10.21668/health.risk/2022.1.14.eng
5. Wantke F., Focke M., Hemmer W., Bracun R., Wolf-Abdolvahab S., Götz M., Jarisch R., Götz M. [et al.]. Exposure to formaldehyde and phenol during an anatomy dissecting course: sensitizing potency of formaldehyde in medical students. *Allergy*, 2000, vol. 55, no. 1, pp. 84–87. DOI: 10.1034/j.1398-9995.2000.00307.x
6. Vindenes H.K., Svanes C., Lygre S.H.L., Real F.G., Ringel-Kulka T., Bertelsen R.J. Exposure to environmental phenols and parabens, and relation to body mass index, eczema and respiratory outcomes in the Norwegian RHINESSA study. *Environ. Health*, 2021, vol. 20, no. 1, pp. 81. DOI: 10.1186/s12940-021-00767-2
7. Alwadi D., Felty Q., Roy D., Yoo C., Deoraj A. Environmental phenol and paraben exposure risks and their potential influence on the gene expression involved in the prognosis of prostate cancer. *Int. J. Mol. Sci.*, 2022, vol. 23, no. 7, pp. 3679. DOI: 10.3390/ijms23073679
8. Abellan A., Mensink-Bout R., Chatzi L., Duarte-Salles T., Fernández M.F., Garcia-Aymerich J., Granum B., Jaddoe V. [et al.]. Prenatal exposure to phenols and lung function, wheeze, and asthma in school-age children from 8 European birth cohorts. *Eur. Respir. J.*, 2019, vol. 54, suppl. 63, pp. OA4969. DOI: 10.1183/13993003.congress-2019.OA4969
9. Tageldin M., Raafat H., Ellassal G., Salah Eldin W. Influence of indoor respiratory irritants on the course of bronchial asthma. *Egypt. J. Chest Dis. Tuberc.*, 2014, vol. 63, no. 2, pp. 291–298. DOI: 10.1016/j.ejcdt.2014.01.005
10. Ao J., Wang Y., Tang W., Aimuzi R., Luo K., Tian Y., Zhang Q., Zhang J. Patterns of environmental exposure to phenols in couples who plan to become pregnant. *Sci. Total Environ.*, 2022, vol. 821, pp. 153520. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.153520
11. Zamora A.N., Jansen E.C., Tamayo-Ortiz M., Goodrich J.M., Sánchez B.N., Watkins D.J., Tamayo-Orozco J.A., Téllez-Rojo M.M. [et al.]. Exposure to phenols, phthalates, and parabens and development of metabolic syndrome among Mexican women in midlife. *Front. Public Health*, 2021, vol. 9, pp. 620769. DOI: 10.3389/fpubh.2021.620769
12. Wang C., Zhang R., Wei X., Lv M., Jiang Z. Metalloimmunology: the metal ion-controlled immunity. *Adv. Immunol.*, 2020, vol. 145, pp. 187–241. DOI: 10.1016/bs.ai.2019.11.007
13. Riedel F., Aparicio-Soto M., Curato C., Thierse H.-J., Siewert K., Luch A. Immunological mechanisms of metal allergies and the nickel-specific TCR-pMHC interface. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2021, vol. 18, no. 20, pp. 10867. DOI: 10.3390/ijerph182010867
14. Kolberg L., Forster F., Gerlich J., Weinmayr G., Genuneit J., Windstetter D., Vogelberg C., von Mutius E. [et al.]. Nickel allergy is associated with wheezing and asthma in a cohort of young German adults: results from the SOLAR study. *ERJ Open Res.*, 2020, vol. 6, no. 1, pp. 00178–2019. DOI: 10.1183/23120541.00178-2019
15. Genchi G., Carocci A., Lauria G., Sinicropi M.S., Catalano A. Nickel: human health and environmental toxicology. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2020, vol. 17, no. 3, pp. 679. DOI: 10.3390/ijerph17030679
16. Li C.-H., Tsai M.-L., Chiou H.-Y.C., Lin Y.-C., Liao W.-T., Hung C.-H. Role of macrophages in air pollution exposure related asthma. *Int. J. Mol. Sci.*, 2022, vol. 23, no. 20, pp. 12337. DOI: 10.3390/ijms232012337
17. Yang J., Ma Z. Research progress on the effects of nickel on hormone secretion in the endocrine axis and on target organs. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 2021, vol. 213, pp. 112034. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2021.112034
18. Altaf M.A., Goday P.S., Telega G. Allergic enterocolitis and protein-losing enteropathy as the presentations of manganese leak from an ingested disk battery: a case report. *J. Med. Case Rep.*, 2008, vol. 2, pp. 286. DOI: 10.1186/1752-1947-2-286
19. Velásquez D., Zamberk P., Suárez R., Lázaro P. Allergic contact dermatitis to manganese in a prosthodontist with orthodontics. *Allergol. Immunopathol. (Madr.)*, 2010, vol. 38, no. 1, pp. 47–48. DOI: 10.1016/j.aller.2009.05.005
20. Shigematsu H., Kumagai K., Suzuki M., Eguchi T., Matsubara R., Nakasone Y., Nasu K., Yoshizawa T. [et al.]. Cross-Reactivity of Palladium in a Murine Model of Metal-induced Allergic Contact Dermatitis. *Int. J. Mol. Sci.*, 2020, vol. 21, no. 11, pp. 4061. DOI: 10.3390/ijms21114061
21. Chib S., Singh S. Manganese and related neurotoxic pathways: A potential therapeutic target in neurodegenerative diseases. *Neurotoxicol. Teratol.*, 2022, vol. 94, pp. 107124. DOI: 10.1016/j.ntt.2022.107124
22. Wu Q., Mu Q., Xia Z., Min J., Wang F. Manganese homeostasis at the host-pathogen interface and in the host immune system. *Semin. Cell Dev. Biol.*, 2021, vol. 115, pp. 45–53. DOI: 10.1016/j.semcdb.2020.12.006
23. Kimber I., Basketter D.A. Allergic sensitization to nickel and implanted metal devices: a perspective. *Dermatitis*, 2022, vol. 33, no. 6, pp. 396–404. DOI: 10.1097/DER.0000000000000819
24. Engeroff P., Caviezel F., Mueller D., Thoms F., Bachmann M.F., Vogel M. CD23 provides a noninflammatory pathway for IgE-allergen complexes. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 2020, vol. 145, no. 1, pp. 301–311.e4. DOI: 10.1016/j.jaci.2019.07.045
25. Caiazzo E., Cerqua I., Turiello R., Riemma M.A., De Palma G., Ialenti A., Roviezzo F., Morello S., Cicala C. Lack of ecto-5'-nucleotidase protects sensitized mice against allergen challenge. *Biomolecules*, 2022, vol. 12, no. 5, pp. 697. DOI: 10.3390/biom12050697
26. Pellefigues C. IgE autoreactivity in atopic dermatitis: paving the road for autoimmune diseases? *Antibodies (Basel)*, 2020, vol. 9, no. 3, pp. 47. DOI: 10.3390/antib9030047
27. Guryanova S.V., Finkina E.I., Melnikova D.N., Bogdanov I.V., Bohle B., Ovchinnikova T.V. How do pollen allergens sensitize? *Front. Mol. Biosci.*, 2022, vol. 9, pp. 900533. DOI: 10.3389/fmolb.2022.900533

Zaitseva N.V., Dolgikh O.V., Dianova D.G. Exposure to airborne nickel and phenol and features of the immune response mediated by E and G immunoglobulins. *Health Risk Analysis*, 2023, no. 2, pp. 160–167. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.16.eng

Получена: 09.02.2023

Одобрена: 10.05.2023

Принята к публикации: 02.06.2023



Обзорная статья

ЗНАЧЕНИЕ ЗЕЛЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДОВ

Б.А. Ревич

Институт народно-хозяйственного прогнозирования Российской академии наук, Россия, 117418, г. Москва, Нахимовский пр., 47

Зеленые пространства (зеленая инфраструктура, зеленые насаждения и другие похожие термины) являются важнейшей частью городского ландшафта. Они способны смягчить последствия климатических рисков здоровью, воздействия урбанизации и неблагоприятных факторов окружающей среды на здоровье населения, а увеличение площади зеленых насаждений должно устранить проблему доступа к ним населения. Анализ результатов зарубежных исследований по оценке влияния зеленых пространств на здоровье населения доказывает, что они способствуют физической активности городских жителей, в том числе занятиям спортом, развитию межличностных связей и социального взаимодействия, улучшению психического здоровья, снижению распространенности диабета и других заболеваний.

Активное строительство жилых и общественных зданий в российских мегаполисах и крупных городах в ряде случаев привело к сокращению площадей зеленых пространств: в нормативных строительных документах не учитываются рекомендации Европейского бюро ВОЗ о необходимости расположения зеленых пространств в 15–20-минутной пешеходной доступности от жилых домов и обеспеченности каждого городского жителя 9 м² зеленых насаждений. С точки зрения оценки полезности зеленых пространств для здоровья городских жителей важно их равномерное, а не мозаичное распределение, снижающее защитные свойства. Данный обзор демонстрирует важность, преимущества и необходимость создания в городах зеленой инфраструктуры с сомкнутыми кронами деревьев, образующими мощный зеленый полог.

Ключевые слова: здоровье населения, риски здоровью, психическое здоровье, ожирение, диабет, физическая активность, зеленые пространства, зеленые насаждения, зеленая инфраструктура, планировка городов, урбанистика, мегаполисы.

Создание крупных зеленых пространств в городах – один из немногих способов сохранения здоровья населения, находящегося под воздействием агрессивной городской среды. Интерес к этой проблеме возник совсем недавно и вызван как динамикой урбанизации, вызывающей опасения по поводу снижения контакта жителей больших городов с естественными зелеными насаждениями, так и доступностью новых методов дистанционного зондирования для количественной оценки зеленых насаждений по значениям разностного индекса растительности. Зеленые пространства защищают здоровье, поскольку они могут функционировать как восстанавливающие площадки, места для поддержания социального взаи-

модействия и физической активности; также они способны смягчать риски негативного воздействия загрязнения атмосферного воздуха, шума и аномально высоких температур.

В Целях устойчивого развития ООН декларируется, что к 2030 г. необходимо «обеспечить всеобщий доступ к безопасным, открытым для всех зеленым зонам и общественным местам отдыха, в частности для женщин и детей, пожилых людей и инвалидов»¹. Несмотря на общее понимание необходимости зеленых пространств для сохранения и улучшения здоровья населения, на русском языке опубликован только один обзор [1], дающий представление о направлении зарубежных исследова-

© Ревич Б.А., 2023

Ревич Борис Александрович – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник и заведующий лабораторией прогнозирования качества окружающей среды и здоровья населения (e-mail: brevich@yandex.ru; тел.: 8 (499) 129-18-00; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7528-6643>).

¹ Новости ООН в России [Электронный ресурс] // ООН в РФ. – URL: <http://www.unrussia.ru/ru/un-in-russia/news/> (дата обращения: 15.01.2023).

ний по этой проблеме, а также некоторые сведения о важности зеленых пространств для здоровья населения, опубликованные в 2022 г. [2]. Однако в этой работе практически не приводятся количественные параметры рисков здоровью при отсутствии или труднодоступности необходимых открытых зеленых пространств и зеленой инфраструктуры, расположении зеленых пространств в отдалении от селитебной территории. Поэтому нами была поставлена задача представить медицинскому, архитектурному, экологическому, строительному сообществам, урбанистам и специалистам по городскому планированию информацию о реальной пользе от существующей и проектируемой зеленой инфраструктуры, о снижении рисков здоровью населения, подтвержденных результатами крупных эпидемиологических работ.

Понятие зеленой инфраструктуры как составной части экологического каркаса города подробно рассматривается в публикациях Климановой и соавт. [3]. Авторы этих работ вместо традиционного в России термина «зеленые насаждения» предлагают использовать понятие «зеленая инфраструктура», подразумевающее «целостность, связность и иерархичность зеленых элементов, которые обеспечивают средостабилизирующее значение зеленых пространств». Такая позиция соответствует и зарубежным публикациям, где все чаще появляется термин «зеленая инфраструктура», включающий в себя нечто большее, чем просто зеленое пространство. Широко цитируемое определение зеленой инфраструктуры – это «взаимосвязанная сеть зеленых насаждений, которая сохраняет ценности и функции естественных экосистем и приносит связанные с этим выгоды населению» [4]. Парки, бульвары, леса, городские сады и множество других форм общественных и частных компонентов природного ландшафта (зеленых насаждений), взятые вместе, также могут рассматриваться как зеленая инфраструктура.

Однако архитекторы указывают, что работа над зеленой инфраструктурой требует в первую очередь знаний из области биологии и ее составной части экологии, а не градостроительства, и учета разработанной в рамках этой дисциплины концепции «зеленых коридоров» [5]. Например, в пособии о городском зеленом строительстве еще 50 лет назад архитектор Л. Лунц² указывал на необходимость учета типа растительности в зависимости от климатических условий, что особенно актуально в настоящее время из-за изменения климата и формирования в городах «островов жары» с высокими рисками здоровью населения.

Благоприятное влияние зеленых насаждений связано среди прочего с улучшением общего состояния здоровья городских жителей, в том числе со снижением числа хронических заболеваний (например, диабета и сердечно-сосудистых заболеваний), развитием когнитивных функций у взрослых, поддержанием психического здоровья, лучшими исходами беременности (например, с нормализацией массы тела новорожденных) и снижением преждевременной смертности [6–13].

В большинстве эпидемиологических исследований по оценке воздействия зеленых пространств на здоровье населения использовались поперечные или описательные методы; значительно реже – наиболее доказательные, но и наиболее сложные – когортные методы, в том числе проспективные³.

Основные характеристики зеленых пространств городов. Впервые на государственном уровне система индикаторов озелененных пространств городов была разработана в рамках федерального проекта «Формирование комфортной городской среды» национального проекта «Жилье и городская среда», которым предусмотрено повышение индекса качества городской среды на 30 пунктов. Такие индексы разрабатываются на основе 38 индикаторов, сгруппированных в шесть типов пространств. Один из этих типов пространств – «Озелененные пространства», который, в свою очередь, состоит из шести индикаторов. С точки зрения снижения рисков здоровью от воздействия загрязненного атмосферного воздуха, шума, повышения мобильности и физической активности горожан наиболее значимы индикаторы: «доля озелененных территорий общего пользования в общей площади зеленых насаждений»; «уровень озеленения», т.е. доля площади городских территорий, покрытой зелеными насаждениями, в общей площади города; «эффективность управления» – доля населения, имеющего доступ к озелененным территориям общего пользования.

В 2020 г. индексы качества городской среды были подсчитаны для 1116 городов России, в том числе 15 городов с населением более 1 млн человек. Среди этих мегаполисов наиболее низкие показатели по критерию «озелененные пространства» получены для Омска, Екатеринбурга и Волгограда; самые высокие – для двух столиц, а также Уфы, Перми, Казани и Нижнего Новгорода [14]. Значения для Москвы и Санкт-Петербурга, по нашему мнению, требуют уточнения, так как зеленые насаждения в этих городах очень разрознены.

К сожалению, наиболее информативный индикатор озелененности городов – нормализованный

² Лунц Л.Б. Городское зеленое строительство: учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1974. – 275 с.

³ Ревич Б.А., Авалиани С.Л., Тихонова Г.И. Экологическая эпидемиология: учебник для вузов / под ред. Б.А. Ревича. – М.: Академия, 2004. – 384 с.; Власов В.В. Эпидемиология: учебник. – 3 изд., перераб. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. – 496 с.; Брико Н.И., Покровский В.И. Эпидемиология: учебник для вузов. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. – 368 с.

относительный индекс растительности NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)⁴ – не был включен в характеристику «озелененные пространства» федерального проекта, но он использован в фундаментальном исследовании сотрудников географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова [3, 15]. В градостроительных материалах и многих медицинских статьях также используется термин «открытые зеленые пространства», что даже в большей степени подходит при рассмотрении проектов планирования городских территорий.

Особое значение зеленая инфраструктура приобретает в последнее время, когда микроклимат городов меняется в сторону потепления, а «запечатанность» почв, то есть отсутствие открытых почв, почвогрунтов, в центрах российских городов весьма значительна. В большинстве работ для характеристики зеленых пространств, их площадей используется дистанционное зондирование и нормализованный относительный индекс растительности NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)⁴. В ряде публикаций применялись гораздо более подробные характеристики зеленых пространств, такие как численность деревьев, площади озеленения, площади сомкнутого растительного покрова – отдельно для леса, деревьев, кустарников, травы, древесных водно-болотных угодий, сельского хозяйства и садов [16]. Состояние зеленых пространств описывается с помощью различных значений: отношение площади территории, занятой древесной растительностью, ко всей площади города; обеспеченность зелеными насаждениями в квадратных метрах на человека, особенности конфигурации экологического каркаса с зелеными насаждениями (мозаичный, приречный, периферийный и другие) [3].

Проведенная этим коллективом географов оценка зеленой инфраструктуры 15 крупнейших российских городов по показателям доли территорий, занятой древесной растительностью, обеспеченности площадей сомкнутости крон деревьев позволила разделить эти города на несколько групп. Два из них – Волгоград и Омск – отличаются малой долей площадей с деревьями – 16 и 18 % соответственно; максимальная лесистость в Екатеринбурге и Перми – 59 и 61 % соответственно. Промежуточные значения характерны для Воронежа, Казани, Красноярска, Ростова-на-Дону и других городов. Другой показатель – площадь всей древесной растительности на одного человека – минимален в четырех городах (Челябинск, Пермь, Ростов-на-Дону, Волгоград) и максимален в Екатеринбурге и Новосибирске [3]. Как следует из анализа этой работы и исследования Дьячковой [14], в зависимости от используемых показателей состояния зеленых пространств оценки их количества несколько различаются.

Планировочной нормы на озелененность территории в настоящее время нет, но до 2016 г. действовали строительные нормы и правила, предусматривающие 40-процентный уровень озелененности. С точки зрения оценки полезности зеленых пространств для здоровья городских жителей также важна равномерная, а не мозаичная структура озеленения, снижающая ее защитные свойства. Еще один важнейший индикатор полезности зеленых пространств – их пешеходная доступность, которая, согласно рекомендации Европейского бюро ВОЗ, должна составлять не более 15 мин, а обеспеченность зелеными насаждениями – 9 м² на человека [17]. В этом объемном обзоре Европейского бюро ВОЗ систем показателей, поддерживающих городское планирование в целях обеспечения устойчивости и здоровья, приведены различные индикаторы состояния окружающей среды городов, которые используют такие программы ООН, как UN-Habitat, ISO (Международная программа по стандартизации), и другие. Они применяются для риск-ориентированного планирования городов, которое должно учитывать уровень загрязнения атмосферного воздуха на основании данных о среднегодовых концентрациях мелкодисперсных частиц (PM_{2,5} и PM₁₀), а также показатели избыточной смертности населения, связанные с загрязнением атмосферного воздуха, недостаток зеленых пространств на душу населения и другие.

Роль разных видов озеленения, в том числе вертикального («зеленые парковки», сады на крышах зданий и другие объекты), описана во многих российских публикациях, например, в обзоре Вебера, Кучерова и Лылова [18], но в них не рассматривались вопросы влияния зеленых насаждений на здоровье населения с использованием методов доказательной медицины. За рубежом наблюдается резкий всплеск таких исследований, начиная примерно с 2000 г. Поиск в библиотеке Национального института здоровья (PubMed) показал, что только по запросу: green place and health – на 01.01.2023 опубликовано более 405 статей, в том числе за период с 2017 по 2022 г. – более 10 обзоров [6–13].

С целью оценки влияния зеленых пространств на здоровье в большинстве исследований используются различные показатели, преимущественно нормализованный относительный индекс растительности (NDVI), но он не может быть применен для оценки неоднородности зеленых насаждений. Например, зеленые пространства различаются с точки зрения объективно измеримых хороших качеств (таких как полог дерева, пешеходные дорожки и места для сидения), и других, носящих более субъективный характер (эмоциональная или духовная связь человека с объектом). В то же время близость

⁴ Этот индекс рассчитывается по специальной формуле и показывает отношение между коэффициентами отражения солнечного света в инфракрасной и красной спектральных зонах.

к дорогам с интенсивным движением автотранспорта или отсутствие удобного доступа могут затруднить посещение зеленых пространств.

Зеленые пространства и психическое здоровье. Наличие значительного числа доказательных эпидемиологических работ позволило инициировать обзор ВОЗ [19], суммирующий результаты этих исследований, в том числе о влиянии зеленых пространств на психическое состояние детей. Также опубликованы обзоры исследований по оценке влияния зеленых пространств на физическое здоровье детей [20, 21]. Эти новые знания в отношении психологического статуса детей (с точки зрения проблем со сверстниками, симптомов гиперактивности и невнимательности, поведенческих и других проблем) были получены с помощью компьютеризированных нейропсихологических тестов по оценке когнитивного развития. Во всех исследованиях присутствовал по крайней мере один показатель социально-экономического статуса: доход семьи, образование родителей и / или занятость родителей, доступность зеленых насаждений для прогулок, стоимость дома. В 21 исследовании была доказана положительная связь между недостатком зеленых пространств и эмоциональными, поведенческими трудностями детей и подростков [22].

Весьма тревожная ситуация с психическим состоянием детей связана и с малоподвижным образом жизни, что характерно и для России. Например, согласно исследованиям, в Каунасе (Литва) у детей в возрасте 4–6 лет каждый дополнительный час времени, проведенный в парках, был связан с уменьшением малоподвижного образа жизни и меньшим риском ухудшения здоровья, а меньшее время, проведенное в парке, приводило к ухудшению общего и психического здоровья детей в возрасте 4–6 лет [23]. Медицинское научное сообщество в России понимает эту проблему, и в 2020 г. Национальный медицинский центр здоровья детей совместно со Всероссийским обществом развития школьной медицины опубликовали материал, доказывающий, что «возросшая в последние годы информатизация общественного процесса с использованием электронных средств обучения уже привела к ухудшению состояния здоровья детей»⁵ [24].

Одна из основных проблем оценки воздействия зеленых пространств на психическое состояние ребенка – отделение влияния именно этого фактора после корректировки (учета) действия многих других условий. Среди них наибольшее внимание уделялось роли социально-экономического фактора, поскольку от него зависит место проживания семьи ребенка. У пациентов, живущих в самых зеленых районах, значительно реже диагностировался целый

ряд физических и психических расстройств (после вычленения наиболее вероятных социально-экономических и демографических факторов) по сравнению с их сверстниками, живущими в районах с минимумом зеленых насаждений. Примечательно, что наиболее значительные отклонения психического развития были у детей с ментальными проблемами, проживающих на территориях с недостаточным озеленением.

В 2009 г. были опубликованы результаты знакового исследования, связывающего данные о зеленых пространствах вблизи жилых домов с медицинскими диагнозами в учреждениях первичной медико-санитарной помощи примерно для 345 тысяч голландских пациентов из разных возрастных групп. У пациентов, живущих в самых зеленых районах, после учета социально-экономических и демографических факторов риска значительно реже диагностировался целый ряд физических и психических расстройств, по сравнению с пациентами, живущими в наименее зеленых районах [25]. С тех пор все большее число исследований оценивают связи между зелеными насаждениями и психическим здоровьем детей и подростков. На связи между зелеными пространствами и психическим состоянием подростков указывают авторы исследования с использованием метаанализа 21 публикации [22]. Согласно ему у детей, проживающих около зеленых пространств, меньше проблем со сверстниками, им реже ставится диагноз «гиперактивность» [26].

Положительное влияние зеленых пространств на психическое здоровье доказано и для населения других возрастных групп, например, выявлены более высокая вероятность депрессии [27], наличие суицидальных наклонностей у горожан, проживающих в регионах с наименьшим числом парков и зеленых зон [28]. Доказана связь между частотой посещения парков, эмоциональным состоянием человека и его удовлетворенностью жизнью [29]. При этом большое значение имеют особенности состояния парков и зеленых массивов [30].

Растущий объем данных показывает взаимосвязь между уровнем зеленых насаждений в местных окрестностях и здоровьем и благополучием людей, особенно для малообеспеченных и бедных городских слоев населения [25]. Близость к паркам была связана с большей частотой физических нагрузок, снижением веса (например, [31]), более низкой заболеваемостью ишемической болезнью сердца (например, [25]). Ряд исследований также связывает влияние зеленых насаждений с преимуществами для психического здоровья, действующими независимо от физической активности, с помощью таких механизмов, как видимость зеленых пространств для

⁵ Гигиенические нормативы и специальные требования к устройству, содержанию и режимам работы в условиях цифровой образовательной среды в сфере общего образования: руководство / В.Р. Кучма, А.С. Селова, М.И. Степанова, Н.К. Барсукова, И.Э. Александрова, М.В. Айзятова, О.А. Григорьев, Д.Б. Комаров [и др.]. – М.: НМИЦ здоровья детей Минздрава России, 2020. – 20 с.

отдыха и восстановления (например, [32]). К этим преимуществам относятся улучшение настроения, самооценки, снижение стресса и когнитивной усталости, повышение концентрации внимания, а также содействие эмоциональному восстановлению [33]. Зеленые насаждения предоставляют защищенное пространство для социальных взаимодействий, это может привести к снижению социальной изоляции, созданию социального капитала, повышению социальной сплоченности, обеспечению чувства принадлежности и повышению уровня доверия жителей района. Таким образом, городские зеленые пространства напрямую связаны с качеством жизни городских жителей.

Обсуждая лучшее психическое здоровье у горожан, проживающих вблизи парков, отметим и роль в этом спортивной деятельности, к чему располагают парки со спортивными площадками [27] (при этом минимальное время занятий упражнениями составляет 20 мин, оптимальное время – 90 мин). В то же время на запущенных озелененных территориях возможны криминальные риски, рост преступности и антиобщественного поведения [34].

Систематический обзор публикаций по выявлению и обобщению результатов исследований об эффективности зеленых пространств для улучшения психического и физического здоровья взрослого населения показал в большей степени улучшение показателей психического, чем физического здоровья. Анализ результатов 16 исследований подтвердил гипотезу, что нахождение горожан на озелененных территориях способствует снижению депрессии [21].

Весьма необычный дизайн исследования по рассматриваемой теме реализован в Дании. В этой небольшой стране были изучены связи между данными о состоянии психического здоровья и близостью проживания в детстве к зеленым насаждениям более 940 тысяч людей. Контрольную группу составили люди, родившиеся в период с 1985 по 2003 г. Площади зеленых пространств определяли на основании спутниковых данных высокого разрешения по нормализованному относительному индексу растительности на площади $210 \times 210 \text{ м}^2$ вокруг места жительства каждого человека от рождения до 10 лет. У взрослых людей, выросших в местах с наименьшим числом зеленых насаждений, риск развития психических расстройств, таких как депрессия, тревога и злоупотребление психоактивными веществами в более поздние годы, оказался на 55 % выше, чем у жителей озелененных территорий. После оценки влияния других факторов: социально-экономических, медицинских (истории психических заболеваний родителей), возраста родителей – достоверность связи психических расстройств с зелеными пространствами подтвердилась [35, 36]. Кроме того, близость общественных парков к месту проживания женщин (400–800 м) способствовала улучшению их психического здоровья и уменьшению распространенности у них депрессии (особенно у более молодых женщин и домохозяек) [37].

Рассматриваемая нами проблема зеленых пространств и здоровья жителей мегаполисов крайне актуальна и в Юго-Восточной Азии. Для оценки влияния зеленых пространств на психическое состояние жителей китайских мегаполисов проведено несколько исследований, одно из них – в городе Шэньчжэне (17 млн человек). Важно, что в этой работе использовался не только нормализованный относительный индекс растительности (NDVI), описанный выше, но и данные изображений дистанционного зондирования высокого разрешения Quick Bird – 2, а в качестве индикатора психического состояния применялись специально разработанные анкеты. Полученные достоверные данные свидетельствуют о важности увеличения зеленых пространств в мегаполисах [38].

Сравнение результатов исследований влияния зеленых насаждений на психическое здоровье населения в таких странах, как Южная Корея и Иран, резко отличающихся по социально-экономическому положению, показывает примерно одинаковую ситуацию. В Корее (169 тысяч обследованных) вероятность депрессии и суицидальных показателей была на 16–27 % выше после корректировки на все потенциальные переменные на территориях с минимальным озеленением. У людей без умеренной физической активности были более высокие шансы на депрессию и суицидальные настроения, чем у людей с умеренной физической активностью [28]. В Иране также частота посещения парка приводила к улучшению эмоционального состояния [29].

Исследования по оценке влияния зеленых пространств на состояние психического здоровья постепенно переходят от использования вопросников или психологических тестов к инструментальному обследованию, включая МРТ [39]. Тем не менее в некоторых немногочисленных исследованиях доказательства положительного влияния зеленых насаждений на здоровье не найдены, а, наоборот, обсуждается возможность обострения криминальной обстановки на зеленых пространствах [34, 40]. Также сообщается, что дополнительное озеленение отдельных районов городов может привести к росту платы за недвижимость, в свою очередь, это способствует перемещению людей с более низким социально-экономическим статусом на другие, менее озелененные территории [41].

Одной из причин нарушения психического здоровья может быть одиночество. Преодоление психологических проблем одиночества людей в городе, особенно в мегаполисах, – крайне важная проблема современной медицины, социологии, психологии, урбанистики и других дисциплин, занимающихся проблемой «человек в городе». Одиночество весьма развито в современном обществе, и это вызывает большую тревогу со стороны медиков, социологов, психологов и специалистов других профессий. Постоянное одиночество беспокоит многих людей на протяжении всей жизни, и в некоторых

группах пожилых людей его распространенность достигает 61 % [42].

Явление одиночества в нашей стране было детально изучено в рамках известного исследования «Российский мониторинг экономического положения и здоровья населения» Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», ООО «Демоскоп» при участии Центра народонаселения Университета Северной Каролины [43]. Результаты этого исследования показали, что одиночество постоянно испытывают 3 % взрослых россиян и периодически – 40 %. Как отмечают социологи, женщины чаще ощущают себя одинокими и более остро переживают это состояние. Это связано и с тем, что женщины чаще остаются одинокими, чем мужчины, причем одиночество встречается в разных возрастах, в том числе и среди молодых людей. Одиночество в пожилом возрасте может вызывать ухудшение состояния здоровья и обострение хронических заболеваний.

Наличие зеленых пространств в жилых кварталах или вблизи них способствует улучшению физического и психического здоровья одиноких людей, и для доказательств этого за последние годы проведено 22 исследования, из них в 11 использовался поперечный метод. Согласно обзору этих работ, из 132 полученных связей в 88 (66,6 %) было доказано положительное влияние зеленых пространств на здоровье одиноких людей, в том числе 44 ассоциации были статистически значимы. Большинство исследований в этом обзоре проводилось в странах с высоким уровнем дохода [42]. На протяжении последних пяти лет в США, Испании, Сингапуре, Австралии и других государствах начала формироваться государственная политика по озеленению городов как часть стратегии по уменьшению одиночества.

Зеленые пространства и ожирение, диабет.

Количество людей с ожирением в мире за последние четыре десятилетия почти утроилось. Эта проблема стала настолько серьезной для общественного здравоохранения, что специалисты по профилактической медицине приравнивают ее к мировой эпидемии [44]. Ожирение признано фактором преждевременной смертности и снижения ожидаемой продолжительности жизни. Число людей старше 18 лет с ожирением в мире достигло почти 2 млрд, и ожидается дальнейший рост этого заболевания, а к 2025 г., по оценкам ВОЗ, мировые показатели могут достичь 18 % среди мужчин и 21 % среди женщин [45]. В мире до 3,5 млн смертей в год связаны с ожирением, которое часто предполагает снижение качества и продолжительности жизни. От ожирения страдает не только население развитых стран: за 1980–2013 гг. и в развивающихся странах распро-

страненность избыточного веса и ожирения выросла с 5 до 13 % [46]. Считается, что в США общие расходы на здравоохранение, связанные с ожирением и избыточным весом, по прогнозам, будут удваиваться каждое десятилетие, достигая 16–18 % от общих расходов на здравоохранение.

Проблема избыточной массы тела становится все более актуальной и в России, которая вошла в группу стран с наиболее высокими показателями распространенности ожирения. В обзоре литературы о распространенности ожирения, повышенного индекса массы тела (ИМТ) среди взрослого российского населения приведены результаты нескольких проектов (ВОЗ МОНИКА, 1985–1995; НАРИЕЕ 2003–2005 и других) [47]. Так, в 2014 г. ожирение было диагностировано у 10,7 млн мужчин и 18,7 млн женщин [48] или, по данным ВОЗ, у 18,1 % мужчин и у 26,9 % женщин⁶. О росте численности людей с повышенным ИМТ свидетельствуют результаты эпидемиологического исследования в Москве (случайная выборка нескольких районов за 1975–2014 гг.); этот рост близок к мировой тенденции, но все же не так значим [49]. По результатам исследования ВОЗ, рост ожирения происходит не только у взрослых, но и среди подростков [50].

Ожирение является основным фактором риска развития многих неинфекционных заболеваний, включая сердечно-сосудистые, онкологические заболевания, инсульт, диабет, рак и астму, а также психические расстройства. Ожирение явилось фактором риска смертности и от COVID-19. Распространенность ожирения является огромным бременем расходов для правительств, системы здравоохранения и отдельных лиц. Профилактика ожирения остается серьезной задачей для практикующих врачей, исследователей, занимающихся вопросами здравоохранения.

В растущем числе исследований признается обусловленность распространения ожирения социальными факторами и факторами окружающей среды. Особенности городского дизайна могут способствовать увеличению ожирения за счет ограничения возможностей для физической активности [51]. Присутствие зеленых пространств в городах определено как критический фактор для укрепления здоровья человека, в том числе для поддержания здорового веса.

Во многих исследованиях показана отрицательная связь между доступом к зеленым насаждениям и ожирением, временем просмотра телевизора, ИМТ и весом детей. Расстояние до ближайшего зеленого насаждения, измеренное при помощи ГИС в 10 исследованиях, часто использовалось для представления доступа к ближайшему зеленому насаждению. Кроме этого, в качестве индикатора озеле-

⁶ Prevalence of obesity among adults, BMI ≥ 30 (age-standardized estimate) (%), 1975–2016, Both sexes [Электронный ресурс] // WHO. – URL: [https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/prevalence-of-obesity-among-adults-bmi-30-\(age-standardized-estimate\)-\(-\)](https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/prevalence-of-obesity-among-adults-bmi-30-(age-standardized-estimate)-(-)) (дата обращения: 13.02.2023).

ненности использовалось среднее значение NDVI на различном расстоянии от места жительства, число зеленых насаждений, плотность деревьев на 0,5-километровом расстоянии до домов, расстояние до ближайшего парка или другой зеленой зоны и другие параметры [52].

В масштабном исследовании (700 тысяч человек) по двум американским городам с разным климатом – Фениксу с низким уровнем озеленения и Портленду с морским климатом и большими зелеными пространствами – оценены причинно-следственные связи между доступом к зеленым насаждениям и весом горожан. Доказано, что озеленение вдоль улиц является предиктором здорового веса. Каждые 10 % увеличения такого озеленения в пределах 2 км ассоциировались со снижением шансов иметь избыточный вес или ожирение на 18 % (отношение шансов (OR) = 0,82, 95 % ДИ: 0,81–0,84 в Фениксе; 0,82, 95 % ДИ: 0,81–0,83 в Портленде). В более озелененных местах у жителей избыточный вес или ожирение встречались на 18 % реже (OR = 0,87 для Портленда, 95 % ДИ: 0,81–0,92) [16]. Также подобные связи были найдены и в Нью-Йорке. Более высокая плотность уличных деревьев (на 75-м процентиле, по сравнению с 25-м) была связана с более низкой распространенностью ожирения на 12 % [53]. В Испании проживание в домах, расположенных близко от леса, приводит к снижению времени у экрана ТВ и избыточного веса / ожирения на 39 и 25 % соответственно [54]. Во многих исследованиях сообщалось и о положительной связи между здоровым весом и зелеными пространствами в пределах 500 м от дома [55, 56].

Доказательства зависимости между ИМТ детей и зелеными пространствами не столь очевидны. В обзоре по этому вопросу были рассмотрены статьи, опубликованные до 1 января 2019 г. Размеры выборки варьировались от 108 до 44 278 случаев. Авторы этого обзора считают, что трудно сделать четкий вывод о связи между доступом к зеленым насаждениям и индексом массы тела детей и необходимы дальнейшие проспективные исследования в этом направлении [57]. О необходимости развития таких работ упоминают и другие авторы [25, 58, 59].

Проблемы ожирения в определенной степени связаны с физической активностью, и информация об этом показателе содержится в материалах Росстата⁷ и Минспорта. По данным этих источников и опросов, доля российского населения, систематически занимающегося физической культурой, не превышает 30 %. Поэтому чрезвычайно важным явлением стало увеличение на территориях зеленых пространств различного оборудования для занятий спортом или повседневной гимнастикой. Роль зеленых пространств как фактора, стимулирующего фи-

зическую активность и предупреждающего развитие диабета второго типа, стало предметом большого исследования городского населения США. Это проспективное когортное исследование включало 5574 человека. Оно проводилось для изучения связи между зеленым пространством, измеряемым по нормализованному разностному индексу растительности, определяемому с помощью спутника в пределах 1000 м от домов участников, и заболеванием диабетом, оцениваемым при посещении врача с измерением уровня глюкозы натощак, сведений о назначении инсулина или гипогликемических препаратов. За период исследования у 886 (15,9 %) участников развился диабет. С поправкой на индивидуальные характеристики, социально-экономические показатели, дополнительные факторы риска развития диабета обнаружено снижение риска развития диабета у 21 % жителей, посещающих зеленые пространства (OR = 0,79; 95 % ДИ: 0,63–0,99) [60].

Зеленые пространства, смертность и заболеваемость городского населения. Во многих городах мира реализуются амбициозные проекты по расширению озелененных территорий с созданием сплошного полога листьев из деревьев. Одним из оснований этих затратных мер являются результаты лонгитудных исследований, доказывающих связи между доступом к зеленым пространствам и смертностью. Так, рассчитали количественные показатели связи между наличием зеленых пространств и риском смерти для 1645 человек, перенесших инсульт в период с 1999 по 2008 г., проживающих в самых зеленых районах, по сравнению с жителями наименее зеленых районов. Риск смерти в первой группе был снижен, даже с поправкой на близость дорог с интенсивным движением [61]. Более низкие показатели смертности от сердечно-сосудистых заболеваний обнаружены у госпитализированных лиц с диабетом второго типа и инфарктом [62].

Оценка результатов лонгитудных исследований с общей численностью населения более 8 млн взрослых человек с использованием индекса растительности NDVI, рассчитанного на основе космического снимка с пространственным разрешением 30×30 м, с использованием метаанализа, подтвердил наличие связей этого показателя с температурой воздуха. Значение относительного риска OR = 0,96 (95 % ДИ: 0,94–0,97) свидетельствует, что именно деревья, а не газоны, обеспечивают понижение высоких температур воздуха и почв, создавая тем самым более комфортные условия, и способствуют снижению рисков здоровью населения от экстремально высоких температур, то есть направлены на снижение смертности горожан [63], в том числе смертности от болезней кровообращения [64]. Это

⁷ Доля граждан, систематически занимающихся физической культурой и спортом [Электронный ресурс] // ЕМИСС: государственная статистика. – 2020. – URL: <https://fedstat.ru/indicator/59266> (дата обращения: 18.01.2023).

же доказывают результаты и других исследований [33, 65]. В этих работах применили показатели «площадь древесного покрова или доли земли, покрытой кронами деревьев» на основе аэрофотоснимков с использованием лидаров [66].

Например, власти города Филадельфии (1,6 млн жителей) поставили стратегическую цель на 2025 г. по увеличению общегородского лесного покрова и достижению рекомендованного для всех американских городов уровня 30–40-процентного покрытия кронами деревьев. Необходимость реализации такой программы вызвана тем, что Филадельфия отличается от других десяти крупнейших городов США наиболее низкими показателями доходов населения и более высокими показателями смертности (в 2015 г. 887 смертей на 100 000 человек, по сравнению с 733 смертями на 100 000 человек в целом в стране) [67]. Поэтому наряду с другими программами в области здравоохранения по снижению смертности начнется реализация программы озеленения. Основной указанной программы стала гипотеза, что такие высокие для США значения смертности можно было бы предотвратить при увеличении сомкнутости кроны деревьев на 30 %. Планировалось, что это приведет к снижению избыточной смертности жителей в 2025 г., в первую очередь в районах с низким социально-экономическим статусом. В 2015 г. число преждевременных смертей, связанных с недостаточным озеленением в Филадельфии, достигло 403 случаев (95 % ДИ: 298–618) в целом, в том числе 244 (95 % ДИ: 180–373) преждевременных смертей в районах с более низкими социально-экономическими показателями. Оценка площадей зеленых пространств этого города была проведена с использованием лидара.

Весьма интересен использованный авторами метод территориального зонирования этого города. Его территорию разделили на 384 участка с определением социально-экономического статуса каждого; по ним определены существующие и необходимые площади сомкнутых крон деревьев. 80 % этих участков соответствовали цели покрытия древесным пологом или превышали ее на 30 %, а для 103 территорий будет проведено необходимое озеленение с использованием деревьев с большой кроной. Средний доход домохозяйств этого города совпал с общим уровнем зелени в районах, а в районах с более низким социально-экономическим статусом, как правило, было меньше деревьев или меньше растительности, чем в более богатых районах. В случае дополнительного озеленения этой территории может произойти снижение смертности населения и, следовательно, будет получен значимый социально-экономический эффект [11].

В Москве такой метод территориального зонирования использован кандидатом географиче-

ских наук Н.Б. Барбаш из Института Генплана Москвы для выявления микрорайонов с повышенной плотностью населения, повышенным уровнем загрязнения атмосферного воздуха, близостью к озелененным территориям⁸. Впоследствии при поперечном эпидемиологическом исследовании распространенности бронхиальной астмы среди детей были выявлены локусы территорий с наиболее высокими значениями этого показателя [68]. Результаты этой работы (конечно, наряду с экономическими, экологическими и другими причинами) были использованы Институтом Генплана Москвы для обоснования перебазирования некоторых предприятий и усиления детской пульмонологической службы.

Наиболее объемный европейский проект по оценке влияния зеленых насаждений на смертность реализован в 2015 г. в 49 крупных городах в 31 стране этого региона. Площади зеленых насаждений оценивались по нормализованному относительному индексу растительности NDVI и проценту зеленых насаждений по ячейкам с мелкой сеткой 250 × 250 м. Было обнаружено, что в городах, где зеленые насаждения находятся в 15–20-минутной доступности для населения, ежегодная смертность на 43 тысячи случаев меньше, чем в других городах. Это составило 2–3 % (95 % ДИ: 1,7–3,4) от общей смертности от естественных причин; 245 случаев (95 % ДИ: 184–366) потерянных лет жизни на 100 человек. Наиболее высокие показатели избыточной смертности из-за недостатка зеленых насаждений в Афинах, Брюсселе, Будапеште, Копенгагене и Риге [69].

Связь доступности зеленых пространств с заболеваемостью населения изучена меньше, чем с показателями смертности, но этому вопросу посвящено более 60 англоязычных публикаций, где для характеристики зеленых пространств использован нормализованный относительный индекс растительности (NDVI) и показатели, отражающие качественные параметры древесного покрова [70]. Например, более высокое разнообразие растительного покрова способствовало снижению хронических заболеваний [71] и бронхиальной астмы у детей [72]. Более высокая плотность деревьев среди парковой растительности была связана с более низким уровнем сердечно-сосудистых заболеваний [73, 74] и более высоким качеством жизни [75, 76]. Определенное влияние на состояние здоровья оказывает и величина «зеленого пятна» – сомкнутых крон деревьев в городе. В большинстве исследований были обнаружены доказательства связи различных показателей здоровья с большими площадями зеленых насаждений – в том числе с индексом массы тела [77, 78], со смертностью от болезней кровообращения [64], депрессиями [79], смертностью от всех причин, в том числе сердечно-сосудистых заболева-

⁸ Барбаш Н.Б. Методика изучения территориальной дифференциации городской среды. – М.: Институт географии АН СССР, 1986. – 180 с.

ний [12], от ожирения, заболеваемости диабетом второго типа, остеопорозом, других нарушений здоровья [33]. Доступ к зеленым насаждениям может способствовать снижению концентрации кортизола, частоты пульса и артериального давления [52].

В последние годы появились публикации, доказывающие мультисенсорное влияние парковой растительности, включая визуальные, слуховые и тактильные ощущения, обеспечивающие восстановительный эффект при нахождении в парке [80]. Более высокая плотность деревьев среди парковой растительности была связана с более низким уровнем сердечно-сосудистых заболеваний [73].

Результаты и их обсуждение. К проблеме зеленых пространств в городах существует растущий исследовательский интерес не только со стороны архитекторов, строителей, специалистов в области озеленения городов, но и медиков. Необходимость создания зеленой инфраструктуры с массивами деревьев подтверждена эпидемиологическими исследованиями в разных странах. Пандемия COVID-19 и проблемы постпандемийного времени также усилили внимание к этой теме, поскольку население стало проводить больше времени на зеленых территориях, чтобы справиться с последствиями карантина и возникшими психологическими проблемами [81–83].

Механизмы, лежащие в основе воздействия зеленых насаждений на здоровье, еще предстоит полностью изучить, но уже доказано, что пребывание на озелененных территориях способствует снижению последствий стресса и воздействия загрязненного атмосферного воздуха, шума, высоких температур; улучшает когнитивные функции; способствует усилению социального взаимодействия и повышению физической активности. Анализ результатов исследований в разных странах мира доказывает необходимость развития зеленых пространств в городской среде. Подтверждены гипотезы, что нахождение зеленых пространств в пределах пешей доступности от жилых кварталов приводит к большей мобильности населения, меньшей распространенности диабета, сердечно-сосудистых заболеваний. Являясь жизненно важным компонентом городской застроенной среды, зеленые насаждения играют ключевую роль в психологическом благополучии людей, позитивно влияют на людей с депрессией, риски здоровью снижаются при наличии зеленых пространств с сомкнутой кроной деревьев.

В России также появились единичные публикации о влиянии зеленых пространств на здоровье, в том числе одно из них выполнено в Уфе, где зеленая инфраструктура оценивается в 30 баллов и также высок индекс растительности (NDVI), т.е. зеленая инфраструктура достаточно хорошо развита [3]. В этом городе на основе данных о концентрации бенз(а)пирена в атмосферном воздухе Уфы, по данным ФГБУ «Башкирское УМС», был рассчитан индивидуальный канцерогенный риск, который не превысил допустимые значения. Для сравнения ана-

логичная работа была выполнена по Архангельску с не столь развитым промышленно-энергетическим комплексом и низким уровнем озеленения по сравнению с Уфой, где нормализованный относительный индекс растительности (NDVI) характеризуется как высокая степень развития растительности. Авторы этого исследования считают, что при высокой степени озеленения городов уменьшается риск от загрязнения воздуха бенз(а)пиреном [84], при этом риски здоровью определяют в большей степени концентрации мелкодисперсных частиц. В другом российском мегаполисе – Челябинске – анкетирование жителей по психологическому вопроснику показало более выраженное влияние стресс-факторов в районе города с малой зеленой зоной [85].

Городская зеленая инфраструктура рассматривается экономистами как один из важнейших элементов экосистемных услуг. Интенсивный рост ряда городов уже привел к нарушению устойчивости территорий [86, 87] и, соответственно, к дефициту зеленых пространств. Особенно это видно на примере быстрорастущего Краснодара, где отсутствует водно-зеленый каркас, сохранение деревьев не имеет системного характера, число существующих парков и скверов недостаточно. Разработанный новый генплан города предусматривает около 400 разных по масштабу зон озеленения, но они не составляют единую зеленую инфраструктуру [88]. С другой стороны, существуют и проекты удачных решений градостроительных (планировочных) решений по созданию крупной зеленой инфраструктуры одного из районов Казани (20 тысяч человек). Увеличение традиционного норматива озеленности в три раза, то есть до 60 % общей площади, сделает эту территорию более комфортной. Согласно модели природного капитала, разработанной Голландским научно-исследовательским институтом общественного здравоохранения и окружающей среды, в этом районе произойдет уменьшение температуры воздуха в летнее время на 2 °С и средней скорости ветра на 8 м/с; число жителей, удовлетворенных тепловым комфортом, станет больше на 6 % зимой и на 8 % летом, чем в традиционном сценарии [86].

Государственная политика по отношению к комфортности городской среды начала меняться и в нашей стране. Например, в рамках Программы развития оздоровительного потенциала озелененных общественных пространств блока «Озелененные пространства» федерального проекта «Формирование комфортной городской среды» в Екатеринбурге для оценки таких территорий использованы показатели: доля озелененных территорий общего пользования в общей площади зеленых насаждений (%), уровень озеленения (%), состояние зеленых насаждений, привлекательность таких территорий. Для достижения должного качества городской среды Екатеринбурга разработаны рекомендации, включающие блоки различных оздоровительных мероприятий, систему мер по доступности спортивных

площадок для лиц с ограниченной мобильностью [89]. Однако для медиков необходимо также получить информацию о доли населения разного возраста, имеющего озелененные территории в 15–20-минутной пешей доступности в общей численности населения по отдельным микрорайонам.

Объемы исследований по оценке качества зеленых насаждений и влиянии их на здоровье постоянно увеличиваются. Результаты, указывающие на их пользу, были более устойчивыми среди групп населения, находящихся на территориях с большими кронами деревьев. Существует потребность в дополнительных проспективных исследованиях, включающих измерения качества зеленых насаждений и учет искажающих анализ факторов. Изучение качества зеленых пространств имеет практическое значение и для городского планирования.

В городах с высокой плотностью населения, с проблемами при реновации возникают сложности сохранности зеленых насаждений и их доступности для разных социально-экономических групп населения. Поэтому необходимы компромиссы между градостроителями, планировщиками, застройщиками, руководством городов, с одной стороны, и медиками, экологами, специалистами в области озеленения, с другой стороны. Кроме того, проектирование зеленых пространств, управление ими и контроль за их состоянием желательно передать из системы благоустройства или жилищно-коммунального хозяйства в градостроительный комплекс, архитектурно-планировочному управлению или схожим управленческим структурам, отвечающим за создание комфортной среды обитания

городов. В условиях ограниченного пространства изменение качества существующих зеленых насаждений может способствовать поддержанию и улучшению качества жизни в городских сообществах, особенно в условиях происходящих изменений климата.

Для сохранения здоровья горожан необходимо развитие зеленых пространств, а также планирование городского ландшафта с учетом рисков здоровью жителей и подготовкой новых рекомендаций по оптимальной плотности населения. Как считают экономисты, «комплексный подход к созданию городской среды с акцентом на здоровье и благополучие горожан не только способствует запросам современного горожанина, но и выгоден для экономики городов и страны в целом» [88]. Для дальнейшего развития зеленых пространств необходима более тесная координация градостроительных и планировочных организаций с соответствующими муниципальными службами, занимающимися благоустройством. По своей значимости для улучшения комфортности городской среды и защиты горожан от воздействия неблагоприятных факторов среды обитания парки, бульвары и скверы и другие зеленые пространства желательно передать из служб благоустройства в структуры по природопользованию, охране окружающей среды.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Ходжаян А.Б., Карабахян Г.А. Влияние зеленых насаждений на здоровье людей // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2022. – Т. 30, № 4. – С. 600–607. DOI: 10.32687/0869-866X-2022-30-4-600-607
2. Ревич Б.А. Планирование городских территорий и здоровье населения: Аналитический обзор // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 1. – С. 157–169. DOI: 10.21668/health.risk/2022.1.17
3. Климанова О.А., Колбовский Е.Ю., Илларионова О.А. Зеленая инфраструктура города: оценка состояния и проектирование развития. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2020. – 324 с.
4. Benedict M., MacMahon E.T. Green infrastructure: smart conservation for the 21st century // *Renew. Resour. J.* – 2002. – Vol. 20, № 3. – P. 12–17.
5. Подойницына Д.С. Критический анализ концепции «Зеленая инфраструктура» // Архитектура и современные информационные технологии. – 2016. – № 1 (34). – С. 12.
6. Twohig-Bennett C., Jones A. The health benefits of the great outdoors: A systematic review and meta-analysis of greenspace exposure and health outcomes // *Environ. Res.* – 2018. – Vol. 166. – P. 628–637. DOI: 10.1016/j.envres.2018.06.030
7. Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance / I. Markevych, J. Schoierer, T. Hartig, A. Chudnovsky, P. Hystad, A.M. Dzhambov, S. de Vries, M. Triguero-Mas [et al.] // *Environ. Res.* – 2017. – Vol. 158. – P. 301–317. DOI: 10.1016/j.envres.2017.06.028
8. Nieuwenhuijsen M.J. Urban and transport planning pathways to carbon neutral, liveable and healthy cities; A review of the current evidence // *Environ. Int.* – 2020. – Vol. 140. – P. 105661. DOI: 10.1016/j.envint.2020.105661
9. Residential greenspace is associated with mental health via intertwined capacity-building and capacity-restoring pathways / A.M. Dzhambov, T. Hartig, B. Tilov, V. Atanasova, D.R. Makakova, D.D. Dimitrova // *Environ. Res.* – 2019. – Vol. 178. – P. 108708. DOI: 10.1016/j.envres.2019.108708
10. Analytical approaches to testing pathways linking greenspace to health: A scoping review of the empirical literature / A.M. Dzhambov, M.H.E.M. Browning, I. Markevych, T. Hartig, P. Lercher // *Environ. Res.* – 2020. – Vol. 186. – P. 109613. DOI: 10.1016/j.envres.2020.109613
11. Health impact assessment of Philadelphia's 2025 tree canopy cover goals / C.M. Kondo, N. Mueller, D.H. Locke, L.A. Roman, D. Rojas-Rueda, L.H. Schinas, M. Gascon, M.J. Nieuwenhuijsen // *Lancet Planet Health.* – 2020. – Vol. 4, № 4. – P. e149–e157. DOI: 10.1016/S2542-5196(20)30058-9

12. Van den Bosch M., Ode Sang Å. Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health – A systematic review of reviews // *Environ. Res.* – 2017. – Vol. 158. – P. 373–384. DOI: 10.1016/j.envres.2017.05.040
13. Association between Urban Greenspace and Health: A Systematic Review of Literature / V. Gianfredi, M. Buffoli, A. Rebecchi, R. Croci, A. Oradini-Alacreu, G. Stirparo, A. Marino, A. Odone [et al.] // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2021. – Vol. 18, № 10. – P. 5137. DOI: 10.3390/ijerph18105137
14. Дьячкова О.Н. Принципы стратегического планирования развития «зеленой» инфраструктуры городской среды // *Вестник МГСУ.* – 2021. – Т. 16, № 8. – С. 1045–1064. DOI: 10.2227/1997-0935.0935.2021.8.1045-1064
15. Климанова О.А., Колбовский Е.Ю., Илларионова О.А. Экологический каркас крупнейших городов Российской Федерации: современная структура, территориальное планирование и проблема развития // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле.* – 2018. – Т. 63, № 2. – С. 127–146. DOI: 10.21638/11701/spbu07.2018.201
16. Tsai W.-L., Davis A.J.S., Jackson L.E. Associations between types of greenery along neighborhood roads and weight status in different climates // *Urban For. Urban Green.* – 2019. – Vol. 41. – P. 104–117. DOI: 10.1016/j.ufug.2019.03.011
17. Review of indicator frameworks supporting urban planning for resilience and health: third report on protecting environment and health by building urban resilience. – Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2022. – 61 p.
18. Вебер А.А., Кучеров А.С., Лылов А.С. Озеленение городов в условиях плотной застройки // *Мир инноваций.* – 2020. – № 4. – С. 8–18.
19. WHO European Healthy Cities Network [Электронный ресурс] // WHO. – 2019. – URL: <https://www.who.int/europe/groups/who-european-healthy-cities-network> (дата обращения: 21.01.2023).
20. Mental health benefits of long-term exposure to residential green and blue spaces: a systematic review / N. Gascon, M. Triquero-Mas, D. Martinez, P. Dadvand, J. Forn, A. Plasencia, M.J. Nieuwenhuijsen // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2015. – Vol. 12, № 4. – P. 4354–4379. DOI: 10.3390/ijerph120404354
21. Tran I., Sabol O., Mote J. The Relationship Between Greenspace Exposure and Psychopathology Symptoms: A Systematic Review // *Biol. Psychiatry Glob. Open Sci.* – 2022. – Vol. 2, № 3. – P. 206–222. DOI: 10.1016/j.bpsgos.2022.01.004
22. Vanaken G.-J., Danckaerts M. Impact of Green Space Exposure on Children's and Adolescent's Mental Health: A Systematic Review // *Int. J. Environ. Public Health.* – 2018. – Vol. 15, № 12. – P. 2668. DOI: 10.3390/ijerph15122668
23. The effect of residential greenness and city park visiting habits on preschool children's mental and general health in Lithuania: a cross-sectional study / S. Andrusaityte, R. Grazuleviciene, A. Dedele, B. Balseviciene // *Int. J. Hyg. Environ. Health.* – 2020. – Vol. 223, № 1. – P. 142–150. DOI: 10.1016/j.ijheh.2019.09.009
24. Чакнашвили М.Л., Иванов Д.В. Влияние цифровизации на здоровье детей и подростков // *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание.* – 2022. – Т. 16, № 3. – С. 56–66. DOI: 10.24412/2075-4094-2022-3-2-2
25. Social contacts as a possible mechanism behind the relation between green space and health / J. Maas, S.M.E. van Dillen, R.A. Verheij, P.P. Groenewegen // *Health Place.* – 2009. – Vol. 15, № 2. – P. 586–595. DOI: 10.1016/j.healthplace.2008.09.006
26. Impact of residential greenness on preschool children's emotional and behavioral problems / B. Balseviciene, L. Sinkariova, R. Grazuleviciene, S. Andrusaityte, I. Uzdaviciute, A. Dedele, M.J. Nieuwenhuijsen // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2014. – Vol. 11, № 7. – P. 6757–6770. DOI: 10.3390/ijerph110706757
27. Public green spaces and positive mental health – investigating the relationship between access, quantity and types of parks and mental wellbeing / L. Wood, P. Hooper, S. Foster, F. Bull // *Health Place.* – 2017. – Vol. 48. – P. 63–71. DOI: 10.1016/j.healthplace.2017.09.002
28. Parks and green areas and the risk for depression and suicidal indicators / K.-B. Min, H.-J. Kim, H.-J. Kim, J.-Y. Min // *Int. J. Public Health.* – 2017. – Vol. 62, № 6. – P. 647–656. DOI: 10.1007/s00038-017-0958-5
29. Association between park visits and mental health in a developing country context: the case of Tabriz, Iran / T. Yigitcanlar, M. Kamruzzaman, R. Teimouri, K. Degirmenci, F.A. Alanjagh // *Landsc. Urban Plan.* – 2020. – Vol. 199, № 513. – P. 103805. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2020.103805
30. Grilli G., Mohan G., Curtis J. Public park attributes, park visits, and associated health status // *Landsc. Urban Plan.* – 2020. – Vol. 199, № 2. – P. 103814. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2020.103814
31. Ellaway A., Macintyre S., Bonnefoy X. Graffiti, greenery, and obesity in adults: secondary analysis of European cross sectional survey // *BMJ.* – 2005. – Vol. 331, № 7517. – P. 611–612. DOI: 10.1136/bmj.38575.664549.F7
32. Streetscape greenery and health: Stress, social cohesion and physical activity as mediators / S. de Vries, S.M.E. van Dillen, P.P. Groenewegen, P. Spreeuwenberg // *Soc. Sci. Med.* – 2013. – Vol. 94. – P. 26–33. DOI: 10.1016/j.socscimed.2013.06.030
33. Astell-Burt T., Mitchell R., Hartig T. The association between green space and mental health varies across the lifecourse. A longitudinal study // *J. Epidemiol. Community Health.* – 2014. – Vol. 68, № 6. – P. 578–583. DOI: 10.1136/jech-2013-203767
34. Citywide cluster randomized trial to restore blighted vacant land and its effects on violence, crime, and fear / C.C. Branas, E. South, M.C. Kondo, B.C. Hohl, P. Bourgois, D.J. Wiebe, J.M. MacDonald // *Proc. Natl Acad. Sci. USA.* – 2018. – Vol. 115, № 12. – P. 2946–2951. DOI: 10.1073/pnas.1718503115
35. Residential green space in childhood is associated with lower risk of psychiatric disorders from adolescence into adulthood / K. Engemann, C.B. Pedersen, L. Arge, C. Tsirogiannis, P.B. Mortensen, J.-C. Svenning // *Proc. Natl Acad. Sci. USA.* – 2019. – Vol. 116, № 11. – P. 5188–5193. DOI: 10.1073/pnas.1807504116
36. The current status of urban-rural differences in psychiatric disorders / J. Peen, R.A. Schoevers, A.T. Beekman, J. Dekker // *Aktu Psichiatri. Scand.* – 2010. – Vol. 121, № 2. – P. 84–93. DOI: 10.1111/j.1600-0447.2009.01438.x
37. Bojorquez I., Ojeda-Revah L. Urban public parks and mental health in adult women: mediating and moderating factors // *Int. J. Soc. Psychiatry.* – 2018. – Vol. 64, № 7. – P. 637–646. DOI: 10.1177/0020764018795198
38. Deciphering the link between mental health and green space in Shenzhen, China: the mediating impact of residents satisfaction / Y. Qiao, Z. Chen, Y. Chen, T. Zheng // *Front. Public Health.* – 2021. – Vol. 9. – P. 561809. DOI: 10.3389/fpubh.2021.561809
39. Besser L. Outdoor green space exposure and brain health measures related to Alzheimer's diseases: a rapid review // *BMJ Open.* – 2021. – Vol. 11, № 5. – P. e043456. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-043456

40. Kimpton A., Corcoran J., Wickes R. Greenspace and crime: an analysis of greenspace types, neighboring composition, and the temporal dimensions of crime // *J. Res. Crime Delinquency*. – 2017. – Vol. 54, № 3. – P. 303–337. DOI: 10.1177/0022427816666309
41. Wolcha J., Byrne J.A., Newell J.P. Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough' // *Landsc. Urban Plan.* – 2014. – Vol. 125, № 1. – P. 234–244. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2014.01.017
42. Green space and loneliness: A systematic review theoretical and methodological guidance for future research / T. Astel-Burt, T. Hartig, I.G.N.E. Putra, R. Walsan, T. Dendup, X. Feng // *Sci. Total Environ.* – 2022. – Vol. 847. – P. 157521. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157521
43. Козырева П.М., Смирнов А.И. Особенности возрастной структуры одиночества // *Социологические исследования*. – 2020. – № 9. – С. 56–69. DOI: 10.31857/S013216250009617-1
44. Профилактика хронических неинфекционных заболеваний в Российской Федерации. Национальное руководство 2022 / О.М. Драпкина, А.В. Концевая, А.М. Калинина, С.Н. Авдеев, М.В. Агальцов, Л.М. Александрова, А.А. Анциферова, Д.М. Аронов [и др.] // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. – 2022. – Т. 21, № 4. – С. 5–232. DOI: 10.15829/1728-8800-2022-3235
45. Ожирение и избыточный вес [Электронный ресурс] // ВОЗ. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/factsheets/detail/obesity-and-overweight> (дата обращения: 19.02.2023).
46. Annual medical spending attributable to obesity: payer- and service-specific estimates / E.A. Finkelstein, J.G. Trogon, J.W. Cohen, W. Dietz // *Health Aff. (Millwood)*. – 2009. – Vol. 28, № 5. – P. w822–w831. DOI: 10.1377/hlthaff.28.5.w822
47. Алферова В.И., Мустафина С.В. Распространенность ожирения во взрослой популяции Российской Федерации (обзор литературы) // *Ожирение и метаболизм*. – 2022. – Т. 19 (1). – С. 96–105. DOI: 10.14341/omet12809
48. Двадцатилетние тренды ожирения и артериальной гипертензии и их ассоциации в России / С.А. Шальнова, А.Д. Деев, Ю.А. Баланова, А.В. Капустина, А.Э. Имаева, Г.А. Муромцева, Н.В. Киселева, С.А. Бойцов // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. – 2017. – Т. 16, № 4. – С. 4–10. DOI: 10.15829/1728-8800-2017-4-4-10
49. Вилков В.Г., Шальнова С.А. Тридцатилетняя динамика распространенности кардиометаболических факторов риска в популяции Российской Федерации и Соединенных Штатов Америки // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. – 2022. – Т. 21, № 8. – С. 3304. DOI: 10.15829/1728-8800-2022-3304
50. В центре внимания здоровье и благополучие подростков. Результаты исследования «Поведение детей школьного возраста в отношении здоровья» (HBSC) 2017/2018 в Европе и Канаде. Международный отчет. Том 2. Основные данные / под ред. J. Inchley, D. Currie, S. Bidisavljjevic, T. Torsheim, A. Jastad, A. Cosma, C. Kelly, Á. Már Arnarsson, O. Samdal. – Копенгаген: Европейское Бюро ВОЗ, 2020. – 146 с.
51. Obesogenic environments: a systematic review of the association between the physical environment and adult weight status, the SPOTLIGHT project / J.D. Mackenbach, H. Rutter, S. Compennolle, K. Glonti, J.-M. Oppert, H. Charreire, I. De Bourdeaudhuij, J. Brug [et al.] // *BMC Public Health*. – 2014. – Vol. 14. – P. 233. DOI: 10.1186/1471-2458-14-233
52. How Does Urban Green Space Impact Residents' Mental Health: A Literature Review of Mediators / K. Chen, T. Zhang, F. Liu, Y. Zhang, Y. Song // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2021. – Vol. 18, № 22. – P. 11746. DOI: 10.3390/ijerph182211746
53. Neighborhood safety and green space as predictors of obesity among preschool children from low-income families in New York City / G.S. Lovasi, O. Schwartz-Soicher, J.W. Quinn, D.K. Berger, K.M. Neckerman, R. Jaslow, K.K. Lee, A. Rundle // *Prev. Med.* – 2013. – Vol. 57, № 3. – P. 189–193. DOI: 10.1016/j.ypmed.2013.05.012
54. Risks and benefits of green spaces for children: a cross-sectional study of associations with sedentary behavior, obesity, asthma, and allergy / P. Davdand, C.M. Villanueva, L. Font-Ribera, D. Martinez, X. Basagaña, J. Belmonte, M. Vrijheid, R. Gražulevičienė [et al.] // *Environ. Health Perspect.* – 2014. – Vol. 122, № 12. – P. 1329–1335. DOI: 10.1289/ehp.1308038
55. Green space definition affects associations of green space with overweight and physical activity / J.O. Klompaker, G. Hoek, L.D. Bloemsa, U. Gehring, M. Strak, A.H. Wijga, C. van den Brink, B. Brunekreef [et al.] // *Environ. Res.* – 2018. – Vol. 160. – P. 531–540. DOI: 10.1016/j.envres.2017.10.027
56. Association of residential greenness with obesity and physical activity in a US cohort of women / P.J. Villeneuve, M. Jerrett, J.G. Su, S. Weichenthal, D.P. Sandler // *Environ. Res.* – 2018. – Vol. 160. – P. 372–384. DOI: 10.1016/j.envres.2017.10.005
57. Green space access in the neighbourhood and childhood obesity / J. Peng, X. Cao, H. Yang, S. Dai, P. He, G. Huang, T. Wu, Y. Wang // *Obes. Rev.* – 2021. – Vol. 22, Suppl. 1. – P. e13100. DOI: 10.1111/obr.13100
58. A Review of the Health Benefits of Greenness / P. James, R.F. Banay, J.E. Hart, F. Laden // *Curr. Epidemiol. Rep.* – 2015. – Vol. 2, № 2. – P. 131–142. DOI: 10.1007/s40471-015-0043-7
59. Green place with overweight and obesity: A systematic review and meta-analysis of epidemiological studies up to 2020 / Y.-N. Luo, W.-Z. Huang, X.-X. Lim, I. Markevych, M.S. Bloom, T. Zhao, J. Heinrich, B.-Y. Yang, G.-H. Dong // *Obes. Rev.* – 2020. – Vol. 21, № 11. – P. e13078. DOI: 10.1111/obr.13078
60. Neighborhood greenspace and risk of type 2 diabetes in a prospective cohort: the Multi-Ethnicity Study of Atherosclerosis / A. Doubleday, C.J. Knott, M.F. Hazlehurst, A.G. Bertoni, J.D. Kaufman, A. Hajat // *Environ. Health.* – 2022. – Vol. 21, № 1. – P. 18. DOI: 10.1186/s12940-021-00824-w
61. Green space and mortality following ischemic stroke / E.H. Wilker, C.-D. Wu, E. McNeely, E. Mostofsky, J. Spengler, G.A. Wellenius, M.A. Mittleman // *Environ. Res.* – 2014. – Vol. 133. – P. 42–48. DOI: 10.1016/j.envres.2014.05.005
62. Astell-Burt T., Feng X. Time for 'green' during COVID-19? Inequities in green and blue space access, visitation and felt benefits // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2021. – Vol. 18, № 5. – P. 2757. DOI: 10.3390/ijerph18052757
63. Green spaces and mortality: a systematic review and meta-analysis of cohort studies / D. Rojas-Rueda, M.J. Nieuwenhuijsen, M. Gascon, D. Perez-Leon, P. Mudu // *Lancet Planet. Health.* – 2019. – Vol. 3, № 11. – P. e469–e477. DOI: 10.1016/S2542-5196(19)30215-3
64. Wang H., Tassinary L.G. Effects of greenspace morphology on mortality at the neighbourhood level: A cross-sectional ecological study // *Lancet Planet. Health.* – 2019. – Vol. 3, № 11. – P. e460–e468. DOI: 10.1016/S2542-5196(19)30217-7

65. Micro-scale urban surface temperatures are related to land-cover features and residential heat related health impacts in Phoenix, AZ USA / G.D. Jenerette, S.L. Harlan, A. Buyantuev, W.L. Stefanov, J. Declet-Barreto, B.L. Ruddell, S. W. Myint, S. Kaplan, X. Li // *Landsc. Ecol.* – 2016. – Vol. 31. – P. 745–760.
66. Tree canopy change in coastal Los Angeles 2009–2014 / D.H. Locke, M. Romolini, M.F. Galvin, J. O’Neil-Dunne, E. Strauss // *Cities Environ.* – 2017. – Vol. 10, № 2. – P. 3.
67. Vital statistics report. Philadelphia: 2015 [Электронный ресурс] // City of Philadelphia Department of Public Health. – 2018. – URL: https://www.phila.gov/media/20181105161054/2015_Vital_Statistics_Report.pdf (дата обращения: 10.12.2022).
68. Ревич Б.А. Загрязнение атмосферного воздуха и распространенность бронхиальной астмы среди детского населения Москвы // *Медицина труда и промышленная экология.* – 1995. – № 5. – С. 15–19.
69. Green space and mortality in European cities: a health impact assessment study / E. Pereira Barboza, M. Cirach, S. Khomenko, T. Iungman, N. Mueller, J. Barrera-Gomez, D. Rojas-Rueda, M.V. Kondo, M. Neiuwenhuijsen // *Lancet Planet. Health.* – 2021. – Vol. 5, № 10. – P. e718–e730. DOI: 10.1016/S2542-5196(21)00229-1
70. Green Space Quality and Health: A Systematic Review / P.-Y. Nguyen, T. Astell-Burt, H. Rahimi-Ardabili, X. Feng // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2021. – Vol. 18, № 21. – P. 11028. DOI: 10.3390/ijerph182111028
71. Relationships between health outcomes in older populations and urban green infrastructure size, quality and proximity / M. Dennis, P.A. Cook, P. James, C.P. Wheeler, S.J. Lindley // *BMC Public Health.* – 2020. – Vol. 20, № 1. – P. 626. DOI: 10.1186/s12889-020-08762-x
72. Vegetation diversity protects against childhood asthma: Results from a large New Zealand birth cohort / G.H. Donovan, D. Gatzolis, I. Longley, J. Douwes // *Nat. Plants.* – 2018. – Vol. 4, № 6. – P. 358–364. DOI: 10.1038/s41477-018-0151-8
73. Astell-Burt T., Feng X. Urban green space, tree canopy and prevention of cardiometabolic diseases: A multilevel longitudinal study of 46 786 Australians // *Int. J. Epidemiol.* – 2020. – Vol. 49, № 3. – P. 926–933. DOI: 10.1093/ije/dyz239
74. Exploring the Relationship between green space in a neighbourhood and cardiovascular health in the winter City of China: A study using a health survey for Harbin / H. Leng, S. Li, S. Yan, X. An // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2020. – Vol. 17, № 2. – P. 513. DOI: 10.3390/ijerph17020513
75. Camargo D.M., Ramirez P.C., Fermino R.C. Individual and environmental correlates to quality of life in park users in Colombia // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2017. – Vol. 14, № 10. – P. 1250. DOI: 10.3390/ijerph14101250
76. Objectively-Measured Neighbourhood Attributes as Correlates and Moderators of Quality of Life in Older Adults with Different Living Arrangements: The ALECS Cross-Sectional Study / C.J.P. Zhang, A. Barnett, J.M. Johnston, P.-C. Lai, R.S.Y. Lee, C.H.P. Sit, E. Cerin // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2019. – Vol. 16, № 5. – P. 876. DOI: 10.3390/ijerph16050876
77. Availability, use of, and satisfaction with green space, and children’s mental wellbeing at age 4 years in a multicultural, deprived, urban area: Results from the Born in Bradford cohort study / R.R.C. McEachan, T.C. Yang, H. Roberts., K.E. Pickett, D. Arseneau-Powell, C.J. Gidlow, J. Wright, M. Nieuwenhuijsen // *Lancet Planet. Health.* – 2018. – Vol. 2, № 6. – P. e244–e254. DOI: 10.1016/S2542-5196(18)30119-0
78. Associations between body mass index and park proximity, size, cleanliness, and recreational facilities / A. Rundle, J. Quinn, G. Lovasi, M.D.M. Bader, P. Yousefzadeh, C. Weiss, K. Neckerman // *Am. J. Health Promot.* – 2013. – Vol. 27, № 4. – P. 262–269. DOI: 10.4278/ajhp.110809-QUAN-304
79. Quality of and access to green space in relation to psychological distress: Results from a population-based cross-sectional study as part of the EURO-URHIS 2 project / D. Pope, R. Tisdall, J. Middleton, A. Verma, E. van Ameijden, C. Birt, A. Macherianakis, N.G. Bruce // *Eur. J. Public Health.* – 2018. – Vol. 28, № 1. – P. 35–38. DOI: 10.1093/eurpub/ckv094
80. Zhang T., Liu J., Li H. Restorative effects of multi-sensory perception in urban green space: A case study of urban park in Guangzhou, China // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2019. – Vol. 16, № 24. – P. 4943. DOI: 10.3390/ijerph16244943
81. Change in time spent visiting and experiences of green space following restrictions on movement during the COVID-19 pandemic: A nationally representative cross-sectional study of UK adults / H. Burnett, J.R. Olsen, N. Nicholls, R. Mitchell // *BMJ Open.* – 2021. – Vol. 11, № 3. – P. e044067. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-044067
82. Green space and cardiovascular health in people with type 2 diabetes / T. Astell-Burt, M.A. Navakatikyan, R. Walsan, W. Davis, G. Figtree, L. Arnolda, X. Feng // *Health Place.* – 2021. – Vol. 69. – P. 102554. DOI: 10.1016/j.healthplace.2021.102554
83. Ревич Б.А., Шапошников Д.А. Пандемия COVID-19: новые знания о влиянии качества воздуха на распространение коронавирусной инфекции в городах // *Проблемы прогнозирования.* – 2021. – № 4 (187). – С. 28–37. DOI: 10.47711/0868-6351-187-28-37
84. Низамутдинов Т.И., Колесникова Е.В., Алексеев Д.К. Роль зеленых насаждений в снижении уровня риска для здоровья населения // *Современные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды на пространстве СНГ: сборник тезисов международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Российского государственного гидрометеорологического университета.* – 2020. – С. 767–769.
85. Морозова С.В. Роль рекреационного пространства и стресс-факторов городской среды (на примере жителей мегаполиса и малых городов // *Архитектура, градостроительство и дизайн.* – 2022. – № 2 (32). – С. 13–23.
86. Развитие «зеленой» инфраструктуры в городах / С.Н. Бобылев, И.С. Завалеев, А.И. Завалева, И.Ю. Ховакко // *Научные исследования экономического факультета.* – 2022. – Т. 14, № 3 (45). – С. 48–61. DOI: 10.38050/2078-3809-2022-14-3-48-61
87. Бобылев С.Н., Порфирьев Б.Н. Устойчивое развитие крупнейших городов и мегаполисов: фактор экосистемных услуг // *Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика.* – 2016. – № 6. – С. 3–21. DOI: 10.38050/01300105201661
88. Завалева А.И., Завалеев И.С. Экономическая оценка влияния зеленой инфраструктуры города на привлекательность территории // *Экономика устойчивого развития.* – 2020. – № 3 (51). – С. 31–36. DOI: 10.37124/20799136_2022_3_51_31
89. Витюк Е.Ю. Программа развития оздоровительного потенциала озелененных общественных пространств города // *Архитектон: известия вузов.* – 2022. – № 2 (78). DOI: 10.47055/1990-4126-2022-2(78)-20

Ревич Б.А. Значение зеленых пространств для защиты здоровья населения городов // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 2. – С. 168–185. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.17

Review

THE SIGNIFICANCE OF GREEN SPACES FOR PROTECTING HEALTH OF URBAN POPULATION

B.A. Revich

Institute of Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences, 47 Nakhimovskii Ave., Moscow, 117418, Russian Federation

Green spaces (green infrastructure, green areas) are important components of urban environment. They are able to mitigate health outcomes of climatic risks, exposure to urbanization and adverse environmental factors. Bigger areas covered with plants should increase their accessibility for people living in cities. Analysis of the results reported in foreign studies that addressed influence of green spaces on public health proves that they promote physical activity by urban citizens, sports included, development of interpersonal communication and social interactions, improve mental health, and reduce prevalence of diabetes mellitus and other diseases.

In some cases massive construction of residential housing and public buildings in Russian megacities and large cities led to reduction in green areas. The existing construction standards in Russia do not consider the recommendation of the WHO/Europe that requires accessibility of green spaces within a 15–20 minute walking distance and provision of 9 m² of green spaces per person. Utility of green spaces for public health depends on evenness of their distribution. In case their distribution is mosaic, their benefits for public health and protection capacities are reduced.

The present review shows the importance, needs and advantages of developing green infrastructure with continuous canopy that create potent green shading.

Keywords: public health, mental health, obesity, health risks, diabetes, physical activity, green spaces, green infrastructure, city planning, urban studies, megacities.

References

1. Khodjayan A.B., Karabaktsyan G.A. The effect of green stands on human health. *Problemy sotsial'noi gigieny, zdravookhraneniya i istorii meditsiny*, 2022, vol. 30, no. 4, pp. 600–607. DOI: 10.32687/0869-866X-2022-30-4-600-607 (in Russian).
2. Revich B.A. Urban planning and public health: analytical review. *Health Risk Analysis*, 2022, no. 1, pp. 147–161. DOI: 10.21668/health.risk/2022.1.17.eng
3. Klimanova O.A., Kolbovskii E.Yu., Illarionova O.A. Zelenaya infrastruktura goroda: otsenka sostoyaniya i proektirovanie razvitiya [Green City Infrastructure: State Assessment and Development Design]. Moscow, Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2020, 324 p. (in Russian).
4. Benedict M., MacMahon E.T. Green infrastructure: smart conservation for the 21st century. *Renew. Resour. J.*, 2002, vol. 20, no. 3, pp. 12–17.
5. Podoinitsyna D.S. Kriticheskii analiz kontseptsii «Zelenaya infrastruktura» [Critical analysis of the Green Infrastructure concept]. *Arkhitektura i sovremennye informatsionnye tekhnologii*, 2016, no. 1 (34), pp. 12 (in Russian).
6. Twohig-Bennett C., Jones A. The health benefits of the great outdoors: A systematic review and meta-analysis of greenspace exposure and health outcomes. *Environ. Res.*, 2018, vol. 166, pp. 628–637. DOI: 10.1016/j.envres.2018.06.030
7. Markevych I., Schoierer J., Hartig T., Chudnovsky A., Hystad P., Dzhambov A.M., de Vries S., Triguero-Mas M. [et al.]. Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. *Environ. Res.*, 2017, vol. 158, pp. 301–317. DOI: 10.1016/j.envres.2017.06.028
8. Nieuwenhuijsen M.J. Urban and transport planning pathways to carbon neutral, liveable and healthy cities; a review of the current evidence. *Environ. Int.*, 2020, vol. 140, pp. 105661. DOI: 10.1016/j.envint.2020.105661
9. Dzhambov A.M., Hartig T., Tilov B., Atanasova V., Makakova D.R., Dimitrova D.D. Residential greenspace is associated with mental health via intertwined capacity-building and capacity-restoring pathways. *Environ. Res.*, 2019, vol. 178, pp. 108708. DOI: 10.1016/j.envres.2019.108708

© Revich B.A., 2023

Boris A. Revich – Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief Researcher and Head of the Laboratory for Environment Quality Prediction and Population Health (e-mail: brevich@yandex.ru; tel.: +7 (499) 129-36-33; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7528-6643>).

10. Dzhambov A.M., Browning M.H.E.M., Markevych I., Hartig T., Lercher P. Analytical approaches to testing pathways linking greenspace to health: A scoping review of the empirical literature. *Environ. Res.*, 2020, vol. 186, pp. 109613. DOI: 10.1016/j.envres.2020.109613
11. Kondo C.M., Mueller N., Locke D.H., Roman L.A., Rojas-Rueda D., Schinasi L.H., Gascon M., Nieuwenhuijsen M.J. Health impact assessment of Philadelphia's 2025 tree canopy cover goals. *Lancet Planet Health*, 2020, vol. 4, no. 4, pp. e149–e157. DOI: 10.1016/S2542-5196(20)30058-9
12. Van den Bosch M., Ode Sang Å. Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health – A systematic review of reviews. *Environ. Res.*, 2017, vol. 158, pp. 373–384. DOI: 10.1016/j.envres.2017.05.040
13. Gianfredi V., Buffoli M., Rebecchi A., Croci R., Oradini-Alacreu A., Stirparo G., Marino A., Odone A. [et al.]. Association between Urban Greenspace and Health: A Systematic Review of Literature. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2021, vol. 18, no. 10, pp. 5137. DOI: 10.3390/ijerph18105137
14. D'yachkova O.N. Principles of strategic planning for the development of “green” infrastructure of the urban environment. *Vestnik MGSU*, 2021, vol. 16, no. 8, pp. 1045–1064. DOI: 10.2227/1997-0935.0935.2021.8.1045-1064 (in Russian).
15. Klimanova O.A., Kolbowski E.Yu., Illarionova O.A. The ecological framework of Russian major cities: spatial structure, territorial planning and main problems of development. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta. Nauki o Zemle*, 2018, vol. 63, no. 2, pp. 127–146. DOI: 10.21638/11701/spbu07.2018.201
16. Tsai W.-L., Davis A.J.S., Jackson L.E. Associations between types of greenery along neighborhood roads and weight status in different climates. *Urban For. Urban Green.*, 2019, vol. 41, pp. 104–117. DOI: 10.1016/j.ufug.2019.03.011
17. Review of indicator frameworks supporting urban planning for resilience and health: third report on protecting environment and health by building urban resilience. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2022, 61 p.
18. Veber A.A., Kucherov A.S., Lylov A.S. Greening of cities in conditions of dense building. *Mir innovatsii*, 2020, no. 4, pp. 8–18 (in Russian).
19. WHO European Healthy Cities Network. *WHO*, 2019. Available at: <https://www.who.int/europe/groups/who-european-healthy-cities-network> (January 21, 2023).
20. Gascon N., Triquero-Mas M., Martinez D., Dadvand P., Fornes J., Plasencia A., Nieuwenhuijsen M.J. Mental health benefits of long-term exposure to residential green and blue spaces: a systematic review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2015, vol. 12, no. 4, pp. 4354–4379. DOI: 10.3390/ijerph120404354
21. Tran I., Sabol O., Mote J. The Relationship Between Greenspace Exposure and Psychopathology Symptoms: A Systematic Review. *Biol. Psychiatry Glob. Open Sci.*, 2022, vol. 2, no. 3, pp. 206–222. DOI: 10.1016/j.bpsgos.2022.01.004
22. Vanaken G.-J., Danckaerts M. Impact of Green Space Exposure on Children's and Adolescent's Mental Health: A Systematic Review. *Int. J. Environ. Public Health*, 2018, vol. 15, no. 12, pp. 2668. DOI: 10.3390/ijerph15122668
23. Andrusaityte S., Grazuleviciene R., Dedele A., Balseviciene B. The effect of residential greenness and city park visiting habits on preschool children's mental and general health in Lithuania: a cross-sectional study. *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 2020, vol. 223, no. 1, pp. 142–150. DOI: 10.1016/j.ijheh.2019.09.009
24. Chakhnashvili M.L., Ivanov D.V. Impact of digitalization on the health of children and adolescents. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. Elektronnoe izdanie*, 2022, vol. 16, no. 3, pp. 56–66. DOI: 10.24412/2075-4094-2022-3-2-2
25. Maas J., van Dillen S.M.E., Verheij R.A., Groenewegen P.P. Social contacts as a possible mechanism behind the relation between green space and health. *Health Place*, 2009, vol. 15, no. 2, pp. 586–595. DOI: 10.1016/j.healthplace.2008.09.006
26. Balseviciene B., Sinkariova L., Grazuleviciene R., Andrusaityte S., Uzdanaviciute I., Dedele A., Nieuwenhuijsen M.J. Impact of residential greenness on preschool children's emotional and behavioral problems. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2014, vol. 11, no. 7, pp. 6757–6770. DOI: 10.3390/ijerph110706757
27. Wood L., Hooper P., Foster S., Bull F. Public green spaces and positive mental health – investigating the relationship between access, quantity and types of parks and mental wellbeing. *Health Place*, 2017, vol. 48, pp. 63–71. DOI: 10.1016/j.healthplace.2017.09.002
28. Min K.-B., Kim H.-J., Kim H.-J., Min J.-Y. Parks and green areas and the risk for depression and suicidal indicators. *Int. J. Public Health*, 2017, vol. 62, no. 6, pp. 647–656. DOI: 10.1007/s00038-017-0958-5
29. Yigitcanlar T., Kamruzzaman M., Teimouri R., Degirmenci K., Alanjagh F.A. Association between park visits and mental health in a developing country context: the case of Tabriz, Iran. *Landsc. Urban Plan.*, 2020, vol. 199, no. 513, pp. 103805. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2020.103805
30. Grilli G., Mohan G., Curtis J. Public park attributes, park visits, and associated health status. *Landsc. Urban Plan.*, 2020, vol. 199, no. 2, pp. 103814. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2020.103814
31. Ellaway A., Macintyre S., Bonnefoy X. Graffiti, greenery, and obesity in adults: secondary analysis of European cross sectional survey. *BMJ*, 2005, vol. 331, no. 7517, pp. 611–612. DOI: 10.1136/bmj.38575.664549.F7
32. De Vries S., van Dillen S.M.E., Groenewegen P.P., Spreeuwenberg P. Streetscape greenery and health: Stress, social cohesion and physical activity as mediators. *Soc. Sci. Med.*, 2013, vol. 94, pp. 26–33. DOI: 10.1016/j.socscimed.2013.06.030
33. Astell-Burt T., Mitchell R., Hartig T. The association between green space and mental health varies across the lifecourse. A longitudinal study. *J. Epidemiol. Community Health*, 2014, vol. 68, no. 6, pp. 578–583. DOI: 10.1136/jech-2013-203767
34. Branas C.C., South E., Kondo M.C., Hohl B.C., Bourgois P., Wiebe D.J., MacDonald J.M. Citywide cluster randomized trial to restore blighted vacant land and its effects on violence, crime, and fear. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 2018, vol. 115, no. 12, pp. 2946–2951. DOI: 10.1073/pnas.1718503115
35. Engemann K., Pedersen C.B., Arge L., Tsirogianis C., Mortensen P.B., Svaning J.-C. Residential green space in childhood is associated with lower risk of psychiatric disorders from adolescence into adulthood. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 2019, vol. 116, no. 11, pp. 5188–5193. DOI: 10.1073/pnas.1807504116

36. Peen J., Schoevers R.A., Beekman A.T., Dekker J. The current status of urban-rural differences in psychiatric disorders. *Akta Psychiatr. Scand.*, 2010, vol. 121, no. 2, pp. 84–93. DOI: 10.1111/j.1600-0447.2009.01438.x
37. Bojorquez I., Ojeda-Revah L. Urban public parks and mental health in adult women: mediating and moderating factors. *Int. J. Soc. Psychiatry*, 2018, vol. 64, no. 7, pp. 637–646. DOI: 10.1177/0020764018795198
38. Qiao Y., Chen Z., Chen Y., Zheng T. Deciphering the link between mental health and green space in Shenzhen, China: the mediating impact of residents satisfaction. *Front. Public Health*, 2021, vol. 9, pp. 561809. DOI: 10.3389/fpubh.2021.561809
39. Besser L. Outdoor green space exposure and brain health measures related to Alzheimer's diseases: a rapid review. *BMJ Open*, 2021, vol. 11, no. 5, pp. e043456. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-043456
40. Kimpton A., Corcoran J., Wickes R. Greenspace and crime: an analysis of greenspace types, neighboring composition, and the temporal dimensions of crime. *J. Res. Crime Delinquency*, 2017, vol. 54, no. 3, pp. 303–337. DOI: 10.1177/0022427816666309
41. Wolcha J., Byrne J.A., Newell J.P. Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough'. *Landsc. Urban Plan.*, 2014, vol. 125, no. 1, pp. 234–244. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2014.01.017
42. Astel-Burt T., Hartig T., Putra I.G.N.E., Walsan R., Dendup T., Feng X. Green space and loneliness: A systematic review theoretical and methodological guidance for future research. *Sci. Total Environ.*, 2022, vol. 847, pp. 157521. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157521
43. Kozyreva P.M., Smirnov A.I. Loneliness: age features. *Sotsiologicheskie issledovaniya*, 2020, no. 9, pp. 56–69. DOI: 10.31857/S013216250009617-1 (in Russian).
44. Drapkina O.M., Kontsevaya A.V., Kalinina A.M., Avdeev S.M., Agaltsov M.V., Alexandrova L.M., Antsiferova A.A., Aronov D.M. [et al.]. 2022 Prevention of chronic non-communicable diseases in the Russian Federation. National guidelines. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*, 2022, vol. 21, no. 4, pp. 5–232. DOI: 10.15829/1728-8800-2022-3235 (in Russian).
45. Obesity and overweight. WHO. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (February 19, 2023).
46. Finkelstein E.A., Trogdon J.G., Cohen J.W., Dietz W. Annual medical spending attributable to obesity: payer- and service-specific estimates. *Health Aff. (Millwood)*, 2009, vol. 28, no. 5, pp. w822–w831. DOI: 10.1377/hlthaff.28.5.w822
47. Alferova V.I., Mustafina S.V. The prevalence of obesity in the adult population of the Russian Federation (literature review). *Ozhirenie i metabolism*, 2022, vol. 19, no. 1, pp. 96–105. DOI: 10.14341/omet12809 (in Russian).
48. Shalnova S.A., Deev A.D., Balanova Yu.A., Kapustina A.V., Imaeva A.E., Muromtseva G.A., Kiseleva N.V., Boytsov S.A. Twenty years trends of obesity and arterial hypertension and their association in Russia. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*, 2017, vol. 16, no. 4, pp. 4–10. DOI: 10.15829/1728-8800-2017-4-4-10 (in Russian).
49. Vilkov V.G., Shalnova S.A. Thirty-year trends in the prevalence of cardiometabolic risk factors in the populations of the Russian Federation and the United States of America. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*, 2022, vol. 21, no. 8, pp. 3304. DOI: 10.15829/1728-8800-2022-3304 (in Russian).
50. Spotlight on adolescent health and well-being. Findings from the 2017/2018 Health Behaviour in Schoolaged Children (HBSC) survey in Europe and Canada. International report. Volume 2. Key data. In: J. Inchley, D. Currie, S. Bidisavljic, T. Torsheim, A. Jastad, A. Cosma, C. Kelly, Á. Már Arnarsson, O. Samdal eds. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2020, 72 p.
51. Mackenbach J.D., Rutter H., Compernelle S., Glonti K., Oppert J.-M., Charreire H., De Bourdeaudhuij I., Brug J. [et al.]. Obesogenic environments: a systematic review of the association between the physical environment and adult weight status, the SPOTLIGHT project. *BMC Public Health*, 2014, vol. 14, pp. 233. DOI: 10.1186/1471-2458-14-233
52. Chen K., Zhang T., Liu F., Zhang Y., Song Y. How Does Urban Green Space Impact Residents' Mental Health: A Literature Review of Mediators. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2021, vol. 18, no. 22, pp. 11746. DOI: 10.3390/ijerph182211746
53. Lovasi G.S., Schwartz-Soicher O., Quinn J.W., Berger D.K., Neckerman K.M., Jaslow R., Lee K.K., Rundle A. Neighborhood safety and green space as predictors of obesity among preschool children from low-income families in New York City. *Prev. Med.*, 2013, vol. 57, no. 3, pp. 189–193. DOI: 10.1016/j.ypmed.2013.05.012
54. Dadvand P., Villanueva C.M., Font-Ribera L., Martinez D., Basagaña X., Belmonte J., Vrijheid M., Gražulevičienė R. [et al.]. Risks and benefits of green spaces for children: a cross-sectional study of associations with sedentary behavior, obesity, asthma, and allergy. *Environ. Health Perspect.*, 2014, vol. 122, no. 12, pp. 1329–1335. DOI: 10.1289/ehp.1308038
55. Klompaker J.O., Hoek G., Bloemsma L.D., Gehring U., Strak M., Wijga A.H., van den Brink C., Brunekreef B. [et al.]. Green space definition affects associations of green space with overweight and physical activity. *Environ. Res.*, 2018, vol. 160, pp. 531–540. DOI: 10.1016/j.envres.2017.10.027
56. Villeneuve P.J., Jerrett M., Su J.G., Weichenthal S., Sandler D.P. Association of residential greenness with obesity and physical activity in a US cohort of women. *Environ. Res.*, 2018, vol. 160, pp. 372–384. DOI: 10.1016/j.envres.2017.10.005
57. Peng J., Cao X., Yang H., Dai S., He P., Huang G., Wu T., Wang Y. Green space access in the neighbourhood and childhood obesity. *Obes. Rev.*, 2021, vol. 22, suppl. 1, pp. e13100. DOI: 10.1111/obr.13100
58. James P., Banay R.F., Hart J.E., Laden F. A Review of the Health Benefits of Greenness. *Curr. Epidemiol. Rep.*, 2015, vol. 2, no. 2, pp. 131–142. DOI: 10.1007/s40471-015-0043-7
59. Luo Y.-N., Huang W.-Z., Lim X.-X., Markevych I., Bloom M.S., Zhao T., Heinrich J., Yang B.-Y., Dong G.-H. Green place with overweight and obesity: A systematic review and meta-analysis of epidemiological studies up to 2020. *Obes. Rev.*, 2020, vol. 21, no. 11, pp. e13078. DOI: 10.1111/obr.13078
60. Doubleday A., Knott C.J., Hazlehurst M.F., Bertoni A.G., Kaufman J.D., Hajat A. Neighborhood greenspace and risk of type 2 diabetes in a prospective cohort: the Multi-Ethnicity Study of Atherosclerosis. *Environ. Health*, 2022, vol. 21, no. 1, pp. 18. DOI: 10.1186/s12940-021-00824-w

61. Wilker E.H., Wu C.-D., McNeely E., Mostofsky E., Spengler J., Wellenius G.A., Mittleman M.A. Green space and mortality following ischemic stroke. *Environ. Res.*, 2014, vol. 133, pp. 42–48. DOI: 10.1016/j.envres.2014.05.005
62. Astell-Burt T., Feng X. Time for 'green' during COVID-19? Inequities in green and blue space access, visitation and felt benefits. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2021, vol. 18, no. 5, pp. 2757. DOI: 10.3390/ijerph18052757
63. Rojas-Rueda D., Nieuwenhuijsen M.J., Gascon M., Perez-Leon D., Mudu P. Green spaces and mortality: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Lancet Planet. Health*, 2019, vol. 3, no. 11, pp. e469–e477. DOI: 10.1016/S2542-5196(19)30215-3
64. Wang H., Tassinary L.G. Effects of greenspace morphology on mortality at the neighbourhood level: A cross-sectional ecological study. *Lancet Planet. Health*, 2019, vol. 3, no. 11, pp. e460–e468. DOI: 10.1016/S2542-5196(19)30217-7
65. Jenerette G.D., Harlan S.L., Buyantuev A., Stefanov W.L., Declet-Barreto J., Ruddell B.L., Myint S.W., Kaplan S., Li X. Micro-scale urban surface temperatures are related to land-cover features and residential heat related health impacts in Phoenix, AZ USA. *Landsc. Ecol.*, 2016, vol. 31, pp. 745–760.
66. Locke D.H., Romolini M., Galvin M.F., O'Neil-Dunne J., Strauss E. Tree canopy change in coastal Los Angeles 2009–2014. *Cities Environ.*, 2017, vol. 10, no. 2, pp. 3.
67. Vital statistics report. Philadelphia: 2015. *City of Philadelphia Department of Public Health*, 2018. Available at: https://www.phila.gov/media/20181105161054/2015_Vital_Statistics_Report.pdf (December 10, 2022).
68. Revich B.A. Zagryaznenie atmosfernogo vozdukh a i rasprostranennost' bronkhial'noi astmy sredi detskogo nase-leniya Moskvyy [Ambient air pollution and prevalence of bronchial asthma among children in Moscow]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 1995, no. 5, pp. 15–19 (in Russian).
69. Pereira Barboza E., Cirach M., Khomenko S., Iungman T., Mueller N., Barrera-Gomez J., Rojas-Rueda D., Kondo M.V., Nieuwenhuijsen M. Green space and mortality in European cities: a health impact assessment study. *Lancet Planet. Health*, 2021, vol. 5, no. 10, pp. e718–e730. DOI: 10.1016/S2542-5196(21)00229-1
70. Nguyen P.-Y., Astell-Burt T., Rahimi-Ardabili H., Feng X. Green Space Quality and Health: A Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2021, vol. 18, no. 21, pp. 11028. DOI: 10.3390/ijerph182111028
71. Dennis M., Cook P.A., James P., Wheeler C.P., Lindley S.J. Relationships between health outcomes in older populations and urban green infrastructure size, quality and proximity. *BMC Public Health*, 2020, vol. 20, no. 1, pp. 626. DOI: 10.1186/s12889-020-08762-x
72. Donovan G.H., Gatzolis D., Longley I., Douwes J. Vegetation diversity protects against childhood asthma: Results from a large New Zealand birth cohort. *Nat. Plants*, 2018, vol. 4, no. 6, pp. 358–364. DOI: 10.1038/s41477-018-0151-8
73. Astell-Burt T., Feng X. Urban green space, tree canopy and prevention of cardiometabolic diseases: A multilevel longitudinal study of 46 786 Australians. *Int. J. Epidemiol.*, 2020, vol. 49, no. 3, pp. 926–933. DOI: 10.1093/ije/dyz239
74. Leng H., Li S., Yan S., An X. Exploring the Relationship between green space in a neighbourhood and cardiovascular health in the winter City of China: A study using a health survey for Harbin. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2020, vol. 17, no. 2, pp. 513. DOI: 10.3390/ijerph17020513
75. Camargo D.M., Ramirez P.C., Fermino R.C. Individual and environmental correlates to quality of life in park users in Colombia. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2017, vol. 14, no. 10, pp. 1250. DOI: 10.3390/ijerph14101250
76. Zhang C.J.P., Barnett A., Johnston J.M., Lai P.-C., Lee R.S.Y., Sit C.H.P., Cerin E. Objectively-Measured Neighbourhood Attributes as Correlates and Moderators of Quality of Life in Older Adults with Different Living Arrangements: The ALECS Cross-Sectional Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2019, vol. 16, no. 5, pp. 876. DOI: 10.3390/ijerph16050876
77. McEachan R.R.C., Yang T.C., Roberts H., Pickett K.E., Arseneau-Powell D., Gidlow C.J., Wright J., Nieuwenhuijsen M. Availability, use of, and satisfaction with green space, and children's mental wellbeing at age 4 years in a multicultural, deprived, urban area: Results from the Born in Bradford cohort study. *Lancet Planet. Health*, 2018, vol. 2, no. 6, pp. e244–e254. DOI: 10.1016/S2542-5196(18)30119-0
78. Rundle A., Quinn J., Lovasi G., Bader M.D.M., Yousefzadeh P., Weiss C., Neckerman K. Associations between body mass index and park proximity, size, cleanliness, and recreational facilities. *Am. J. Health Promot.*, 2013, vol. 27, no. 4, pp. 262–269. DOI: 10.4278/ajhp.110809-QUAN-304
79. Pope D., Tisdall R., Middleton J., Verma A., van Ameijden E., Birt C., Macherianakis A., Bruce N.G. Quality of and access to green space in relation to psychological distress: Results from a population-based cross-sectional study as part of the EURO-URHIS 2 project. *Eur. J. Public Health*, 2018, vol. 28, no. 1, pp. 35–38. DOI: 10.1093/eurpub/ckv094
80. Zhang T., Liu J., Li H. Restorative effects of multi-sensory perception in urban green space: A case study of urban park in Guangzhou, China. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2019, vol. 16, no. 24, pp. 4943. DOI: 10.3390/ijerph16244943
81. Burnett H., Olsen J.R., Nicholls N., Mitchell R. Change in time spent visiting and experiences of green space following restrictions on movement during the COVID-19 pandemic: A nationally representative cross-sectional study of UK adults. *BMJ Open*, 2021, vol. 11, no. 3, pp. e044067. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-044067
82. Astell-Burt T., Navakatikyan M.A., Walsan R., Davis W., Figtree G., Arnold L., Feng X. Green space and cardiovascular health in people with type 2 diabetes. *Health Place*, 2021, vol. 69, pp. 102554. DOI: 10.1016/j.healthplace.2021.102554
83. Revich B.A., Shaposhnikov D.A. The COVID-19 pandemic: new knowledge on the impact of air quality on the spread of coronavirus infection in cities. *Studies on Russian Economic Development*, 2021, vol. 32, no. 4, pp. 357–363. DOI: 10.1134/S1075700721040134
84. Nizamutdinov T.I., Kolesnikova E.V., Alexeev D.K. Green spaces as a factor in reducing level of the risk to public health. *Sovremennye problemy gidrometeorologii i monitoringa okruzhayushchei sredy na prostranstve SNG: sbornik tezisev Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 90-letiyu Rossiiskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta*, 2020, pp. 767–769 (in Russian).

85. Morozova S.V. The role of recreational space and stress factors of urban environment (on the example of megapolis and small cities). *Arkhitektura, gradostroitel'stvo i dizain*, 2022, no. 2 (32), pp. 13–23 (in Russian).

86. Bobylev S.N., Zavaleev I.S., Zavaleeva A.I., Khovavko I.Yu. Development of "green" infrastructure in cities (economic analysis of a project in Kazan). *Nauchnye issledovaniya ekonomicheskogo fakul'teta. Elektronnyi zhurnal*, 2022, vol. 14, no. 3 (45), pp. 48–61. DOI: 10.38050/2078-3809-2022-14-3-48-61 (in Russian).

87. Bobylev S.N., Porfiriev B.N. Sustainable development of largest cities and megalopolises: a factor of ecosystem services. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6: Ekonomika*, 2016, no. 6, pp. 3–21. DOI: 10.38050/01300105201661 (in Russian).

88. Zavaleeva A.I., Zavaleev I.S. Economic impact assessment of green infrastructure on attractiveness of territories. *Ekonomika ustoychivogo razvitiya*, 2020, no. 3 (51), pp. 31–36. DOI: 10.37124/20799136_2022_3_51_31 (in Russian).

89. Vitiuk E.Yu. A program of enhancing the health improvement potential of landscaped city spaces. *Arkhitkton: izvestiya vuzov*, 2022, no. 2 (78). DOI: 10.47055/1990-4126-2022-2(78)-20 (in Russian).

Revich B.A. The significance of green spaces for protecting health of urban population. Health Risk Analysis, 2023, no. 2, pp. 168–185. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.17.eng

Получена: 17.02.2023

Одобрена: 21.05.2023

Принята к публикации: 02.06.2023



Обзорная статья

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ СОТОВОЙ СВЯЗИ КАК ФАКТОР РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ (ОБЗОР)

Н.И. Хорсева¹, П.Е. Григорьев²¹Институт биохимической физики имени Н.М. Эмануэля Российской академии наук, Россия, 119334, г. Москва, ул. Косыгина, 4²Севастопольский государственный университет, Россия, 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33

Современные телекоммуникационные технологии, основанные на использовании электромагнитного поля радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ), внесли в нашу жизнь большое количество сервисов, которые позволяют решать широкий круг вопросов. Однако с учетом того, что данный вид воздействия является открытым, неконтролируемым и постоянно действующим, изучение возможного негативного влияния проявлений воздействия ЭМП РЧ на здоровье детей и подростков как самой уязвимой и чувствительной когорты населения к любому фактору внешнего воздействия является актуальным.

В рамках данного обзора представлен анализ отечественных и зарубежных исследований хронического влияния ЭМП РЧ средств сотовой связи на здоровье детей (6–10 лет) и подростков (11–16 лет).

Установлено, что нарушения здоровья детей и подростков могут проявляться: в астеническом синдроме (головная боль, раздражительность, повышенная утомляемость, нарушение сна, периодические боли в сердце и суставах); психической дезадаптации (тревожность, стресс, депрессия и т.п.), а также в их сочетании.

Наряду с вышеперечисленными синдромами эффекты воздействия ЭМП РЧ проявляются в виде косвенных признаков нарушения памяти и внимания, таких как забывчивость (неспособность вовремя вспомнить нужную информацию) и невнимательность (неспособность сосредоточиться на явлении или деятельности), и даже в виде увеличения частоты простудных заболеваний.

Исходя из проанализированных работ зарубежных и отечественных исследователей, можно заключить, что отрицательное влияние электромагнитных полей сотовых телефонов на здоровье детей и подростков можно считать надежно доказанным.

Таким образом, внедрение и активное использование детьми и подростками современных гаджетов должно сопровождаться оценкой реальной опасности их применения, оценкой рисков здоровью и выработкой научно обоснованных регламентов применения.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, здоровье, фактор риска, астенический синдром, психическая дезадаптация, мобильные телефоны, дети, подростки.

Известно, что электромагнитные поля радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ) относятся к антропогенным факторам внешней среды, которые, как предупреждал М.Н. Repacholi в своей публикации еще в 1998 г., могут вызывать различные негативные биологические эффекты [1]. Безусловно, телекоммуникационные технологии, основанные на использовании ЭМП РЧ, внесли в нашу жизнь большое количество сервисов, которые позволяют решать многие задачи «по клику мышки». Однако с учетом того, что данный вид воздействия является открытым, неконтролируемым и постоянно действующим, круг негативных проявлений воздействия ЭМП РЧ постоянно расширяется.

В первую очередь под его влияние попадает самая уязвимая часть населения планеты – дети и подростки, которые в настоящее время являются одними из самых активных пользователей.

Если еще в 2009 г. в работе V. Khurana et al. факт начала пользования мобильным телефоном (МТ) с трехлетнего возраста выглядел как сенсация [2], то исследования Н.К. Kabali et al., проведенные в США, показали, что более трети младенцев полугодового возраста начинают пользоваться смартфонами и планшетами, и к двум годам мобильные устройства используют уже подавляющее число детей [3]. Подобные результаты были получены А.О. Kılıç et al. в Турции [4].

© Хорсева Н.И., Григорьев П.Е., 2023

Хорсева Наталия Игоревна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории физико-химических проблем радиобиологии и экологии (e-mail: sheridan1957@mail.ru; тел.: 8 (905) 782-87-17; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3444-0050>).

Григорьев Павел Евгеньевич – доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры психологии (e-mail: grigorievpe@cfuv.ru; тел.: 8 (978) 767-22-10; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7390-9109>).

Следует отметить, что наибольшее число публикаций о негативном влиянии ЭМП РЧ на здоровье детей и подростков приходится на период 2006–2013 гг. И в основном это были зарубежные работы. В настоящее время подавляющее количество исследований влияния ЭМП РЧ выполняется относительно периода юности и первого периода зрелого возраста, однако в рамках данного обзора будут рассмотрены материалы исследований, касающиеся исключительно таких возрастных групп, как дети и подростки.

О негативном влиянии ЭМП РЧ на здоровье детей и подростков как самой уязвимой когорты населения к любым факторам внешней среды неоднократно подчеркивал в своих публикациях Ю.Г. Григорьев [5–10].

Накопленные данные указывают, что критическими органами воздействия ЭМП РЧ современных технологий, в частности при использовании мобильных телефонов (МТ) (2G–4G), являются головной мозг, половая система, а также весь период внутриутробного развития; а с конструктивными изменениями (расположение антенны внизу гаджета) у нового поколения мобильной связи (смартфонов) – и щитовидная железа [11]. Кроме того, с внедрением технологии 5G критическими органами становятся склера и кожные покровы [12, 13].

Итак, в рамках данной публикации проведен анализ исследований эффектов влияния ЭМП РЧ на подрастающее поколение, которое включает два возрастных периода: детство (с 3 до 10 лет) и подростковый (с 11 до 16 лет) период. Однако в некоторых исследованиях рассматривается достаточно широкий возрастной диапазон, который может захватывать сразу несколько возрастных периодов. Это обстоятельство нередко затрудняет систематизацию данных при анализе полученных результатов.

Как показал анализ литературных данных, при проведении исследований авторы, как правило, использовали опрос либо самих респондентов (детей, подростков), либо их родителей (в основном для респондентов 3–10 лет), а для анализа полученных результатов – достаточно широкий спектр статистических методов анализа.

Для того чтобы представить основные эффекты воздействия ЭМП РЧ на детей и подростков, мы воспользовались классификацией, представленной в работе [14], которая выделяет астенический (головная боль, раздражительность, повышенная утомляемость, нарушение сна, периодические боли в сердце и суставах), астеновегетативный (гипертония, брадикардия) и гипоталамический (нейроциркуляторная дистония, гипертония) синдромы, а также психическую дезадаптацию (нарушение приспособления к условиям существования).

Исходя из анализа литературных данных, можно сделать вывод, что подавляющие биологические эффекты были связаны с проявлениями астенического синдрома и в меньшей степени – с показателями психической дезадаптации.

Проявление астенического синдрома. Известно, что астенический синдром является одним из наиболее часто встречающихся нарушений, однако на сегодняшний день не существует общепринятых определений и классификаций, а также концепций патогенеза этого синдрома. Астения является полиморфным синдромом и может проявляться в виде отдельных симптомов: головной боли, раздражительности, повышенной утомляемости, нарушения сна, периодических болей в сердце и суставах, так и в виде их совокупности.

В проспективном когортном исследовании S.Y. Kim et al. показано, что чрезмерное использование смартфонов (более 1 ч в день) детьми 5–8-летнего возраста приводило к снижению продолжительности сна и ухудшало его качество (более частые ночные пробуждения) [15]. В отличие от исследования S.Y. Kim et al., в работе О.А. Вятлевой и А.М. Курганского в группе младших школьников (6–10 лет) статистически значимых корреляций между режимом пользования МТ и частотой нарушения сна выявлено не было. Однако и общая длительность разговоров по МТ в исследуемой когорте была значительно ниже, чем в исследовании S.Y. Kim et al. [16]. Трудности засыпания статистически значимо были связаны с использованием мобильного интернета [17].

Наибольшее число проявлений астенического синдрома было установлено для подросткового возраста.

Так, в младшей подростковой группе (10–12 лет) существенной связи между режимом пользования МТ и нарушениями сна выявлено не было [16]. Тем не менее установлено, что использование мобильных телефонов в ночное время связано с некоторыми неблагоприятными последствиями для сна, такими как более позднее пробуждение, снижение продолжительности сна, беспокойный сон и пр. Показано, что выраженность этих нарушений выше, если использование гаджета происходит в темноте [18–20].

Связь между режимом пользования МТ и нарушением сна более четко прослеживается в старшем подростковом возрасте [16, 21, 22], в том числе при использовании МТ поздно ночью [23, 24] и при продолжительности использования МТ более 5 ч в день [25].

Кроме того, было установлено, что суммарная продолжительность разговоров в день у девочек статистически значимо выше, чем у мальчиков, во всех возрастных группах (от 6 до 18 лет), а наибольшие эффекты нарушения здоровья наблюдаются в возрасте 14–15 лет. В частности, у мальчиков интенсивность пользования мобильным телефоном коррелировала с частотой головных болей, а у девочек – с трудностью засыпания [26].

Однако лонгитюдные исследования J.E. Lee et al. позволили установить, что длительное использование мобильного телефона влияет на качество сна подростков, но не на его продолжительность [27].

Проявление таких симптомов, как головная боль и головокружения, также чаще встречается в

подростковом возрасте и зависит от режима пользования МТ. Так, О.А. Вятлева, А.М. Курганский выявили связь проявления головной боли и режима пользования МТ. Однако в группе 11–13-летних подростков она была менее выражена, чем группе в 14–15-летних [16]. Тем не менее значимое повышение доли детей с головокружениями в когорте младших подростков установлено при общей длительности разговоров в день от 12 до 32 мин [28].

Дозозависимое проявление частоты головных болей и дискомфорта в области уха от времени пользования МТ выявлено в исследовании R. Durusoy et al. [21], ощущение шума в ушах (тиннитус) зарегистрировано у подростков при использовании проводной гарнитуры, при беспроводной отмечалась головная боль и даже частота ночных пробуждений [29]. Также было выявлено, что использование мобильного телефона в подростковом возрасте, наряду с головной болью, может вызывать мигрени и даже кожный зуд [30].

Статистически значимая связь между утомляемостью и режимом пользования мобильным телефоном в группе 9–12-летних школьников показана в работе F. Zheng et al. [31]. Аналогичные результаты были получены как для младших школьников [32], в том числе связь между чувством усталости (субъективное ощущение утомляемости – *прим. авторов*) и числом разговоров по мобильному телефону [28], так и в группе старших подростков [21, 22, 24], а также быстрая утомляемость, головная боль и физическое недомогание [24].

Психическая дезадаптация и другие проявления. Тревожность – это индивидуальная психологическая особенность и самое распространенное ментальное расстройство подросткового возраста, связанное с взрослением. Кроме того, у современных детей и подростков все чаще регистрируются такие отклонения в психическом здоровье, как стресс (состояние психофизиологического напряжения) и депрессии (аффективное психическое расстройство). И, как отмечают исследователи, очень часто такие кратковременные изменения могут перерасти в различные уже психические расстройства. Среди многих причин таких явлений указывают интенсивное использование различных гаджетов, и, безусловно, первые в этом списке – мобильные телефоны.

Именно поэтому изучение связи режима пользования мобильными телефонами и тяжести различных психических отклонений является в настоящее время весьма актуальной проблемой.

Показано, что уровень тревожности у младших школьников зависит от режима пользования МТ [28, 32]. Интересно отметить, что в проспективном когортном исследовании когорты младших школьников увеличение тревожного состояния было связано с переходом на использование смартфонов, а также увеличением использования мобильного интернета [17].

Уровень депрессии в подростковом возрасте повышается при пользовании телефоном более двух

часов в день в соцсетях и онлайн-чатах, причем выраженность данного эффекта выше, чем при использовании интернета, игр или просмотра видео [25]. Сравнение режима пользования мобильным телефоном в будние и выходные дни и уровня депрессивных симптомов у подростков дало возможность J. Liu et al. установить, что использование мобильного телефона более двух часов в будние дни и более пяти часов в выходные дни увеличивало риск проявления депрессивных состояний [33]. Кроме того, показано, что девушки подвержены более высокому риску зависимости от мобильных телефонов и депрессии, чем юноши [34].

Также выявлено, что неконтролируемое использование подростками мобильного телефона перед сном и в ночное время может вызывать и более серьезные последствия для их психического здоровья, такие как проявление суицидальных чувств и увеличение склонности к членовредительству [20].

Однако следует отметить, что во всех исследованиях уровни тревожности, депрессии и нарушения психического здоровья определялись через анкетирование респондентов, т.е. были субъективными.

На фоне активного использования мобильных телефонов появляются и новые психические расстройства (номофобия, зависимость от смартфонов и пр.), однако рассмотрение этих вопросов не входит в задачи данного обзора

Особое место, на наш взгляд, занимают исследования, где те или иные нарушения здоровья детей и подростков выявлены в когортах, которые включают широкий возрастной диапазон.

Например, в исследовании S.M.J. Mortazavi, в котором приняли участие дети и подростки от 6 до 16 лет, была выявлена статистически значимая связь между временем использования мобильных телефонов в режиме разговора и числом проявлений головных болей, головокружений, нарушений сна [35]. Аналогичные симптомы были зарегистрированы и для когорты школьников начальных, средних и старших классов, активных пользователей смартфонов (возрастной ценз от 6 до 18 лет). В частности, при «чрезмерном использовании» гаджета (более 4 ч в день) наиболее часто встречались такие симптомы, как головные боли, нарушения сна и боль в шее / плечах, снижение внимания [36]. Однако в данной работе только для показателя режима пользования мобильными телефонами проанализированы данные для каждой возрастной группы (начальная школа, среднее звено и старшеклассники). Остальные параметры исследовались по всему массиву данных.

Нарушения сна, связанные с использованием мобильного телефона перед сном, были зафиксированы и при проведении онлайн-опроса подростков обоих полов 12–19-летнего возраста [37]. Подобные результаты были получены и для 14–18-летних подростков [38].

Жалобы на головную боль, боль в суставах и костях, потерю слуха, головокружение, симптомы

напряжения – тревоги в зависимости от времени ежедневного использования были выявлены по результатам анкетирования респондентов старше 9 лет. При этом респонденты женского пола чаще жаловались на головную боль, головокружение, утомляемость и тревожность, чем мужского [39].

Подтверждением прямой зависимости уровня тревожности, стресса и депрессии от режима пользования смартфонами может служить исследование A.J. Vuabbas et al., в которое были включены учащиеся средних и старших классов школ (от 11 лет до 21 года). Кроме того, было показано, что уровень тревожности, стресса и депрессии при чрезмерном пользовании гаджетом (более 4 ч в день) был выше для лиц женского пола [40].

Однако, на наш взгляд, недостатком этих исследований является исследование нарушений здоровья детей и подростков по всему возрастному массиву без деления на возрастные периоды. Именно это обстоятельство может исказить полученные данные, поскольку, как представлено в материалах обзора, изложенного выше, проявление тех или иных нарушений здоровья имеет свои возрастные особенности.

В заключение необходимо отметить, что, кроме проявлений астенического синдрома и психической дезадаптации, была установлена связь между режимом пользования МТ и косвенными признаками нарушения памяти и внимания, такими как забывчивость (неспособность вовремя вспомнить нужную информацию) и невнимательность (неспособность сосредоточиться на явлении или деятельности) [17]. Однако показатели забывчивости и невнима-

тельности устанавливались с помощью анкетирования и, следовательно, имели также субъективную, а не объективную оценку.

Кроме того, было показано, что риск нарушения здоровья (например, в виде простудных заболеваний) зависел от модели мобильного телефона, уровня его излучения и режима его пользования, что было продемонстрировано в исследованиях О.А. Вятлевой и А.М. Курганского для младших школьников [16, 28, 32], а в группе старших подростков – количеством заболеваний, сопровождающихся повышением температуры [26].

Выводы. Таким образом, результаты исследований доказывают негативное влияние ЭМП РЧ на здоровье детей и подростков. В данном случае речь уже идет не об отдельных проявлениях нарушения соматического и психического здоровья детей и подростков, а о комплексе нарушений, ухудшающих здоровье подрастающего поколения. Это особенно важно осознать в быстро меняющемся современном мире новых телекоммуникационных технологий, которые изменяют весь уклад жизни. И в данном случае внедрение новых технологий должно сопровождаться оценкой реальной опасности их применения и выработкой научно обоснованных регламентов их использования, особенно для детей и подростков.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН (44.1 гос. № темы: 0084-2019-004).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Repacholi M.H. Low-level exposure to radiofrequency electromagnetic fields: health effects and research needs // *Bioelectromagnetics*. – 1998. – Vol. 19, № 1. – P. 1–19.
2. Cell phones and brain tumors: a review including epidemiologic data / V.G. Khurana, C. Teo, M. Kundi, L. Hardell, M. Carlberg // *Surg. Neurol.* – 2009. – Vol. 72, № 3. – P. 205–214. DOI: 10.1016/j.surneu.2009.01.019
3. Exposure and Use of Mobile Media Devices by Young Children / H.K. Kabali, M.M. Irigoyen, R. Nunez-Davis, J.G. Budacki, S.H. Mohanty, K.P. Leister, R.L. Bonner Jr. // *Pediatrics*. – 2015. – Vol. 136, № 6. – P. 1044–1050. DOI: 10.1542/peds.2015-2151
4. Exposure to and use of mobile devices in children aged 1–60 months / A.O. Kılıç, E. Sari, H. Yucel, M.M. Oğuz, E. Polat, E.A. Acoglu, S. Senel // *Eur. J. Pediatr.* – 2019. – Vol. 178, № 2. – P. 221–227. DOI: 10.1007/s00431-018-3284-x
5. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А. Сотовая связь и здоровье. Электромагнитная обстановка. Радиобиологические и гигиенические проблемы. Прогноз опасности: монография. – М.: Экономика, 2013. – 567 с.
6. Григорьев Ю.Г., Хорсева Н.И. Мобильная связь и здоровье детей. Оценка опасности применения мобильной связи детьми и подростками. – М.: Экономика, 2014. – 230 с.
7. Grigoriev Y. Chapter 9. Radiobiological Arguments for Assessing the Electromagnetic Hazard to Public Health for the Beginning of the Twenty-First Century. The Opinion of the Russian Scientist // In book: *Mobile Communications and Public Health* / ed. by M. Markov. – Boca Raton: Taylor and Francis Group, LLC, 2019. – P. 223–236.
8. Мобильная связь и здоровье детей: проблема третьего тысячелетия / Ю.Г. Григорьев, А.С. Самойлов, А.Ю. Бушманов, Н.И. Хорсева // *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. – 2017. – Т. 62, № 2. – С. 39–46.
9. Григорьев Ю.Г. Мобильная связь и электромагнитный хаос в оценке опасности для здоровья населения. Кто несет ответственность? // *Радиационная биология. Радиозкология*. – 2018. – Т. 58, № 6. – С. 633–645. DOI: 10.1134/S086980311806005X
10. Григорьев Ю.Г. Значимость адекватной информации по оценке опасности ЭМП сотовой связи для здоровья населения (первая четверть XXI века) // *Радиационная биология. Радиозкология*. – 2020. – Т. 60, № 5. – С. 532–540. DOI: 10.31857/S0869803120050045
11. Григорьев Ю.Г., Хорсева Н.И., Григорьев П.Е. Щитовидная железа – новый критический орган воздействия ЭМП мобильной связи: оценка возможных последствий для детей и подростков // *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. – 2021. – Т. 66, № 2. – С. 67–75. DOI: 10.12737/1024-6177-2021-66-2-67-75

12. Григорьев Ю.Г. Стандарт 5G – технологический скачок вперед в сотовой связи: будет ли проблема со здоровьем у населения? (погружение в проблему) // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2020. – Т. 60, № 6. – С. 627–634. DOI: 10.31857/S0869803120060181
13. Григорьев Ю.Г., Самойлов А.С. 5G-стандарт сотовой связи. Суммарная радиобиологическая оценка опасности планетарного электромагнитного облучения населения: монография. – М.: Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2021. – 200 с.
14. Рахманин Ю.А., Онищенко Г.Г., Григорьев Ю.Г. Современные проблемы и пути обеспечения электромагнитной безопасности сотовой связи для здоровья населения // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 11. – С. 1175–1183. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-11-1175-1183
15. The relationship between smartphone overuse and sleep in younger children: a prospective cohort study / S.Y. Kim, S. Han, E.-J. Park, H.-J. Yoo, D. Park, S. Suh, Y.M. Shin // J. Clin. Sleep Med. – 2020. – Vol. 16, № 7. – P. 1133–1139. DOI: 10.5664/jcsm.8446
16. Вятлева О.А., Курганский А.М. Режимы пользования мобильным телефоном и здоровье детей школьного возраста // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 8. – С. 857–862. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-8-857-862
17. Вятлева О.А., Курганский А.М. Изменения способа и режимов пользования мобильным телефоном и их связь с самочувствием у младших школьников // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2021. – Т. 29, № 10. – С. 34–40.
18. Processed data on the night-time use of screen-based media devices and adolescents' sleep quality and health-related quality of life / M.O. Mireku, M.M. Barker, J. Mutz, C. Shen, I. Dumontheil, M.S.C. Thomas, M. Rössli, P. Elliott, M.B. Toledano // Data Brief. – 2019. – Vol. 23. – P. 103761. DOI: 10.1016/j.dib.2019.103761
19. Night-time screen-based media device use and adolescents' sleep and health-related quality of life / M.O. Mireku, M.M. Barker, J. Mutz, I. Dumontheil, M.S.C. Thomas, M. Rössli, P. Elliott, M.B. Toledano // Environ. Int. – 2019. – Vol. 124. – P. 66–78. DOI: 10.1016/j.envint.2018.11.069
20. The suicidal feelings, self-injury, and mobile phone use after lights out in adolescents / N. Oshima, A. Nishida, S. Shimodera, M. Tochigi, S. Ando, S. Yamasaki, Y. Okazaki, T. Sasaki // J. Pediatr. Psychol. – 2012. – Vol. 37, № 9. – P. 1023–1030. DOI: 10.1093/jpepsy/jss072
21. Mobile phone use, school electromagnetic field levels and related symptoms: a cross-sectional survey among 2150 high school students in Izmir / R. Durusoy, H. Hassoy, A. Özkurt, A.O. Karababa // Environ. Health. – 2017. – Vol. 16, № 1. – P. 51. DOI: 10.1186/s12940-017-0257-x
22. Impact of Adolescents' Screen Time and Nocturnal Mobile Phone-Related Awakenings on Sleep and General Health Symptoms: A Prospective Cohort Study / M. Foerster, A. Henneke, S. Chetty-Mhlana, M. Rössli // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2019. – Vol. 16, № 3. – P. 518. DOI: 10.3390/ijerph16030518
23. The association of sleep and late-night cell phone use among adolescents / B. Amra, A. Shahsavari, R. Shayan-Moghadam, O. Mirheli, B. Moradi-Khaniabadi, M. Bazukar, A. Yadollahi-Farsani, R. Kelishadi // J. Pediatr. (Rio J.). – 2017. – Vol. 93, № 6. – P. 560–567. DOI: 10.1016/j.jpeds.2016.12.004
24. Schoeni A., Roser K., Rössli M. Symptoms and Cognitive Functions in Adolescents in Relation to Mobile Phone Use during Night // PLoS One. – 2015. – Vol. 10, № 7. – P. e0133528. DOI: 10.1371/journal.pone.0133528
25. Association between Excessive Use of Mobile Phone and Insomnia and Depression among Japanese Adolescents / H. Tamura, T. Nishida, A. Tsuji, H. Sakakibara // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2017. – Vol. 14, № 7. – P. 701. DOI: 10.3390/ijerph14070701
26. Текшева Л.М., Барсукова Н.К., Чумичева О.А., Хатит З.Х. Гигиенические аспекты использования сотовой связи в школьном возрасте // Гигиена и санитария. – 2014. – Т. 93, № 2. – С. 60–65.
27. Relationship between Mobile Phone Addiction and the Incidence of Poor and Short Sleep among Korean Adolescents: a Longitudinal Study of the Korean Children & Youth Panel Survey / J.E. Lee, S.I. Jang, Y.J. Ju, W. Kim, H.J. Lee, E.C. Park // J. Korean Med. Sci. – 2017. – Vol. 32, № 7. – P. 1166–1172. DOI: 10.3346/jkms.2017.32.7.1166
28. Вятлева О.А., Курганский А.М. Риски для здоровья, связанные с режимами использования и уровнем излучения мобильных телефонов, у современных младших школьников // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 11. – С. 1267–1271. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-11-1267-1271
29. Redmayne M., Smith E., Abramson M.J. The relationship between adolescents' well-being and their wireless phone use: a cross-sectional study // Environ. Health. – 2013. – Vol. 12. – P. 90. DOI: 10.1186/1476-069X-12-90
30. Mobile phone use and health symptoms in children / C.-T. Chiu, Y.-H. Chang, C.-C. Chen, M.-C. Ko, C.-Y. Li // J. Formos. Med. Assoc. – 2015. – Vol. 114, № 7. – P. 598–604. DOI: 10.1016/j.jfma.2014.07.002
31. Association between mobile phone use and self-reported well-being in children: a questionnaire-based cross-sectional study in Chongqing / F. Zheng, P. Gao, M. He, M. Li, J. Tan, D. Chen, Z. Zhou, Z. Yu, L. Zhang // BMJ Open. – 2015. – Vol. 5, № 5. – P. e007302. DOI: 10.1136/bmjopen-2014-007302
32. Вятлева О.А., Курганский А.М. Оценка влияния режимов использования мобильных телефонов с учетом интенсивности их излучения на самочувствие современных младших школьников // Современные проблемы оценки, прогноза и управления экологическими рисками здоровью населения и окружающей среды, пути их рационального решения: Материалы III Международного форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды. – М., 2018. – С. 68–70.
33. Prolonged mobile phone use is associated with depressive symptoms in Chinese adolescents / J. Liu, C.X. Liu, T. Wu, B.-P. Liu, C.-X. Jia, X. Liu // J. Affect. Disord. – 2019. – Vol. 259. – P. 128–134. DOI: 10.1016/j.jad.2019.08.017
34. Long-Term Symptoms of Mobile Phone Use on Mobile Phone Addiction and Depression Among Korean Adolescents / S.-Y. Park, S. Yang, C.-S. Shin, H. Jang, S.-Y. Park // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2019. – Vol. 16, № 19. – P. 3584. DOI: 10.3390/ijerph16193584

35. Mortazavi S.M.J., Atefi M., Kholghi F. The pattern of mobile phone use and prevalence of self-reported symptoms in elementary and junior high school students in Shiraz, Iran // Iran. J. Med. Sci. – 2011. – Vol. 36, № 2. – P. 96–103.
36. The detrimental impacts of smart technology device overuse among school students in Kuwait: a cross-sectional survey / A.J. Buabbas, M.A. Al-Mass, B.A. Al-Tawari, M.A. Buabbas // BMC Pediatr. – 2020. – Vol. 20, № 1. – P. 524. DOI: 10.1186/s12887-020-02417-x
37. Protective and risk factors associated with adolescent sleep: findings from Australia, Canada, and The Netherlands / K. Bartel, P. Williamson, A. van Maanen, J. Cassoff, A.M. Meijer, F. Oort, B. Knäuper, R. Gruber, M. Gradisar // Sleep Med. – 2016. – Vol. 26. – P. 97–103. DOI: 10.1016/j.sleep.2016.07.007
38. Bartel K., Scheeren R., Gradisar M. Altering Adolescents' Pre-Bedtime Phone Use to Achieve Better Sleep Health // Health Commun. – 2019. – Vol. 34, № 4. – P. 456–462. DOI: 10.1080/10410236.2017.1422099
39. Küçer N., Pamukçu T. Self-reported symptoms associated with exposure to electromagnetic fields: a questionnaire study // Electromagn. Biol. Med. – 2014. – Vol. 33, № 1. – P. 15–17. DOI: 10.3109/15368378.2013.783847
40. Buabbas A.J., Hasan H., Buabbas M.A. The associations between smart device use and psychological distress among secondary and high school students in Kuwait // PLoS One. – 2021. – Vol. 16, № 6. – P. e0251479. DOI: 10.1371/journal.pone.0251479

Хорсева Н.И., Григорьев П.Е. Электромагнитные поля сотовой связи как фактор риска для здоровья детей и подростков (обзор) // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 2. – С. 186–193. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.18

UDC 57.042+57.049+614
DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.18.eng



Review

ELECTROMAGNETIC FIELDS OF CELLULAR COMMUNICATION AS A HEALTH RISK FACTOR FOR CHILDREN AND ADOLESCENTS (REVIEW)

N.I. Khorseva¹, P.E. Grigoriev²

¹Institute of Biochemical Physics of the Russian Academy of Sciences, 4 Kosygina Str., Moscow, 119334, Russian Federation

²Sevastopol State University, 33 Universitetskaya Str., Sevastopol, 299053, Russian Federation

Modern telecommunication technologies rely on using radio-frequency electromagnetic field (RF EMF). They have brought many useful services into our life able to solve multiple issues. However, we should bear in mind that this exposure is open, uncontrollable and permanent. Given that, it seems relevant to investigate possible negative influence exerted by RF EMF on health of children and adolescents since this population group is the most vulnerable and sensitive to any external exposure.

This review analyzes Russian and foreign studies with their focus on chronic influence of RF EMF created by cellular communication means on health of children (aged 6–10 years) and adolescents (aged 11–16 years).

We have established several manifestations of health disorders in children and adolescents including asthenic syndrome (headache, irritability, increased fatigue, sleeping disorders, periodical pains in the heart and joints); mental deadadaptation (anxiety, stress, depression, etc.); as well as their combinations.

Along with all the aforementioned syndromes, effects produced by exposure to RF EMF become apparent through some indirect signs of memory and attention failure such as forgetfulness (inability to recall the necessary information in time) and inattention (inability to concentrate on an event or activity) and even through growing frequency of respiratory diseases.

Basing on the analyzed studies by Russian and foreign researchers, we can conclude that they provide solid evidence of negative influence of electromagnetic fields created by cell phones on health of children and adolescents.

Therefore, implementation of modern gadgets and their active use by children and adolescents should be accompanied with assessment of actual threats posed by them, health risk assessment, and development of scientifically substantiated standards for their safe use.

Keywords: electromagnetic radiation, health, risk factor, asthenic syndrome, mental deadadaptation, mobile phones, children, adolescents.

© Khorseva N.I., Grigoriev P.E., 2023

Natalia I. Khorseva – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Physical and Chemical Problems of Radiobiology and Ecology (e-mail: sheridan1957@mail.ru; tel.: +7 (905) 782-87-17; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3444-0050>).

Pavel E. Grigoriev – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Psychology (e-mail: grigorievpe@cfuv.ru; tel.: +7 (978) 767-22-10; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7390-9109>).

References

1. Repacholi M.H. Low-level exposure to radiofrequency electromagnetic fields: health effects and research needs. *Bioelectromagnetics*, 1998, vol. 19, no. 1, pp. 1–19.
2. Khurana V.G., Teo C., Kundi M., Hardell L., Carlberg M. Cell phones and brain tumors: a review including epidemiologic data. *Surg. Neurol.*, 2009, vol. 72, no. 3, pp. 205–215. DOI: 10.1016/j.surneu.2009.01.019
3. Kabali H.K., Irigoyen M.M., Nunez-Davis R., Budacki J.G., Mohanty S.H., Leister K.P., Bonner R.L. Jr. Exposure and Use of Mobile Media Devices by Young Children. *Pediatrics*, 2015, vol. 136, no. 6, pp. 1044–1050. DOI: 10.1542/peds.2015-2151
4. Kılıç A.O., Sari E., Yucel H., Oğuz M.M., Polat E., Acoglu E.A., Senel S. Exposure to and use of mobile devices in children aged 1–60 months. *Eur. J. Pediatr.*, 2019, vol. 178, no. 2, pp. 221–227. DOI: 10.1007/s00431-018-3284-x
5. Grigor'ev Yu.G., Grigor'ev O.A. Sotovaya svyaz' i zdorov'e. Elektromagnitnaya obstanovka. Radiobiologicheskie i gigenicheskie problemy. Prognoz opasnosti: monografiya [Cellular communication and health. Electromagnetic environment. Radiobiological and hygiene problems. Predicting the danger: monograph]. Moscow, Ekonomika, 2013, 567 p. (in Russian).
6. Grigor'ev Yu.G., Khorseva N.I. Mobil'naya svyaz' i zdorov'e detei. Otsenka opasnosti primeneniya mobil'noi svyazi det'mi i podrostkami [Mobile communication and children health. Assessment of the hazard of using mobile communications by children and teenagers]. Moscow, Ekonomika, 2014, 230 p. (in Russian).
7. Grigoriev Y. Chapter 9. Radiobiological Arguments for Assessing the Electromagnetic Hazard to Public Health for the Beginning of the Twenty-First Century. The Opinion of the Russian Scientist. In book: Mobile Communications and Public Health. In: M. Markov ed. Boca Raton, Taylor and Francis Group, LLC, 2019, pp. 223–236.
8. Grigoriev Yu.G., Samoylov A.S., Bushmanov A.Yu., Khorseva N.I. Cellular connection and the health of children – problem of the third millennium. *Meditinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'*, 2017, vol. 62, no. 2, pp. 39–46 (in Russian).
9. Grigoriev Yu.G. Mobile communication and electromagnetic chaos in the assessment of population health hazards. Who is responsible? *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya*, 2018, vol. 58, no. 6, pp. 633–645. DOI: 10.1134/S086980311806005X (in Russian).
10. Grigoriev Yu.G. Significance of adequate information about the danger of cellular connection for health of population in the XXI century. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya*, 2020, vol. 60, no. 5, pp. 532–540. DOI: 10.31857/S0869803120050045 (in Russian).
11. Grigor'ev Yu.G., Khorseva N.I., Grigor'ev P.E. The thyroid – a new critical body for impacting electromagnetic fields mobile communications: assessment of possible effects for children and adolescents. *Meditinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'*, 2021, vol. 66, no. 2, pp. 67–75. DOI: 10.12737/1024-6177-2021-66-2-67-75 (in Russian).
12. Grigoriev Yu.G. 5G standard – technological leap ahead for cellular communication. Will there be a problem with the health of the population? (diving in problem). *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya*, 2020, vol. 60, no. 6, pp. 627–634. DOI: 10.31857/S0869803120060181 (in Russian).
13. Grigoriev Yu.G., Samoylov A.S. 5G is a cellular communication standard. Total radiobiological assessment of the danger of planetary electromagnetic radiation exposure to the population. Moscow, Federal'nyi meditsinskii biofizicheskii tsentr im. A.I. Burnazyana FMBA Rossii Publ., 2021, 200 p. (in Russian).
14. Rakhmanin Yu.A., Onishchenko G.G., Grigoriev Yu.G. Contemporary issues and the ways of ensuring electromagnetic safety of mobile communication to the health of the population. *Gigiena i sanitariya*, 2019, vol. 98, no. 11, pp. 1175–1183. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-11-1175-1183 (in Russian).
15. Kim S.Y., Han S., Park E.-J., Yoo H.-J., Park D., Suh S., Shin Y.M. The relationship between smartphone overuse and sleep in younger children: a prospective cohort study. *J. Clin. Sleep Med.*, 2020, vol. 16, no. 7, pp. 1133–1139. DOI: 10.5664/jcsm.8446
16. Vyatleva O.A., Kurgansky A.M. Modes of use of the cell phone and health of schoolchildren. *Gigiena i sanitariya*, 2019, vol. 98, no. 8, pp. 857–862. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-8-857-862 (in Russian).
17. Vyatleva O.A., Kurgansky A.M. Changes in the method and modes of mobile phone use and their relationship with the well-being in junior schoolchildren. *ZNiSO*, 2021, vol. 29, no. 10, pp. 34–40 (in Russian).
18. Mireku M.O., Barker M.M., Mutz J. Shen C., Dumontheil I., Thomas M.S.C., Röösli M., Elliott P., Toledano M.B. Processed data on the night-time use of screen-based media devices and adolescents' sleep quality and health-related quality of life. *Data Brief*, 2019, vol. 23, pp. 103761. DOI: 10.1016/j.dib.2019.103761
19. Mireku M.O., Barker M.M., Mutz J. Dumontheil I., Thomas M.S.C., Röösli M., Elliott P., Toledano M.B. Night-time screen-based media device use and adolescents' sleep and health-related quality of life. *Environ. Int.*, 2019, vol. 124, pp. 66–78. DOI: 10.1016/j.envint.2018.11.069
20. Oshima N., Nishida A., Shimodera S., Tochigi M., Ando S., Yamasaki S., Okazaki Y., Sasaki T. The suicidal feelings, self-injury, and mobile phone use after lights out in adolescents. *J. Pediatr. Psychol.*, 2012, vol. 37, no. 9, pp. 1023–1030. DOI: 10.1093/jpepsy/jss072
21. Durusoy R., Hassoy H., Özkurt A., Karababa A.O. Mobile phone use, school electromagnetic field levels and related symptoms: a cross-sectional survey among 2150 high school students in Izmir. *Environ. Health*, 2017, vol. 16, no. 1, pp. 51. DOI: 10.1186/s12940-017-0257-x
22. Foerster M., Henneke A., Chetty-Mhlanga S., Röösli M. Impact of Adolescents' Screen Time and Nocturnal Mobile Phone-Related Awakenings on Sleep and General Health Symptoms: A Prospective Cohort Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2019, vol. 16, no. 3, pp. 518. DOI: 10.3390/ijerph16030518
23. Amra B., Shahsavari A., Shayan-Moghadam R., Mirheli O., Moradi-Khaniabadi B., Bazukar M., Yadollahi-Farsani A., Kelishadi R. The association of sleep and late-night cell phone use among adolescents. *J. Pediatr. (Rio J.)*, 2017, vol. 93, no. 6, pp. 560–567. DOI: 10.1016/j.jped.2016.12.004

24. Schoeni A., Roser K., Rösli M. Symptoms and Cognitive Functions in Adolescents in Relation to Mobile Phone Use during Night. *PLoS One*, 2015, vol. 10, no. 7, pp. e0133528. DOI: 10.1371/journal.pone.0133528
25. Tamura H., Nishida T., Tsuji A., Sakakibara H. Association between Excessive Use of Mobile Phone and Insomnia and Depression among Japanese Adolescents. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2017, vol. 14, no. 7, pp. 701. DOI: 10.3390/ijerph14070701
26. Teksheva L.M., Barsukova N.K., Chumicheva O.A., Khatit Z.Kh. Hygienic aspects of cellular communication in school age. *Gigiena i sanitariya*, 2014, vol. 93, no. 2, pp. 60–65 (in Russian).
27. Lee J.E., Jang S.I., Ju Y.J., Kim W., Lee H.J., Park E.C. Relationship between Mobile Phone Addiction and the Incidence of Poor and Short Sleep among Korean Adolescents: a Longitudinal Study of the Korean Children & Youth Panel Survey. *J. Korean Med. Sci.*, 2017, vol. 32, no. 7, pp. 1166–1172. DOI: 10.3346/jkms.2017.32.7.1166
28. Vyatleva O.A., Kurgansky A.M. Risks for health associated with use modes and radiation level of cell phones in modern younger schoolchildren. *Gigiena i sanitariya*, 2019, vol. 98, no. 11, pp. 1267–1271. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-11-1267-1271 (in Russian).
29. Redmayne M., Smith E., Abramson M.J. The relationship between adolescents' well-being and their wireless phone use: a cross-sectional study. *Environ. Health*, 2013, vol. 12, pp. 90. DOI: 10.1186/1476-069X-12-90
30. Chiu C.-T., Chang Y.-H., Chen C.-C., Ko M.-C., Li C.-Y. Mobile phone use and health symptoms in children. *J. Formos. Med. Assoc.*, 2015, vol. 114, no. 7, pp. 598–604. DOI: 10.1016/j.jfma.2014.07.002
31. Zheng F., Gao P., He M., Li M., Tan J., Chen D., Zhou Z., Yu Z., Zhang L. Association between mobile phone use and self-reported well-being in children: a questionnaire-based cross-sectional study in Chongqing. *BMJ Open*, 2015, vol. 5, no. 5, pp. e007302. DOI: 10.1136/bmjopen-2014-007302
32. Vyatleva O.A., Kurganskii A.M. Otsenka vliyaniya rezhimov ispol'zovaniya mobil'nykh telefonov s uchetom intensivnosti ikh izlucheniya na samochuvstvie sovremennykh mladshikh shkol'nikov [Evaluation of the influence of modes of mobile phone use, taking into account the intensity of their radiation, on the well-being of modern primary schoolchildren]. *Sovremennye problemy otsenki, prognoza i upravleniya ekologicheskimi riskami zdorov'yu naseleniya i okruzhayushchei sredy, puti ikh ratsional'nogo resheniya: Materialy III Mezhdunarodnogo foruma Nauchnogo soveta Rossiiskoi Federatsii po ekologii cheloveka i gigiene okruzhayushchei sredy*. Moscow, 2018, pp. 68–70 (in Russian).
33. Liu J., Liu C.X., Wu T., Liu B.-P., Jia C.-X., Liu X. Prolonged mobile phone use is associated with depressive symptoms in Chinese adolescents. *J. Affect. Disord.*, 2019, vol. 259, pp. 128–134. DOI: 10.1016/j.jad.2019.08.017
34. Park S.-Y., Yang S., Shin C.-S., Jang H., Park S.-Y. Long-Term Symptoms of Mobile Phone Use on Mobile Phone Addiction and Depression Among Korean Adolescents. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2019, vol. 16, no. 19, pp. 3584. DOI: 10.3390/ijerph16193584
35. Mortazavi S.M.J., Atefi M., Kholghi F. The pattern of mobile phone use and prevalence of self-reported symptoms in elementary and junior high school students in Shiraz, Iran. *Iran. J. Med. Sci.*, 2011, vol. 36, no. 2, pp. 96–103.
36. Buabbas A.J., Al-Mass M.A., Al-Tawari B.A., Buabbas M.A. The detrimental impacts of smart technology device overuse among school students in Kuwait: a cross-sectional survey. *BMC Pediatr.*, 2020, vol. 20, no. 1, pp. 524. DOI: 10.1186/s12887-020-02417-x
37. Bartel K., Williamson P., van Maanen A., Cassoff J., Meijer A.M., Oort F., Knäuper B., Gruber R., Gradisar M. Protective and risk factors associated with adolescent sleep: findings from Australia, Canada, and The Netherlands. *Sleep Med.*, 2016, vol. 26, pp. 97–103. DOI: 10.1016/j.sleep.2016.07.007
38. Bartel K., Scheeren R., Gradisar M. Altering Adolescents' Pre-Bedtime Phone Use to Achieve Better Sleep Health. *Health Commun.*, 2019, vol. 34, no. 4, pp. 456–462. DOI: 10.1080/10410236.2017.1422099
39. Küçer N., Pamukçu T. Self-reported symptoms associated with exposure to electromagnetic fields: a questionnaire study. *Electromagn. Biol. Med.*, 2014, vol. 33, no. 1, pp. 15–17. DOI: 10.3109/15368378.2013.783847
40. Buabbas A.J., Hasan H., Buabbas M.A. The associations between smart device use and psychological distress among secondary and high school students in Kuwait. *PLoS One*, 2021, vol. 16, no. 6, pp. e0251479. DOI: 10.1371/journal.pone.0251479

Khorseva N.I., Grigoriev P.E. Electromagnetic fields of cellular communication as a health risk factor for children and adolescents (review). *Health Risk Analysis*, 2023, no. 2, pp. 186–193. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.18.eng

Получена: 19.02.2023

Одобрена: 19.05.2023

Принята к публикации: 02.06.2023

НОВЫЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ, НОРМАТИВНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В СФЕРЕ АНАЛИЗА РИСКОВ ЗДОРОВЬЮ

Второй квартал 2023 г. (20 марта 2022 г. – 16 июня 2023 г.)

Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 11.05.2023 № 57 «О внесении изменений в Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 24 декабря 2019 г. № 236»

Новые позиции включены в перечни стандартов, применяемых в целях соблюдения требований технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011).

Постановление Правительства РФ от 16.05.2023 № 756 «О внесении изменения в приложение к Положению о федеральной государственной информационной системе сведений санитарно-эпидемиологического характера»

Значения биохимических исследований и общего анализа крови человека (обезличенные данные) включены в состав информации, размещаемой в ФГИС сведений санитарно-эпидемиологического характера.

Поставщиками указанных сведений являются организации, обладающие информацией, характеризующей санитарно-эпидемиологическое благополучие населения (осуществляющие клинико-диагностические лабораторные исследования).

Постановление Правительства РФ от 27.05.2023 № 834 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 31 мая 2021 г. № 841»

Вводится обязательная маркировка упакованной воды для детского питания. Внесен ряд изменений в правила маркировки упакованной воды средствами идентификации. В целях сокращения нелегального оборота вводится обязательная маркировка и осуществление регулярного мониторинга оборота упакованной воды для детского питания. Выпуск таможенными органами для внутреннего потребления или реимпорта немаркированной упакованной воды (из кода товарной номенклатуры 2201 и кода по классификатору 10.86.10.310), приобретенной до 1 сентября 2023 г., допускается до 30 сентября 2023 г. (включительно).

Уточнен порядок представления в информационную систему мониторинга «Честный знак» сведений о кодах идентификации.

Постановление Правительства РФ от 29.05.2023 № 858 «О проведении на территории

Российской Федерации эксперимента по маркировке средствами идентификации отдельных видов безалкогольных напитков, в том числе с соком, и соков»

С 1 июня 2023 г. по 31 августа 2023 г. на территории РФ будет проводиться эксперимент по маркировке средствами идентификации отдельных видов безалкогольных напитков, в том числе с соком, и соков

Участники оборота безалкогольных напитков, операторы электронного документооборота и операторы фискальных данных участвуют в эксперименте на добровольной основе.

Приводится перечень продукции, подлежащей маркировке, включающий в себя, в частности, газированную воду с добавками сахара и ароматизаторов, квас, компоты, морсы и прочее.

Постановление Правительства РФ от 30.05.2023 № 870 «Об утверждении Правил маркировки парфюмерно-косметической продукции, предназначенной для гигиены рук, с заявленным в маркировке потребительской упаковки антимикробным действием, а также кожных антисептиков – дезинфицирующих средств средствами идентификации и особенностях внедрения государственной информационной системы мониторинга за оборотом товаров, подлежащих обязательной маркировке средствами идентификации, в отношении парфюмерно-косметической продукции, предназначенной для гигиены рук, с заявленным в маркировке потребительской упаковки антимикробным действием, а также кожных антисептиков – дезинфицирующих средств»

С 1 сентября 2023 г. устанавливается порядок маркировки средствами идентификации парфюмерно-косметической продукции, предназначенной для гигиены рук, с антимикробным действием, а также кожных антисептиков – дезинфицирующих средств.

Определены в числе прочего требования к участникам оборота указанной продукции, порядок информационного обмена с информационной системой мониторинга, характеристики средства идентификации, а также порядок и сроки представления сведений в информационную систему мониторинга о вводе в оборот, обороте и выводе из оборота парфюмерно-косметической продукции, предназначенной для гигиены рук, с заявленным антимикробным

действием, а также кожных антисептиков – дезинфицирующих средств.

С 1 октября 2023 г. предоставление кодов маркировки, необходимых для формирования средств идентификации, осуществляется оператором информационной системы мониторинга на платной основе. В случае, если участник оборота, получивший коды маркировки на безвозмездной основе, не обеспечил их преобразование в средства идентификации и не представил в информационную систему мониторинга отчет об их нанесении по 30 сентября 2023 г. (включительно), такие коды маркировки оплачиваются участником оборота или аннулируются.

Оборот и вывод из оборота немаркированной парфюмерно-косметической продукции, предназначенной для гигиены рук, с антимикробным действием, а также немаркированных кожных антисептиков – дезинфицирующих средств, произведенных в РФ или ввезенных в РФ, в случае ввоза с территории ЕАЭС в рамках трансграничной торговли или выпуска таможенными органами при их помещении под таможенные процедуры выпуска для внутреннего потребления или реимпорта (в случае их производства вне РФ) по 30 сентября 2023 г. (включительно) допускаются по 30 сентября 2024 г. (включительно).

Постановление Правительства РФ от 31.05.2023 № 885 «Об утверждении Правил маркировки кресел-колясок средствами идентификации и особенностях внедрения государственной информационной системы мониторинга за оборотом товаров, подлежащих обязательной маркировке средствами идентификации, в отношении кресел-колясок»

С 1 сентября 2023 г. устанавливается порядок маркировки кресел-колясок, подлежащих обязательной маркировке средствами идентификации

Определены требования к участникам оборота указанных товаров, порядок информационного обмена участников оборота с информационной системой мониторинга, характеристики средства идентификации, а также порядок и сроки представления сведений в информационную систему мониторинга о вводе товаров в оборот, об обороте товаров и выводе товаров из оборота.

С 1 октября 2023 г. предоставление участнику оборота кресел-колясок кодов маркировки, необходимых для формирования средств идентификации, осуществляется оператором информационной системы мониторинга на платной основе. В случае, если участник оборота кресел-колясок, получивший коды маркировки на безвозмездной основе, не обеспечил их преобразование в средства идентификации и не представил в информационную систему мониторинга отчет о нанесении средств идентификации и сведения о вводе в оборот кресел-колясок по 30 сентября 2023 г. (включительно), такие коды маркиров-

ки оплачиваются участником оборота кресел-колясок или аннулируются.

Постановление Правительства РФ от 31.05.2023 № 886 «Об утверждении Правил маркировки биологически активных добавок к пище средствами идентификации и особенностях внедрения государственной информационной системы мониторинга за оборотом товаров, подлежащих обязательной маркировке средствами идентификации, в отношении биологически активных добавок к пище»

С 1 сентября 2023 г. устанавливается порядок маркировки биологически активных добавок к пище средствами идентификации. Определены в числе прочего требования к участникам оборота биологически активных добавок к пище, порядок информационного обмена с информационной системой мониторинга, характеристики средства идентификации, а также порядок и сроки представления сведений в информационную систему мониторинга о вводе в оборот, обороте и выводе из оборота биологически активных добавок к пище.

С 1 октября 2023 г. предоставление участнику оборота биологически активных добавок к пище кодов маркировки, необходимых для формирования средств идентификации, осуществляется оператором информационной системы мониторинга на платной основе.

Оборот и вывод из оборота немаркированных биологически активных добавок к пище, произведенных на территории РФ или ввозимых (ввезенных) на территорию РФ в случае ввоза с территории ЕАЭС в рамках трансграничной торговли или выпуска таможенными органами при их помещении под таможенные процедуры выпуска для внутреннего потребления или реимпорта немаркированных биологически активных добавок к пище (в случае их производства вне территории РФ) по 30 сентября 2023 г. (включительно), допускаются до окончания срока годности таких биологически активных добавок к пище.

Постановление Правительства РФ от 31.05.2023 № 887 «Об утверждении Правил маркировки отдельных видов безалкогольных напитков, в том числе с соком, и соков средствами идентификации и особенностях внедрения государственной информационной системы мониторинга за оборотом товаров, подлежащих обязательной маркировке средствами идентификации, в отношении отдельных видов безалкогольных напитков, в том числе с соком, и соков»

С 1 сентября 2023 г. устанавливается порядок маркировки отдельных видов безалкогольных напитков, в том числе с соком, и соков. Определены требования к участникам оборота отдельных видов безалкогольных напитков, в том числе с соком, и соков, порядок информационного обмена участни-

ков оборота с информационной системой мониторинга, характеристики средства идентификации, а также порядок представления сведений оператору информационной системы мониторинга о вводе в оборот, об обороте и о выводе из оборота отдельных видов безалкогольных напитков, в том числе с соком, и соков, а также сроки, при наступлении которых нанесение средств идентификации становится обязательным.

Установлено, что ввод в оборот отдельных видов безалкогольных напитков, в том числе с соком, и соков без нанесения средств идентификации и представления в информационную систему мониторинга сведений об их маркировке допускается до наступления соответствующей даты, с которой нанесение средств идентификации и представление в информационную систему мониторинга сведений об их нанесении становятся обязательными. С наступлением соответствующей даты, с которой нанесение средств идентификации становится обязательным, предоставление участнику оборота кодов маркировки, необходимых для формирования средств идентификации, осуществляется оператором информационной системы мониторинга на платной основе.

Постановление Правительства РФ от 31.05.2023 № 894 «Об утверждении Правил маркировки отдельных видов медицинских изделий средствами идентификации и особенностях внедрения государственной информационной системы мониторинга за оборотом товаров, подлежащих обязательной маркировке средствами идентификации, в отношении отдельных видов медицинских изделий»

С 1 сентября 2023 г. устанавливается порядок маркировки отдельных видов медицинских изделий. Определены требования к участникам оборота отдельных видов медицинских изделий, порядок информационного обмена участников оборота с информационной системой мониторинга, характеристики средства идентификации, порядок представления сведений в информационную систему мониторинга о вводе в оборот, обороте и выводе из оборота отдельных видов медицинских изделий, сроки, с которых нанесение средств идентификации на потребительскую упаковку отдельных видов медицинских изделий становится обязательным.

Участники оборота отдельных видов медицинских изделий обязаны в числе прочего подать заявление на их регистрацию в информационной системе мониторинга начиная с 1 сентября 2023 г., обеспечить готовность собственных программно-аппаратных средств к информационному взаимодействию с информационной системой мониторинга и пройти их тестирование.

С 1 октября 2023 г. предоставление участнику оборота кодов маркировки, необходимых для формирования средств идентификации, осуществляется оператором информационной системы монито-

ринга на платной основе. Нанесение средств идентификации на потребительскую упаковку отдельных видов медицинских изделий, в том числе посредством нанесения на такую потребительскую упаковку этикетки, содержащей средство идентификации, не требует внесения изменений в документы, содержащиеся в регистрационном досье на медицинское изделие.

Распоряжение Правительства РФ от 31.05.2023 № 1439-р «О внесении изменений в распоряжение Правительства РФ от 28.04.2018 № 792-р»

Перечень отдельных товаров, подлежащих обязательной маркировке средствами идентификации, дополнен товарами, подлежащими маркировке с 1 сентября 2023 г.

Таковыми товарами являются, в частности, БАДы к пище, парфюмерно-косметическая продукция, предназначенная для гигиены рук, с заявленным в маркировке потребительской упаковки антимикробным действием, а также кожные антисептики – дезинфицирующие средства, кресла-коляски, относящиеся к медицинским изделиям, обеззараживатели – очистители воздуха, обувь ортопедическая и вкладные корригирующие элементы для обуви, слуховые аппараты, коронарные стенты, компьютерные томографы, соки, квасы, морсы и прочее.

Федеральный закон от 03.04.2023 № 108-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон “О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции и об ограничении потребления (распития) алкогольной продукции”»

Установлено, что право на осуществление деятельности по производству пива и пивных напитков, сидра, пуаре, медовухи будет предоставляться организациям при условии включения этих организаций и их обособленных подразделений (мест осуществления деятельности) в реестр таких производителей.

Определены в числе прочего: перечень сведений, включаемых в реестр, перечень документов, представляемых организацией для включения в реестр, процедура их рассмотрения и принятия соответствующего решения, основания для отказа во включении в реестр, основания для исключения организации или ее обособленных подразделений (мест осуществления деятельности по производству пива и пивных напитков, сидра, пуаре, медовухи) из реестра.

Предусматривается, что Правительство РФ вправе утвердить перечень дополнительных сведений, подлежащих включению в реестр.

Информация, содержащаяся в реестре, подлежит размещению на официальном сайте Росалкогольрегулирования в сети «Интернет».

Также установлено, что пиво и пивные напитки, сидр, пуаре, медовуха подлежат обязательной маркировке средствами идентификации. Организа-

ции, осуществляющие их производство и оборот, а также индивидуальные предприниматели, осуществляющие их розничную продажу, в том числе при оказании услуг общественного питания, обязаны представлять в ЕГАИС сведения об объеме производства и оборота такой продукции и об объеме ее закупки и розничной продажи соответственно.

Настоящий Федеральный закон вступает в силу с 1 сентября 2023 г., за исключением отдельных положений, для которых установлены иные сроки вступления их в силу.

Переходными положениями закреплены в том числе основания и условия включения организаций-производителей в реестр без представления необходимых документов.

Федеральный закон от 28.04.2023 № 177-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон “Об охране окружающей среды” и Федеральный закон “О проведении эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части снижения загрязнения атмосферного воздуха”»

Подписан закон, устанавливающий требования по оснащению системами автоматического контроля источников выбросов приоритетных загрязняющих веществ на квотируемых объектах. Законом, в частности:

- исключена возможность проведения предприятиями, осуществляющими хозяйственную деятельность на квотируемых объектах, компенсационных мероприятий на таких объектах в случае невозможности достижения квот выбросов в установленные сроки;

- установлена обязанность по оснащению системами автоматического контроля стационарных источников выбросов, расположенных на квотируемых объектах, отнесенных к объектам I и II категорий, с учетом особенностей создания и эксплуатации систем автоматического контроля на квотируемых объектах, определяемых Правительством РФ;

- определен порядок дооснащения уже созданных систем автоматического контроля выбросов в рамках проведения эксперимента по квотированию выбросов;

- закреплены сроки оснащения системами автоматического контроля стационарных источников выбросов приоритетных загрязняющих веществ: до 31 декабря 2025 г. в 12 городах – участниках эксперимента по квотированию выбросов; в течение двух лет и шести месяцев после утверждения перечня квотируемых объектов для территорий, дополнительно включаемых в эксперимент.

Правительство наделено полномочиями по определению особенностей создания и эксплуатации систем автоматического контроля на квотируемых объектах в части контроля выбросов приоритетных загрязняющих веществ, в том числе: по установле-

нию критериев определения источников выбросов загрязняющих веществ, подлежащих оснащению системами автоматического контроля, и выбора приоритетных загрязняющих веществ; по установлению требований к автоматическим средствам измерения и учета показателей выбросов загрязняющих веществ, техническим средствам фиксации информации о показателях выбросов и передачи такой информации в государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. Документом закреплены особенности осуществления государственного экологического контроля (надзора) в отношении квотируемых объектов. Федеральный закон вступает в силу с 1 января 2024 г., за исключением положений, которые вступают в силу со дня его официального опубликования.

Федеральный закон от 29.05.2023 № 194-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон “О лицензировании отдельных видов деятельности” и статью 44 Федерального закона “О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения”»

С 1 сентября 2024 г. осуществление деятельности по оказанию услуг по дезинфекции, дезинсекции и дератизации в целях обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения без лицензии не допускается. Юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие указанную деятельность, обязаны получить соответствующую лицензию не позднее 1 сентября 2024 г.

Устанавливается в числе прочего порядок оценки соответствия соискателя лицензии лицензионным требованиям, порядок устранения лицензиатом выявленных нарушений, основания приостановления и аннулирования лицензии. Настоящий Федеральный закон вступает в силу с 1 марта 2024 г., за исключением отдельных положений, вступающих в силу с 1 сентября 2024 г.

Постановление Главного государственного санитарного врача по железнодорожному транспорту РФ от 24.04.2023 № 1 «Обеспечение санитарно-эпидемиологической безопасности при перевозке организованных групп детей железнодорожным транспортом в период летней оздоровительной кампании 2023 года»

Разработан комплекс мер, направленных на снижение рисков распространения инфекционных заболеваний при перевозке железнодорожным транспортом организованных групп детей в летнюю оздоровительную кампанию 2023 г. В частности, ОАО «РЖД» рекомендовано обеспечить: условия для кратковременного пребывания детских организованных коллективов в залах ожидания, посадку в поезда по заранее подготовленным маршрутам («зеленый коридор»), минимизацию входа в здание вокзала после завершения поездки; информирование Управле-

ния Роспотребнадзора по железнодорожному транспорту о количестве организованных групп детей, планируемых к перевозке, назначении дополнительных и специальных поездов в ежедневном режиме по установленной форме; допуск работников поездных бригад, вагонов-ресторанов для обслуживания организованных групп детей при наличии результатов обследования любым из методов, определяющих генетический материал или антиген возбудителя COVID-19, с использованием диагностических препаратов и тест-систем, зарегистрированных в соответствии с законодательством РФ.

Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 15.05.2023 № 4 «О признании утратившими силу некоторых постановлений Главного государственного санитарного врача Российской Федерации и отдельных их положений по вопросам, связанным с распространением новой коронавирусной инфекции»

Ряд актов Главного государственного санитарного врача РФ по вопросам, связанным с противодействием распространению COVID-19, признан утратившим силу. В частности, утратили силу постановления Главного государственного санитарного врача РФ: от 31.01.2020 № 3 «О проведении дополнительных санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий по недопущению завоза и распространения новой коронавирусной инфекции, вызванной 2019-nCoV»; от 13.03.2020 № 6 «О дополнительных мерах по снижению рисков распространения COVID-2019»; от 30.03.2020 № 9 «О дополнительных мерах по недопущению распространения COVID-2019» – и ряд иных актов по вопросам борьбы с новой коронавирусной инфекцией.

Методические рекомендации МР 2.5.0306-22. 2.5. Гигиена и эпидемиология на транспорте. Изменения № 1 в МР 2.5.0245-21 «Методические рекомендации по обеспечению санитарно-эпидемиологических требований к отдельным видам транспорта и объектам транспортной инфраструктуры. Методические рекомендации» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 26.12.2022)

Уточнены рекомендации по обеспечению санитарно-эпидемиологических требований к отдельным видам транспорта и объектам транспортной инфраструктуры. В том числе закреплены требования к исследованию воздуха общественных и производственных помещений метрополитена на общее микробное число микроорганизмов и гемолитическую кокковую флору, к отбору проб воздуха. При этом отбор проб проводится аккредитованными организациями.

Методические рекомендации МР 2.3.0316-23. 2.3. Гигиена питания. Подготовка и проведение мониторинга питания обучающихся общеобразова-

тельных организаций. Методические рекомендации» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 28.02.2023)

Обновлены методические рекомендации по проведению мониторинга состояния питания обучающихся в общеобразовательных организациях. Методические рекомендации МР 2.3.0316-23 введены взамен МР 2.3.0274-22 «Подготовка и проведение мониторинга состояния питания обучающихся в общеобразовательных организациях». Разработаны в рамках задач, реализуемых федеральным проектом «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография», направленных, в частности, на сбор информации о питании обучающихся общеобразовательных организаций, оценку организации, структуры и режима питания обучающихся, выявление факторов риска нарушений здоровья обучающихся и др. Предназначены для специалистов органов и организаций Роспотребнадзора, принимающих участие в реализации федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография».

Методические рекомендации МР 2.3.7.0317-23. 2.3.7. Состояние здоровья населения в связи с состоянием питания. Изменения № 3 в МР 2.3.7.0168-20 «Оценка качества пищевой продукции и оценка доступа населения к отечественной пищевой продукции, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов. Методические рекомендации» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 28.02.2023)

На 2023 г. распространено действие методических рекомендаций по оценке качества пищевой продукции и оценке доступа населения к отечественной пищевой продукции, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов. Соответствующие изменения внесены в МР 2.3.7.0168-20 «Оценка качества пищевой продукции и оценка доступа населения к отечественной пищевой продукции, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов». Документом обновлен ассортимент пищевой продукции для определения показателей качества и безопасности на 2023 г.

Методические рекомендации 3.1.0326-23. 3.1. Профилактика инфекционных болезней. Изменения № 3 в МР 3.1.0278-22 «Рекомендации по организации тестирования для выявления новой коронавирусной инфекции (COVID-19) в условиях эпидемического процесса, вызванного новым геновариантом коронавируса “Омикрон”. Методические рекомендации» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 23.05.2023)

Уточнены рекомендации по организации тестирования для выявления COVID-19 в условиях распространения штамма коронавируса «Омикрон». Предусмотрено, что с учетом особенностей эпидемиологической ситуации тестирование может про-

водиться (по согласованию с Главным государственным санитарным врачом, главными государственными санитарными врачами регионов): по решению работодателя; при организации и проведении многосторонних международных и массовых мероприятий; при организации мероприятий, проводимых с участием Президента и Председателя Правительства. Утратила силу трехуровневая система охвата лабораторными исследованиями для выявления возбудителя COVID-19 исходя из активности эпидемического процесса в регионе (высокий, средний и низкий уровни тестирования).

Письмо Роспотребнадзора от 13.03.2023 № 09-3623-2023-40 «Ответ на обращение»

Даны разъяснения по вопросу проведения профилактических прививок сотрудников организации. Сообщается, в частности, что решение о проведении профилактических прививок по эпидемическим показаниям при эпидемическом неблагополучии (в виде мотивированных постановлений о проведении профилактических прививок гражданам или отдельным группам граждан) принимают Главный государственный санитарный врач Российской Федерации, главные государственные санитарные врачи субъектов РФ при угрозе возникновения и распространения инфекционных заболеваний, представляющих опасность для окружающих.

При вынесении подобных постановлений граждане, подлежащие обязательной вакцинации, вправе отказаться от прививок, но в этом случае они могут быть отстранены от выполняемых работ на период эпидемиологического неблагополучия.

В целях обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия юридические лица и индивидуальные предприниматели вправе разрабатывать и организовывать санитарно-противоэпидемические (профилактические) мероприятия, в том числе вакцинацию сотрудников, не входящих в категорию спе-

циалистов, подлежащих обязательной вакцинации против гриппа в соответствии с Национальным календарем профилактических прививок.

Исполнение принятых работодателем решений регулируется трудовым законодательством и не относится к компетенции Роспотребнадзора.

Письмо Роспотребнадзора от 27.12.2022 № 02/25005-2022-24 «О направлении типового плана мероприятий по профилактике и лечению хронического вирусного гепатита С до 2030 года»

Роспотребнадзором подготовлен типовой план мероприятий по профилактике и лечению хронического вирусного гепатита С до 2030 г.

План включает в себя мероприятия, направленные на совершенствование системы выявления и профилактики хронического вирусного гепатита С, обеспечение учета и оказания медицинской помощи больным с хроническим вирусным гепатитом С, повышение информированности и проведение дополнительного профессионального образования работников медицинских организаций и лабораторной сети.

Письмо Роспотребнадзора от 17.05.2023 № 02/7915-2023-23 «О предупреждении распространения кори»

Подготовлены рекомендации по предупреждению распространения кори в трудовых коллективах, а также в организации с круглосуточным (или дневным) пребыванием обслуживаемых лиц (оздоровительные организации, в том числе детские оздоровительные организации, санатории, дома отдыха и т.п.)

Приводится перечень мер, предпринимаемых при выявлении случая кори или случая, подозрительного на корь. В приложении разъясняется, что из себя представляет корь как заболевание, ее симптоматика и меры вакцинопрофилактики.

