

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 / № 4

РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЛАНЬ»

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, Russian Science Citation Index, 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 25.12.2023.
Формат 90×60/8.
Усл. печ. л. 25,0.
Заказ № 310/2023.
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)

4

Октябрь 2023 декабрь

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА: АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ

Г.Г. Онищенко
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ
РАЗВИТИЯ МЕТОДОЛОГИИ АНАЛИЗА РИСКА
В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ ВЫЗОВОВ
БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*Н.В. Зайцева, Д.А. Кирьянов, М.А. Землянова,
Д.В. Горяев, О.Ю. Устинова, П.З. Шур*
КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ КОРПОРАТИВНОЙ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОЙ
СИСТЕМЫ АНАЛИЗА, ПРОГНОЗА И ПРОФИЛАКТИКИ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННО-
ОБУСЛОВЛЕННЫХ НАРУШЕНИЙ ЗДОРОВЬЯ
РАБОТНИКОВ

Ю.А. Рахманин, Н.С. Додина, А.В. Алексеева
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ
К ОЦЕНКЕ РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ
ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

И.В. Май, Н.В. Никиторова, Э.В. Седусова, Н.В. Зайцева
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОЙ
МОДЕЛИ ПЛАНОВОГО САНИТАРНО-
ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ОБЪЕКТОВ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

ОЦЕНКА РИСКА В ГИГИЕНЕ

С.Ю. Шарыпова, С.С. Гордеева
РИСКОГЕННОЕ ПОВЕДЕНИЕ РОССИЯН В СФЕРЕ
ЗДОРОВЬЯ: ДИНАМИКА И ФАКТОРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ

О.В. Долгих, Н.А. Никоношина
РИСК ФОРМИРОВАНИЯ ДИСБАЛАНСА
ПОПУЛЯЦИОННОГО СОСТАВА ЛИМФОЦИТОВ
И СПЕЦИФИЧЕСКОЙ СЕНСИБИЛИЗАЦИИ У ДЕТЕЙ,
ПРОЖИВАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ АЭРОГЕННОЙ
ЭКСПОЗИЦИИ БЕНЗ(А)ПИРЕНОМ В АРКТИЧЕСКОЙ
ЗОНЕ РОССИИ

*Л.Ш. Назарова, Р.А. Даукаев, Д.Э. Мусабилов,
Д.О. Каримов, М.Р. Яхина, Э.Р. Кудояров, А.Б. Бакиров*
ИНДЕКС МАССЫ ТЕЛА ШКОЛЬНИКОВ В УСЛОВИЯХ
ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭНДОГЕННЫХ И ЭКЗОГЕННЫХ
ФАКТОРОВ РИСКА (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ
БАШКОРТОСТАН)

И.В. Бухтияров, Ю.Е. Вязовиченко, П.О. Хвалюк
ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОЙ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ
ВЛИЯНИЕМ ВРЕДНЫХ И (ИЛИ) ОПАСНЫХ УСЛОВИЙ
ТРУДА, ЗАГРЯЗНЕНИЕМ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА
И ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬЮ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ
НОВООБРАЗОВАНИЯМИ ТРАХЕИ, БРОНХОВ, ЛЕГКИХ
(C33, C34) У МУЖСКОГО НАСЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А.Г. Фадеев, Д.В. Горяев, П.З. Шур, В.А. Фокин
ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ НА РАБОТНИКОВ
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

PREVENTIVE HEALTHCARE: TOPICAL ISSUES OF HEALTH RISK ANALYSIS

G.G. Onishchenko
4 DEVELOPMENT OF THE RISK ANALYSIS
METHODOLOGY GIVEN THE CURRENT SAFETY
CHALLENGES FOR PUBLIC HEALTH
IN THE RUSSIAN FEDERATION:
VITAL ISSUES AND PROSPECTS

*N.V. Zaitseva, D.A. Kiryanov, M.A. Zemlyanova,
D.V. Goryaev, O.Yu. Ustinova, P.Z. Shur*
19 CONCEPTUAL FOUNDATIONS OF A CORPORATE
INTELLIGENT RISK-BASED SYSTEM
FOR ANALYSIS, PREDICTION AND PREVENTION
OF OCCUPATIONAL AND WORK-RELATED
HEALTH DISORDERS OF WORKERS

Yu.A. Rakhmanin, N.S. Dodina, A.V. Alekseeva
33 MODERN METHODOLOGICAL APPROACHES
TO ASSESSING PUBLIC HEALTH RISKS DUE
TO CHEMICALS EXPOSURE

I.V. May, N.V. Nikiforova, E.V. Sedusova, N.V. Zaitseva
42 DEVELOPING THE RISK-BASED MODEL
OF SCHEDULED SANITARY-EPIDEMIOLOGIC
CONTROL OF PREPARED FOOD PROVIDERS

RISK ASSESSMENT IN HYGIENE

S.Yu. Sharypova, S.S. Gordeeva
54 RISKY HEALTH-RELATED BEHAVIOR OF RUSSIANS:
DYNAMICS AND IMPACT FACTORS

O.V. Dolgikh, N.A. Nikonoshina
68 THE RISK OF IMBALANCE IN THE POPULATION
COMPOSITION OF LYMPHOCYTES AND SPECIFIC
SENSITIZATION IN CHILDREN LIVING UNDER
EXPOSURE TO AIRBORNE BENZO(A)PYRENE
IN THE ARCTIC ZONE OF RUSSIA

*L.Sh. Nazarova, R.A. Daukaev, D.E. Musabirov,
D.O. Karimov, M.R. Yakhina, E.R. Kudoyarov, A.B. Bakirov*
76 BODY MASS INDEX OF SCHOOLCHILDREN UNDER
EXPOSURE TO ENDOGENOUS AND EXOGENOUS
RISK FACTORS (ON THE EXAMPLE
OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN)

I.V. Bukhtiyarov, Yu.E. Vyazovichenko, P.O. Khvalyuk
86 ASSESSMENT OF A PROBABLE RELATIONSHIP
BETWEEN INFLUENCE OF HARMFUL AND (OR)
HAZARDOUS WORKING CONDITIONS, AMBIENT AIR
POLLUTION AND THE INCIDENCE OF MALIGNANT
NEOPLASMS OF THE TRACHEA, BRONCHI, AND
LUNGS (C33, C34) IN THE MALE POPULATION
OF THE RUSSIAN FEDERATION

A.G. Fadeev, D.V. Goryaev, P.Z. Shur, V.A. Fokin
96 ASSESSING DEGREE OF EXPOSURE
TO VIBROACOUSTIC OCCUPATIONAL
FACTORS FOR MINING INDUSTRY
WORKERS IN ARCTIC ZONE

ОЦЕНКА РИСКА В ЭПИДЕМИОЛОГИИ

М.В. Питерский, А.В. Семенов, Ю.А. Захарова, О.Я. Яранцева, О.А. Ходаков, В.И. Евсеева, М.О. Грейсман
КЛЮЧЕВЫЕ ФАКТОРЫ РИСКА ЗАРАЖЕНИЯ
ДЛЯ ОСОБО УЯЗВИМЫХ В ОТНОШЕНИИ
ВИЧ-ИНФЕКЦИИ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ

Т.В. Бушуева, Е.П. Карпова, Н.А. Рослая, В.Б. Гурвич, А.К. Лабзова, Ю.В. Грибова
СОСТОЯНИЕ ИММУННОГО ОТВЕТА И
ФОРМИРОВАНИЕ НОСИТЕЛЬСТВА *STREPTOCOCCUS PNEUMONIAE* КАК ФАКТОРЫ РИСКА ЗДОРОВЬЮ
РАБОТНИКОВ КОКСОХИМИЧЕСКОГО
И КОНВЕРТЕРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ РИСКА

М.С. Степанков
ОЦЕНКА ОСОБЕННОСТЕЙ БИОАККУМУЛЯЦИИ
И ТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА
МЕДИ (II) НА ОРГАНЫ ДЫХАНИЯ ПРИ ИНГАЛЯЦИОННОМ
ПОСТУПЛЕНИИ В ОРГАНИЗМ В СРАВНЕНИИ
С МИКРОРАЗМЕРНЫМ ХИМИЧЕСКИМ АНАЛОГОМ
ДЛЯ ЗАДАЧ ПРОФИЛАКТИКИ

П.В. Трусов, Н.В. Зайцева, В.М. Чигвинцев
ПРОГНОЗ РИСКА РАЗВИТИЯ ОПУХОЛИ С УЧЕТОМ
РЕГУЛЯТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ОРГАНИЗМА
ЧЕЛОВЕКА И ПРОЦЕССА АНГИОГЕНЕЗА

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОБЗОРЫ

И.В. Аксенов, И.Б. Седова, З.А. Чалый, В.А. Тутельян
АЛЬТЕРНАРИАТОКСИНЫ КАК ФАКТОР РИСКА
ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

Джи Канг, Росалам Че Ме, Хайрул Манами Камарудин, Рухайзин Сулайман
ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ КАК СРЕДСТВО
УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ:
КОМПОНЕНТЫ И ФАКТОРЫ. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Н.Ю. Уруков, О.В. Рукодадный, Ю.Н. Уруков, О.В. Шарапова, Л.И. Герасимова, Т.Л. Смирнова, Е.В. Барсукова, Н.В. Журавлева
АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИХ
РЕШЕНИЙ И ФАКТОРОВ РИСКА В ПОСТРОЕНИИ
СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ РОССИИ
(ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

А.М. Амромина, Д.Р. Шаихова, И.А. Берёза
ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОНТАКТНЫХ ДЕРМАТИТОВ

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

HEALTH RISK ANALYSIS IN EPIDEMIOLOGY

104 *M.V. Piterkiy, A.V. Semenov, Yu.A. Zakharova, O.Y. Yarrantseva, O.A. Khodakov, V.I. Evseeva, M.O. Greisman*
KEY RISK FACTORS FOR POPULATIONS
ESPECIALLY VULNERABLE TO HIV
INFECTION

116 *T.V. Bushueva, E.P. Karpova, N.A. Roslaya, V.B. Gurvich, A.K. Labzova, Yu.V. Gribova*
IMMUNE RESPONSE STATUS AND DEVELOPMENT
OF *STREPTOCOCCUS PNEUMONIAE* CARRIAGE
AS HEALTH RISK FACTORS FOR WORKERS
ENGAGED IN COKE PRODUCTION AND BASIC
OXYGEN STEELMAKING

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

124 *M.S. Stepankov*
PECULIARITIES OF BIOACCUMULATION AND
TOXIC EFFECTS PRODUCED BY COPPER OXIDE (II)
NANOPARTICLES ON THE RESPIRATORY ORGANS
UNDER INHALATION EXPOSURE AS OPPOSED TO
THEIR MICRO-SIZED CHEMICAL ANALOGUE:
ASSESSMENT FOR PREVENTION PURPOSES

134 *P.V. Trusov, N.V. Zaitseva, V.M. Chigvintsev*
PREDICTING A RISK OF TUMOR EVOLUTION
CONSIDERING REGULATORY MECHANISMS
OF THE BODY AND ANGIOGENESIS

ANALYTICAL REVIEWS

146 *I.V. Aksenov, I.B. Sedova, Z.A. Chalyy, V.A. Tutelyan*
ALTERNARIA TOXINS AS A RISK FACTOR
FOR POPULATION HEALTH

158 *Ji Kang, Rosalam Che Me, Khairul Manami Kamarudin, Ruhaizin Sulaiman*
HEALTHY LIFESTYLE AS A WAY TO MANAGE
HEALTH RISKS: COMPONENTS AND FACTORS.
ANALYTICAL REVIEW

172 *N.Yu. Urukov, O.V. Rukodayny, Yu.N. Urukov, O.V. Sharapova, L.I. Gerasimova, T.L. Smirnova, E.V. Barsukova, N.V. Zhuravleva*
ASPECTS OF MANAGERIAL AND ORGANIZATIONAL
DECISIONS IN BUILDING DENTAL SERVICES
IN RUSSIA (LITERATURE REVIEW)

181 *A.M. Amromina, D.R. Shaikhova, I.A. Bereza*
GENETIC RISK FACTORS FOR OCCUPATIONAL
CONTACT DERMATITIS

193 *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

DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.01

Читать
онлайн



Обзорная статья

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕТОДОЛОГИИ АНАЛИЗА РИСКА В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ ВЫЗОВОВ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Г.Г. Онищенко

¹Российская академия образования, Российская Федерация, 119121, г. Москва, ул. Погодинская, 8

²Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова,
Российская Федерация, 119048, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2

³Отделение медицинских наук Российской академии наук, Российская Федерация, 119071, г. Москва,
Ленинский проспект, 14

Современная социально-экономическая ситуация является причиной формирования вызовов безопасности Российской Федерации, включая безопасность для здоровья населения. Эти вызовы невозможно игнорировать при постановке стратегических задач анализа риска здоровью в рамках прогноза социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 г. Целенаправленное развитие в Российской Федерации методологии анализа риска здоровью заложило основы для успешного решения первоочередных задач обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и создало платформу для дальнейшего совершенствования деятельности Роспотребнадзора по ряду направлений, в том числе для развития и детализации результатов изучения механизмов формирования рисков здоровью под воздействием разнородных факторов среды обитания и трудового процесса с учетом их сочетанного действия и упреждающей разработке методов оценки и управления рисками здоровью, связанными с потенциально опасными факторами новых технологий и продуктов (нанотехнологий, новых видов пищи и др.).

К актуальным фундаментальным аспектам анализа риска относятся: исследование механизмов формирования риска; установление закономерностей формирования риска развития эффектов различной тяжести в условиях интеграции механизмов нарушения деятельности систем организма и с учетом возможностей восстановления функций организма и его адаптационного резерва; решение проблемы оценки свойств аддитивности действия факторов риска, в том числе разнородных. С фундаментальными аспектами развития анализа риска здоровью граничит проблема, связанная с формулированием основных положений об информационной платформе этой методологии. Дальнейшее совершенствование изучения механизмов формирования рисков здоровью под воздействием разнородных факторов среды обитания и трудового процесса невозможно без применения современных методов исследования, в том числе цифровых.

В условиях вызовов безопасности для здоровья населения Российской Федерации, включающих необходимость сохранения здоровья для продления периода экономической активности населения и развития трудового и экономического потенциала государства, в качестве основных перспективных направлений развития методологии анализа риска здоровью целесообразно выделить: развитие фундаментальных положений, на которых базируется методология; расширение практического применения результатов оценки рисков в практике Роспотребнадзора; создание информационной платформы и цифровизацию анализа риска здоровью; разработку научных основ обоснования эффективных профилактических программ управления рисками.

Ключевые слова: риск здоровью, безопасность, методология анализа риска, информационная платформа, цифровизация.

© Онищенко Г.Г., 2023

Онищенко Геннадий Григорьевич – академик Российской академии наук, заместитель президента Российской академии образования, доктор медицинских наук, профессор (e-mail: journal@fcrisk.ru; тел: 8 (499) 245-06-55 (доб. 201); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0135-7258>).

Современная социально-экономическая ситуация является причиной формирования вызовов безопасности Российской Федерации, включая безопасность для здоровья населения [1]. К таким вызовам относятся неблагоприятная демографическая ситуация, препятствующая развитию трудового и экономического потенциала государства, сохраняющийся уровень неблагоприятного воздействия на здоровье населения химических, физических и биологических факторов среды обитания, недостаточная «цифровая зрелость» способностей прогнозирования угроз и обеспечения санитарно-эпидемиологической безопасности населения.

Эти вызовы невозможно игнорировать при постановке стратегических задач анализа риска здоровью в рамках прогноза социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 г. Минэкономразвития РФ (2013). Прогноз определяет направления и ожидаемые результаты социально-экономического развития Российской Федерации в перспективе – увеличение ожидаемой продолжительности жизни к 2030 г. до 78 лет, сокращение объема выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников на единицу ВВП до 0,22 т/млн рублей ВВП, уменьшение количества городов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха до 34.

Этот прогноз также формирует единую платформу для разработки стратегий, целевых программ, а также прогнозных и плановых документов среднесрочного характера.

Стратегические задачи анализа риска здоровью в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия целесообразно координировать с целями развития Российской Федерации в рамках национальных проектов: «Демография» – сделать так, чтобы люди жили как можно дольше без ограничений, вызванных возрастными изменениями и хроническими заболеваниями, «Экология» – снизить совокупный (общий) объем выбросов загрязняющих веществ на 2 млн т, а также «Здравоохранение», «Жилье и городская среда», «Цифровая экономика».

В российском и международном законодательстве безопасность трактуется как отсутствие недопустимого риска для жизни и здоровья. Методология анализа риска является одним из наиболее эффективных инструментов выявления областей жизнедеятельности, где вероятность нарушения здоровья под воздействием факторов среды обитания наиболее высока, и требуется обоснование решений, которые позволяют эту вероятность минимизировать. Недооценка риска и преуменьшение опасности может привести в перспективе к существенным потерям, а следствием его переоценки являться неоправданные трудовые и финансовые затраты, крайне нежелательные, особенно в период недостаточной экономической стабильности. В связи с этим в качестве одной из основных концептуальных задач анализа риска следует определить совершенствование методологии анализа риска здоровью, на-

правленное на повышение точности оценок и эффективности действий по минимизации риска.

Развитие методологии анализа риска здоровью в задачах государственного управления санитарно-эпидемиологическим благополучием населения достаточно полно описано [2]. В этой же статье отмечено, что целенаправленное развитие в Российской Федерации методологии анализа риска здоровью заложило основы для успешного решения первоочередных задач обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и создало платформу для дальнейшего совершенствования деятельности Роспотребнадзора по ряду направлений. Одно из них: развитие и детализация результатов изучения механизмов формирования рисков здоровью под воздействием различных факторов среды обитания и трудового процесса с учетом их сочетанного действия и упреждающая разработка методов оценки и управления рисками здоровью, связанными с потенциально опасными факторами новых технологий и продуктов (нанотехнологий, новых видов пищи и др.).

При формировании перспективных направлений развития анализ риска целесообразно рассматривать как синтетическую методологию, интегрирующую для получения необходимых в соответствии с задачами исследований результатов фундаментальные положения ряда наук: гигиены, медицины, биологии, химии, математики, социологии, общественных наук и пр. [3]. На базе этих положений формируются фундаментальные основы анализа риска здоровью и перспективные направления развития методологии анализа риска. К ним, прежде всего, относится исследование механизмов формирования риска. В отличие от описания механизмов функционирования и формирования патологии систем организма в фундаментальной медицине, описание механизмов формирования риска предполагает использование комплексов детерминированных и вероятностных характеристик. Существенное значение при формировании риска имеет временная составляющая, исследование роли которой целесообразно проводить в двух направлениях. Во-первых, для выделения негативных реакций на воздействие факторов среды обитания необходимо изучение развития изменений функций организма, обусловленных естественными причинами. Во-вторых, информация о динамике взаимного влияния органов и систем организма, которая может быть получена в ходе специальных исследований, позволит дифференцировать риск негативных изменений здоровья человека, связанный с комплексом факторов опасности по времени его реализации, что важно для развития методологии изучения эволюции риска и обоснования мер по управлению риском.

Для этих же задач крайне актуальным является установление закономерностей формирования риска развития эффектов различной тяжести в условиях интеграции механизмов нарушения деятельности систем организма и с учетом возможностей восста-

новления функций организма и его адаптационного резерва за периоды снижения интенсивности экспозиции или ее отсутствия. Данное направление фундаментальных исследований может рассматриваться как одно из приоритетных для развития методов оценки риска в условиях интермиттирующих нагрузок, которые характерны, например, для условий производственной экспозиции.

Исследование адаптационных процессов играет существенную роль и в оценке вредности различных эффектов, что может внести решающий вклад в уточнение представления о том, какие изменения здоровья целесообразно рассматривать как вредные, а какие нет. Детальная разработка этого положения позволит значительно конкретизировать представления о порогах действия факторов риска и, как следствие, развить концептуальные представления о методах оценки риска и использовании пороговых моделей зависимости «экспозиция – эффект».

К фундаментальным аспектам исследований, определяющих принципиальные позиции в методологии оценки риска здоровью, относится решение проблемы оценки свойств аддитивности действия факторов риска, в том числе разнородных. Методические подходы к интегрированию вероятностей в общей теории рисков предполагают, что вероятность ответа на действие двух факторов риска одновременно всегда будет меньше, чем сумма вероятностей ответов под воздействием этих двух факторов по отдельности. Теоретические положения, принятые в современной токсикологии, допускают как аддитивность, так и потенцирование (синергизм) и антагонизм токсического действия. Существующие методы оценки риска здоровью принимают гипотезу об аддитивном действии факторов, мотивируя это тем, что при достаточно низких уровнях экспозиции, которые встречаются в реальной ситуации, учетом характера комбинированного действия можно пренебречь. Установление истинной картины могло бы стать базисом для совершенствования методов моделирования зависимости «экспозиция – эффект».

С фундаментальными аспектами развития анализа риска здоровью граничит проблема, связанная с формулированием основных положений об информационной платформе этой методологии. Данные положения должны предусматривать отбор информации для оценки риска, систему хранения этой информации и правила доступа к ней, организацию пополнения информационных баз, координацию с существующими информационными ресурсами. Цель создания национальной информационной платформы анализа риска – объединение в одном информационном пространстве субъектов, осуществляющих оценку риска, управление им, информирование о риске и способах его минимизации. Информационная платформа – инструмент обеспечения реализации одного из основных принципов анализа риска – его транспарентности.

Создание и развитие национальной информационной платформы анализа риска предполагает в соответствии со структурой анализа риска здоровью наличие трех основных структурных компонентов, направленных на обеспечение оценки риска, управления риском и информирование о риске.

Компонент, который обеспечивает оценку риска, должен включать базы данных о факторах риска для здоровья населения, работающих и потребителей, информацию о выявленных уровнях экспозиции этих факторов, данные о видах и параметрах зависимостей эффектов от экспозиции, а также о научной информации, на которой эти данные базируются, информацию о классах и шкалах рисков, содержащую сведения о рекомендованных мерах, адекватных уровню установленного риска. Этот компонент целесообразно дополнить сопутствующей информацией об опыте оценки риска здоровью и программном обеспечении процедуры оценки риска здоровью.

Информационное обеспечение, касающееся управления рисками, предполагает наличие экономического блока для расчета стоимости риска с последующей оценкой эффективности мер, направленных на управление риском, базы данных о наиболее эффективных санитарно-технических и медико-профилактических технологиях, системы критериев допустимости риска здоровью и гигиенических нормативов, обоснованных по критериям риска здоровью, системы оценки рисков потенциальной опасности видов экономической деятельности для использования при планировании мероприятий, в том числе контрольно-надзорного характера.

По своей сути информационная платформа – информационная система, то есть совокупность технического, программного и организационного обеспечения, а также персонала, предназначенная для того, чтобы своевременно обеспечивать лиц, принимающих решения, объективной информацией в сфере анализа риска здоровью. В свою очередь информационную систему обеспечения анализа риска следует рассматривать как один из базовых структурных элементов Федеральной государственной информационной системы (ФГИС) сведений санитарно-эпидемиологического характера, создающих предпосылки для трансформации ее в цифровую платформу.

Цифровизация является исключительно важным направлением анализа риска, позволяющим превращать аналоговые данные и процессы их обработки в цифровой формат. Перспектива ее имплементации в рамках ФГИС сведений санитарно-эпидемиологического характера открывает возможности для использования цифровых технологий при автоматизации принятия решений в сфере анализа риска; открывает перспективы для применения искусственного интеллекта в его оценке с использованием больших баз данных, оптимизации решений, направленных на митигацию риска, включая контрольно-надзорную деятельность, обеспечивает электронный доступ к информации о риске здоро-

вью и мерах по его предотвращению и снижению. В результате трансформации информационных баз данных в базы знаний, применения современных цифровых технологий их обработки, таких как нейронные сети, динамические эволюционные модели и др., открываются возможности для повышения эффективности управления рисками за счет использования искусственного интеллекта и сокращения трудовых и финансовых затрат.

ФГИС сведений санитарно-эпидемиологического характера как единая цифровая система для деятельности органов и организаций Службы, а также их взаимодействия с органами государственной власти, хозяйствующими субъектами деятельности, гражданским сообществом и другими участниками государственного управления в электронном формате может стать интеллектуальной базой для совершенствования и широкого внедрения методологии анализа риска в практику.

Совершенствование фундаментальной и информационной базы следует рассматривать как направления, обеспечивающие развитие методологии анализа риска. Они являются основой для направлений, носящих более прикладной характер.

В текущем году существенно обновилась нормативно-методическая база оценки рисков здоровью. К настоящему времени подготовлены и утверждены обновленные варианты «Руководства по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания» и «Руководства по оценке профессионального риска для здоровья работников».

Концептуальными отличиями указанных документов стали: принятие определения риска здоровью как сочетания (произведение) вероятности (или частоты) нанесения ущерба и тяжести этого ущерба, развитие количественных методов оценки риска здоровью, гармонизированные шкалы категорий риска.

На базе принципиальных положений указанных документов продолжается развитие параметров для оценки риска. Так, предложена система количественных критериев для оценки неканцерогенного риска

здоровью при хроническом ингаляционном поступлении химического вещества, включающая, помимо референтных концентраций, дополнительные критерии экспозиции, характеризующие развитие негативных эффектов со стороны органов и систем, кроме критических [4]. В перспективе такая система критериев может быть дополнена параметрами математических моделей зависимости «экспозиция – ответ», позволяющими осуществлять количественную оценку неканцерогенного риска здоровью.

Дальнейшее совершенствование изучения механизмов формирования рисков здоровью под воздействием разнородных факторов среды обитания и трудового процесса невозможно без применения современных методов исследования, в том числе цифровых. Перспективным решением проблемы исследования нарушений функций критических органов и систем при воздействии факторов риска является математическое моделирование эволюции нарушений в организме, установления взаимосвязей органов и систем, раскрытия причинно-следственных зависимостей реакции на воздействие экспозиции.

В отличие от традиционных экспериментальных методов исследования – магнитно-резонансной томографии, ультразвуковых и эндоскопических, позволяющих оценить некоторые функциональные, морфологические и геометрические характеристики органов, – математическое моделирование характеризуется меньшей погрешностью измерения, существенным сокращением временных и трудовых затрат.

Так, предложенная математическая модель для описания течения многофазной многокомпонентной смеси в трехмерном антропододеуме позволяет оценивать нарушения основных функций, учитывать процессы растворения частиц пищи, секреции компонента желудочного, панкреатического и кишечного сока, всасывания в кровь химических и питательных элементов; в численных экспериментах исследовано влияние функциональных нарушений и физико-механических свойств пищи на характеристики процесса течения в антропододеуме (рис. 1) [5, 6].

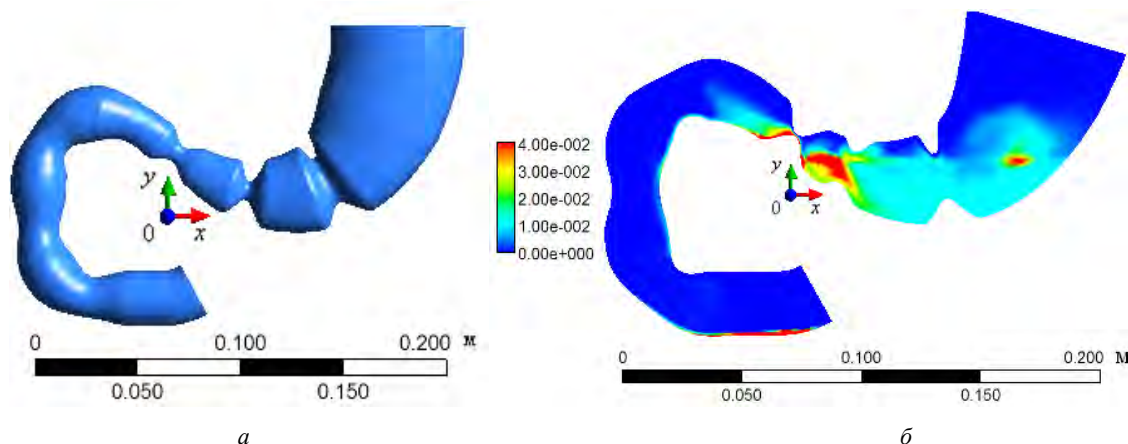


Рис. 1. Трехмерная форма антропододеума с перистальтическими волнами (а); объемная доля частиц пищи в антропододеуме (б)

Математическое моделирование является одним из наиболее эффективных подходов к нахождению оптимальной стратегии по изучению, а также прогнозированию течения вирусных заболеваний. Описываемый подход позволяет сократить время и ресурсы, необходимые для решения поставленной задачи. Математические модели дают возможность проводить анализ влияния различных факторов и их сочетаний на индивидуальном и популяционном уровнях.

Структурная схема модели функционирования иммунной и нейроэндокринной систем в случае вирусной инфекции состоит из совокупности взаимосвязанных элементов систем, являющихся важнейшими составляющими в реакции организма на вирусную инфекцию [7]. В модели учитывается функциональное состояние включенных в рассмотрение органов. В качестве факторов, влияющих на изменение их состояния, можно выделить естественное старение и негативное воздействие различных химических веществ, поступающих из среды обитания.

Уравнение, определяющее скорость изменения количества здоровых клеток при вирусной инвазии и иммунном ответе, можно записать в следующем виде:

$$\frac{dC_{HE}}{dt} = k_1(C_{HE} + C_R)C_D + k_2C_R - k_3C_{HE}C_{IFN} - k_4C_{HE}C_V,$$

где C_{HE} – количество здоровых нерезистентных клеток органа-мишени;

C_R – количество устойчивых (резистентных) клеток органа-мишени;

C_D – количество мертвых клеток органа-мишени;

C_{IFN} – концентрация интерферона;

C_V – концентрация вирусов.

Распространенность и значимость проблемы загрязнения атмосферного воздуха как одного из приоритетных факторов риска для здоровья человека, действующего на протяжении всей жизни, обуславливают необходимость разработки методов прогнозирования развития патологических состояний, основанных на эволюционных математических моделях [8–10].

При моделировании движения воздуха по воздухоносным путям с использованием средств вычислительной аэромеханики сложная геометрия иерархического строения дыхательных путей, начиная с трахеи и крупных бронхов, заканчивая альвеолами, представлена в виде сплошной пористой среды. При этом в основе математической постановки лежат базовые законы механики, теории упругости и соотношения теории фильтрации. Такое приближение существенно снижает трудности при математическом описании движения пылегазовой смеси в большом объеме мелких дыхательных путей и тре-

бования к вычислительным ресурсам при проведении расчетов [11, 12].

В рамках решения задачи моделирования движения запыленного воздуха выполнено математическое описание траекторий движения частиц в воздухоносных путях (рис. 2). Проведение серии расчетов, верифицированных результатами эксперимента по оценке изменения дисперсного состава пылевой фракции на различных участках дыхательной системы, позволило определить вероятные уровни запыленности респираторной области для моделирования глубины проникновения пылевых частиц в легкие и их поступления в кровеносную систему.

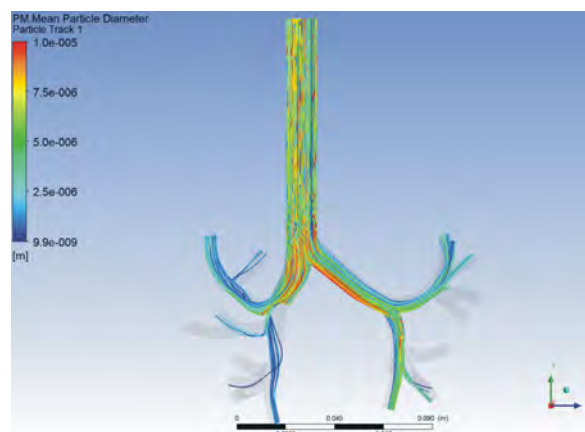


Рис. 2. Траектории движения частиц в воздухоносных путях (красный цвет – крупные частицы; синий – мелкие)

Представленные математические модели пищеварительной, дыхательной, иммунной и нейроэндокринной систем человека позволяют выполнять прогноз изменения параметров функционального состояния элементов этих систем и использовать результаты моделирования в эволюционном моделировании риска и его прогнозировании при различных уровнях экспозиции вредных факторов среды обитания.

Развитие науки и технологии постоянно ставит новые задачи, требующие совершенствования методических подходов к оценке риска здоровью. В первую очередь это связано с появлением новых источников и видов потенциально опасных факторов для здоровья человека.

Одной из наиболее обсуждаемых проблем является безопасность для здоровья новых видов пищи, в том числе генетически модифицированных организмов (ГМО), генотип которых искусственно изменен при помощи методов генной инженерии. Генетические изменения, как правило, производятся в научных или хозяйственных целях. Основным видом генетической модификации в настоящее время является использование трансгенов для создания трансгенных организмов¹. Вопросам воз-

¹ Glossary of biotechnology for food and agriculture: a revised and augmented edition of the glossary of biotechnology and genetic engineering / A. Zaid, H.G. Hughes, E. Porceddu, F. Nicholas. – Rome: FAO, 2001.

можных рисков, связанных с созданием ГМО, посвящено большое число публикаций [13].

В то же время существует мнение, что биотехнологии, в частности получение ГМО как таковые, не более опасны, чем, например, традиционные технологии селекции растений [13–19]. Вероятно, следует согласиться с мнением, высказанным в журнале *Science* в 2000 г. [20], что данных о рисках ГМ-продуктов для здоровья человека крайне мало, суждений же гораздо больше [21]. Это определяет одно из направлений совершенствования методологии анализа риска здоровью на современном этапе ее развития – оценку и управление рисками использования ГМО с учетом как прямого, так и опосредованного их воздействия.

Основные направления развития системы оценки безопасности ГМО в Российской Федерации показаны в работах ФИЦ питания и биотехнологии [22].

Актуальной угрозой для здоровья людей является распространение новых материалов, в том числе химически синтезированных, особенности действия которых, как изолированного, так и в совокупности, и условия формирования обусловленного ими риска для здоровья нуждаются в изучении. К ним следует отнести наночастицы и наноматериалы.

Наночастицы и наноматериалы обладают комплексом физических, химических свойств и биологическим действием, которые часто радикально отличаются от свойств этого же вещества в форме сплошных фаз или макроскопических дисперсий. В наноразмерном состоянии можно выделить следующие физико-химические особенности веществ: увеличение химического потенциала веществ на межфазной границе высокой кривизны (большая кривизна поверхности наночастиц и изменение топологии связи атомов на поверхности приводят к изменению их химических потенциалов, вследствие этого существенно изменяется растворимость, реакционная и каталитическая способность наночастиц и их компонентов); большая

удельная поверхность наноматериалов, что увеличивает их адсорбционную емкость, химическую реакционную способность и каталитические свойства и приводит к увеличению продукции свободных радикалов и активных форм кислорода и повреждению биологических структур; небольшие размеры и разнообразие форм наночастиц (наночастицы, вследствие своих небольших размеров, могут связываться с нуклеиновыми кислотами, белками, встраиваться в мембраны, проникать в клеточные органеллы и тем самым изменять функции биоструктур); высокая адсорбционная активность (в связи с высокоразвитой поверхностью наночастицы обладают свойствами высокоэффективных адсорбентов и способны поглощать на единицу своей массы во много раз больше адсорбируемых веществ, чем макроскопические дисперсии); высокая способность к аккумуляции.

Все перечисленное свидетельствует, что наноматериалы, обладая иными физико-химическими свойствами и биологическим действием, по сравнению с традиционными аналогами, следует отнести к новым видам материалов и продукции, характеристика потенциального риска которых для здоровья и жизни человека является обязательной.

В рамках решения задачи оценки риска, обусловленного новыми источниками и видами факторов опасности, на современном этапе развития разрабатываются концептуальные положения методологии оценки риска для здоровья, методов идентификации и количественного определения наноматериалов. В 2007 г. утверждена «Концепция токсикологических исследований, методологии оценки риска, методов идентификации и количественного определения наноматериалов»².

В развитие утвержденной Концепции разработан ряд методических документов, посвященных выявлению наноматериалов, представляющих потенциальную опасность для здоровья человека, и их оценке, организации контроля за наноматериалами³.

² Об утверждении Концепции токсикологических исследований, методологии оценки риска, методов идентификации и количественного определения наноматериалов: Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 31.10.2007 № 79 [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://base.garant.ru/12157240/> (дата обращения: 18.09.2023).

³ МУ 1.2.2520-09. Токсиколого-гигиеническая оценка безопасности наноматериалов: методические указания / утв. Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом РФ Г.Г. Онищенко 05.06.2009 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200074057> (дата обращения: 18.09.2023); МР 1.2.2522-09. Методические рекомендации по выявлению наноматериалов, представляющих потенциальную опасность для здоровья человека: методические рекомендации / утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 01.07.2009 [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/4088803/> (дата обращения: 18.09.2023); МР 1.2.0054-11. Порядок и методы оценки воздействия искусственных наночастиц и наноматериалов на токсическое действие химических веществ: методические рекомендации / утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом РФ 29 декабря 2011 г. [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70041074/> (дата обращения: 18.09.2023); МУ 1.2.2966-11. Порядок и организация контроля за наноматериалами: методические указания / утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом РФ 17.10.2011 [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://base.garant.ru/70141078/#friends> (дата обращения: 18.09.2023).

В этих документах отмечено, что отчет о результатах контроля за наночастицами / наноматериалами должен содержать оценку рисков, связанных с экспонированием человека, предложения по составу и объему мероприятий, направленных на снижение риска для здоровья человека, создаваемого наноматериалами. Предложен алгоритм выявления наноматериалов, представляющих потенциальную опасность для здоровья человека, который должен обеспечивать с максимально возможной на данном уровне знаний достоверностью отнесение подвергаемого оценке наноматериала к одному как минимум из трех уровней потенциальной опасности, а именно:

- низкая степень потенциальной опасности. Токсикологическая оценка наноматериала осуществляется по показателям, рекомендованным для составляющих его компонентов в традиционной форме (макродисперсной или в виде сплошных фаз). Исследования по специфическому биологическому действию компонентов в виде наночастиц могут проводиться выборочно;

- средняя степень потенциальной опасности. Осуществляется общетоксическая оценка материала в форме наночастиц и при необходимости проводятся некоторые виды специальных исследований;

- высокая степень потенциальной опасности. Проводится полный комплекс исследований по изучению проникновения наноматериалов через биологические мембраны и барьеры организма, распределения и накопления в органах и тканях, выведения из организма, общетоксическая оценка (острая, подострая и хроническая токсичность), комплекс специальных исследований, включающий тестирование на генотоксичность, мутагенность, эмбриотоксичность, гонадотоксичность, тератогенность, влияние наноматериалов на геномный (экспрессия генов), протеомный и метаболомный профиль организма, иммуно-токсичность, органотоксичность, проницаемости барьера желудочно-кишечного тракта, аллергенность.

Методическим подходом к реализации указанных алгоритмов, позволяющим определить наноматериалы, представляющие опасность для здоровья человека, с наибольшей степенью достоверности является метод математического моделирования, описанный применительно к техническим, биологическим и экологическим объектам в работах В.Г. Гмошинского⁴. Исследованиям отдельных наноматериалов в среде обитания посвящен ряд научных работ Федерального государственного бюджетного учреждения науки «ФИЦ питания и биотехнологии» [23, 24] и Федерального бюджетного учреждения науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» [25–27].

Важнейшим индикатором здоровья общества является состояние здоровья работников, которое определяет качество трудовых ресурсов и демографическую ситуацию в стране, производительность труда, величину валового внутреннего продукта [28, 29]. Неблагоприятные условия труда являются источниками постоянной опасности нарушения здоровья работников [30, 31].

Несмотря на то, что на ряде предприятий производится существенная модернизация технологических процессов, ведущая к увеличению доли операторского труда и, как следствие, сокращению доли ручного труда, а также появлению непрерывных технологических процессов с минимальным вовлечением человеческих ресурсов, ряд операций по-прежнему требует непосредственного контроля и участия человека. На работников действует целый комплекс производственных факторов, которые в отдельности могут не превышать нормативных значений, но в сочетании друг с другом приводят к неблагоприятным эффектам. Вредные факторы производственной среды могут являться причиной не только профессиональных заболеваний, но и быть патогенетическим механизмом развития и прогрессирования общих заболеваний, не относящихся к профессиональным [32]. Многообразие воздействующих вредных факторов и возможность их сочетанного воздействия на организм работающих определяют необходимость комплексного подхода при разработке мероприятий по улучшению условий труда, профилактике профессиональной и производственно обусловленной заболеваемости рабочих и снижению профессионального риска.

Главным образом уровень риска здоровью работающих определяется уровнем экспозиции производственных факторов, однако существенную роль в формировании профессионального риска нарушения здоровья играет и устойчивость организма работника к воздействию различных факторов производственной среды. Следовательно, при воздействии факторов, в том числе производственной среды, величина вероятности развития негативных эффектов может быть в достаточной степени модифицирована индивидуальной чувствительностью организма человека [33]. В связи с этим актуальным направлением развития методологии оценки профессионального риска здоровью является его персонализация. Проблема оценки текущего уровня индивидуального здоровья и контроля за его изменениями приобретает все более важное значение для работников в условиях воздействия производственных факторов. Результаты ряда исследований свидетельствуют, что развитие негативных эффектов воздействия факторов среды обитания может зависеть от индивидуальной чувстви-

⁴ Гмошинский В.Г. Инженерная экология. – М.: Знание, 1977. – 64 с.; Гмошинский В.Г. Практика прогнозирования. – М.: Знание, 1972. – 63 с.

тельности к ним организма человека [34]. На фоне неспецифических реакций могут наблюдаться и некоторые особенности, обусловленные характером действующего фактора, направленностью и локализацией нарушений систем организма.

Разрабатываются методические подходы к оценке профессионального риска (ПР), обусловленного напряженностью трудового процесса (НТП), позволяющие перейти к персонализированной оценке на примере работников с преимущественно умственной деятельностью [35]. Предложены подходы к оценке категорий персонального профессионального риска, обусловленного различными видами нарушений здоровья работников, связанными с комплексом факторов рабочей среды и трудового процесса. Индивидуальные оценки риска рассматриваются как перспективное направление в отношении исследования влияния внешнесредовых факторов [36].

По мере появления новых глобальных вызовов, таких как пандемическое распространение инфекционных заболеваний, возрастает актуальность изучения сочетанного действия факторов развития инфекционной и неинфекционной патологии. Необходимость установления особенностей и закономерностей распространения заболеваемости COVID-19 требует продолжения исследований по формализации и пространственно-временному моделированию распространения инфекционного процесса с учетом влияния на него неинфекционных факторов риска. По результатам моделирования определены приоритетные факторы риска, достоверно ($p < 0,05$) модифицирующие процессы распространения COVID-19 и объясняющие региональные различия в показателях интенсивности инфицирования, выздоровления и летальности. Установлено, что среди противоэпидемических мероприятий наибольшее достоверное положительное влияние на снижение индекса репродукции вируса (R_0) оказывает охват вакцинацией населения, особенно в возрастной группе 31–40 лет ($r = -0,37$). Повышение среднемесячных дневных температур в осенне-зимний период и в целом за год способствует увеличению скорости перехода восприимчивых лиц в категорию инфицированных ($r = 0,21–0,22$). Увеличение уровня солнечной инсоляции в течение года и особенно в летние месяцы обуславливает снижение скорости перехода восприимчивых лиц в категорию инфицированных: от $r = -0,02$ до $r = -0,23$. Из группы санитарно-эпидемиологических показателей достоверно усиливают скорость инфицирования ненормативные условия труда (физические факторы), качество атмосферного воздуха населенных мест по химическому и шумовому факторам ($r = 0,29–0,24$). На

территориях со сравнительно более высоким потреблением алкогольной продукции удлинняется время выздоровления заболевших ($r = -0,32$). Наблюдаемая региональная дифференциация в развитии отдельных стадий эпидемического процесса распространения дельта-штамма COVID-19 обусловлена сложным взаимодействием и влиянием модифицирующих факторов, формирующих определенную многоуровневую и многокомпонентную систему, обладающую свойствами трансформировать течение эпидемического процесса, потенцируя или замедляя его [37].

За достаточно короткий, по сравнению с развитыми странами, период развития методологии анализа риска здоровью в России накоплен научный багаж, позволяющий применять эту методологию на практике. Совершенствование отечественных научных подходов к гигиенической оценке риска здоровью позволило применить ее результаты в решении проблемы управления риском.

В настоящее время уровень развития анализа риска в РФ таков, что наша страна может отстаивать свои позиции на международной арене. Это касается сохранения гигиенических нормативов содержания ветеринарных препаратов в пищевых продуктах, обоснованных по критериям оценки риска здоровью. Выполнение требований к обоснованию по критериям риска здоровью максимально допустимых уровней содержания в пищевых продуктах остаточных количеств антибактериальных препаратов [38, 39], биологических агентов [40] и стимуляторов роста мышечной массы [41] позволило включить в технические регламенты гигиенические нормативы, не допускающие наличие указанных загрязнителей в пищевых продуктах.

Формулирование методических подходов к обоснованию среднегодовых предельно допустимых концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест по критериям допустимого риска здоровью человека [42] позволило завершить создание существующей только в Российской Федерации комплексной системы гигиенических нормативов содержания вредных химических веществ в атмосферном воздухе, включающей максимальные разовые, среднесуточные и среднегодовые предельно допустимые концентрации, причем последние обеспечивают приемлемый (допустимый) уровень как канцерогенного, так и неканцерогенного риска здоровью населения. К настоящему времени по критериям риска обоснованы и утверждены среднегодовые ПДК для 72 приоритетных химических веществ и соединений⁵. Однако достижение соответствия качества объектов среды обитания гигиеническим нормативам в короткие сроки не всегда удается, поэтому

⁵ Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»: Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации № 2 от 28 января 2021 г. [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102030022> (дата обращения: 11.08.2023).

актуальной является проблема снижения риска здоровью населения на период выполнения технологических и санитарно-технических мероприятий по снижению уровней загрязнения.

В этом отношении перспективным является развитие медико-профилактических технологий митигации рисков.

Технологии профилактики заболеваний, ассоциированных с воздействием факторов опасности, базируются на следующих моментах:

- восстановлении мембранно-клеточных механизмов биотрансформации химических веществ техногенного происхождения;
- стимуляции естественных механизмов выведения химических веществ техногенного происхождения и их метаболитов;
- восстановлении баланса окислительных и антиоксидантных процессов на системном уровне за счет стимуляции функциональной активности на клеточном и субклеточном уровне;
- стимуляции факторов иммунологической защиты и неспецифической реактивности;
- восстановлении адаптационных резервов и вегетативной реактивности организма;
- коррекции патофизиологических и патоморфологических нарушений в органах-мишенях [43].

Медико-профилактические технологии управления рисками здоровью позволяют решать следующие задачи:

- выделение целевых групп риска для оказания специализированной адресной профилактической помощи;
 - раннее выявление (на стадии функциональных нарушений) соматической патологии, ассоциированной с воздействием факторов опасности;
 - оптимизацию организационно-функциональной модели оказания профилактической помощи в условиях воздействия факторов риска с реализацией этиопатогенетически обоснованных технологий профилактики;
 - планирование профилактической деятельности на перспективу на базе оценки эффективности технологий;
 - пересмотр и расширение нормативных документов оказания профилактической помощи населению с заболеваниями, ассоциированными с воздействием химических техногенных факторов среды обитания (стандарты, протоколы, консенсусы и т.д.).
- Реализация данного вида программ предполагает предварительное риск-ориентированное клинко-лабораторное обследование контингентов риска, химико-аналитическое исследование, комплекс функциональных и лабораторных тестов, направленных на идентификацию маркеров ответа, адекватных факторам риска. Таким образом, обеспечивается адресное применение специализированных медико-профилактических технологий и программ профи-

лактики, следствием чего является достаточно высокая их эффективность.

При обосновании и выборе любых методов управления рисками значительна роль экономической составляющей, учитывающей затраты на проведение мероприятий и ожидаемый эффект – стоимость предотвращенного риска здоровью. Следовательно, экономическая оценка риска для здоровья населения является инструментарием необходимым для обеспечения гигиенической безопасности населения и, как результат, управления таким фактором производства, как трудовые ресурсы. Предложенные методические подходы к экономической оценке риска для здоровья населения включают в себя:

- оценку периода нетрудоспособности в результате реализации риска (в долях года);
- оценку недопроизведенного продукта в экономике соответствующей территории в стоимостном выражении;
- оценку изменений денежных потоков по бюджетам РФ;
- оценку изменений денежных потоков по внебюджетным фондам РФ – ПФ РФ, ФСС, ФФОМС, ТФОМС.

Стоимостная оценка потерь экономических субъектов за период нетрудоспособности в результате реализации риска, в том числе потери бюджета по уровням бюджетной системы, дает возможность производить детализированную оценку для целей управления [44]. Методически решаются проблемы экономической оценки риска здоровью как работающего [45], так и неработающего населения [46].

При управлении рисками следует учитывать вызовы, определенные современной политической ситуацией, принимать во внимание закономерности и тенденции государственной социально-экономической политики в контексте управления риском здоровья населения в системе экономической безопасности страны и региона.

В условиях международной санкционной политики, направленной на снижение темпов роста валового регионального продукта, решение задачи «обеспечения экономической безопасности регионов РФ за счет деятельности Роспотребнадзора по снижению рисков для здоровья населения, обусловленных санитарно-эпидемиологической ситуацией», предполагает определение системы дополнительных управляющих воздействий [47], направленных на улучшение качества объектов среды обитания. Оценка результативности и эффективности обеспечения государственных стратегий по укреплению здоровья и социально-экономическому развитию при обеспечении экономической безопасности региона и страны за счет дополнительных управляющих воздействий со стороны Роспотребнадзора в условиях международной санкционной политики может быть выполнена с учетом показателей (рис. 3) [48].

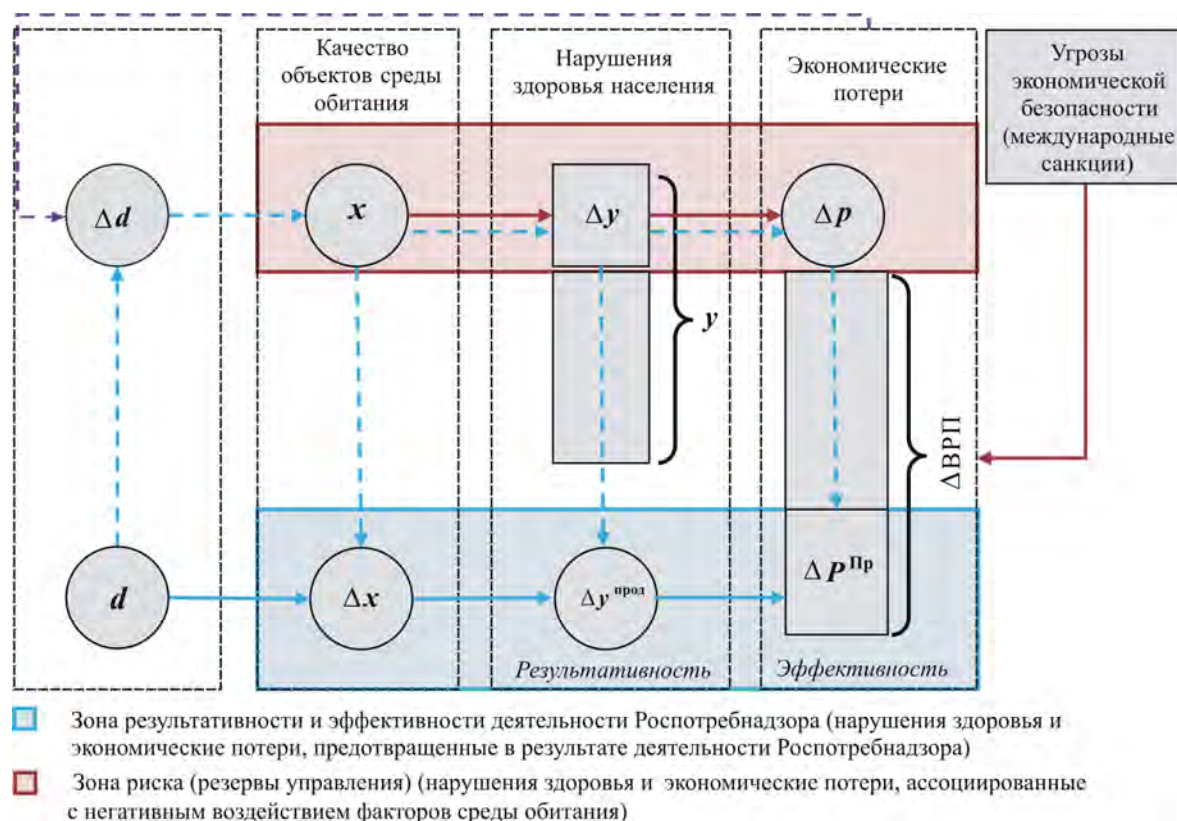


Рис. 3. Схема обеспечения государственных стратегий по укреплению здоровья и социально-экономическому развитию при обеспечении экономической безопасности региона и страны за счет деятельности Роспотребнадзора в условиях международной санкционной политики

Таким образом, в условиях вызовов безопасности для здоровья населения Российской Федерации, включающих необходимость сохранения здоровья для продления периода экономической активности населения и развитие трудового и экономического потенциала государства, высокий уровень неблагоприятного воздействия на здоровье населения химических, физических и биологических факторов среды обитания, недостаточную «цифровую зрелость» способов прогнозирования угроз и обеспечения санитарно-эпидемиологической безопасности населения, в качестве основных перспективных направлений развития методологии анализа риска здоровью целесообразно выделить:

- развитие фундаментальных положений, на которых базируется методология;
- расширение практического применения результатов оценки рисков в практике Роспотребнадзора;

- создание информационной платформы и цифровизацию анализа риска здоровью;
- разработку методологии обоснования эффективных профилактических программ управления рисками.

Наиболее широкое и подробное изложение вопросов использования методологии анализа риска в решении проблем обеспечения санитарно-эпидемиологической безопасности населения содержится в переработанном и дополненном издании монографии «Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития».

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Автор данной статьи сообщает об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Санитарно-эпидемиологические детерминанты и ассоциированный с ними потенциал роста ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации / А.Ю. Попова, Н.В. Зайцева, Г.Г. Онищенко, С.В. Клейн, М.В. Глухих, М.Р. Камалтдинов // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 1. – С. 4–17. DOI: 10.21668/health.risk/2020.1.01
2. Развитие методологии анализа риска здоровью в задачах государственного управления санитарно-эпидемиологическим благополучием населения / Н.В. Зайцева, Г.Г. Онищенко, И.В. Май, П.З. Шур // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 3. – С. 4–20. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.01
3. Гигиена в обеспечении научно-технологического развития страны и санитарно-эпидемиологического благополучия населения (к 130-летию Федерального научного центра гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана) / А.Ю. Попова,

Г.Г. Онищенко, В.Н. Ракитский, С.В. Кузьмин, В.Р. Кучма // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100, № 9. – С. 882–889. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-9-882-889

4. Совершенствование количественных критериев оценки неканцерогенного риска для здоровья при хроническом ингаляционном поступлении химического вещества / П.З. Шур, Н.В. Зайцева, А.А. Хасанова, К.В. Четверкина, В.Г. Костарев // Гигиена и санитария. – 2022. – Т. 101, № 11. – С. 1412–1418. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-11-1412-1418

5. Trusov P.V., Zaitseva N.V., Kamaltdinov M.R. A multiphase flow in the antroduodenal portion of the gastrointestinal tract: a mathematical model // Comput. Math. Methods Med. – 2016. – Vol. 2016. – P. 5164029. DOI: 10.1155/2016/5164029

6. Kamaltdinov M., Zaitseva N., Trusov P. A mathematical model of the multiphase flow in the antroduodenum: consideration of the digestive enzymes and regulation processes // Series on biomechanics. – 2018. – Vol. 32, № 3. – P. 36–42.

7. Регуляция противовирусного иммунного ответа организма: математическая модель, качественный анализ, результаты / П.В. Трусов, Н.В. Зайцева, В.М. Чигвинцев, Д.В. Ланин // Математическая биология и биоинформатика. – 2018. – Т. 13, № 2. – С. 402–425. DOI: 10.17537/2018.13.402

8. К вопросу о применении прогнозирования эволюции риска здоровью в гигиенических оценках / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, И.В. Май, Д.А. Кирьянов // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 1. – С. 106–112. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-106-112

9. Математическая модель эволюции функциональных нарушений в организме человека с учетом внешнесредовых факторов / П.В. Трусов, Н.В. Зайцева, Д.А. Кирьянов, М.Р. Камалтдинов, М.Ю. Цинкер, В.М. Чигвинцев, Д.В. Ланин // Математическая биология и биоинформатика. – 2012. – Т. 7, № 2. – С. 589–610.

10. Подход к оценке риска возникновения нарушений здоровья под воздействием шума / И.В. Май, М.Ю. Цинкер, В.М. Чигвинцев, Д.Н. Кошурников // Здоровье населения и среда обитания – 3НиСО. – 2011. – № 10 (223). – С. 10–12.

11. Трусов П.В., Зайцева Н.В., Цинкер М.Ю. Моделирование процесса дыхания человека: концептуальная и математическая постановки // Математическая биология и биоинформатика. – 2016. – Т. 11, № 1. – С. 64–80. DOI: 10.17537/2016.11.64

12. Трусов П.В., Зайцева Н.В., Цинкер М.Ю. О моделировании течения воздуха в легких человека: конститутивные соотношения для описания деформирования пористой среды // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2020. – № 4. – С. 165–174. DOI: 10.15593/perm.mech/2020.4.14

13. Ангурец А.В. Классификация рисков при использовании ГМО // Физиология трансгенного растения и проблемы биобезопасности: сб. тезисов конф. – М., 2004.

14. Metabolism of the herbicide glufosinate-ammonium in plant cell cultures of transgenic (rhizomania-resistant) and non-transgenic sugarbeet (*Beta vulgaris*), carrot (*Daucus carota*), purple foxglove (*Digitalis purpurea*) and thorn apple (*Datura stramonium*) / B.P. Muller, A. Zumdick, I. Schuphan, B. Schmidt // Pest. Manag. Sci. – 2001. – Vol. 57, № 1. – P. 46–56. DOI: 10.1002/1526-4998(200101)57:1<46::AID-PS256>3.0.CO;2-I

15. Кузнецов В.В. Возможные биологические риски при использовании генетически модифицированных сельскохозяйственных культур // Вестник ДВО РАН. – 2005. – № 3. – С. 40–54.

16. Domingo J.L., Giné Bordonaba J. A literature review on the safety assessment of genetically modified plants // Environ. Int. – 2011. – Vol. 37, № 4. – P. 734–742. DOI: 10.1016/j.envint.2011.01.003

17. Новые источники пищи: от генно-инженерно-модифицированных организмов к расширению биоресурсной базы России / Н.В. Тышко, Э.О. Садыкова, С.И. Шестакова, И.Н. Аксюк // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89, № 4. – С. 100–109. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10046

18. Tutelyan V.A., Tyshko N.V., Sadykova E.O. Food derived from genetically modified animals: formation of safety assessment system and new approaches to toxicological research // Toxicology Letters. – 2019. – Vol. 314, Suppl. 1. – P. S241–S242.

19. European Commission Directorate – General for Research and Innovation. New challenges for agricultural research: climate change, food security, rural development, agricultural knowledge systems [Электронный ресурс] // European Commission. – 2009. – URL: <https://op.europa.eu/mt/publication-detail/-/publication/83dfc16f-18b8-41cb-8e84-f69b97ff1bc3/language-en> (дата обращения: 16.10.2023).

20. Domingo J.L. Health risks of GM foods: many opinions but few data // Science. – 2000. – Vol. 288, № 5472. – P. 1748–1749. DOI: 10.1126/science.288.5472.1748

21. ГМО: Контроль над обществом или общественный контроль? / под ред. В.Б. Копейкиной. – М.: ГЕОС, 2005 – 198 с.

22. Тышко Н.В. Контроль за генно-модифицированными организмами растительного происхождения в пищевой продукции: научное обоснование и методическое обеспечение // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86, № 5. – С. 29–33.

23. Гмошинский И.В., Шипелин В.А., Хотимченко С.А. Микропластики в пищевой продукции: происхождение, свойства и возможные риски // Медицина труда и экология человека. – 2022. – № 2 (30). – С. 224–242. DOI: 10.24412/2411-3794-2022-10216;

24. Гмошинский И.В., Шипелин В.А., Хотимченко С.А. Наноцеллюлозы: характеристика опасности и возможные риски (обзор литературы) // Гигиена и санитария. – 2023. – Т. 102, № 2. – С. 181–190. DOI: 10.47470/0016-9900-2023-102-2-181-190

25. Исследование особенностей бионакопления и патоморфологических изменений тканей органов крыс при однократной ингаляционной экспозиции наночастицами оксида молибдена (VI) в сравнении с микродисперсным аналогом / Н.В. Зайцева, М.А. Землянова, М.С. Степанков, А.М. Игнатова, А.Е. Николаева // Гигиена и санитария. – 2022. – Т. 101, № 6. – С. 622–627. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-6-622-627

26. Оценка потенциальной опасности наночастиц оксида молибдена (VI) для здоровья человека / М.А. Землянова, Н.В. Зайцева, М.С. Степанков, А.М. Игнатова // Экология человека. – 2022. – № 8. – С. 563–575. DOI: 10.17816/humecol08248

27. Землянова М.А., Зайцева Н.В., Степанков М.С. Особенности токсического действия нано- и микрочастиц оксида алюминия при многократной ингаляционной экспозиции // Гигиена и санитария. – 2023. – Т. 102, № 5. – С. 502–508. DOI: 10.47470/0016-9900-2023-102-5-502-508

28. Измеров Н.Ф. Глобальный план действия по охране здоровья работающих на 2008–2017 гг.: пути и перспективы реализации // Медицина труда и промышленная экология. – 2008. – № 6. – С. 1–9.
29. Материалы XII Всероссийского конгресса «Профессия и здоровье» и V Всероссийского съезда врачей-профпатологов: сборник материалов, посвященных 90-летию ФГБУ «НИИ медицины труда» РАМН / под ред. Н.Ф. Измерова. – М: Реинфор, 2013. – 548 с.
30. Онищенко Г.Г. Состояние условий труда и профессиональной заболеваемости работников Российской Федерации // Гигиена и санитария. – 2009. – № 1. – С. 10.
31. Мухин Н.Н., Измеров Н.Ф., Сорокина Н.С. Профессиональная патология сегодня. Проблемы и решения // Материалы XII Всероссийского конгресса «Профессия и здоровье» и V Всероссийского съезда врачей-профпатологов. – Москва, 27–30 ноября, 2013. – С. 49–61.
32. Профессиональный риск развития заболеваний периферической нервной системы у трактористов-машинистов сельскохозяйственного производства / Г.А. Безрукова, Т.А. Новикова, М.Л. Шалашова, С.С. Райкин // Анализ риска здоровью. – 2015. – № 3. – С. 47–54. DOI: 10.21668/health.risk/2015.3.07;
33. Новые возможности применения вариаций гена MTHFR как маркера индивидуальной чувствительности при оценке профессионального риска гипертензии в условиях воздействия шума / Д.М. Шляпников, П.З. Шур, В.Б. Алексеев, В.М. Ухабов, В.Г. Новоселов, А.Я. Перевалов // Медицина труда и промышленная экология. – 2016. – № 8. – С. 6–10.
34. Новик И.И., Писарик В.М., Ростовцев В.Н. Маркеры предрасположенности к ишемической болезни сердца и артериальной гипертензии // Здравоохранение. – 1999. – № 4. – С. 38–41.
35. Количественная оценка риска здоровью, обусловленного напряжённостью трудового процесса / В.Б. Алексеев, П.З. Шур, П.З., Д.Н. Лир, В.А. Фокин // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100, № 10. – С. 1171–1178. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-10-1171-1178
36. Формирование нарушений жирового и углеводного обмена, обусловленных потреблением питьевой воды с повышенным содержанием хлорорганических соединений / К.П. Лужецкий, О.Ю. Устинова, П.З. Шур, Д.А. Кирьянов, О.В. Долгих, В.М. Чигвинцев, А.Я. Перевалов // Медицина труда и промышленная экология. – 2015. – № 12. – С. 29–32.
37. 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
38. К оценке дополнительного риска заболеваний желудочно-кишечного тракта, ассоциированных с дисбиозом кишечной микрофлоры вследствие воздействия остаточных концентраций тетрациклина в пищевых продуктах / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, А.И. Аминова, Д.А. Кирьянов, М.Р. Камалтдинов // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2012. – № 7 (232). – С. 46–48.
39. Human health hazards associated with tetracycline drugs residues in food / N.V. Zaitseva, P.Z. Shur, N.G. Atiskova, D.A. Kiryanov, M.R. Kamaltdinov // International Journal of Advanced Research. – 2014. – Vol. 2, № 8. – P. 488–495.
40. Оценка безопасности допустимых уровней содержания L. monocytogenes в пищевых продуктах по критериям риска здоровью населения / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, Н.Г. Атискова, Д.А. Кирьянов, М.Р. Камалтдинов // Анализ риска здоровью. – 2013. – № 2. – С. 4–13. DOI: 10.21668/health.risk/2013.2.01
41. К оценке безопасности для здоровья населения рактопамина при его поступлении с пищевыми продуктами / Г.Г. Онищенко, А.Ю. Попова, В.А. Тутельян, Н.В. Зайцева, С.А. Хотимченко, И.В. Гмошинский, С.А. Шевелева, В.Н. Ракитский [и др.] // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2013. – Т. 68, № 6. – С. 4–8. DOI: 10.15690/vramn.v68i6.666
42. 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
43. Зайцева Н.В., Землянова М.А., Устинова О.Ю. Совершенствование стратегических подходов к профилактике заболеваний, ассоциированных с воздействием факторов среды обитания // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2013. – № 11 (248). – С. 14–18.
44. Зайцева Н.В., Шур П.З., Голева О.И. Экономическая оценка риска для жизни и здоровья населения региона // Экономика региона. – 2012. – № 2 (30). – С. 178–185. DOI: 10.17059/2012-2-16
45. Голева О.И., Шляпников Д.М. Экономические аспекты риска развития производственно обусловленных заболеваний (на примере предприятий по добыче калийных солей) // Медицина труда и промышленная экология. – 2016. – № 1. – С. 13–15.
46. Голева О.И. Оценка налоговых потерь от смертности и заболеваемости населения: подходы к оценке (на примере Пермского края) // Пермский финансовый журнал. – 2016. – № 1 (14). – С. 51–59.
47. Лев М.Ю. Вопросы регулирования цен на отдельные продовольственные товары в аспекте обеспечения экономической безопасности Российской Федерации // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2021. – Т. 1, № 7 (115). – С. 19–35. DOI: 10.36871/ek.ur.p.g.2021.07.01.003
48. Кирьянов Д.А., Цинкер М.Ю., Голева О.И. Управление риском для здоровья населения в системе экономической безопасности страны и региона // Экономическая безопасность. – 2021. – Т. 4, № 4. – С. 1195–1222. DOI: 10.18334/ecsec.4.4.113405

Онищенко Г.Г. Актуальные проблемы и перспективы развития методологии анализа риска в условиях современных вызовов безопасности для здоровья населения Российской Федерации // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 4. – С. 4–18. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.01

DEVELOPMENT OF THE RISK ANALYSIS METHODOLOGY GIVEN THE CURRENT SAFETY CHALLENGES FOR PUBLIC HEALTH IN THE RUSSIAN FEDERATION: VITAL ISSUES AND PROSPECTS

G.G. Onishchenko

¹Russian Academy of Education, 8 Pogodinskaya St., Moscow, 119121, Russian Federation

²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, 8 Trubetskaya St., build. 2, Moscow, 119048, Russian Federation

³Medical Sciences Department, Russian Academy of Sciences, 14 Leninskii Av., Moscow, 119071, Russian Federation

The contemporary socioeconomic situation creates multiple safety challenges in the Russian Federation including public health safety. These challenges cannot be ignored when formulating strategic tasks of health risk analysis within predictions of the socioeconomic development of the Russian Federation for the period up to 2030. Targeted development of the risk analysis methodology in the Russian Federation has provided solid grounds for successful solution of primary tasks related to providing sanitary-epidemiological wellbeing of the country population. It has created a platform for further improvement of activities performed by the Rospotrebnadzor in various spheres. This includes development and greater detailing of results obtained by examining how health risks occur under exposure to heterogeneous environmental factors and work-related ones considering their combined effects. Another significant trend is proactive development of methods for assessing and managing health risks associated with potentially hazardous factors of new technologies and products (nanotechnologies, new foods, etc.).

Several fundamental aspects of risk analysis can be considered vital at the moment. This includes investigating mechanisms of risk occurrence; establishing regularities of risks of negative health outcomes with various severities under ongoing integration of body systems dysfunctions and considering capabilities of the body to recover its proper functioning and its adaptive resources; finding solutions to an issue associated with assessing additive properties of effects produced by risk factors including heterogeneous ones. Fundamental aspects of health risks analysis development are closely connected with an issue associated with formulating fundamentals of an information platform eligible for this methodology. It is impossible to achieve any development in investigating mechanisms of health risks occurrence under exposure to heterogeneous environmental factors and work-related ones without applying up-to-date investigation techniques, digital ones included.

The existing safety challenges for public health in the Russian Federation include the necessity to protect public health in order to extend a period of economic activity of the population and to develop labor and economic potential of the country; high levels of adverse impacts on the public health exerted by chemical, physical, and biological environmental factors; insufficient 'digital maturity' of methods employed to predict threats and provide sanitary-epidemiological wellbeing of the population. Given all the aforementioned, it seems advisable to outline the following promising trends in the development of the health risk analysis methodology: developing the fundamentals the methodology is based on; enlarging practical use of health risk assessment results in everyday activities of the Rospotrebnadzor; creating an information platform and digitalizing health risk analysis; developing a methodology for substantiating effective preventive programs aimed at health risk management.

Keywords: health risk, safety, risk analysis methodology, information platform, digitalization.

References

1. Popova A.Yu., Zaitseva N.V., Onishchenko G.G., Kleyn S.V., Glukhikh M.V., Kamaltdinov M.R. Sanitary-epidemiologic determinants and potential for growth in life expectancy of the population in the Russian Federation taking into account regional differentiation. *Health Risk Analysis*, 2020, no. 1, pp. 4–17. DOI: 10.21668/health.risk/2020.1.01.eng
2. Zaitseva N.V., Onishchenko G.G., May I.V., Shur P.Z. Development of methodology for health risk assessment within the public administration of population sanitary and epidemiological welfare. *Health Risk Analysis*, 2022, no. 3, pp. 4–20. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.01.eng
3. Popova A.Yu., Onishchenko G.G., Rakitskii V.N., Kuzmin S.V., Kuchma V.R. Hygiene in supporting scientific and technological development of the country and sanitary and epidemiological welfare of the population (to the 130th anniversary of the Federal Scientific Centre of Hygiene named after F.F. Erisman). *Gigiena i sanitariya*, 2021, vol. 100, no. 9, pp. 882–889. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-9-882-889 (in Russian).

© Onishchenko G.G., 2023

Gennadiy G. Onishchenko – Academician of the Russian Academy of Sciences, Deputy Head of Russian Academy of Education, Doctor of Medical Sciences, Professor (e-mail: journal@ferisk.ru; tel.: +7 (499) 245-06-55 (ext. 201); ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0135-7258>).

4. Shur P.Z., Zaitseva N.V., Khasanova A.A., Chetverkina K.V., Kostarev V.G. Improvement of quantitative indicators for assessing non-carcinogenic health risks under chronic inhalation exposure to a chemical. *Gigiena i sanitariya*, 2022, vol. 101, no. 11, pp. 1412–1418. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-11-1412-1418 (in Russian).
5. Trusov P.V., Zaitseva N.V., Kamaltdinov M.R. A multiphase flow in the antroduodenal portion of the gastrointestinal tract: a mathematical model. *Comput. Math. Methods Med.*, 2016, vol. 2016, pp. 5164029. DOI: 10.1155/2016/5164029
6. Kamaltdinov M., Zaitseva N., Trusov P. A mathematical model of the multiphase flow in the antroduodenum: consideration of the digestive enzymes and regulation processes. *Series on biomechanics*, 2018, vol. 32, no. 3, pp. 36–42.
7. Trusov P.V., Zaitseva N.V., Chigvintsev V.M., Lanin D.V. Regulation of organism's antiviral immune response: mathematical model, qualitative analysis, results. *Matematicheskaya biologiya i bioinformatika*, 2018, vol. 13, no. 2, pp. 402–425. DOI: 10.17537/2018.13.402 (in Russian).
8. Zaitseva N.V., Shur P.Z., May I.V., Kiryanov D.A. On the question of the application of the prediction of the evolution of health risk in hygienic assessments. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 1, pp. 106–112. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-106-112 (in Russian).
9. Trusov P.V., Zaitseva N.V., Kiryanov D.A., Kamaltdinov M.R., Cinker M.Ju., Chigvintsev V.M., Lanin D.V. A mathematical model for evolution of human functional disorders influenced by environment factors. *Matematicheskaya biologiya i bioinformatika*, 2012, vol. 7, no. 2, pp. 589–610 (in Russian).
10. Mai I.V., Zinker M.Y., Chigvintsev V.M., Koshurnikov D.N. Approach to health risk assessment under noise impact. *Public health and life environment*, 2011, no. 10 (223), pp. 10–12 (in Russian).
11. Trusov P.V., Zaitseva N.V., Tsinker M.Yu. Modeling of human breath: conceptual and mathematical statements. *Matematicheskaya biologiya i bioinformatika*, 2016, vol. 11, no. 1, pp. 64–80. DOI: 10.17537/2016.11.64 (in Russian).
12. Trusov P.V., Zaitseva N.V., Tsinker M.Yu. On modeling of airflow in human lungs: constitutive relations to describe deformation of porous medium. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Mekhanika*, 2020, no. 4, pp. 165–174. DOI: 10.15593/perm.mech/2020.4.14 (in Russian).
13. Angurets A.V. Klassifikatsiya riskov pri ispol'zovanii GMO [Classification of risks when using GMOs]. *Fiziologiya transgennoho rasteniya i problemy biobezopasnosti: sb. tezisev konf.*, Moscow, 2004 (in Russian).
14. Muller B.P., Zumdick A., Schuphan I., Schmidt B. Metabolism of the herbicide glufosinate-ammonium in plant cell cultures of transgenic (rhizomania-resistant) and non-transgenic sugarbeet (*Beta vulgaris*), carrot (*Daucus carota*), purple foxglove (*Digitalis purpurea*) and thorn apple (*Datura stramonium*). *Pest. Manag. Sci.*, 2001, vol. 57, no. 1, pp. 46–56. DOI: 10.1002/1526-4998(200101)57:1<46::AID-PS256>3.0.CO;2-1
15. Kuznetsov V.I. Vozmozhnye biologicheskie riski pri ispol'zovanii geneticheski modifitsirovannykh sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Possible biological risks when using genetically modified crops]. *Vestnik DVO RAN*, 2005, no. 3, pp. 40–54 (in Russian).
16. Domingo J.L., Giné Bordonaba J. A literature review on the safety assessment of genetically modified plants. *Environ. Int.*, 2011, vol. 37, no. 4, pp. 734–742. DOI: 10.1016/j.envint.2011.01.003
17. Tyshko N.V., Sadykova E.O., Shestakova S.I., Aksyuk I.N. Novel food sources: from GMO to the broadening of Russia's bioresource base. *Voprosy pitaniya*, 2020, vol. 89, no. 4, pp. 100–109. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10046 (in Russian).
18. Tutelyan V.A., Tyshko N.V., Sadykova E.O. Food derived from genetically modified animals: formation of safety assessment system and new approaches to toxicological research. *Toxicology Letters*, 2019, vol. 314, suppl. 1, pp. s241–s242.
19. European Commission Directorate – General for Research and Innovation. New challenges for agricultural research: climate change, food security, rural development, agricultural knowledge systems. *European Commission*, 2009. Available at: <https://op.europa.eu/mt/publication-detail/-/publication/83dfc16f-18b8-41cb-8e84-f69b97ff1bc3/language-en> (October 16, 2023).
20. Domingo J.L. Health risks of GM foods: many opinions but few data. *Science*, 2000, vol. 288, no. 5472, pp. 1748–1749. DOI: 10.1126/science.288.5472.1748
21. GMO: Kontrol' nad obshchestvom ili obshchestvennyi kontrol'? [GMO: Control over society or public control?]. In: V.B. Kopeikina ed. Moscow, GEOS, 2005, 198 p. (in Russian).
22. Tyshko N.V. Control over genetically-modified sources of plant origin in food: scientific basis and methodical maintenance. *Voprosy pitaniya*, 2017, vol. 86, no. 5, pp. 29–33 (in Russian).
23. Gmshinskiy I.V., Shipelin V.A., Khotimchenko S.A. Microplastics in food: origin, properties and possible risks. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*, 2022, no. 2 (30), pp. 224–242. DOI: 10.24412/2411-3794-2022-10216 (in Russian).
24. Gmshinskiy I.V., Shipelin V.A., Khotimchenko S.A. Nanocelluloses: hazard characteristics and possible risks (literature review). *Gigiena i sanitariya*, 2023, vol. 102, no. 2, pp. 181–190. DOI: 10.47470/0016-9900-2023-102-2-181-190 (in Russian).
25. Zaitseva N.V., Zemlyanova M.A., Stepankov M.S., Ignatova A.M., Nikolaeva A.E. Study of features of bioaccumulation and pathomorphological changes in tissues of rat organs after a single inhalation exposure to molybdenum (VI) oxide nanoparticles in comparison with a microdisperse analogue. *Gigiena i sanitariya*, 2022, vol. 101, no. 6, pp. 622–627. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-6-622-627 (in Russian).
26. Zemlyanova M.A., Zaitseva N.V., Stepankov M.S., Ignatova A.M. Evaluation potential hazard of molybdenum (VI) oxide nanoparticles for human health. *Ekologiya cheloveka*, 2022, no. 8, pp. 563–575. DOI: 10.17816/humeco108248 (in Russian).
27. Zemlyanova M.A., Zaitseva N.V., Stepankov M.S. Peculiarities of toxic effects produced by aluminum oxide nano and microparticles under multiple inhalation exposure. *Gigiena i sanitariya*, 2023, vol. 102, no. 5, pp. 502–508. DOI: 10.47470/0016-9900-2023-102-5-502-508 (in Russian).
28. Izmerov N.F. Global plan of actions on workers' health preservation for 2008–2017: ways and prospects of realization. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2008, no. 6, pp. 1–9 (in Russian).
29. Materialy XII Vserossiiskogo kongressa «Professiya i zdorov'e» i V Vserossiiskogo s'ezda vrachei-profpatologov: sbornik materialov, posvyashchennykh 90-letiyu FGBU «NII meditsiny truda» RAMN [Materials of the XII All-Russian Congress "Occupation and Health" and the V All-Russian Congress of Occupational Pathologists: a collection of materials dedicated

to the 90th anniversary of the Federal State Budgetary Institution "Research Institute of Occupational Medicine" of the Russian Academy of Medical Sciences]. In: N.F. Izmerov ed. Moscow, Reinfor Publ., 2013, 548 p. (in Russian).

30. Onishchenko G.G. Working conditions and occupational morbidity in workers of the Russian Federation. *Gigiena i sanitariya*, 2009, no. 1, pp. 10 (in Russian).

31. Mukhin N.N., Izmerov N.F., Sorokina N.S. Professional'naya patologiya segodnya. Problemy i resheniya [Occupational pathology today. Problems and solutions]. *Materialy XII Vserossiiskogo kongressa «Professiya i zdorov'e» i V Vserossiiskogo s'ezda vrachei-profpatologov*. Moscow, November 27–30, 2013, pp.49–61 (in Russian).

32. Bezrukova G.A., Novikova T.A., Shalashova M.L., Raikin S.S. Professional risk of developing diseases of the peripheral nervous system in tractor drivers – machine operators of agricultural production. *Health Risk Analysis*, 2015, no. 3, pp. 47–54. DOI: 10.21668/health.risk/2015.3.07.eng

33. Shlyapnikov D.M., Shur P.Z., Alexeev V.B., Uhabov V.M., Novoselov V.G., Perevalov A.Y. New potential of MTHFR gene variations application as an individual sensitivity marker in evaluation of occupational risk of arterial hypertension under exposure to noise. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2016, no. 8, pp. 6–10 (in Russian).

34. Novik I.I., Pisarik V.M., Rostovtsev V.N. Markery predispozitsionnosti k ishemicheskoi bolezni serdtsa i arterial'noi gipertenzii [Markers of predisposition to coronary heart disease and arterial hypertension]. *Zdravookhranenie*, 1999, no. 4, pp. 38–41 (in Russian).

35. Alekseev V.B., Shur P.Z., Lir D.N., Fokin V.A. Methodical approaches to for quantitative assessment of health risk associated with the labour process strength. *Gigiena i sanitariya*, 2021, vol. 100, no. 10, pp. 1171–1178. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-10-1171-1178 (in Russian).

36. Luzhetsky K.P., Ustinova O.Yu., Shur P.Z., Kiryanov D.A., Dolgikh O.V., Chigvintsev V.M., Perevalov A.Y. Development of lipids and carbohydrates metabolism disorders caused by drinkable water with high content of chlorine organic compounds. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2015, no. 12, pp. 29–32 (in Russian).

37. 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).

38. Zaitseva N.V., Shur P.Z., Aminov A.I., Kiryanov D.A., Kamaltdinov M. To estimate the additional risk of diseases of the gastrointestinal tract associated with dysbiosis of the intestinal microflora due to the impact of tetracycline residues in foods. *ZNiSO*, 2012, no. 7 (232), pp. 46–48 (in Russian).

39. Zaitseva N.V., Shur P.Z., Atiskova N.G., Kiryanov D.A., Kamaltdinov M.R. Human health hazards associated with tetracycline drugs residues in food. *International Journal of Advanced Research*, 2014, vol. 2, no. 8, pp. 488–495.

40. Zaitseva N.V., Shur P.Z., Atiskova N.G., Kiryanov D.A., Kamaltdinov M.R. Safety assessment of the maximum permitted levels of L. monocytogenes in food according to health risk criteria. *Health Risk Analysis*, 2013, no. 2, pp. 4–13. DOI: 10.21668/health.risk/2013.2.01.eng

41. Onishchenko G.G., Popova A.Yu., Tutel'yan V.A., Zaitseva N.V., Hotimchenko S.A., Gmshinsky I.V., Sheveleva S.A., Rakitskiy V.N. [et al.]. About the human health safety estimation of ractopamine intake together with the food. *Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk*, 2013, vol. 68, no. 6, pp. 4–8. DOI: 10.15690/vramn.v68i6.666 (in Russian).

42. 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

43. Zaitseva N., Ustinova O.U., Zemlyanova M.A. A strategic approaches to improving prevention of diseases associated with influence of environmental factors. *ZNiSO*, 2013, no. 11 (248), pp. 14–18 (in Russian).

44. Zaitseva N.V., Shur P.Z., Goleva O.I. An economic assessment of population health risk in region. *Ekonomika regiona*, 2012, no. 2 (30), pp. 178–185. DOI: 10.17059/2012-2-16 (in Russian).

45. Goleva O.I., Shliapnikov D.M. Economic aspects of occupationally conditioned diseases risk (exemplified by potassium salts extraction enterprises). *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2016, no. 1, pp. 13–15 (in Russian).

46. Goleva O.I., Evaluation of tax losses due to mortality and disease rate of population: approaches of evaluation (on the example of Perm region). *Perm Finance Journal*, 2016, no. 1 (14), pp. 51–59 (in Russian).

47. Lev M.Yu. Issues of regulating prices for separate food products in the aspect of ensuring the economic security of the Russian Federation. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*, 2021, vol. 1, no. 7 (115), pp. 19–35. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2021.07.01.003

48. Kiryanov D.A., Tsinker M.Yu., Goleva O.I. Population health risk management in the economic security system of the country and region. *Ekonomicheskaya bezopasnost'*, 2021, vol. 4, no. 4, pp. 1195–1222. DOI: 10.18334/ecsec.4.4.113405 (in Russian).

Onishchenko G.G. Development of the risk analysis methodology given the current safety challenges for public health in the Russian Federation: vital issues and prospects. Health Risk Analysis, 2023, no. 4, pp. 4–18. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.01.eng

Получена: 31.10.2023

Одобрена: 30.11.2023

Принята к публикации: 20.12.2023



Научная статья

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ КОРПОРАТИВНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА, ПРОГНОЗА
И ПРОФИЛАКТИКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННО-
ОБУСЛОВЛЕННЫХ НАРУШЕНИЙ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ****Н.В. Зайцева^{1,2}, Д.А. Кирьянов¹, М.А. Землянова¹, Д.В. Горяев³,
О.Ю. Устинова¹, П.З. Шур¹**¹Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Российская Федерация, 6140045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82²Отделение медицинских наук Российской академии наук, Российская Федерация, 119071, г. Москва, Ленинский проспект, 14³Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Красноярскому краю, Российская Федерация, 660097, г. Красноярск, ул. Каратанова, 21

Актуальность исследования определена стратегическими интересами Российской Федерации, диктующими необходимость достижения национального приоритета – развития человеческого потенциала. В условиях сокращения трудовых ресурсов на фоне депопуляционных процессов решение данной проблемы приобретает особую актуальность.

Осуществлена разработка научных концептуальных основ корпоративной интеллектуальной риск-ориентированной системы анализа и прогноза профессиональных и производственно-обусловленных нарушений здоровья работников для обоснования программных санитарно-гигиенических и медико-профилактических мер, направленных на сокращение потерь ожидаемой продолжительности здоровой жизни и повышение профессионального долголетия.

Основная теоретическая идея базируется на уникальной информационно-интеллектуальной инновационной системе анализа и прогноза причинно-следственных связей между воздействием вредных и опасных производственных факторов и обусловленных ими нарушениями здоровья работающих, в том числе с развитием профессиональных заболеваний.

Разработанные прогностические цифровые нейросетевые модели, обученные на ретроспективных или фактических данных об условиях труда, состоянии здоровья, социально-экономических условиях и факторах образа жизни, являются информационно-аналитической основой проведения расчетов и оценки эволюции персональных и групповых (профессия, возраст, стаж) рисков здоровью, обусловленных развитием профессиональных или производственно-обусловленных заболеваний у работников. Выполненный на этой основе прогноз предотвращенного периода сокращения профессиональной трудоспособности работников, связанного с условиями труда, конкретно для каждой изученной профессии, возраста и стажа является информационной основой для разработки и принятия управленческих решений, в том числе в части санитарно-гигиенических и медико-профилактических мер, направленных на сохранение профессионального долголетия, что позволяет существенно повысить эффективность корпоративной здоровьесберегающей политики.

Ключевые слова: корпоративная риск-ориентированная система, концепция, здоровье работающих, вредные и опасные условия труда, профессиональные заболевания, производственно-обусловленные заболевания, медико-профилактические мероприятия, профессиональное долголетие.

© Зайцева Н.В., Кирьянов Д.А., Землянова М.А., Горяев Д.В., Устинова О.Ю., Шур П.З., 2023

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>).**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>).**Землянова Марина Александровна** – доктор медицинских наук, главный научный сотрудник, заведующий отделом биохимических и цитогенетических методов диагностики (e-mail: zem@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 236-39-30; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8013-9613>).**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>).**Устинова Ольга Юрьевна** – доктор медицинских наук, заместитель директора по клинической работе (e-mail: ustanova@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-25-34; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9916-5491>).**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>).

В Глобальном плане действий ВОЗ по охране здоровья работающих отмечено, что трудовое население составляет половину всей численности населения в мире и вносит основной вклад в экономическое и социальное развитие общества [1–3]. По данным Росстата, показатель экономической занятости в России к августу 2023 г. составил 61,3 % (74,2 млн человек¹), из них порядка 38 % – лица, работающие во вредных и (или) опасных условиях труда. В настоящее время в нефтедобывающей отрасли до 30 % рабочих мест не соответствуют санитарно-гигиеническим требованиям, на горнорудном производстве – до 55 %, в электроэнергетике – 37 %, на транспорте – до 39 %, в обрабатывающей отрасли – до 42 % [4, 5]. Воздействие вредных и опасных производственных факторов на рабочем месте формирует риски здоровью работающих, которые усугубляются негативными социальными и индивидуальными факторами, а также ограниченной доступностью медико-профилактической помощи, что влияет на сохранение трудового потенциала страны [6]. Согласно прогнозу Высшей школы экономики, с 2019 по 2030 г. численность рабочей силы РФ сократится на 1,9 млн человек, при этом доля работающих в возрасте до 40 лет снизится с 42 до 37,4 %. При негативном стечении обстоятельств прогнозируется сокращение этого показателя на 3 млн человек, то есть до 71,7 млн, а к 2035 г. – еще на 0,6 млн. По оценке экспертов в России в 2020 г. затраты на сохранение здоровья работников, связанные с вредными и опасными условиями труда, достигли 1 трлн 770 млрд рублей, что составляет 1,6 % ВВП страны, из них 55 % составили экономические издержки в связи с потерей рабочего времени [7].

Стратегические интересы РФ, отраженные в Указе Президента «О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года», диктуют необходимость достижения национального приоритета – развития человеческого потенциала, что требует поддержания и укрепления здоровья населения трудоспособного возраста, по-

казатели которого сохраняют негативные тенденции. По данным Росстата, из общего числа умерших 30 % составляют лица трудоспособного возраста, из не доживших до пенсии граждан – 80 % мужчины, из причин смертности – 55 % сердечно-сосудистые заболевания, при этом условия труда на рабочих местах оказывают значительное влияние на здоровье работников и в целом на демографическую ситуацию в стране [8].

В условиях сокращения трудового потенциала на фоне депопуляционных процессов решение данной проблемы приобретает особую актуальность [9]. Для обеспечения стабильных условий, направленных на улучшение состояния здоровья работающих, профилактики хронических неинфекционных заболеваний, включая профессиональные и производственно-обусловленные, сокращения потерь, связанных со стойкой и временной нетрудоспособностью, увеличения ожидаемой продолжительности жизни, снижения смертности и уровня инвалидизации необходима разработка и применение современных подходов и инструментов [10, 11]. Принципиально важными при этом являются именно профилактика заболеваемости и управление профессиональными рисками [12].

В последние годы произошла значительная трансформация нормативно-правовых актов в сфере охраны труда и здоровья работников. Существенные изменения коснулись требований к организации проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (ПМО). В соответствии с ФЗ- № 311² внесены изменения в порядок их проведения, предусмотренные частью четвертой ст. 213 Трудового кодекса РФ³, а ПМО работников, занятых на работах с вредными и опасными условиями труда, с сентября 2022 г. регулируются ст. 220 Трудового кодекса РФ⁴. Разработаны нормативно-правовые акты, касающиеся организации контроля за здоровьем работающих, в том числе новые правила расследования и учета случаев профессиональных заболеваний, утвержденные постановлением Правительства РФ № 1206 (2022 г.)⁵, ужесточающие сроки

¹ Социально-экономическое положение России: январь – август 2023, № 8: информационно-аналитические материалы [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. – URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/osn-08-2023.pdf> (дата обращения: 30.10.2023).

² О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 02.07.2021 № 311-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389002/ (дата обращения: 01.09.2023).

³ Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры: Приказ Минздрава России от 28.01.2021 № 29н (ред. от 01.02.2022) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375353/ (дата обращения: 01.09.2023).

⁴ Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 04.08.2023, с изм. от 24.10.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2023) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (дата обращения: 01.09.2023).

⁵ О порядке расследования и учета случаев профессиональных заболеваний работников: Постановление правительства РФ от 05.07.2022 № 1206 [Электронный ресурс] // Контур Норматив. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=426804> (дата обращения: 03.09.2023).

расследования, а также требования к работодателю и возможности оспаривания результатов расследования. Проведение обязательных ПМО в соответствии с новыми требованиями позволило выявить 1,4 % временно или постоянно непригодных к осуществлению работ во вредных и опасных условиях труда [9]. Разрабатываются и внедряются хорошо организованные и стабильные корпоративные системы охраны здоровья и формирования здорового образа жизни. Их реализация включает мероприятия, направленные на создание безопасных и комфортных условий труда с учетом особенностей производства и технологических процессов, оценку и снижение негативных последствий профессиональных рисков, сохранение здоровья и трудового долголетия работающих, профилактику профессиональных заболеваний, повышение доступности и качества медицинской помощи, поддержание и популяризацию здорового образа жизни [13].

Мировой опыт реализации корпоративных программ, предусматривающий масштабирование наиболее результативных из них, свидетельствует о значительной их эффективности в отношении улучшения здоровья работающих, увеличения производительности труда и экономической стабильности предприятий [14]. Накапливается все больше доказательств в пользу того, что инвестиции в здоровье трудового коллектива являются одним из приоритетов высокоэффективных компаний. Исследования показали, что меры по охране здоровья на рабочих местах на 27 % сокращают продолжительность воздействия вредных условий труда (ВУТ) и на 26 % – расходы компаний на медико-санитарное обслуживание [15, 16].

В целом, несмотря на сохраняющийся дефицит системных мер, направленных на внедрение корпоративных программ на федеральном, региональном и муниципальном уровнях, отмечается устойчивая тенденция к комплексному подходу к охране здоровья на производстве [17]. Подготовлена библиотека корпоративных программ по укреплению здоровья работающих граждан, которая включает в себя практики укрепления здоровья на рабочих местах⁶. Помимо технологий, направленных на предотвращение развития профессиональной патологии, разрабатываются программы скрининг-обследований наиболее социально значимых заболеваний [18]. Расширяется внедрение программ, направленных на психологическое здоровье работающих, снижение уровня тревожности в коллективах, на формирование осознанного отношения сотрудников к своему здоровью, вовлечение

сотрудников в регулярные занятия физкультурой, изменение поведенческих моделей сотрудников и формирование культуры здорового образа жизни с акцентом на формировании мотивации к здоровому образу жизни через семейные ценности [19–21]. В рамках использования возможностей цифровых и информационных технологий разработана модельная корпоративная программа как элемент системы мер по охране здоровья работающих, включающая расширенный перечень задач по управлению здоровьем, в том числе профилактике профессиональных и профессионально связанных заболеваний. Модельный вариант предполагает ее использование в качестве основы для разработки специализированных программ, адаптированных под условия конкретной организации [12, 15].

Вместе с тем детальный анализ предпринимаемых усилий, консолидированных на всех уровнях государственного и корпоративного управления в области охраны здоровья работающих, показал, что большинство предлагаемых и реализованных решений ориентированы на трудовые коллективы в целом и носят общий рекомендательный характер. Оценка профессиональных рисков и рисков здоровью, связанных с работой, рассматривается в настоящее время как один из наиболее современных аналитических методов принятия управленческих решений, в том числе при длительном трудовом стаже на момент достижения предпенсионного возраста; она рассчитана на группы работников, находящихся в одинаковых условиях воздействия производственных факторов, при этом учет особенностей персональной реализации рисков здоровью проводится в основном в отношении пола, возраста и стажа [11, 20–22].

Другой стороной проблемы является то, что проводимые ПМО как одно из направлений профилактики профессиональных и производственно-обусловленных нарушений здоровья строго регламентированы действующими нормативно-правовыми актами и направлены на выявление уже состоявшихся клинических форм заболеваний, являющихся медицинскими противопоказаниями к началу / продолжению трудовой деятельности⁷. Сложившийся подход к профилактике заболеваний не содержит элементов управления профессиональным риском, не предполагает диагностики донозологических состояний и формирования групп риска с высокой вероятностью развития профессиональной / производственно-обусловленной патологии, в том числе коморбид-

⁶ Подготовлена библиотека корпоративных программ по укреплению здоровья работающих граждан: Информация Министерства здравоохранения РФ от 01.08.2019 [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: https://base.garant.ru/72370334/#block_31353 (дата обращения: 01.09.2023).

⁷ Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры: Приказ Минздрава России от 28.01.2021 № 29н (ред. от 01.02.2022) [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375353/ (дата обращения: 01.09.2023).

ных состояний, не ориентирован на последующую разработку и проведение специализированных программ их профилактики [21].

Основываясь на сформировавшейся потребности раннего выявления профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний, необходимо отметить важность учета индивидуальной предрасположенности организма к воздействию вредных и опасных производственных факторов, условий и факторов образа жизни, общего соматического состояния организма на момент начала и в течение периода трудовой деятельности. Комплекс индивидуальных особенностей может стать триггером развития производственно-обусловленных и профессиональных заболеваний. Прогнозирование вероятности возникновения прямых и косвенных признаков состояний, патогномично связанных с факторами и условиями воздействия, как предшественников развития клинически манифестирующих патологических процессов, предрасполагающих к развитию профессиональных заболеваний, становится объективно необходимым и позволит повысить адресность и эффективность лечебно-профилактических программ, направленных на увеличение периода трудоспособности.

Вышесказанное свидетельствует о необходимости повышения точности оценок на персональном уровне как основы принятия адекватных управленческих решений. В связи с этим разработка корпоративной интеллектуальной риск-ориентированной системы анализа и прогноза профессиональных и производственно-обусловленных нарушений здоровья работающих (далее Корпоративная интеллектуальная система), базирующейся на научно обоснованных цифровых моделях, разработанных по результатам углубленных исследований условий труда и состояния здоровья работающих, является высоко востребованной и диктует необходимость концептуальной постановки научно-методических исследований для ее создания.

Цель исследования – разработка научных концептуальных основ корпоративной интеллектуальной риск-ориентированной системы анализа, прогноза и профилактики профессиональных и производственно-обусловленных нарушений здоровья работников.

Основная теоретическая идея, заложенная в Корпоративную интеллектуальную систему, направленную на предотвращение и (или) снижение негативных последствий вредного воздействия факторов и условий трудового процесса, – прогнозирование развития риска профессиональных или производственно-обусловленных заболеваний на базе уникальной информационно-интеллектуальной инновационной системы анализа и прогноза причинно-следственных связей между воздействием вредных и опасных производственных факторов и обусловленных ими нарушениями здоровья работающих, в том числе с развитием профессиональных заболеваний.

Основными принципами прогнозирования являются: системность, согласованность, вариантность, непрерывность, достаточность, верифицируемость, то есть определение достоверности, эффективность. Системность обеспечивается совокупностью инновационных взаимосвязанных элементов, представленных ниже:

- информационно-аналитическая платформа данных, характеризующих условия труда на рабочих местах, сопряженных с персональными показателями состояния здоровья, социально-экономическими условиями и образом жизни работающих;

- комплекс прогностических цифровых моделей формирования персонального риска возникновения профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний;

- перечень биомаркеров и их критериев для раннего выявления профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний;

- комплекс параметризованных причинно-следственных связей для идентификации и оценки производственной обусловленности заболеваний, выявленных по результатам углубленных исследований;

- алгоритмы прогнозирования риска возникновения профессиональных заболеваний и заболеваний, связанных с работой;

- алгоритм действий участников реализации Корпоративной интеллектуальной системы и порядка ее применения;

- макеты программного обеспечения для прогнозирования риска здоровью, обусловленного развитием профессиональных заболеваний и заболеваний, связанных с работой;

- программы санитарно-гигиенических и адресных медико-профилактических мероприятий по предупреждению и минимизации последствий вредных воздействий факторов риска для сохранения кадровых ресурсов предприятия, дополняющих существующие стандарты оказания медицинской помощи;

- эффективность мероприятий по снижению потерь здоровья, связанных с условиями труда, и увеличению профессионального долголетия.

Составные компоненты корпоративной интеллектуальной риск-ориентированной системы анализа и прогноза схематически представлены на рисунке.

Построение прогностической цифровой модели развития профессионального или производственно-обусловленного заболевания основывается на научной концепции расчета риска возникновения заболевания, реализуемого на базе адаптивных математических моделей. Концептуальные основы представляют собой систему базовых гипотез, сформулированных в результате анализа данных научных публикаций и позволяющих:

- определить и формализовать перечни показателей трудового процесса, формирующих риск возникновения заболеваний;

- определить условия реализации риска здоровья в виде фактических случаев заболеваний;



Рис. 1. Корпоративная интеллектуальная риск-ориентированная система анализа, прогноза и профилактики профессиональных и производственно-обусловленных нарушений здоровья работающих

– выявить показатели социально-экономического статуса, образа жизни работника, проводимых / не проводимых им профилактических мер, способствующие реализации риска в виде конкретного случая заболевания;

– обозначить условия компенсации риска возникновения заболевания и предотвращения его реализации.

В рамках разработки концепции построения прогностической модели определяются:

– порядок формирования выборочных совокупностей (групп наблюдения и сравнения);

– условия и правила проведения медико-социологического исследования;

– ограничения использования модели для выполнения оценочных расчетов.

Концепция и методика моделирования строятся на обосновании типа модели, который выбирается из трех базовых вариантов: нейросетевая модель, эволюционная модель, логистическая модель.

Нейросетевая модель является приоритетной, но при этом требует полного набора всей необходимой информации как по объему выборочных данных, так и по индивидуальным факторам. В случае недостаточного объема выборочной совокупности и сокращения количества показателей возможно построение эволюционной модели. Логистическая модель имеет наименьшее предпочтение, так как ориентирована на учет отдельных (до 5) показателей, и практически не учитывает индивидуальные особенности.

Решение о выборе той или иной концептуальной прогностической модели проводится после сбора и первичного анализа выборочных данных.

Для определения значимых в рамках решаемой задачи показателей, повышающих прогностическую способность модели, проводится статистический анализ данных, характеризующих влияющие факторы и частоты возникновения профессионального или производственно-обусловленного заболевания. В рамках статистического анализа выполняется оценка распределения значений показателей, используемых для моделирования, и их диапазонов вариации, построение трендов и оценка особенностей индивидуальных значений показателей, проверка на статистическую значимость и биологическое правдоподобие межгрупповых различий по исследуемой системе показателей. Полученная в результате информация позволяет оценить достаточность исходных данных для дальнейшего моделирования.

Алгоритм прогнозирования риска возникновения профессионального или производственно-обусловленного заболевания строится на основе модели, позволяющей проводить расчет показателя, характеризующего индивидуальный риск возникновения заболевания при сохранении уровня всех факторов воздействия (условий труда, социально-экономических, образа жизни и т.д.) с вариацией возрастно-стажевой группы. Воздействие производственных и непроизводственных факторов является комплексным, что определяет множественный характер модели. В связи с этим наилучшим подходом для моделирования служит метод построения искусственной нейронной сети.

При построении модели прогнозирования рисков здоровью, обусловленных профессиональным заболеванием, проводится разделение выборочной совокупности на обучающую и контрольную подвыборки, первая из которых участвует в непосредственной параметризации модели, вторая – в проверке качества прогнозирования. При подготовке данных для моделирования для каждой нозологической единицы необходимо выделить две категории работников, отличающихся условиями осуществления трудового процесса и наличием установленного профессионального заболевания:

– работники группы наблюдения (с вредными условиями труда) с наличием профессионального заболевания;

– работники группы сравнения (без вредных условий труда) с отсутствием профессионального заболевания.

Подготовка данных для моделирования риска здоровью, обусловленного развитием производственно-обусловленного заболевания, для каждой нозологической единицы или группы болезней включает выделение пяти категорий работников, отличающихся условиями осуществления трудового процесса и доказанными / недоказанными / отсутствием производственно-обусловленных заболеваний:

– работники группы наблюдения (с вредными условиями труда) с доказанным фактом производственно-обусловленного заболевания;

– работники группы наблюдения (с вредными условиями труда) с хроническим заболеванием, обусловленным непроизводственными причинами;

– работники группы наблюдения (с вредными условиями труда) без хронических заболеваний;

– работники группы сравнения (без вредных условий труда) с хроническим заболеванием, обусловленным непроизводственными причинами;

– работники группы сравнения (без вредных условий труда) без хронических заболеваний.

Процедура моделирования проводится в несколько итераций с варьированием структуры моделей (вариации по количеству слоев и количеству нейронов в каждом слое) с определением наилучшей по величине коэффициента детерминации. Для оптимальной (выбранной в качестве наилучшей) модели проводится анализ чувствительности и специфичности, в результате которого определяют критерии классификации уровня вероятности возникновения профессионального или производственно-обусловленного заболевания.

Построенная нейросетевая прогностическая модель ориентирована на определение вероятности возникновения профессиональных или производственно-обусловленных заболеваний при индивидуальном сочетании всех влияющих на него факторов. Переход на индивидуальный уровень от вероятностей и возникновения заболеваний к рискам здоровью работника проводится, исходя из классического определения, что риск – это совокупность вероятности и тяжести последствий. Другими словами, критичность риска определяется значением вероятности негативных ответов со стороны здоровья работника, умноженной на значение тяжести его последствий [23, 24].

При апробации моделей проводится их частичная реализация в виде шаблонов MS Excel индивидуально для каждого работника из числа работающих в настоящее время (минимально достаточное количество – 150 человек). Проводя незначительные вариации факторов относительно индивидуальных значений (например, изменяя их на 10 % в обе стороны), рассчитывается вероятность возникновения профессионального или производственно-обусловленного заболевания, выполняется ранжирование факторов по уровням воздействия, оценива-

ется вклад факторов в развитие заболевания. Для каждого работника из выборки проводится расчет критерия, характеризующего риск возникновения заболеваний с учетом изменения возрастной и стажевой группы.

Практическая реализация доработанной модели осуществляется с помощью программного обеспечения, выполняющего основной функционал работы с исходными данными, расчетов и вывода результатов.

Построение прогностической цифровой модели формирования персонального риска здоровью, обусловленного развитием профессионального заболевания, осуществляется на основе ретроспективных данных об условиях труда, социально-экономических показателях, факторах образа жизни и общем соматическом состоянии здоровья работников.

В качестве входных переменных используется система показателей, отражающих следующие группы индивидуальных факторов:

- возраст, стаж работы – по сведениям кадровой службы организации;
- условия труда – санитарно-гигиеническая характеристика по результатам аттестации рабочих мест по условиям труда и сертификации работ по охране труда в организации;
- показатели состояния здоровья – наличие и конкретный диагноз профессионального заболевания (по результатам проведения ПМО, специального обследования для уточнения диагноза, сведений по обращаемости за медицинской помощью) – сведения ЛПУ, осуществляющего ПМО; данные территориального фонда обязательного медицинского страхования за 5-летний период, предшествующий дате установления профессионального заболевания;
- социально-экономические условия, образ жизни, профилактические мероприятия, проводимые самим работником и работодателем, – по результатам индивидуального медико-социологического исследования по специально разработанной анкете;
- показатели индивидуального социального пакета, предоставляемого со стороны организации, – сведения кадровой службы, бухгалтерии организации.

Для построения модели отбирается выборочная совокупность работников, осуществляющих трудовой процесс в исследуемых подразделениях, характеризующихся вредными и опасными условиями труда (обучающая выборка). Выборка дифференцирована: лица с установленным профессиональным заболеванием (например, нейросенсорная тугоухость, вибрационная болезнь, дорсопатия, радикулопатия, пылевой бронхит – все случаи заболеваний за 10-летний период – группа наблюдения) и лица с отсутствием профессионального заболевания (группа сравнения). Выборки должны быть сопоставимы по возрастной и стажевой структуре. При отсутствии указанного количества случаев установленных профессиональных заболеваний возможно построение моделей на имеющихся доступных данных в меньшем объеме при снижении требований к

прогностической значимости моделей. Для каждого индивидуума обучающей выборки необходимо собрать возможно полную информацию по всей системе показателей, основываясь на всех доступных источниках информации. Сбор информации по бывшим сотрудникам осуществляется по данным, полученным по запросу из архивов и проведению личного опроса. При невозможности проведения личного опроса целесообразно применение дистанционных методов социологического исследования (опрос с помощью социальных сетей и др.).

Построение прогностической цифровой модели формирования персонального риска здоровью, обусловленного развитием заболеваний, связанных с работой, осуществляется на основе фактических данных об условиях труда, социально-экономических показателях, факторах образа жизни и состоянии здоровья работников.

В качестве заболеваний, связанных с работой, могут выступать практически любые нарушения здоровья (отдельные нозологические единицы или группы болезней), для которых наблюдается статистическая связь с факторами, характеризующими условия производственного процесса, а именно, условия труда и стаж.

При построении прогностической модели учитывается весь спектр действующих факторов (производственные, социальные, экономические, образ жизни). В качестве входных переменных используется система показателей, отражающих следующие группы индивидуальных факторов:

- возраст, стаж работы – по сведениям кадровой службы организации;
- условия труда – санитарно-гигиеническая характеристика – по результатам лабораторно-инструментальных исследований условий труда на рабочих местах работников основных профессий изучаемого производства;
- показатели состояния здоровья – выявление производственно-обусловленных заболеваний по критериям связи нарушений здоровья с воздействием условий труда – по результатам углубленного медицинского обследования работников;
- социально-экономические условия, образ жизни, профилактические мероприятия, проводимые самим работником и работодателем – по результатам индивидуального медико-социологического исследования по специально разработанной анкете.

Для информационного обеспечения построения прогностической модели необходимо выполнить сравнительную гигиеническую оценку условий труда, детализированную лабораторно-инструментальными исследованиями на рабочих местах работников основных профессий исследуемого производства и на рабочих местах работников, условия труда которых не связаны с воздействием изучаемых факторов. Минимальное достаточное общее количество рабочих мест для выполнения исследований определяется, исходя из структуры основных профессий изучаемо-

го производства (10%-ная выборка). Содержание и объем исследований на каждом выбранном рабочем месте определяются видом конкретного технологического процесса и включают:

- отбор максимальных разовых и среднесменных проб воздуха рабочей зоны с фиксацией метеопараметров и химико-аналитическое количественное определение в них содержания вредных веществ, специфичных для изучаемого технологического процесса;

- инструментальные замеры интенсивности физических факторов на каждом рабочем месте: эквивалентный уровень шума, общая и локальная вибрация, инфра- и ультразвук, микроклимат и др.;

- оценка тяжести трудового процесса по комплексу показателей (физическая динамическая нагрузка; масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную; стереотипные рабочие движения; статическая нагрузка; рабочая поза; наклоны корпуса; перемещение в пространстве).

Выявление производственно-обусловленных заболеваний по критериям связи нарушений здоровья с воздействием условий труда работников осуществляется на основании результатов сравнительного углубленного медицинского обследования и медико-социологического опроса работников на индивидуальном уровне. Проводится углубленное обследование работников основных профессий, занятых на изучаемых рабочих местах (группа наблюдения). В качестве контроля для проведения сравнительных оценок проводится углубленное обследование работников, деятельность которых не связана с изучаемыми производственными факторами (группа сравнения). Для обеспечения репрезентативности полученных результатов выборочные совокупности должны быть сопоставимы по численности, возрасту и стажу работы.

Объем и перечень диагностических мероприятий обосновываются с учетом ведущих производственных факторов и патогенетически связанных с ними морфофункциональных нарушений со стороны критических органов и систем и включают:

- медико-социологическое анкетирование работников (по социально-экономическим параметрам и факторам образа жизни – не менее 50 показателей);

- химико-аналитическое исследование биологических сред (крови, мочи) на содержание (количественно не менее 25 биомаркеров экспозиции) химических веществ, адекватных химическим производственным факторам риска;

- генетические исследования на определение чувствительности организма работников к воздействию ведущих производственных факторов и индивидуальной предрасположенности к развитию заболеваний органов-мишеней;

- клинические и функционально-инструментальные исследования функционального состояния критических органов и систем (порядка 120 показателей), модификация функций которых обусловлена

воздействием ведущих производственных факторов риска;

- биохимические, иммунологические, общеклинические исследования, (порядка 110–130 показателей), уточняющие патогенетическую направленность негативного воздействия производственных факторов, форму и выраженность манифестации патологического процесса.

Полученные результаты всего комплекса выполненных исследований условий труда и состояния здоровья работников заносят в информационную базу оцифрованных данных в формате Excel.

Сопряженная обработка результатов химико-аналитических, клинико-функциональных, лабораторных исследований состояния здоровья и лабораторно-инструментальных исследований условий труда работников проводится на основе методов параметрической статистики с оценкой нормальности распределения и его параметров (математическое ожидание, дисперсия) для каждого показателя, включает сравнительную оценку результатов обследования работников группы наблюдения относительно группы сравнения.

Для выявления причинно-следственных связей показателей состояния здоровья работников с показателями комплексного воздействия факторов трудового процесса проводится математическое моделирование и анализ установленных зависимостей:

- содержания химического вещества в организме (в крови / моче) от экспозиции химического фактора (экспозиция – маркер экспозиции);

- негативный ответ организма в виде заболевания (частота заболеваний по диагнозам, поставленным при углубленном обследовании) на воздействие экспозиции (для химических, физических и психофизиологических факторов) (экспозиция – негативный ответ);

- негативный эффект, характеризующийся отклонением лабораторного, функционального, инструментального показателя, в ответ на воздействие производственных химических (содержание химического вещества в организме (в крови / моче)), физических и психофизиологических факторов (маркер экспозиции – маркер негативного эффекта).

Для обоснования патогенетически значимых маркеров ранней диагностики производственно-обусловленных заболеваний для каждого вида профессиональной деятельности проводится многофакторное моделирование зависимости вероятности развития клинико-функциональных, биохимических, общеклинических, иммунологических нарушений от воздействия комплекса вредных производственных факторов. На основании экспертной оценки системы установленных параметризованных достоверных причинно-следственных связей «экспозиция – маркер экспозиции – маркер негативного эффекта – негативный ответ» на биологическое правдоподобие устанавливается комплекс маркеров

и их критериев для выявления и доказательства производственной обусловленности заболевания.

Построение прогностической цифровой модели для оценки эволюции уровня персонального риска профессионального или производственно-обусловленного заболевания осуществляется на основе нейросетевого программирования. Для формирования обучающей выборки, необходимой для построения модели развития производственно-обусловленных заболеваний, проводится идентификация работников с болезнями, доказано связанными с условиями труда, в каждой профессиональной группе.

Результаты идентификации работников с доказанной производственной обусловленностью выявленных заболеваний являются информационной основой для построения цифровой модели прогнозирования риска здоровью, обусловленного развитием заболеваний, связанных с работой, и разработки направлений медико-профилактических мероприятий.

Для информационного обеспечения решения задачи моделирования выполняется сбор информации по работникам, осуществляющим трудовую деятельность в настоящее время с доказанными производственно-обусловленными заболеваниями, с болезнями, не являющимися производственно-обусловленными, а также по работникам без заболеваний.

Из всего перечня информации, полученной на этапе углубленных исследований по каждому работнику, выделяются:

- показатели, характеризующие условия труда;
- показатели социально-экономических условий проживания и образа жизни;
- лица с заболеваниями, диагностированными в ходе углубленных исследований и отнесенными к производственно-обусловленным.

Оценка персонального риска здоровью, обусловленного развитием профессиональных заболеваний или заболеваний, связанных с трудовой деятельностью у работников, на основе фактических данных. Перед внедрением и тиражированием разработанной риск-ориентированной системы прогнозирования проводится пробная эксплуатация разработанных цифровых моделей для расчета персонального риска здоровью, обусловленного развитием профессиональных заболеваний или заболеваний, связанных с работой у работников, на основе фактических данных об условиях труда, социально-экономических показателях, факторах образа жизни. Для каждого работника специально сформированной тестовой выборки (не менее 100) выполняется сбор фактической персональной информации на основе расширенного анкетирования. По фактическим данным выполняется расчет индивидуальных вероятностей возникновения

профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний по всем разработанным моделям, соответствующим отдельным нозологическим формам, а также их интегрирование в показатели профессионального и производственно-обусловленного риска⁸.

Статистическая обработка результатов расчета индивидуальных вероятностей и индивидуальных рисков формирования профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний и аналитическое обобщение всей полученной информации позволяет сформировать персональные списки работников, соотнесенные с профессиональной, возрастной и стажевой группой.

Оценка и обобщенная характеристика рисков здоровью, обусловленных развитием профессиональных заболеваний и производственно-обусловленных заболеваний, позволяет получать агрегированные характеристики отдельных рабочих мест, профессий, подразделений предприятия с целью формирования программ управления рисками, оценки масштаба возможных потерь со стороны здоровья и необходимых экономических затрат на их компенсацию.

Прогноз сокращения периода профессиональной трудоспособности работников, связанного с условиями труда, является групповой оценкой и выполняется для групп работников, объединенных по профессиональному, стажевому, возрастному и другим признакам. В основе расчета лежат индивидуальные значения ожидаемого времени потери трудоспособности за счет формирования риска здоровью, обусловленного профессиональными и производственно-обусловленными заболеваниями. Для каждого работника, вошедшего в тестовую выборку при пробной эксплуатации моделей, проводится расчет ожидаемого времени наступления потери трудоспособности за счет рисков профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний с учетом их индивидуальных условий труда, возрастно-стажевых, социально-экономических, генетических и других характеристик.

Расчет ожидаемого сокращения персональной трудовой активности после осреднения по категориям работников позволяет определить среднее сокращение периода профессиональной трудоспособности работников для каждой рассматриваемой профессиональной, стажевой и возрастной группы.

Установленные среднегрупповые значения сокращения времени профессиональной трудоспособности работников с учетом профессии, возраста и стажа исследуемого контингента являются основой разработки порядка и условий тиражирования риск-ориентированной системы анализа и прогноза на все предприятия изученного профиля промышленного

⁸ Р 2.1.10.3968-23. Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. – 221 с.

производства. Показатель среднегруппового сокращения периода профессиональной трудоспособности является критерием определения приоритетов по рассматриваемым профессиям, возрастным и стажевым группам для принятия научно обоснованных управленческих решений, в том числе в части адресных медико-профилактических и санитарно-гигиенических мероприятий по предупреждению и минимизации последствий вредного воздействия факторов трудового процесса.

Разработка адресных медико-профилактических мероприятий для работников проводится дифференцированно с учетом степени выраженности риска развития заболеваний, а именно:

- с высоким и средним риском развития профессиональных заболеваний;
- с низким риском развития профессиональных заболеваний;
- с состоявшимися производственно-обусловленными заболеваниями;
- с высоким и средним риском развития производственно-обусловленных заболеваний;
- с низким риском развития производственно-обусловленных заболеваний;
- с состоявшимися хроническими заболеваниями, не связанными с факторами трудового процесса;
- с отсутствием хронических заболеваний.

Адресные медико-профилактические мероприятия направлены:

- при риске развития профессионального заболевания – на предотвращение прогрессирования ключевых патогенетически значимых нарушений здоровья, индуцированных ведущими факторами трудового процесса, для предупреждения перехода в фактически состоявшееся профессиональное заболевание;
- при состоявшихся производственно-обусловленных заболеваниях – на коррекцию основных патогенетических звеньев развития заболевания, ассоциированного с воздействием производственных факторов риска, для снижения тяжести и частоты рецидивов, предупреждения развития осложнений;
- при риске развития производственно-обусловленных заболеваний – на восстановление баланса нарушений основных звеньев гомеостатического равновесия (нейрогуморального, энергетического, окислительно-антиоксидантного, кислотно-щелочного и др.), инициированных ведущими факторами трудового процесса, для превенции формирования заболеваний, связанных с работой;
- при состоявшихся хронических заболеваниях, не связанных с факторами трудового процесса, – на коррекцию основных патогенетических звеньев развития заболевания для снижения тяжести и частоты рецидивов, предупреждения развития осложнений;
- при отсутствии заболеваний – на предотвращение развития функциональных расстройств систем адаптации.

Первоочередным медико-профилактическим мероприятиям подлежат работники с высоким риском

развития профессионального или производственно-обусловленного заболевания, а также с состоявшимся производственно-обусловленным заболеванием. Содержание и объем медико-профилактических мероприятий определяются нозологической формой и тяжестью течения заболевания, патогенетическими механизмами формирования патологического процесса с учетом вклада ведущих производственных факторов риска, наличием осложнений.

Медико-профилактические мероприятия для работников с состоявшимися профессиональными заболеваниями осуществляются в соответствии с действующими протоколами и стандартами оказания медицинской помощи и приказом МЗ РФ от 28.01.2021 № 29н, национальным руководством «Профессиональная патология» (2011). Медико-профилактические мероприятия для работников с высоким риском развития профессионального заболевания, с состоявшимися производственно-обусловленными заболеваниями или риском их развития осуществляются в соответствии с разработанными протоколами и стандартами оказания специализированной медицинской помощи, учитывающими патогенетические механизмы формирования производственно-обусловленной патологии.

Основные направления адресных лечебно-профилактических мероприятий в отношении лиц с состоявшимися производственно-обусловленным заболеваниями и риском их развития на примере патологии сердечно-сосудистой системы, ассоциированной с воздействием комплекса металлов и органических соединений у подземных горнорабочих, включают:

- снижение содержания меди, свинца, марганца, никеля, хрома, мышьяка, бензола в биосредах (элиминационные мероприятия),
- восстановление функционального состояния эндотелия сосудов,
- восстановление баланса окислительно-антиоксидантных процессов,
- восстановление реологических свойств крови,
- коррекция липидного и углеводного обменов,
- коррекция водно-электролитного баланса и обмена витаминов.

По завершению реализации комплекса санитарно-гигиенических и адресных медико-профилактических мероприятий проводится оценка их эффективности по критерию снижения профессиональной и производственно-обусловленной заболеваемости (на основании сравнительного анализа до и после мероприятий) и предотвращенного периода сокращения профессиональной трудоспособности работников, связанного с условиями труда.

Для внедрения разработанных прогностических цифровых моделей для оценки эволюции риска развития профессиональных или производственно-обусловленных заболеваний на конкретном предприятии необходимо разработать корпоративный руководящий документ с учетом практики подготовки корпоратив-

ных документов хозяйствующего субъекта в сфере охраны труда и здоровья работающих. Специальная часть руководящего документа содержит рекомендации по включению разработанного программного обеспечения, реализующего прогностические модели в корпоративную информационную систему.

Выводы. Разработанные прогностические цифровые нейросетевые модели, обученные на ретроспективных или фактических данных об условиях труда, состоянии здоровья, социально-экономических условиях и факторах образа жизни, являются информационно-аналитической основой проведения расчетов и оценки эволюции персональных и групповых (профессия, возраст, стаж) рисков здоровью, обусловленных развитием профессиональных или производственно-обусловленных заболеваний у работников.

Результаты оценки персонального риска здоровью, обусловленного развитием профессиональ-

ных или заболеваний, связанных с работой, позволяют выполнить прогноз предотвращенного периода сокращения профессиональной трудоспособности работников, связанного с условиями труда, конкретно для каждой изученной профессии, возраста и стажа. Разработка и принятие научно обоснованных управленческих решений, направленных на сохранение профессионального долголетия, основанные на результатах приоритизации по критерию предотвращенного периода сокращения профессиональной трудоспособности, позволят существенно повысить эффективность корпоративной здоровьесберегающей политики.

Финансирование. Работа не имела спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Workers' health: global plan of action. Sixtieth World Health Assembly. – Geneva: WHO, 2007. – 12 p.
2. Клинико-гигиенические аспекты риска развития и прогрессирования пылевой бронхолегочной патологии у работников различных отраслей экономики под воздействием производственных факторов риска / А.Б. Бакиров, С.Р. Мингазова, Л.К. Каримова, П.В. Серебряков, Г.Ф. Мухаммадиева // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 3. – С. 83–91. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.10
3. Производительность труда и российский человеческий капитал: парадоксы взаимосвязи?: доклад к XXII Апрельскому междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 13–30 апр. 2021 г. / В.Е. Гимпельсон, Д.А. Авдеева, Н.В. Акиндинова, И.Б. Воскобойников, М.Б. Денисенко, Ю.В. Симачев, П.В. Травкин, А.А. Федюнина; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. – 61 с.
4. Распространенность сердечно-сосудистой патологии у работников алюминиевой промышленности / Н.И. Панев, О.Ю. Коротенко, С.Н. Филимонов, Е.А. Семёнова, Р.Н. Панев // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 3. – С. 276–279. DOI: 10.47470/0016-9900-2019-98-3-276-279
5. Титова Е.Я., Голубь С.А. Современные проблемы охраны здоровья работников крупного промышленного предприятия, работающих в условиях профессиональных вредностей // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 4. – С. 83–90. DOI: 10.21668/health.risk/2017.4.09
6. Основные проблемы совершенствования правовых механизмов сохранения профессионального здоровья работающего населения / В.Л. Ромейко, Е.Л. Потеряева, Г.П. Ивлева, Н.В. Кругликова, Н.Л. Труфанова // Здоровье населения и среда обитания – ЗНСО. – 2018. – № 10 (307). – С. 46–49.
7. Деготькова И., Ткачёв И. Эксперты оценили убыль рабочей силы в России к концу десятилетия [Электронный ресурс] // РБК. – URL: <https://www.rbc.ru/economics/01/06/2022/6294c6b89a7947c8beb41030> (дата обращения: 07.07.2023).
8. Завершилась Всероссийская неделя охраны труда-2021 «Рискам – нет!» в Москве [Электронный ресурс] // Профессиональное издательство. – URL: https://www.profiz.ru/sec/blog/post_6940/ (дата обращения: 01.11.2023).
9. Корпоративные системы охраны здоровья и формирования здорового образа жизни: резолюция конференции [Электронный ресурс] // Здоровье нации – основа процветания России: Всероссийский форум. – Москва, 11 мая 2023 года. – URL: <https://rspp.ru/upload/iblock/ccf/opfnzjwk5yxfmmqsygm1si302wuko4a/Rezolyutsiya.pdf> (дата обращения: 01.11.2023).
10. Бухтияров И.В. Современное состояние и основные направления сохранения и укрепления здоровья работающего населения России // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 9. – С. 527–532. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532
11. Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В., Денисов Э.И. Оценка профессиональных рисков для здоровья в системе доказательной медицины // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2016. – № 1. – С. 14–20.
12. Iftime M.D., Dumitrascu A.-E., Ciobanu V.D. Chainsaw operators' exposure to occupational risk factors and incidence of professional diseases specific to the forestry field // Int. J. Occup. Saf. Ergon. – 2022. – Vol. 28, № 1. – P. 8–19. DOI: 10.1080/10803548.2019.1703336
13. Масленикова Г.Я., Оганов Р.Г. Профилактика неинфекционных заболеваний как возможность увеличения ожидаемой продолжительности жизни и здорового долголетия // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2019. – Т. 18, № 2. – С. 5–12. DOI: 10.15829/1728-8800-2019-2-5-12
14. Информирование о рисках здоровью как составляющая риск-ориентированной модели оказания медицинской помощи работающему населению / В.Г. Костарев, С.Ю. Тендрякова, Е.М. Власова, О.Ю. Устинова, М.М. Порошина, А.О. Барг // Здоровье населения и среда обитания – ЗНСО. – 2019. – № 2 (311). – С. 4–8. DOI: 10.35627/2219-5238/2019-311-2-4-8
15. Совершенствование механизмов выявления ранних признаков нарушения здоровья для сохранения трудового долголетия / И.В. Бухтияров, Л.П. Кузьмина, Н.И. Измерова, Н.П. Головкина, О.П. Непершина // Медицина труда и промышленная экология. – 2022. – Т. 62, № 6. – С. 377–387. DOI: 10.31089/1026-9428-2022-62-6-377-387

16. Охрана здоровья на рабочем месте [Электронный ресурс] // ВОЗ. – 2017. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/protecting-workers-health> (дата обращения: 01.11.2023).

17. Корпоративные программы укрепления здоровья работников – обзор зарубежных публикаций / М.В. Попович, А.В. Маньшина, А.В. Концевая, О.М. Драпкина // Профилактическая медицина. – 2020. – Т. 23, № 3. – С. 156–161. DOI: 10.17116/profmed202023031156

18. Методические подходы к оценке и прогнозированию индивидуального риска здоровью при воздействии комплекса разнородных факторов для задач персонализированной профилактики / М.А. Землянова, Н.В. Зайцева, Д.А. Кирьянов, О.Ю. Устинова // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97, № 1. – С. 34–43. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-1-34-43

19. Панова Т.В. Здоровье работающего населения важнейшее условие качества производительности труда // Экономические науки. – 2018. – № 161. – С. 39–41.

20. Реабилитация работников титано-магниевого производства с установленным заболеванием верхних дыхательных путей / Т.А. Пономарева, А.А. Воробьева, Е.М. Власова, О.Ю. Устинова // Медицина труда и экология человека. – 2019. – № 4 (20). – С. 39–49. DOI: 10.24411/2411-3794-2019-10046

21. Корпоративные программы профилактики нарушений здоровья у работников вредных предприятий как инструмент управления профессиональным риском / О.Ю. Устинова, Н.В. Зайцева, Е.М. Власова, В.Г. Костарев // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 2. – С. 72–82. DOI: 10.21668/health.risk/2020.2.08

22. Nowak M., Mierzwik R., Butlewski M. Occupational risk assessment with grey system theory // Cent. Eur. J. Oper. Res. – 2020. – Vol. 28. – P. 717–732. DOI: 10.1007/s10100-019-00639-8

23. Aven T. Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation // European Journal of Operational Research. – 2016. – Vol. 253. – P. 1–13. DOI: 10.1016/j.ejor.2015.12.023

24. Marica L., Irimie S., Baleanu V. Aspects of occupational morbidity in the mining sector // Procedia Economics and Finance. – 2015. – Vol. 23. – P. 146–151. DOI: 10.1016/S2212-5671(15)00368-8

Концептуальные основы корпоративной интеллектуальной риск-ориентированной системы анализа, прогноза и профилактики профессиональных и производственно-обусловленных нарушений здоровья работников / Н.В. Зайцева, Д.А. Кирьянов, М.А. Землянова, Д.В. Горяев, О.Ю. Устинова, П.З. Шур // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 4. – С. 19–32. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.02

UDC 613.6

DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.02.eng



Research article

CONCEPTUAL FOUNDATIONS OF A CORPORATE INTELLIGENT RISK-BASED SYSTEM FOR ANALYSIS, PREDICTION AND PREVENTION OF OCCUPATIONAL AND WORK-RELATED HEALTH DISORDERS OF WORKERS

N.V. Zaitseva^{1,2}, D.A. Kiryanov¹, M.A. Zemlyanova¹, D.V. Goryaev³,
O.Yu. Ustinova¹, P.Z. Shur¹

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

²Department of Medical Sciences, Russian Academy of Sciences, 14 Leninskii Av., Moscow, 119071, Russian Federation

³Krasnoyarsk Regional Office of the Federal Service for Surveillance over Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 21 Karatanova St., Krasnoyarsk, 660097, Russian Federation

The relevance of the study is determined by the strategic interests of the Russian Federation dictating the need to achieve a national priority, which is the development of human potential. Given the ongoing reduction in labor force against a background of depopulation processes, finding a solution to the problem seems especially relevant.

The purpose of this study is to develop a scientific conceptual framework for an intelligent risk-based innovative system for analysis, prediction and prevention of occupational and work-related health disorders of workers. This will help substantiate keynote sanitary-hygienic and medical-preventive measures aimed at reducing losses in healthy life expectancy and increasing occupational longevity.

The main theoretical idea is based on a unique information-intellectual innovative system for analyzing and predicting cause-and-effect relationships between the effects of harmful and hazardous occupational factors and the resulting health problems of workers, occupational diseases included.

The developed predictive digital neural network models, trained on retrospective or actual data on working conditions, health status, socio-economic conditions and lifestyle factors, are the information and analytical basis for carrying out calculations and assessing the evolution of personal and group (occupation, age, and work records) health risks caused by occupational or work-related diseases in workers. This provides solid grounds for making a forecast of a prevented period of reduction in occupational working capacity associated with working conditions, specifically for each examined occupation, age, and work records. Such forecasts are an eligible information basis for developing and making well-grounded managerial decisions including those concerning sanitary, hygienic and medical preventive measures aimed at preserving occupational longevity. This will significantly increase effectiveness of corporate health-preserving policies.

Keywords: corporate risk-based system, concept, workers' health, harmful and hazardous working conditions, occupational diseases, work-related diseases, medical and preventive measures, occupational longevity.

References

1. Workers' health: global plan of action. Sixtieth World Health Assembly. Geneva, WHO, 2007, 12 p.
2. Bakirov A.B., Mingazova S.R., Karimova L.K., Serebryakov P.V., Mukhammadiyeva G.F. Risk of dust bronchopulmonary pathology development in workers employed in various economic branches under impacts exerted by occupational risk factors: clinical and hygienic aspects. *Health Risk Analysis*, 2017, no. 3, pp. 83–91. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.10.eng
3. Gimpel'son V.E., Avdeeva D.A., Akindinova N.V., Voskoboinikov I.B., Denisenko M.B., Simachev Yu.V., Travkin P.V., Fedyunina A.A. Proizvoditel'nost' truda i rossiiskii chelovecheskii kapital: paradoksy vzaimosvyazi? [Workforce productivity and Russian human capital: the paradoxes of the relationship?]: the report to XXII Aprel'skoi mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii po problemam razvitiya ekonomiki i obshchestva, Moscow, April 13–30, 2021. Moscow, HSE University Publ., 2021, 61 p. (in Russian).
4. Panev N.I., Korotenko O.Yu., Filimonov S.N., Semenova E.A., Panev R.N. Prevalence of cardiovascular pathology in workers of the aluminum industry. *Gigiena i sanitariya*, 2019, vol. 98, no. 3, pp. 276–279. DOI: 10.47470/0016-9900-2019-98-3-276-279 (in Russian).
5. Titova E.Ya., Golub' S.A. Contemporary problems of health protection for workers employed at a large industrial enterprise and working under occupational hazards. *Health Risk Analysis*, 2017, no. 4, pp. 83–90. DOI: 10.21668/health.risk/2017.4.09.eng
6. Romeyko V.L., Poteryaeva E.L., Ivleva G.P., Trufanova N.L. The main problems concerning improvement for legal mechanisms of maintaining professional health of the working population. *ZNiSO*, 2018, no. 10 (307), pp. 46–49 (in Russian).
7. Degot'kova I., Tkachyov I. Eksperty otsenili ubyl' rabochei sily v Rossii k kontsu desyatiletia [Experts estimated the decline in workforce in Russia by the end of the decade]. *RBC.Ru*. Available at: <https://www.rbc.ru/economics/01/06/2022/6294c6b89a7947c8beb41030> (July 7, 2023) (in Russian).
8. Zavershilas' Vserossiiskaya nedelya okhrany truda-2021 «Riskam – net!» v Moskve [The All-Russian Work Safety Week 2021 “No risks!” has ended in Moscow]. *Professional'noe izdatel'stvo*. Available at: https://www.profiz.ru/sec/blog/post_6940/ (November 1, 2023) (in Russian).
9. Korporativnye sistemy okhrany zdorov'ya i formirovaniya zdorovogo obraza zhizni: Rezolyutsiya Konferentsii [Corporate systems for protecting health and the formation of a healthy lifestyle: resolution of the conference]. *Zdorov'e natsii – osnova protsivnaniya Rossii: Vserossiiskii forum [Health of the nation is the basis of prosperity of Russia: the All-Russian forum]*, Moscow, May 11, 2023. Available at: <https://rspp.ru/upload/iblock/ccf/opfnizijwk5yxfmmqsygm1si302wuko4a/Rezolyutsiya.pdf> (November 1, 2023) (in Russian).
10. Bukhtiyarov I.V. Current state and main directions of preservation and strengthening of health of the working population of Russia. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2019, vol. 59, no. 9, pp. 527–532. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532 (in Russian).

© Zaitseva N.V., Kiryanov D.A., Zemlyanova M.A., Goryaev D.V., Ustinova O.Yu., Shur P.Z., 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>).

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>).

Marina A. Zemlyanova – Doctor of Medical Sciences, Chief Researcher with the duties of the Head of the Department of Biochemical and Cytogenetic Methods of Diagnostics (e-mail: zem@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-39-30; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8013-9613>).

Dmitrii V. Goryaev – 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>).

Olga Yu. Ustinova – Doctor of Medical Sciences, Deputy Director responsible for Clinical Work (e-mail: ustinova@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-32-64; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9916-5491>).

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>).

11. Izmerov N.F., Bukhtiyarov I.V., Denisov E. Evaluation of occupational risks in the system of evidence-based medicine. *Voprosy shkol'noi i universitetskoi meditsiny i zdorov'ya*, 2016, no. 1, pp. 14–20 (in Russian).
12. Iftime M.D., Dumitrascu A.-E., Ciobanu V.D. Chainsaw operators' exposure to occupational risk factors and incidence of professional diseases specific to the forestry field. *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, 2022, vol. 28, no. 1, pp. 8–19. DOI: 10.1080/10803548.2019.1703336
13. Maslennikova G.Ya., Oganov R.G. Prevention of noncommunicable diseases as an opportunity to increase life expectancy and healthy longevity. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*, 2019, vol. 18, no. 2, pp. 5–12. DOI: 10.15829/1728-8800-2019-2-5-12 (in Russian).
14. Kostarev V.G., Tendryakova S.Yu., Vlasova E.M., Ustinova O.Yu., Poroshina M.M., Barg A.O. Risk communication to health as a component of the risk-oriented model for the providing medical care to working population. *ZNiSO*, 2019, no. 2 (311), pp. 4–8. DOI: 10.35627/2219-5238/2019-311-2-4-8 (in Russian).
15. Bukhtiyarov I.V., Kuzmina L.P., Izmerova N.I., Golovkova N.P., Nepershina O.P. Improvement of mechanisms of detecting early signs of health disorders for preservation labor longevity. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2022, vol. 62, no. 6, pp. 377–387. DOI: 10.31089/1026-9428-2022-62-6-377-387 (in Russian).
16. Protecting workers' health. *WHO*, November 30, 2017. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/protecting-workers-health> (November 1, 2023).
17. Popovich M.V., Manshina A.V., Kontsevaya A.V., Drapkina O.M. Corporate worker health promotion programs – review of foreign publications. *The Russian Journal of Preventive Medicine*, 2020, vol. 23, no. 3, pp. 156–161. DOI: 10.17116/profmed202023031156 (in Russian).
18. Zemlyanova M.A., Zaitseva N.V., Kiryanov D.A., Ustinova O.Yu. Methodological approaches to evaluation and prediction of individual risk to health under the exposure to a complex of different factors for tasks of personalized prophylaxis. *Gigiena i sanitariya*, 2018, vol. 97, no. 1, pp. 34–43. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-1-34-43 (in Russian).
19. Panova T.V. Health of the working population is the most important condition for quality and labor productivity. *Ekonomicheskie nauki*, 2018, no. 161, pp. 39–41 (in Russian).
20. Ponomareva T.A., Vorobeva A.A., Vlasova E.M., Ustinova O.Yu. Rehabilitation of employees of titanium-magnesium production with the installed disease of the upper respiratory ways. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*, 2019, no. 4 (20), pp. 39–49. DOI: 10.24411/2411-3794-2019-10046 (in Russian).
21. Ustinova O.Yu., Zaitseva N.V., Vlasova E.M., Kostarev V.G. Corporate programs for preventing health disorders among workers employed at adverse productions as a tool for occupational risk management. *Health Risk Analysis*, 2020, no. 2, pp. 72–82. DOI: 10.21668/health.risk/2020.2.08.eng
22. Nowak M., Mierzwia R., Butlewski M. Occupational risk assessment with grey system theory. *Cent. Eur. J. Oper. Res.*, 2020, vol. 28, pp. 717–732. DOI: 10.1007/s10100-019-00639-8
23. Aven T. Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*, 2016, vol. 253, pp. 1–13. DOI: 10.1016/j.ejor.2015.12.023
24. Marica L., Irimie S., Baleanu V. Aspects of occupational morbidity in the mining sector. *Procedia Economics and Finance*, 2015, vol. 23, pp. 146–151. DOI: 10.1016/S2212-5671(15)00368-8

Zaitseva N.V., Kiryanov D.A., Zemlyanova M.A., Goryaev D.V., Ustinova O.Yu., Shur P.Z. Conceptual foundations of a corporate intelligent risk-based system for analysis, prediction and prevention of occupational and work-related health disorders of workers. *Health Risk Analysis*, 2023, no. 4, pp. 19–32. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.02.eng

Получена: 10.09.2023

Одобрена: 27.11.2023

Принята к публикации: 21.12.2023

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**Ю.А. Рахманин^{1,2}, Н.С. Додина², А.В. Алексеева¹**¹Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью, Российская Федерация, 119121, г. Москва, ул. Погодинская, 10, стр. 1²Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана, Российская Федерация, 141014, г. Мытищи, ул. Семашко, 2

Масштабное внедрение методологии анализа риска здоровью воздействия различных химических соединений, загрязняющих среду, определило и ряд новых актуализированных проблем для их приоритетного рассмотрения и решения.

Выделены основные этапы развития в Российской Федерации методологии анализа риска для здоровья, связанного с загрязнением среды обитания. Изданные отечественные руководства, посвященные вопросам анализа риска, а также ряд монографий описывают стратегическую роль анализа риска здоровью в решении задач по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия.

Проведен анализ современных путей совершенствования методологии оценки риска здоровью от воздействия химических веществ (ХВ), загрязняющих среду обитания. Обобщены основные подходы, рекомендуемые в зарубежных и отечественных исследованиях, применяемые для повышения качества проводимых исследований, снижения неопределенностей выполняемых расчетов, а также расширения способов количественной оценки риска здоровью. Оценен рост числа зарегистрированных в мире ХВ за последние 65 лет. Обобщена информация по компьютеризированным информационным системам и базам данных, содержащим сведения по параметрам оценки риска здоровью различных ХВ, включая мировые системы, позволяющие оценивать ущерб здоровью от воздействия ХВ (расчет дополнительного числа случаев неблагоприятного исхода воздействия ХВ и др.).

Обобщены различные причины, ведущие к недоучету риска здоровью населения, и описан ряд методических подходов, используемых в научных исследованиях, позволяющих минимизировать недооценку опасности здоровью и снизить неопределенности получаемых результатов.

Методология анализа риска здоровью от загрязнения среды обитания вредными химическими веществами является сложным системным процессом, предусматривающим, с одной стороны, максимально возможное расширение характеристики комплексности химического загрязнения окружающей среды, а с другой – углубление представлений о возможном характере и последствиях негативного воздействия выявленных ХВ на организм человека и опосредованно на значимые социально-экономические показатели общественного развития.

Выявлены современные методические подходы, используемые в оценке риска здоровью населения от воздействия химических веществ, и способы снижения неопределенностей результатов исследований.

Ключевые слова: химическая опасность, анализ риска, управление риском, оценка риска здоровью, оценка ущерба, приоритетные вещества, факторы неопределенности, химические вещества, гигиеническое нормирование.

К середине XX в. значительное расширение знаний о биологическом действии как природных, так и вновь синтезируемых химических веществ (ХВ) проявилось в осознании важности термина «химическая опасность» загрязнения окружающей среды и издании различных (по токсичности, канцерогенности, мутагенности, тератогенности и др.) справочных материалов.

При изучении влияния среды обитания на возможность развития неблагоприятных эффектов

у населения Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) обращает особое внимание на такие повсеместные приоритетные ХВ, как мышьяк, асбест, бензол, кадмий, ртуть, свинец, озон, азот, диоксид, диоксины, фториды, пестициды, взвешенные частицы (PM₁₀, PM_{2.5}), и на такие группы связанных с ними болезней, как онкологические, сердечно-сосудистые, респираторные и эндокринные, заболевания опорно-двигательного аппарата, крови,

© Рахманин Ю.А., Додина Н.С., Алексеева А.В., 2023

Рахманин Юрий Анатольевич – академик Российской академии наук, доктор медицинских наук, профессор, главный научный консультант (e-mail: 71info@sysin.ru; тел.: 8 (495) 540-61-71; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2067-8014>).

Додина Наталья Сергеевна – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела анализа риска здоровью населения (e-mail: skvnata@mail.ru; тел.: 8 (495) 586-11-44; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6693-922X>).

Алексеева Анна Венидиктовна – кандидат медицинских наук, начальник отдела гигиены (e-mail: AAlekseeva@cspmrz.ru; тел.: 8 (495) 540-61-71; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0422-8382>).

мочеполовой системы, психоневрологические нарушения и нарушения развития [1–3].

В самом всеобъемлющем справочнике Chemical Abstract Service Register¹ в США уже в начальный период с 1957 г. – года создания – и по 1965 г. количество вновь регистрируемых химических веществ, материалов, минералов, металлов, сплавов, смесей, полимеров, солей, реагентов, фармацевтических препаратов, приведенных в публикациях с начала XVIII в., достигло ежегодно более 300 тысяч наименований, в период 1976–1990 гг. – 670 тысяч в год, с 1991 по 2005 г. – 1 млн в год, с 2006 по 2015 г. – по 7,5 млн в год, а в последние годы – более 12 млн в год, превысив в 2023 г. общее количество более 204 млн зарегистрированных наименований. Указанное обстоятельство, с одной стороны, и цифровая революция в виде компьютеризационного распределения больших чисел данных – с другой, перевели понятие «химическая опасность» из интуитивно-информационной качественной характеристики во взвешенную комплексную количественную оценку последствий загрязнения окружающей среды химическими веществами на основе оценки риска его для здоровья человека [4].

Список из 150 тысяч химических веществ, в той или иной мере используемых в хозяйственной деятельности, ежегодно пополняется более чем тысячей соединений, из которых лишь около 15 % в возможно полной мере изучается в токсикологическом плане. Согласно материалам ВОЗ (2011), с воздействием ХВ, загрязняющих как окружающую, так и производственные среды, может быть связано в мировом масштабе до 4,9 млн случаев смерти (8,3 % от общего числа) и 89 млн лет жизни, утраченных в результате смертности и инвалидности. А по актуальным данным, «шесть миллионов человек в год умирает из-за воздуха плохого качества, при этом загрязнено более 90 % воздуха Земли»². ВОЗ заявляет, что вклад загрязнения среды в показатели смертности населения в мире составляет: 38 % – атмосферный воздух, 44 % – воздух внутри помещений,

10 % – производственная среда, 8 % – вода и санитарные условия.

Методология количественной оценки риска здоровью при воздействии вредных химических веществ стала развиваться в Российской Федерации в конце 90-х гг. XX в., в результате чего появились первые отчеты по соответствующим научно-исследовательским работам и первые методические рекомендации по критериям оценки риска, расчету доз при оценке многосредового воздействия, оценка факторов канцерогенного потенциала, а также достоинств использования оценки риска здоровью при ведении социально-гигиенического мониторинга³ [4, 5].

Первое монографическое издание, посвященное данной проблеме, появилось в России в 2002 г. [7], где в приложении к методической части были представлены рассчитанные референтные концентрации для кратковременных ингаляционных воздействий и референтные дозы для перорального поступления для 175 химических веществ, а также факторы канцерогенного потенциала для 329 соединений. Уже через два года на основе изложенной в монографии методологии и апробации ее в ряде практических исследований (Москва, Самара, Новокуйбышевск, п. Липяги и др.), а также референтных значений для дополненного ряда химических соединений было разработано и утверждено первое в РФ «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (Р 2.1.10.1920-04, Москва, 2004 г.), в приложениях к которому были приведены референтные концентрации при ингаляционном остром (для 11 ХВ) и хроническом (для 541 ХВ) воздействии, а также референтные дозы при пероральном поступлении в организм 1531 ХВ⁴.

Широкая апробация методологии оценки и управления рисками здоровью от воздействия вредных химических веществ в последующие 10 лет послужила основой для создания монографии, описы-

¹ Chemical Abstract Service (CAS) Registry [Электронный ресурс] // CAS: official web-site. – URL: <https://www.cas.org/cas-data/cas-registry> (дата обращения: 19.07.2023).

² ВОЗ признала воздух Земли смертельно опасным [Электронный ресурс] // Mail.ru. Здоровье. – 2016. – URL: https://health.mail.ru/news/voz_priznala_vozduh_zemli_smertelno_opasnym/ (дата обращения: 19.07.2023).

³ Опыт применения методологии оценки риска в Москве: Отчет по НИР «Разработка и апробация методики оценки риска здоровью населения от промышленных предприятий и автотранспорта на территории Юго-Восточного административного округа Москвы» / С.Л. Авалиани, Н.Н. Филатов, О.И. Аксенова, И.Ф. Волкова [и др.]. – М., 1999. – 116 с.; МосМР 2.1.9.004-03. Критерии оценки риска для здоровья населения приоритетных химических веществ, загрязняющих окружающую среду: методические рекомендации / С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин, Н.Н. Филатов, Т.А. Шашина, З.И. Жолдакова, О.О. Сеницина, Н.С. Скворцова, А.В. Мацюк [и др.]. – М., 2000. – 80 с.; МосМР 2.1.9.003-03. Расчет доз при оценке риска многосредового воздействия химических веществ: Методические рекомендации / С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин, Т.А. Шашина, Е.А. Шашина, О.В. Пономарева, А.З. Гудкевич, Н.Н. Филатов, О.И. Аксенова [и др.]. – М., 2003. – 28 с.; МосМР 2.1.9.005-03. Применение факторов канцерогенного потенциала при оценке риска воздействия химических веществ: методические рекомендации / С.М. Новиков, Б.А. Курляндский, Ю.А. Рахманин, Н.Н. Филатов [и др.]. – М.: Министерство здравоохранения Российской Федерации, Центр госсанэпиднадзора в г. Москве, 2003. – 44 с.

⁴ Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Ю.А. Рахманин, С.М. Новиков, Т.А. Шашина, С.И. Иванов, С.Л. Авалиани, К.А. Буштуева, Е.Н. Беляев, М.В. Фокин [и др.]. – М.: Роспотребнадзор, 2004. – 143 с.

вающей стратегическую роль анализа риска здоровью в решении задач по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия [8], а также последующей разработки «Руководства по комплексной профилактике экологически обусловленных заболеваний на основе оценки риска»⁵.

Масштабное внедрение методологии анализа риска воздействия растущего химического прессинга на здоровье населения определило и ряд новых актуализированных проблем для их приоритетного рассмотрения и решения, в частности, относящихся к факторам неопределенности и социально-экономической целесообразности [9, 10].

Неопределенности могут быть разделены на следующие категории:

- отсутствие или недостаточно полная информация, необходимая для корректной характеристики риска;
- использование параметров для оценки экспозиции и расчета рисков (неопределенность параметров);
- слабость доказательств в научной теории, необходимых для предсказания (прогноза) на основе причинных связей (неопределенности модели).

Обширные исследования, проведенные специалистами наших организаций, показали, что, несмотря на огромную разработанную в РФ нормативную базу по допустимому содержанию ХВ в атмосферном воздухе (1300 предельно допустимых концентраций (ПДК) и 450 ориентировочных безопасных уровней веществ (ОБУВ)), при обследовании источников выбросов в атмосферу загрязняющих веществ подавляющая их часть не имеет пока разработанных для них гигиенических регламентов.

Например, из 171 выявленного ХВ в выбросах автотранспорта к числу ненормированных относится 71 %, из 115 ХВ в выбросах в атмосферу от предприятия кабельной промышленности не нормировано 54, от металлургической промышленности из 73 ХВ не нормировано 77 %, от электрохимической промышленности из 88 ХВ не нормировано 58 %⁶. Даже в табачном дыме из 121 выявляемого ХВ не нормировано 76 %. То же самое отмечается в пред-

приятиях пищевой промышленности (кондитерских, копильных, кофейных): из 70–133 выявляемых ХВ к ненормированным относится 51–69 % [11].

Помимо недоучета опасности здоровью населения за счет невозможности оценки ненормированных веществ, практически важной задачей является оценка экспозиции и рисков от наиболее полного перечня воздействующих веществ. Однако сопоставление результатов отечественных и зарубежных работ, в которых представлены результаты оценки влияния выбросов автотранспорта и промышленных предприятий, демонстрирует ряд методически не решенных вопросов. Использование утвержденных в настоящее время методик расчетов выбросов промышленных предприятий не позволяет прогнозировать загрязнение атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами PM_{10} и $PM_{2.5}$, что в дальнейшем сказывается на невозможности оценки их экспозиции и рисков здоровью [12].

Кроме того, необходимо учитывать, что к источникам загрязнения среды обитания относятся не только стационарные источники, но и передвижные, вклад выбросов которых в формирование рисков здоровью, в том числе канцерогенных, значителен. Соответственно, для получения достоверных результатов и в дальнейшем эффективного управления оценка риска здоровью от воздействия автотранспорта требует максимально полного учета компонентов выбросов, однако результаты собственных исследований демонстрируют также недоучет приоритетных ХВ, характерных для выбросов автотранспорта.

При оценивании распространения уровней приземных концентраций с использованием «Методики определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от автотранспорта» возникают ограничения, связанные с возможностью исключить 10 компонентов (оксиды азота, серы диоксид, $PM_{2.5}$, керосин, углерода оксид, формальдегид, бенз(а)пирен, бензин, метан)⁷. Однако многочисленными исследователями установлен значимый вклад в формирование рисков здоровью населения от содержащихся в выбросах транспорта 1,3-бутадиена, бензола, акролеина⁸ [13].

⁵ Руководство по комплексной профилактике экологически обусловленных заболеваний на основе оценки риска / Ю.А. Рахманин, О.О. Сеницына, С.М. Новиков, С.Л. Авалиани, Т.А. Шашина, В.А. Кислицин, Н.С. Додина, С.А. Скворцовская [и др.]. – М., 2017. – 68 с.

⁶ Малышева А.Г., Рахманин Ю.А. Физико-химические исследования и методы контроля веществ в гигиене окружающей среды. – СПб.: Профессинал, 2012. – 716 с.

⁷ Об утверждении методики определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха: Приказ Минприроды РФ от 27.11.2019 № 804 [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовой портал. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73240708/> (дата обращения: 17.06.2023); Расчетная инструкция (методика) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств на территории крупнейших городов / согласована Письмом Ростехнадзора от 07.12.2006 № 70К-46/853 [Электронный ресурс] // Е-Досье – Электронный эколог. – URL: https://e-ecolog.ru/docs/WiI6HlvrXGIMJyH811Y5V?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F (дата обращения: 17.06.2023).

⁸ Шелмаков С.В., Трофименко Ю.В., Лобиков А.В. Борьба с загрязнением атмосферы дисперсными частицами на автомобильном транспорте: уч. пособие. – М.: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2018. – 164 с.

На примере загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта в г. Санкт-Петербурге⁹ показано [14], что значительный недоучет рисков здоровью отмечен за счет не учитываемых ранее металлов (Pb, Cr, Ni, Cd, Al, Mo, Zn, Cu), мелкодисперсной пыли (PM₁₀ и PM_{2.5}) и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) [15], поступающих от истирания шин, тормозных колодок и асфальтового покрытия, а их удельный вес во влиянии на заболеваемость детского контингента по всем изученным патологическим проявлениям был значительным.

Как показали исследования, в жилых помещениях загрязнение ХВ находится, как правило, на более высоком уровне, чем в атмосферном воздухе: из 17 приоритетных ХВ только по содержанию оксида углерода, меди, железа, цинка различий практически не отмечалось, превышение уровней содержания в атмосферном воздухе в пределах от 1,5 до 5–7 раз выявлялось по показателям оксидов азота, свинца, хрома, кадмия, толуола, ксилола, фенола, по показателям формальдегида, ацетона, бензола, этилбензола, стирола – от 2 до 50 раз, по этилацетату – от 2 до 100 раз¹⁰. Отмечено, что если медь, железо, цинк поступают в жилище только из наружного воздуха, а формальдегид, фенол, стирол, ацетон, этилацетат, ксилол, толуол – только из строительных, отделочных материалов, бытовой химии, косметики, то остальные попадают в воздух жилищ из обоих источников поступления. При этом показано, что из 156 органических соединений, выявляемых в воздухе жилищ при ремонте помещений (156 ХВ), ненормированными оказались 65 %.

Показано, что при работе локальных систем кондиционирования, помимо интенсивного заселения их бактериальной и грибковой флорой, в воздух помещений поступают различные кислородсодержащие, в том числе ненормированные летучие органические соединения (спирты, эфиры, альдегиды)¹¹. Кроме того, определено, что среди групп атмосферных загрязнений, в состав которых входили высокотоксичные вещества, доля ХВ, не имеющих гигиенических нормативов, составляла для индолов 100 %, кетонов – 88 %, органических нитрилов – 83 %, олефинов и диенов – 73 %, циклических углеводородов – 56 %, ароматических соединений – 39 %, галогенсодержащих углеводородов – 38 %, фуранов – 25 %, альдегидов – 14 %¹⁰.

Большое количество ненормированных ХВ является и в водной среде¹⁰. Например, при проведении исследования в г. Ижевске в прудовой воде определено 232 летучих соединения, из которых только 10 ХВ имели гигиенические нормативы (≈ 4 %), а в питьевой воде после водоочистки – 103 ХВ, из которых только 9 ХВ имели норматив (9 %).

Таким образом, установлено, что представленные примеры касаются всех трех критериев выявления неопределенности, что определяет необходимость разработки и внедрения методологии учета вклада выявляемых ненормированных ХВ в корректную комплексную оценку риска здоровью от химических загрязнений окружающей среды.

Как видно из рис. 1, в основу используемых в настоящее время в зарубежной практике методов учета всего комплекса ХВ, способных оказать воздействие на здоровье человека, взято так называемое «дерево решений для оценки химической опасности – дерево токсичности» (a decision tree approach) G.M. Cramer (1978)¹² и введенный J.C. Munro (1996) [16] новый критерий токсикологической опасности – порог токсикологической опасности (the threshold of toxicological concern).

Взятое за основу дерево Крамера было модифицировано в трех практически используемых вариантах (см. рис. 1): как «программное обеспечение дерева токсичности» (toxtree software) [17], по заказу Организации экологического содействия развитию ОЭСР¹³ и как классы пороговой токсичности для фармпрепаратов в питьевой воде [18].

При этом основным элементом этих программных продуктов является «Дерево Крамера» (табл. 1), представленное потенциально сильно токсическими веществами, подлежащими приоритетному токсикологическому исследованию и выражаемыми уровнями порога токсической опасности (ПТО) в дозах 0,3 и даже в 0,0025 мкг/кг массы животного, и тремя классами менее значимых ХВ, подлежащих расчету возможного суммарного потенциального риска здоровью с уровнем ПТО в пределах 1,5; 9 и 30 мкг/кг массы тела животного.

Таким образом, практическое использование ПТО позволяет в значительной мере минимизировать неопределенности, связанные с оценкой возможного негативного воздействия ХВ, для которых отсутствует достаточная токсикологическая информация для проведения полноценной оценки риска

⁹ Леванчук А.В. Гигиеническое обоснование воздействия дорожно-автомобильного комплекса на атмосферный воздух жилой территории: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – СПб., 2017. – 48 с.

¹⁰ Малышева А.Г., Рахманин Ю.А. Физико-химические исследования и методы контроля веществ в гигиене окружающей среды. – СПб.: Профессионал, 2012. – 716 с.

¹¹ Козуля С.В. Гигиенические основы профилактики заболеваний органов дыхания, связанных с использованием локальных систем кондиционирования воздуха: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М., 2016. – 45 с.

¹² Cramer G.M., Ford R.A., Hall R.L. Estimation of toxic hazard – a decision tree approach // Food Cosmet. Toxicol. – 1978. – Vol. 16, № 3. – P. 255–276. DOI: 10.1016/s0015-6264 (76) 80522-6

¹³ The OECD QSAR Toolbox [Электронный ресурс] // OECD. – URL: <https://www.oecd.org/chemicalsafety/oecd-qsar-toolbox.htm> (дата обращения: 23.08.2023).

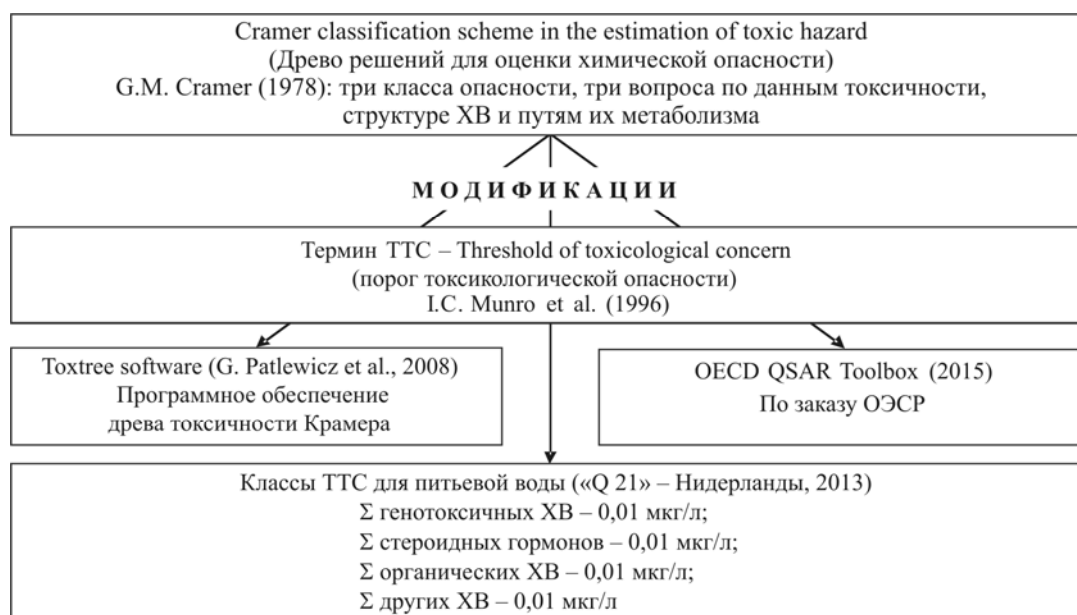


Рис. 1. Методы снижения неопределенностей при оценке риска здоровью от воздействия малоизученных химических веществ

Таблица 1

Классификация Крамера в программном обеспечении «Дерева токсичности» [17]

Класс опасности	ПТО (TTC)	
	мкг/сут	мкг/кг массы тела/сут
I класс (ХВ с простой ХС, известным метаболизмом, малой потенциальной токсичностью)	1800	30
II класс (ХВ с более сложной ХС, но не имеющие признаков токсичности, присущие III классу)	540	9
III класс (ХВ со сложной структурой ХС, характерной для ХВ со значительной токсичностью)	90	1.5
ХВ, подлежащие приоритетному токсикологическому исследованию		
Фосфорорганические и карбаматные ХВ с антихолинэстеразной активностью	18	0.3
Потенциальные мутагенные и / или канцерогенные ХВ	0.15	0.0025

Примечание: ХВ – химические вещества, ХС – химическая структура, ПТО – порог токсикологической опасности (TTC – Threshold of toxicological concern).

здоровью, а также в случаях, когда стоит задача дать приблизительную характеристику потенциального риска при воздействии новых, недостаточно изученных (ненормированных) ХВ, обнаруживаемых в окружающей среде. Скрининговая характеристика риска возможна по показателям: коэффициента опасности развития неканцерогенных эффектов (*HO*) для отдельных веществ; индексу опасности развития неканцерогенных эффектов (*HI*) [19].

Вместе с тем даже такая еще более аргументированная оценка риска здоровью от химического загрязнения окружающей среды не всегда является достаточным основанием для принятия управленческих решений. В связи с этим актуализируется проблема прогнозирования возможного социально экономического ущерба в случае принятия необходимых оздоровительных мер и без таковых. Из табл. 2 видно, что в используемых мировых системах для оценки ущерба применяется функция «экспозиция – от-

вет» с учетом разных возрастных групп, расчета натуральных и стоимостных ущербов здоровью, показателей смертности, заболеваемости, частоты выявления патологической симптоматики, числа недожитых лет жизни, различной продолжительности воздействия, как правило, связанных с загрязнением ХВ атмосферного воздуха. Модификация такой системы представлена и в РФ в виде программного продукта TERA 2,5 (модуль Epid Risk) [20].

На различных этапах управления риском не менее важным является расчет последствий сокращения периода экономической активности человека вследствие его смерти, инвалидности или временной утраты нетрудоспособности, представленных в общем виде на рис. 2. При этом чем больше экономическая эффективность, представленная в финансовом эквиваленте «выгода / затраты», т.е. чем выше предотвращение потери валового (регионального, национального) продукта, тем скорее и решительнее будут

Мировые системы для оценки ущербов на основе E-R-функций «экспозиция – ответ»

Система	Страна, назначение	Система	Страна, назначение
EAHEAP, COMEAP	Великобритания – для оценки ущербов здоровью от влияния а.в.	IEHIA	ЕС – система для оценки ущербов здоровью
ECOSENSE	Германия – интегрированный инструмент для анализа ущерба окружающей среде и здоровью человека	AQVM	Канада – для оценки ущербов здоровью и экономических ущербов от загрязнения а.в. для разных возрастных групп
AirPack	Франция, ЕС – для прогноза влияния а.в. на здоровье	EPA	U.S. EPA – доклады о соотношениях ущерб / выгоды от применения закона о чистом воздухе
FERET	США – для расчета натуральных и стоимостных ущербов здоровью	AirQ (ver. 1.0 – 2.3)	ВОЗ – для оценки смертности, заболеваемости, частоты симптоматики, числа недожитых лет жизни от загрязнения а.в.
APHEIS 1,2,3	ЕС – о загрязнении а.в. в крупных городах, для сбора демографических данных, сведений о состоянии здоровья и для прогноза возможных ущербов здоровью	TERA 2.5 (модуль EpidRisk)	Россия – для оценки ущербов от загрязнения а.в. Содержит результаты 162 эпид. исследований, относительные риски на каждые 10 мг/м ³ для 10 ХВ и 182 эффекта при разной продолжительности воздействия

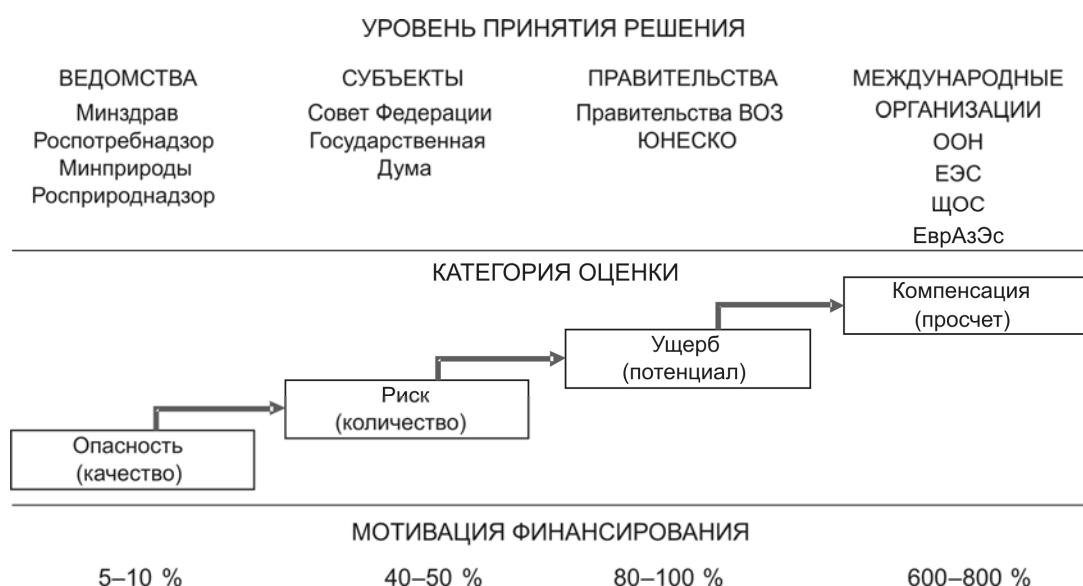


Рис. 2. Расчет последствий сокращения периода экономической активности человека вследствие его смерти, инвалидности или временной утраты нетрудоспособности

приняты соответствующие финансовые, материальные и производственные ресурсы для целей здоровьесбережения населения и устранения / сокращения предотвращения социально-экономических потерь. Так, по данным Е.Е. Андреевой, экономическая эффективность контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора по г. Москве в период 2012–2014 гг., исходя из предотвращенных потерь ВВП РФ от смертности и заболеваемости москвичей, ассоциированных с негативным воздействием факторов среды обитания, составила 24 рубля на 1 рубль затрат, т.е. 24/1, по ВРП г. Москвы – почти 47/1¹⁴.

Выводы. Методология анализа (оценка, управление, информирование) риска здоровью от загрязнения окружающей среды вредными хими-

ческими веществами является сложным системным процессом, предусматривающим, с одной стороны, максимально возможное расширение характеристики комплексности химического загрязнения окружающей среды, с другой – углубление представлений о возможном характере и последствиях негативного воздействия выявленных ХВ на организм человека и опосредованно – на значимые социально-экономические показатели общественного развития.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

¹⁴ Андреева Е.Е. Научно-методические основы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения мегаполиса на базе модели риск-ориентированного надзора: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – СПб., 2017. – 49 с.

Список литературы

1. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. – Geneva: WHO, 2017. – P. 541.
2. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. – WHO, 2021. – 300 p.
3. The public health impact of chemicals: knowns and unknowns – data addendum for 2016 [Электронный ресурс] // WHO. – 2018. – URL: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-CED-PHE-EPE-18.09> (дата обращения: 25.09.2023).
4. Современные вызовы и пути совершенствования оценки и управления рисками здоровью населения / В.Н. Ракитский, С.В. Кузьмин, С.Л. Авалиани, Т.А. Шашина, Н.С. Додина, В.А. Кислицин // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 3. – С. 23–29. DOI: 10.21668/health.risk/2020.3.03
5. Оценка риска для здоровья. Опыт применения методологии оценки риска в России. Обоснование приоритетности природоохранных мероприятий в Самарской области на основе эффективности затрат по снижению риска для здоровья населения / С.М. Новиков, С.Л. Авалиани, К.А. Буштуева [и др.] – М.: Консультационный центр по оценке риска, 1999. – 209 с.
6. Оценка риска как инструмент социально-гигиенического мониторинга / Б.А. Кацнельсон, Л.И. Привалова, С.В. Кузьмин, В.И. Чибурасов, Б.И. Никонов, В.Б. Гурвич. – Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2001. – 244 с.
7. 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; под ред. Ю.А. Рахманина, Г.Г. Онищенко. – М., 2002. – 408 с.
8. Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития: монография / Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцева, И.В. Май, П.З. Шур, А.Ю. Попова, В.Б. Алексеев, О.В. Долгих, М.А. Землянова [и др.]; под общ. ред. Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцевой. – М., Пермь: Изд-во Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2014. – 738 с.
9. Новиков С.М., Фокин М.В., Унгуряну Т.Н. Актуальные вопросы методологии и развития доказательной оценки риска здоровью населения при воздействии химических веществ // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 8. – С. 711–716. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-8-711-716
10. WHO, IPCS (International Program on Chemical Safety). Guidance document on evaluating and expressing uncertainty in hazard characterization, 2nd ed. [Электронный ресурс]. – Geneva: World Health Organization, 2018. – 159 p. – URL: <https://iris.who.int/handle/10665/259858> (дата обращения: 25.09.2023).
11. Обоснование максимальной разовой предельно допустимой концентрации летучих компонентов выбросов производства пищевых ароматизаторов в атмосферном воздухе населенных мест / О.В. Бударина, М.А. Пинигин, Л.А. Федотова, А.Г. Малышева // Токсикологический вестник. – 2016. – № 4 (139). – С. 11–15. DOI: 10.36946/0869-7922-2016-4-11-15
12. Практика применения оценки риска здоровью в федеральном проекте "Чистый воздух" в городах-участниках (Череповец, Липецк, Омск, Новокузнецк): проблемы и перспективы / С.В. Кузьмин, С.Л. Авалиани, Н.С. Додина, Т.А. Шашина, В.А. Кислицин, О.О. Синицына // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100, № 9. – С. 890–896. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-9-890-896
13. Оценка выбросов загрязняющих веществ транспортными потоками на отдельных территориях Москвы / Ю.В. Трофименко, В.И. Комков, Б.А. Кутырин, Д.А. Деянов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2020. – № 2 (61). – С. 84–91.
14. Рахманин Ю.А., Леванчук А.В. Гигиеническая оценка атмосферного воздуха в районах с различной степенью развития дорожно-автомобильного комплекса // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 12. – С. 1117–1121. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-12-1117-1121
15. Рахманин Ю.А., Леванчук А.В. Количественная пространственно-временная оценка загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух в результате сгорания топлива автомобильного транспорта // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 11. – С. 1021–1024. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-11-1021-1024
16. Correlation of structural class with no-observed-effect levels: a proposal for establishing a threshold of concern / I.C. Munro, R.A. Ford, E. Kennepohl, J.G. Sprenger // Food Chem. Toxicol. – 1996. – Vol. 34, № 9. – P. 829–867. DOI: 10.1016/s0278-6915 (96) 00049-x
17. An evaluation of the implementation of the Cramer classification scheme in the Toxtree software / G. Patlewicz, N. Jeliaskova, R.J. Safford, A.P. Worth, B. Aleksiev // SAR QSAR Environ. Res. – 2008. – Vol. 19, № 5–6. – P. 495–524. DOI: 10.1080/10629360802083871
18. Potentially mutagenic impurities: analysis of structural classes and carcinogenic potencies of chemical intermediates in pharmaceutical syntheses supports alternative methods to the default TTC for calculating safe levels of impurities / S.M. Galloway, M. Vijayaraj Reddy, K. McGettigan, R. Gealy, J. Bercu // Regul. Toxicol. Pharmacol. – 2013. – Vol. 66, № 3. – P. 326–335. DOI: 10.1016/j.yrtph.2013.05.005
19. Risk Assessment of Combined Exposure to Multiple Chemicals: A WHO/IPCS Framework / M.E.B. Meek, A.R. Boobis, K.M. Crofton, G. Heinemeyer, M. Van Raaij, C. Vickers // Regul. Toxicol. Pharmacol. – 2011. – Vol. 60. – P. S1–S14. DOI: 10.1016/j.yrtph.2011.03.010
20. TERA – Российская информационно-прогнозирующая система, опыт применения в оценке риска для здоровья / С.М. Новиков, М.В. Фокин, Т.А. Шашина, Н.С. Додина // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 11. – С. 1088–1090. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-11-1088-1090

Рахманин Ю.А., Додина Н.С., Алексеева А.В. Современные методические подходы к оценке риска здоровью населения от воздействия химических веществ // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 4. – С. 33–41. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.03



MODERN METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSING PUBLIC HEALTH RISKS DUE TO CHEMICALS EXPOSURE

Yu.A. Rakhmanin^{1,2}, N.S. Dodina², A.V. Alekseeva¹

¹Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks, 10 Pogodinskaya St., build. 1, Moscow, 119121, Russian Federation

²Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, 2 Semashko St., Mytishchi, 141000, Russian Federation

The methodology for analyzing health risks caused by exposure to chemical pollutants in the environment has been widely implemented; this creates some new priority challenges to be considered and tackled.

The article identifies basic stages in the development of the methodology for assessing health risks caused by environmental pollution in the Russian Federation. Guides on risk analysis as well as some monographs published in Russia describe a strategic role that belongs to health risk analysis in providing sanitary-epidemiological wellbeing of the country population.

We have analyzed modern trends in the development of the methodology for assessing public health risks caused by exposure to chemicals that pollute the environment. The article generalizes basic approaches recommended in foreign and Russian studies that are applied to increase quality of research in the field, to reduce uncertainties in calculations, as well as to find new ways of health risk quantification. The number of chemicals registered on the global scale over the last 65 years has been estimated. The article also provides generalized information on computerized and information systems (CIS) and databases (DB) that contain data on parameters of assessing health risks caused by various chemical exposures including leading world systems that allow assessing health harm caused by chemical exposure (calculation of an additional number of adverse health outcomes due to chemical exposure etc.).

We have also summarized various reasons for underestimating public health risks and described several methodological approaches employed in research that make it possible to minimize underestimation of health hazards and reduce uncertainties of obtained results.

The methodology for assessing health risks caused by harmful chemical pollutants in the environment is a complex systemic process. On the one hand, it involves the necessity to provide the maximum possible profound description of complexity of chemical environmental pollution; on the other hand, it should give a more comprehensive insight into possible nature and consequences of adverse effects produced by identified chemicals directly on the human body and indirectly on significant socioeconomic indicators of the society development.

The aim of this study was to identify modern methodological approaches applied to assess public health risks due to chemical exposures and ways to reduce uncertainties of research results.

Keywords: chemical hazard, risk analysis, risk management, health risk assessment, damage assessment, priority chemicals, uncertainty factors, chemicals, hygienic standardization.

References

1. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. Geneva, WHO, 2017, pp. 541.
2. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. WHO, 2021, 300 p.
3. The public health impact of chemicals: knowns and unknowns – data addendum for 2016. WHO, 2018. Available at: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-CED-PHE-EPE-18.09> (September 25, 2023).
4. Rakitskii V.N., Kuz'min S.V., Avaliani S.L., Shashina T.A., Dodina N.S., Kislitsin V.A. Contemporary challenges and ways to improve health risk assessment and management. *Health Risk Analysis*, 2020, no. 3, pp. 23–29. DOI: 10.21668/health.risk/2020.3.03.eng

© Rakhmanin Yu.A., Dodina N.S., Alekseeva A.V., 2023

Yury A. Rakhmanin – Academician, Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief Scientific Advisor (e-mail: 71info@sysin.ru; tel.: +7 (495) 540-61-71; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2067-8014>).

Natalia S. Dodina – Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher at the Health Risk Analysis Department (e-mail: skvnata@mail.ru; tel.: +7 (495) 586-11-44; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6693-922X>).

Anna V. Alekseeva – Candidate of Medical Sciences, Head of the Hygiene Department (e-mail: AAlekseeva@cspmrz.ru; tel.: +7 (495) 540-61-71; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0422-8382>).

5. Novikov S.M., Avaliani S.L., Bushtueva K.A. [et al.]. Otsenka riska dlya zdorov'ya. Opyt primeneniya metodologii otsenki riska v Rossii. Obosnovanie prioritnosti prirodookhrannykh meropriyatiy v Samarskoi oblasti na osnove effektivnosti zatrat po snizheniyu riska dlya zdorov'ya naseleniya [Health risk assessment. Experience in applying risk assessment methodology in Russia. Justification of the priority of environmental protection measures in the Samara oblast based on cost-effectiveness of reducing public health risks]. Moscow, Konsul'tatsionnyi tsentr po otsenke riska, 1999, 209 p. (in Russian).
6. Katsnel'son B.A., Privalova L.I., Kuz'min S.V., Chiburaev V.I., Nikonov B.I., Gurvich V.B. Otsenka riska kak instrument sotsial'no-gigienicheskogo monitoring [Risk assessment as a tool for social and hygienic monitoring]. Ekaterinburg, 'AMB' Publ., 2001, 244 p. (in Russian).
7. Onishchenko G.G., Novikov S.M., Rakhmanin Yu.A., Avaliani S.L., Bushtueva K.A. Osnovy otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredyu [Basics of public health risk assessment under exposure to chemicals that pollute the environment]. In: Yu.A. Rakhmanin, G.G. Onishchenko eds. Moscow, 2002, 408 p. (in Russian).
8. Onishchenko G.G., Zaitseva N.V., May I.V., Shur P.Z., Popova A.Yu., Alekseev V.B., Dolgikh O.V., Zemlyanova M.A. [et al.]. Analiz riska zdorov'yu v strategii gosudarstvennogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya [Analysis of health risks in the strategy of state socio-economic development]. In: G.G. Onishchenko, N.V. Zaitseva eds. Moscow, Perm, Perm National Research Polytechnic University Publ., 2014, 738 p. (in Russian).
9. Novikov S.M., Fokin M.V., Unguryanu T.N. Actual problem of methodology and development of evidence-based health risk assessment associated with chemical exposure. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 8, pp. 711–716. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-8-711-716 (in Russian).
10. WHO, IPCS (International Program on Chemical Safety). Guidance document on evaluating and expressing uncertainty in hazard characterization, 2nd ed. Geneva, World Health Organization, 2018, 159 p. Available at: <https://iris.who.int/handle/10665/259858> (September 25, 2023).
11. Budarina O.V., Pinigin M.A., Fedotova L.A., Malysheva A.G. Substantiation of maximum single allowable concentration of food flavors volatile components in the residential areas atmospheric air. *Toksikologicheskii vestnik*, 2016, no. 4 (139), pp. 11–15. DOI: 10.36946/0869-7922-2016-4-11-15 (in Russian).
12. Kuzmin S.V., Avaliani S.L., Dodina N.S., Shashina T.A., Kisilitsin V.A., Sinitsyna O.O. The practice of applying health risk assessment in the Federal Project “Clean Air” in the participating cities (Cherepovets, Lipetsk, Omsk, Novokuznetsk): problems and prospects. *Gigiena i sanitariya*, 2021, vol. 100, no. 9, pp. 890–896. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-9-890-896 (in Russian).
13. Trofimenko Yu.V., Komkov V.I., Kutyrin B.A., Dejanov D.A. Assessment of pollutant emissions traffic flows on individual territories of Moscow. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI)*, 2020, no. 2 (61), pp. 84–91 (in Russian).
14. Rakhmanin Yu.A., Levanchuk A.V. Hygienic assessment of atmospheric air in the areas with different degrees of the development of the road-traffic complex. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 12, pp. 1117–1121. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-12-1117-1121 (in Russian).
15. Rakhmanin Yu.A., Levanchuk A.V. Quantitative spatio-temporal assessment of pollutants in atmospheric air in the combustion of the fuel of road transport. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 11, pp. 1021–1024. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-11-1021-1024 (in Russian).
16. Munro I.C., Ford R.A., Kennepohl E., Sprenger J.G. Correlation of structural class with no-observed-effect levels: a proposal for establishing a threshold of concern. *Food Chem. Toxicol.*, 1996, vol. 34, no. 9, pp. 829–867. DOI: 10.1016/s0278-6915(96)00049-x
17. Patlewicz G., Jeliakova N., Safford R.J., Worth A.P., Aleksiev B. An evaluation of the implementation of the Cramer classification scheme in the Toxtree software. *SAR QSAR Environ. Res.*, 2008, vol. 19, no. 5–6, pp. 495–524. DOI: 10.1080/10629360802083871
18. Galloway S.M., Vijayaraj Reddy M., McGettigan K., Gealy R., Bercu J. Potentially mutagenic impurities: analysis of structural classes and carcinogenic potencies of chemical intermediates in pharmaceutical syntheses supports alternative methods to the default TTC for calculating safe levels of impurities. *Regul. Toxicol. Pharmacol.*, 2013, vol. 66, no. 3, pp. 326–335. DOI: 10.1016/j.yrtph.2013.05.005
19. Meek M.E.B., Boobis A.R., Crofton K.M., Heinemeyer, G., Van Raaij M., Vickers C. Risk Assessment of Combined Exposure to Multiple Chemicals: A WHO/IPCS Framework. *Regul. Toxicol. Pharmacol.*, 2011, vol. 60, pp. S1–S14. DOI: 10.1016/j.yrtph.2011.03.010
20. Novikov S.M., Fokin M.V., Shashina T.A., Dodina N.S. Tools for Environmental Risk Assessment (TERA) – Russian information forecasting systems, experience of application for health risk assessment. *Gigiena i sanitariya*, 2017, vol. 96, no. 11, pp. 1088–1090. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-11-1088-1090 (in Russian).

Rakhmanin Yu.A., Dodina N.S., Alekseeva A.V. Modern methodological approaches to assessing public health risks due to chemicals exposure. *Health Risk Analysis*, 2023, no. 4, pp. 33–41. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.03.eng

Получена: 22.08.2023

Одобрена: 11.11.2023

Принята к публикации: 20.12.2023



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МОДЕЛИ ПЛАНОВОГО САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБЪЕКТОВ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

И.В. Май, Н.В. Никифорова, Э.В. Седусова, Н.В. Зайцева

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

Актуальность исследования определена существенным изменением структуры услуг объектов общественного питания и ростом всплесков инфекционных заболеваний, обусловленных нарушениями обязательных санитарно-эпидемиологических требований объектами общественного питания и пищеблоками учреждений. Цель исследования состояла в совершенствовании методической поддержки риск-ориентированной модели санитарно-эпидемиологического контроля хозяйствующих субъектов, реализующих деятельность в сфере общественного питания населения. Исследование было инициировано главным государственным санитарным врачом РФ.

При сохранении общих принципов расчета риска и категорирования деятельности и производственных объектов предложено при определении показателей, характеризующих численность населения под воздействием, в качестве временного критерия экспозиции для объектов общественного питания принимать величину, равную 1,0, в силу того, что время контакта с потенциальным инфекционным агентом пищи значения не имеет. Кроме того, предусмотрен обязательный учет населения, которое подвергается рискам негативных воздействий при потреблении пищевой продукции объектов общественного питания, предоставляемой вне стационарных залов (продукции «на вынос»).

Результаты исследования показали, что учет продукции «на вынос» и корректный учет контакта посетителей с потенциально опасным инфекционным агентом имеют следствием значительное повышение оценочных уровней риска для здоровья населения. Соответственно, возрастает доля хозяйствующих субъектов, которые по критериям потенциального риска причинения вреда здоровью потребителей могут быть отнесены к категориям «чрезвычайно высокий риск» и / или «высокий риск» (с 1,3 до 8,2 % и с 1,7 до 32 % соответственно в Пермском крае и Московской области как двух пилотных регионах). Полученная структура категорий объектов более адекватна текущей санитарно-эпидемиологической ситуации в стране и обеспечивает надежную защиту здоровья потребителей.

Перспективы развития модели лежат в сфере накопления и наукоемкого анализа цифровых отраслевых и межведомственных данных о функционировании отрасли, о результатах контрольно-надзорных мероприятий, о нарушениях здоровья населения, ассоциированных с факторами риска деятельности в сфере общественного питания.

Ключевые слова: санитарно-эпидемиологический контроль (надзор), риск-ориентированная модель, общественное питание, категория риска деятельности и производственного объекта, риск причинения вреда, здоровье потребителей, добросовестность, планирование.

Объекты общественного питания всегда были и остаются зоной особого внимания санитарно-эпидемиологического контроля (надзора)¹ [1, 2]. Основной причиной этого является факт, что значительная часть населения страны находится под

потенциальным влиянием качества и безопасности системы общественного питания: почти две трети россиян, живущих в городах (62 %), пользуются ее услугами. Важно, что в основном это лица активного трудового возраста (73–88 %)².

© Май И.В., Никифорова Н.В., Седусова Э.В., Зайцева Н.В., 2023

Май Ирина Владиславовна – доктор биологических наук, профессор, заместитель директора по науке (e-mail: may@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-25-47; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016>).

Никифорова Надежда Викторовна – кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией методов социально-гигиенического мониторинга (e-mail: kriulina@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8060-109X>).

Седусова Элла Викторовна – научный сотрудник лаборатории методов комплексного санитарно-гигиенического анализа и экспертиз (e-mail: ella@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4599-083X>).

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>).

¹ Тармаева И.Ю., Белых А.И. Санитарно-эпидемиологический надзор за предприятиями общественного питания: уч. пособие. – Иркутск: Иркутский государственный медицинский университет, 2013. – 79 с.

² Общепит для всех: современная аудитория ресторанный и кулинарный бизнесов в России [Электронный ресурс] // ВЦИОМ Новости. – 2013. – URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/obshhepit-dlya-vsekh-sovremennaya-auditoriya-restorannogo-i-kulinarnogo-biznesov-v-rossii> (дата обращения: 11.09.2023).

Общественным питанием как услугой охвачены практически все детские дошкольные и школьные учреждения, объекты здравоохранения, социальной помощи и т.п.

В соответствии с материалами государственной статистики в стране на начало 2023 г. зарегистрировано более 190 тысяч объектов общественного питания: столовых, закусочных, ресторанов, кафе, баров, иных объектов³. Общая площадь залов обслуживания составляет почти 20,5 млн м², или 600 тысяч посадочных мест. Годовой оборот общественного питания в стране в 2022 г. оценивается почти в 2 млрд рублей [3].

Составляя важную часть комфортной среды проживания населения, услуга общественного питания одновременно является источником угроз и опасностей для потребителей [4, 5]. Прежде всего, это угроза пищевых отравлений и инфекционных заболеваний (food born diseases)⁴. Проблема не является исключительно российской и носит общемировой характер [6, 7]. Всемирная организация здравоохранения утверждает, что, несмотря на достижения в области строгого регулирования, внедрение передовых систем безопасности пищевых продуктов и государственного контроля, миллионы людей заболевают, а тысячи умирают каждый год от болезней пищевого происхождения⁵. При этом на долю микробных заболеваний приходится до одной трети глобального бремени болезней пищевой этиологии [8, 9].

Крайне сложная санитарно-эпидемиологическая и экономическая ситуация в ковидный и постковидный периоды (2019–2022 гг.) привела к тому, что в России, как и во всем мире, сфера общественного питания претерпела существенные изменения. Важнейшим из этих изменений стало то, что в период спада активности посещения ресторанов, кафе, столовых стремительное развитие получила такая услуга, как «продажа продукции общественного питания на вынос». Еще в начале ограничений в период пандемии было отмечено, что потребление сместилось со стационарных залов объектов общественного питания на квартиры, офисы, автомобили и другие пространства. Так, если в январе – октябре 2020 г. в России вне ресторана потреблялось 35 % заказов, то за аналогичный период 2021 г. этот показатель составил 53 %. За 10 месяцев 2021 г. объем достав-

ленных заказов вырос на 125 %, по сравнению с аналогичным периодом 2019 г.⁶ Торговые сети начали продавать упакованные ресторанные блюда, запускать совместные проекты: например, объединяя кофейню с магазином цветов или устанавливая грили для хот-догов в непродуктовых несетевых магазинах.

На 27,5 % выросло количество заведений, осуществляющих доставку через агрегаторов, в 5,6 раза – количество точек, доставляющих как собственными силами, так и с привлечением иных организаций. Услуга характеризуется слабо контролируемым с позиций эпидемиологической и гигиенической безопасности этапом доставки товара потребителю. Кроме того, осложнен учет числа потребителей продукции «на вынос», что не позволяет оперативно контролировать население, которое подвергается риску получения некачественной продукции (в отличие от учета посетителей стационарных помещений объектов общественного питания).

Еще одним следствием резкого снижения экономической активности объектов общественного питания в период ограничений эпидемии COVID-19 стал отток из отрасли значительного числа опытных специалистов, формирование кадрового дефицита в постковидный период и включение в трудовой процесс на объектах слабо подготовленных работников [10, 11]. Последнее формирует риски неполного соблюдения обязательных требований гигиенической безопасности на объектах в силу недостатка опыта и знаний новых сотрудников.

Пандемийные и постпандемийные изменения наложились на изменение общей экономической ситуации в стране. В последние два года рост стоимости услуг общественного питания имел следствием развитие наиболее демократичных сегментов отрасли: fastfood, Grab&Go и fast casual. Потребители пересматривают свои расходы. Наиболее высокий всплеск продаж (в натуральном выражении) в последние годы отмечен в сегменте общепита, относимого к фастфуду. Как свидетельствуют опросы ВЦИОМ⁷, 38 % населения нашей страны на регулярной основе посещают фастфуды: данный показатель вдвое выше, чем 12 лет назад. По данным аналитической фирмы «Платформа ОФД» (крупнейше-

³ Розничная торговля и общественное питание. Объекты розничной торговли и общественного питания [Электронный ресурс] // Росстат. – URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/roznichnayatorgovlya> (дата обращения: 01.10.2023).

⁴ Todd E.C.D. Overview of Biological Hazards and Foodborne Diseases // Encyclopedia of Food Safety. – 2nd ed. – 2014. – P. 221–242.

⁵ Глобальное бремя болезней (Global burden of disease): Порождение доказательств, направление политики [Электронный ресурс]. – Сигл, США: Институт по измерению показателей здоровья и оценке состояния здоровья, 2013. – URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/785071468029977445/pdf/808480PUB0RUSS0Box0379820B00PUBLIC0.pdf> (дата обращения: 03.10.2023).

⁶ Комраков А. Общепит растет из-за перемен в моделях поведения россиян [Электронный ресурс] // Независимая газета. – URL: https://www.ng.ru/economics/2023-08-24/4_8809_food.html (дата обращения: 03.10.2023).

⁷ Мальгавко С. ВЦИОМ: почти 40 % россиян регулярно посещают заведения быстрого питания [Электронный ресурс] // ТАСС. – 2022. – URL: <https://tass.ru/obschestvo/15318415> (дата обращения: 07.10.2023).

го в стране оператора фискальных данных), в 2023 г. в России отмечен значительный рост спроса на шаурму⁸. В 2–3 раза выросли продажи этого блюда на площадках «Яндекс.Еда», Ozon fresh, «Азбука вкуса», «Перекресток», «Донер42» («Додо-пицца»). К примеру, в рамках проекта Open Kitchen сети «Перекресток» за пять месяцев 2023 г. было продано 590 000 шт. шаурмы, что в 2,5 раза больше, чем годом ранее. У сети «Донер42» («Додо-пицца») продажи шаурмы увеличились на 265 % и т.п. При этом опасность фастфуда для здоровья осознается гигиенистами и эпидемиологами очень многих стран [12–15]. По данным некоторых зарубежных исследователей, среднегодовой риск заражения *Staphylococcus spp.*, *Salmonella spp.* и *E. Coli* для клиентов уличного фастфуда очень высок и порой достигает 100 % [12, 13].

В целом вызовами для отрасли остаются: сдерживание роста цены блюд при росте стоимости продуктов, арендных ставок и фонда оплаты труда, сохранение действующего и привлечение нового персонала в условиях высокой конкуренции на рынке труда и снижения престижа профессии; необходимость сохранения лояльности клиентов [14, 15].

Сложившиеся проблемы отрасли совпали с периодом снижения интенсивности государственного планового контроля⁹. Государство предприняло меры по смягчению административной нагрузки для поддержки активности бизнеса. Вместе с тем ряд исследований свидетельствуют, что невысокое надзорное присутствие может иметь следствием ненадлежащее исполнение субъектами предпринимательской деятельности требований безопасности, выполнение работ либо оказание населению услуг ненадлежащего качества, продажи товаров с нарушением требований технических регламентов и / или санитарных правил и т.п., что объясняется стремлением бизнеса извлечь максимальную прибыль при невысоких рисках административной или иной ответственности [16].

Отчасти указанное положение подтверждается материалами отраслевой статистики Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Так, по данным отчетной формы «Сведения о вспышках инфекционных заболеваний» за 2020–2022 гг., вспышечная заболеваемость пищевой этиологии на объектах общественного питания за последние три года имела негативную тенденцию к росту (табл. 1).

Как видно из представленных данных, число и вспышек инфекционных болезней и пострадавших от вспышечной заболеваемости на объектах общественного питания в 2022 г. было вдвое выше, чем в 2020 г. При этом показатель очаговости пищевых вспышек характеризуется большей величиной, чем водных или бытовых. К примеру, показатель очаговости пищевых вспышек в Пермском крае составил 59,7 % [17]. Таким образом, потенциальный риск пищевых вспышек требует контроля и профилактики. Последнее тем более важно, что фиксируется крайне тревожный рост числа пострадавших детей. При этом вспышечной заболеваемости на предприятиях пищевой промышленности в 2022 г. не регистрировалось.

Принимая во внимание опасность заболеваний пищевой этиологии [18–20] во всем мире, научные организации обеспечивают методическую поддержку государственного регулирования: систематически публикуются отчеты о выявляемых нарушениях качества и безопасности пищевой продукции, выпускаются рекомендации по лучшим практикам отбора и анализа проб, методам исследования [21–23], разрабатываются и поддерживаются соответствующие тематические интернет-ресурсы¹⁰.

При этом риск-ориентированная модель контроля остается основополагающей при выполнении надзорных функций регуляторами практически всех развитых стран [24–26].

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека одной

Таблица 1

Вспышечная заболеваемость пищевой этиологии в Российской Федерации (2020–2022 гг.)

Год	Предприятия пищевой промышленности		Объекты общественного питания и торговли		Пищевые учреждения	
	вспышек, всего	пострадало, всего чел. / детей	вспышек, всего	пострадало, всего чел. / детей	вспышек, всего	пострадало, всего чел. / детей
2020	1	9 / 3	13	267 / 63	40	1223 / 1026
2021	1	63 / 54	14	320 / 104	45	1503 / 1346
2022	0	0	26	592 / 161	74	2220 / 1502

⁸ Мингазов С. Спрос на шаурму вырос в два-три раза на фоне подорожания другого фастфуда [Электронный ресурс] // Forbes. – 2023. – URL: <https://www.forbes.ru/biznes/491390-spros-na-saurmu-vyros-v-dva-tri-raza-na-fone-podorozhania-drugogo-fastfuda> (дата обращения: 07.10.2023).

⁹ Об особенностях организации и осуществления государственного контроля (надзора), муниципального контроля: Постановление Правительства РФ от 10.03.2022 № 336 (ред. от 10.10.2023) [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://base.garant.ru/403681894/> (дата обращения: 12.10.2023).

¹⁰ Food safety. Best Practice [Электронный ресурс]. – URL: <https://foodsafety.ru/best-practices> (дата обращения: 12.10.2023).

из первых начала научную разработку риск-ориентированной модели контроля [27]. В 2015–2017 гг. были разработаны и реализованы на практике методические подходы к категорированию деятельности поднадзорных объектов¹¹, которые в 2021 г. были закреплены Положением о государственном санитарно-эпидемиологическом контроле (надзоре)¹². Вместе с тем изменения структуры предоставляемой услуги и специфика санитарно-эпидемиологической ситуации в стране требуют развития методической базы контроля, прежде всего, для объектов общественного питания.

Исследование было инициировано главным государственным санитарным врачом РФ А.Ю. Поповой для решения задачи повышения защищенности населения от рисков негативного воздействия на жизнь и здоровье при получении услуги общественного питания.

Цель исследования – совершенствование методической поддержки риск-ориентированной модели планового санитарно-эпидемиологического контроля хозяйствующих субъектов, реализующих деятельность в сфере общественного питания.

Материалы и методы. За основу были приняты принципы, критерии и методические подходы к риск-ориентированному контролю, установленные федеральным законом № 248¹³ и Положением о государственном санитарно-эпидемиологическом контроле (надзоре).

Частота и содержание планового контроля объектов общественного питания определяются в соответствии с категорией, установленной для конкретного хозяйствующего субъекта по критериям потенциального риска причинения ущерба охраняемым ценностям: жизни и здоровью потребителей услуги. Величина риска является расчетной и базируется на фактических многолетних данных результатов контрольно-надзорных мероприятий (истории проверок), на научных данных о влиянии негативных факторов пищевой этиологии на состояние здоровья человека и данных хозяйствующих субъектов об объемах предоставляемой услуги населению.

Принципиальная формула расчета риска (1) учитывает вероятность наступления негативного события, которое может повлечь за собой причинение

вреда (ущерба) жизни и здоровью человека (p) и тяжесть этого вреда (g). Под негативным событием понимается выявленный факт нарушения обязательных требований безопасности к ведению деятельности:

$$R_i(l) = p(l) \cdot g(l), \quad (1)$$

где $p(l)$ – вероятность нарушения i -м хозяйствующим субъектом с l -м видом деятельности (l – предоставление услуг общественного питания) обязательных требований безопасности, установленных санитарным законодательством; вероятность оценивали через частоту выявленных нарушений обязательных требований на одну проверку;

$g(l)$ – показатель, характеризующий тяжесть вреда здоровью при нарушении хозяйствующим субъектом с l -м видом деятельности обязательных, законодательно установленных требований безопасности.

Оценка показателя тяжести вреда (ущерба) здоровью проводится на основе сведений о степени тяжести фактического причинения вреда (нарушения здоровья) конкретному человеку и потенциальном масштабе распространения вероятных негативных последствий (2):

$$g(l) = u(l) \cdot M(l), \quad (2)$$

где $u(l)$ – показатель, характеризующий тяжесть нарушения здоровья человека вследствие несоблюдения обязательных требований безопасности на хозяйствующем субъекте с l -м видом деятельности;

$M(l)$ – показатель, характеризующий численность населения, находящегося под воздействием деятельности данного хозяйствующего субъекта (масштаб воздействия), млн человек.

Вероятность нарушения санитарного законодательства характеризовали частотой нарушений, выявленных в результате проведения контрольно-надзорных мероприятий на объектах надзора соответствующим видом деятельности ($p(l)$). Значение $p(l)$ определяли как 95%-ный перцентиль распределения регионального показателя относительной частоты выявленных нарушений в ходе одной проверки на объектах надзора с l -м видом деятельности (предоставление услуг общественного питания) не менее чем за трехлетний период.

¹¹ МР 5.1.0116-17. Риск-ориентированная модель контрольно-надзорной деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия. Классификация хозяйствующих субъектов, видов деятельности и объектов надзора по потенциальному риску причинения вреда здоровью человека для организации плановых контрольно-надзорных мероприятий / утв. и введ. в действие Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А.Ю. Поповой 11 августа 2017 г. [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/555601296> (дата обращения: 02.10.2023).

¹² О федеральном государственном санитарно-эпидемиологическом контроле (надзоре): Постановление Правительства РФ от 30.06.2021 № 1100 (с изм. и доп.) [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://base.garant.ru/401431882/> (дата обращения: 02.10.2023).

¹³ О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации: Федеральный закон от 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ (с изм. и доп.) [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://base.garant.ru/74449814/> (дата обращения: 02.10.2023).

В развитии подходов к определению категории деятельности хозяйствующего субъекта и расчету численности потребителей услуг объектов общественного питания¹⁴ предусмотрено использование информации о количестве предоставленных в течение года услуг непосредственно в стационарных помещениях (в залах столовых, кафе, баров, ресторанов и пр.) и об объемах продукции общественного питания, реализуемых вне помещений. Оптимальным представляется верификация данных по чекам и / или фактическому статистическому учету посетителей и предоставленных услуг «на вынос».

Величина u (l) характеризует тяжести нарушения здоровья, которые могут наступить в результате несоблюдения обязательных требований безопасности к деятельности объектов общественного питания. Величина колеблется в диапазоне от 0 (отсутствие негативных эффектов) до 1 (смерть). Величину принимали в соответствии с рекомендациями ВОЗ и данными релевантной литературы (так, величина тяжести для листериоза составляет 0,141; токсоплазмоза – 0,005; острых паратифозных инфекций – 0,006; диареи – 0,074 и т.п.)¹⁵. Для задач категорирования объектов общественного питания тяжести нарушений здоровья взвешивали соответственно частоте вероятного возникновения при несоблюдении обязательных требований безопасности объектами общественного питания.

Показатели масштаба негативного воздействия предложено рассчитывать по формуле (3):

$$M_i^j = N_i^j \cdot T_i^j, \quad (3)$$

где N_i^j – численность j -го контингента населения, находящегося под воздействием i -го объекта в течение суток, млн человек;

T_i^j – безразмерный коэффициент, учитывающий среднегодовое время контакта j -го контингента населения с i -м объектом надзора в течение суток.

Показатель T_i^j рассчитывается по формуле (4):

$$T_i^j = \frac{t_j^1}{24} \cdot \frac{t_j^2}{365}, \quad (4)$$

где t_j^1 – для объектов общественного питания величина $t_j^1/24$ рекомендована на уровне 1,0 в силу того, что время контакта с потенциальным инфекционным агентом пищи значения не имеет;

t_j^2 – количество дней в году вероятного контакта j -го контингента населения с объектом надзо-

ра (для объектов общественного питания – количество рабочих дней в году), дней.

Для объектов, реализующих продукцию общественного питания только в стационарных условиях, предложено применять формулу (5):

$$N_i^s = V_{\text{мест}} \cdot \frac{t_1}{t_2}, \quad (5)$$

где N_i^s – численность потребителей услуг общественного питания i -го объекта, обеспеченных в условиях стационарных площадей, человек в сутки (чел./сут);

$V_{\text{мест}}$ – количество мест оказания услуги в среднем в течение года;

t_1 – длительность рабочей смены, ч/сут;

t_2 – среднее время выполнения одной услуги, ч.

Для объектов, реализующих только продукцию «на вынос», следует применять формулу (6):

$$N_i^d = \frac{V_{\text{год}}}{t_2}, \quad (6)$$

где N_i^d – численность потребителей продукции общественного питания, обеспеченных «дистанционно», «на вынос», человек;

$V_{\text{год}}$ – количество потребителей, обеспеченных продукцией объекта общественного питания, человек в год (чел./год);

t_2 – количество рабочих дней в году.

В развитие ранее предложенных подходов параметр $V_{\text{год}}$ может рассчитываться:

– как отношение произведенной «на вынос» массы продукции общественного питания (кг) к средней массе основного продукта (кг);

– как отношение годового оборота продукции, произведенной «на вынос» (руб.), к средней стоимости основного продукта (руб.).

Для объектов общественного питания, реализующих как услуги на местах, так и услуги по продаже продукции общественного питания «на вынос», следует учитывать обе категории потребителей, т.е. $N_i^j = N_i^s + N_i^d$.

Следует отметить, что без изменения оставили подход, который предполагал, что риск, формируемый деятельностью хозяйствующего субъекта по предоставлению услуг общественного питания (R^l) на разных производственных площадках ($R_i(l)$), суммируется (формула (7)):

$$R^l = \sum_i R_i(l) \quad (7)$$

¹⁴ Приложение. Расчет показателей, характеризующих численность населения под воздействием факторов потенциального риска причинения вреда здоровью человека объектами санитарно-эпидемиологического надзора: Методические рекомендации / утв. приказом Роспотребнадзора от 07.10.2015 № 1025 [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://base.garant.ru/71334864/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/> (дата обращения: 08.10.2023).

¹⁵ WHO methods and data sources for global burden of disease estimates 2000–2019 [Электронный ресурс]. – Geneva: WHO, 2020. – 47 p. – URL: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/gho-documents/global-health-estimates/ghs2019_daly-methods.pdf (дата обращения: 11.10.2023).

Категория деятельности для хозяйствующего субъекта определяется именно величиной суммарного риска, что в целом определяет и частоту плановых контрольно-надзорных мероприятий в отношении деятельности поднадзорного лица.

Результаты и их обсуждение. Анализ частоты нарушений обязательных требований объектами общественного питания по данным отраслевой статистики Роспотребнадзора свидетельствует, что уровень «законопослушности» в отрасли остается в целом более низким, чем в отраслях, которые реализуют иные виды деятельности. В среднем по стране почти 2/3 хозяйствующих субъектов в сфере общественного питания имели по результатам контрольных мероприятий претензии со стороны Роспотребнадзора. По результатам плановых и внеплановых контрольно-надзорных мероприятий на объектах общественного питания (всего 5096 проверок) в 2022 г. органами санитарного надзора было зафиксировано более 33,1 тысячи нарушений обязательных требований безопасности, или более 6,5 нарушения на одну проверку.

В качестве унифицированного по стране показателя частоты нарушений был принят параметр, установленный Положением о санитарно-эпидемиологическом надзоре: $p = 6,88$. Средневзвешенная тяжесть нарушений здоровья была принята в соответствии с этим же документом на уровне 0,0059.

В трех пилотных регионах (Республика Татарстан, Пермский край, Московская область) были собраны данные об отпуске объектами общественного питания продукции «на вынос» и уточнены данные о потенциальной численности обслуживаемых посетителей в стационарных залах объектов.

Полученные результаты показали, что в целом объективный и корректный учет данных об услуге «продукция общественного питания на вынос» может существенно изменить представление о численности населения под воздействием данного вида деятельности. Так, в г. Перми услугу общественного питания с доставкой осуществляют 43 % хозяйствующих субъек-

тов, в том числе 31 объект (1,9 %) реализуют круглосуточную доставку. К примеру, «Бургер Кинг» реализует в среднем порядка 4000 доставок в месяц, или 129 600 кг продукции в год. Если принять среднюю порцию на человека порядка 450 г, то ежедневно, кроме обслуживания клиентов в стационарном зале, услугой «на вынос» охватывается 789 человек. «Вкусно и точка» реализует доставку объемом порядка 69 120 кг в год, или 2400 доставки в месяц, и т.п.

Учет показателя «население под воздействием услуги на вынос» и модификация параметра времени экспозиции с учетом специфики инфекционного агента в пищевой продукции показали: уровень потенциального риска для здоровья, который формируют отдельные субъекты хозяйственной деятельности, вырос на 20–50 %. Например, показатель риска для одного из предприятий быстрого питания в г. Перми при корректном учете всех параметров деятельности вырос с $8,89E-05$ (риск значительный) до $1,19E-04$ (риск высокий). Аналогичные или близкие изменения были получены и по другим объектам общественного питания.

Полученные результаты оценки риска позволили пересмотреть общую структуру категориальности объектов общественного питания. В табл. 2 и 3 приведены рекогносцировочные расчеты категорий объектов общественного питания по Пермскому краю и Московской области с учетом новой реальности в данной сфере деятельности.

Результаты апробации новых подходов показывают, что реальное число хозяйствующих субъектов, которые по критериям потенциального риска причинения вреда здоровью потребителей могут быть отнесены к категориям «чрезвычайно высокий риск» и / или «высокий риск», существенно больше, чем число таковых, которые были оценены по подходам, разработанным в 2017 г. В Пермском крае доля объектов высших категорий риска возросла с 1,3 до 8,2 %; в Московской области – с 1,7 до 32 %. Даже в условиях ограничения плановых контрольно-надзорных мероприятий это обеспечивает более

Таблица 2

Категории по риску причинения вреда юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и их производственных объектов, осуществляющих деятельность в сфере предоставления услуг общественного питания (Пермский край)*

Категория риска	Без учета объемов продукции «на вынос»		По новой модели с учетом объемов продукции на вынос (доставки) по 701 объекту	
	ЮЛ/ИП	Производственных объектов	ЮЛ/ИП	Производственных объектов
Чрезвычайно высокий риск ($R > 1E-03$)	0	0	0	0
Высокий риск ($1E-04 < R \leq 1E-03$)	27	259	154	534
Значительный риск ($1E-05 < R \leq 1E-04$)	990	1519	1512	1962
Средний риск ($1E-06 < R \leq 1E-05$)	814	894	209	221
Умеренный риск ($1E-07 < R \leq 1E-06$)	15	15	4	4
Низкий риск ($R \leq 1E-07$)	33	34	0	0
ИТОГО	1879	2721	1879	2721

Примечание: * – без учета объектов общественного питания детского населения.

Таблица 3

Категории по риску причинения вреда юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и их производственных объектов, осуществляющих деятельность в сфере предоставления услуг общественного питания (Московская область)

Категория риска	Без учета объемов продукции «на вынос»		По новой модели с учетом объемов продукции на вынос (доставки)	
	ЮЛ/ИП	Производственных объектов	ЮЛ/ИП	Производственных объектов
Чрезвычайно высокий риск ($R > 1E-03$)	5	169	241	589
Высокий риск ($1E-04 < R \leq 1E-03$)	55	141	862	1169
Значительный риск ($1E-05 < R \leq 1E-04$)	949	1330	1741	1951
Средний риск ($1E-06 < R \leq 1E-05$)	1432	1663	315	327
Умеренный риск ($1E-07 < R \leq 1E-06$)	599	643	35	36
Низкий риск ($R \leq 1E-07$)	412	439	258	313
Общий итог	3452	4385	3452	4385

плотный санитарно-эпидемиологический надзор за деятельностью объектов общественного питания и, соответственно, более надежную защиту здоровья потребителей.

Динамичность риск-ориентированной модели контрольно-надзорной деятельности, способность реагирования на изменение ситуации на рынке товаров и услуг, равно как и на изменение ситуации в обществе как носители охраняемых ценностей, – одно из важнейших свойств самой модели [26, 28].

Рост числа очагов острых кишечных инфекций, связанных с предприятиями общественного питания, и существенное расширение объемов услуги по доставке продуктов «на вынос» определили объективный пересмотр категорий риска объектов в данной сфере деятельности. Обоснованное увеличение числа объектов общественного питания, которые могут и должны подлежать более частому плановому надзору, имеет одну цель: повышение защищенности населения страны.

Вместе с тем неизменным остается подход, который защищает и интересы, и права социально ответственных и добросовестных хозяйствующих субъектов. В соответствии с текущей нормативной базой объекты контроля, подлежащие отнесению к категориям высокого, значительного, среднего и умеренного рисков, подлежат отнесению к более низким категориям при отсутствии при последнем контрольном (надзорном) мероприятии юридического лица или индивидуального предпринимателя предписаний об устранении нарушений обязательных требований¹⁶. Соответственно, для «законпослушных» субъектов хозяйственной деятельности меняется и частота, и форма плановых надзорных мероприятий.

В целом применяемая Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека риск-ориентированная мо-

дель организации контроля показала за годы использования высокую эффективность и результативность [29, 30].

Вместе с тем имеются самые широкие перспективы ее дальнейшего развития, прежде всего, в части повышения обоснованности и адресности контроля, в том числе в сфере контроля деятельности объектов общественного питания.

Основой для такого развития должны являться процессы накопления цифровых данных о состоянии санитарно-эпидемиологической ситуации в стране, о результатах контрольно-надзорных мероприятий во всех регионах страны как в разрезе отрасли в целом, так и в разрезе отдельных типов объектов (рестораны общего профиля, рестораны быстрого питания, кафе, кофейни и т.п.). Истории проверок с учетом дифференцированных по типам объектов данных дадут возможность более тонко и обоснованно определять удельную частоту несоблюдения обязательных требований на каждом из типов объектов, оценивать и описывать специфику этих несоблюдений и тяжесть вероятных последствий. В целом цифровизация и наукоемкая обработка больших массивов данных даст возможность максимально обоснованного выявления рисков объектов. С одной стороны, это обеспечит концентрацию усилий регулятора на объектах, представляющих наибольшую угрозу здоровью потребителей услуги, с другой стороны, даст возможность снять избыточные административные барьеры в деятельности добросовестных и минимально «рисковых» хозяйствующих субъектов.

Важнейшим перспективным направлением развития риск-ориентированного контроля (надзора) должно стать и расширение межведомственного взаимодействия. Практика настоящего исследования показала, что сбор данных об объемах продукции «на вынос» осуществляется специалистами Роспот-

¹⁶ О федеральном государственном санитарно-эпидемиологическом контроле (надзоре): Постановление Правительства РФ от 30.06.2021 № 1100 (с изм. и доп.) [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://base.garant.ru/401431882/> (дата обращения: 02.10.2023).

ребнадзора практически «в ручном режиме», через коммуникации непосредственно с хозяйствующими субъектами в период плановых проверок или иных мероприятий. При этом верификация таких данных крайне затруднена. Вместе с тем анализ отчетной статистики объектов общепита показал, что источниками данных могут являться:

- статистическая форма № МП (микро) «Сведения об основных показателях деятельности микропредприятия за год», в которой содержится показатель «Оборот общественного питания» (раздел 4, строка 21)¹⁷;

- статистическая форма № ПМ «Сведения об основных показателях деятельности малого предприятия за __ год», где содержится показатель «Отгружено продукции общественного питания» (раздел 3, строка 12)¹⁸;

- форма № П-1 «Сведения о производстве и отгрузке товаров и услуг за 20 __ г.», где содержится показатель «Оборот общественного питания» (раздел 3, строка 27)¹⁹. Данную форму должны сдавать юридические лица, в том числе с обособленными подразделениями, которые занимаются производством и реализацией товаров и услуг;

- форма федерального статистического наблюдения № 1-ТОРГ (МО) «Сведения об объектах розничной торговли и общественного питания», предоставляемая органами местного самоуправления²⁰.

Организация межведомственного информационного обмена позволила бы Роспотребнадзору верифицировать реестр хозяйствующих субъектов, в который в настоящее время вносятся исходные данные для расчета категории риска, повысить обоснованность расчета величин риска вида деятельности и каждого отдельного производственного объекта.

Одним из направлений развития риск-ориентированной модели контроля может явиться и учет региональной специфики санитарно-эпидемиологической ситуации в отрасли. Если последствия несоблюдения обязательных требований к безопасности деятельности в сфере общественного питания не являются уникальными и характеризуются общими для

всех регионов нарушениями здоровья потребителей, то частота выявляемых нарушений специфична и существенно различается от региона к региону. Так, в 2022 г. по результатам 237 проверок объектов общественного питания в Свердловской области (73 плановых и 164 внеплановых проверки) было выявлено 6397 нарушений обязательных требований, т.е. 27 нарушений на одну проверку. В г. Санкт-Петербурге частота нарушений составила 20,6 на одну проверку; в г. Москве – 12,6. При этом в таких регионах, как Республика Бурятия, Белгородская, Липецкая, Новосибирская, Калужская, Владимирская области, Пермский край и т.п., частота выявляемых нарушений составляет величину менее 5,0 на одну проверку. Учет региональной специфики частоты нарушений позволил бы повысить плотность контроля в регионах со сложной ситуацией в сфере общественного питания и перераспределить силы регулятора на иные объекты в регионах, где частота нарушений на объектах общепита минимальна. При этом не снимается задача динамического пересмотра учитываемой частоты нарушений по актуальным результатам контрольно-надзорной деятельности. Система таким образом максимально оперативно реагирует на меняющиеся профили рисков и демонстрирует, что меры контроля безопасности основаны на рисках, прозрачны и не ущемляют интересы отрасли в целом.

Международный опыт свидетельствует еще об одном перспективном направлении развития риск-ориентированной модели контроля в сфере безопасности объектов общественного питания: внедрение гибридной формы регулирования, при которой стороны гарантируют и обеспечивают взаимный обмен взаимными данными [31]. При этом в систему информирования о рисках через социальные сети подключается и гражданская общественность, что особенно важно для поощрения добровольного соблюдения требований, а также эффективного распределения ограниченных регулятивных ресурсов.

Выводы:

- ♦ рост в период 2020–2022 гг. вспышечной инфекционной заболеваемости, связанной с деятель-

¹⁷ Об утверждении Указаний по заполнению формы федерального статистического наблюдения N МП (микро) «Сведения об основных показателях деятельности микропредприятия»: Приказ Росстата от 01.11.2022 № 794 [Электронный ресурс] // Норматив Контур. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=435209> (дата обращения: 14.10.2023).

¹⁸ Об утверждении Указаний по заполнению формы федерального статистического наблюдения N ПМ «Сведения об основных показателях деятельности малого предприятия»: Приказ Росстата от 24.03.2023 № 130 [Электронный ресурс] // Норматив Контур. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=445367> (дата обращения: 14.10.2023).

¹⁹ Об утверждении Указаний по заполнению форм федерального статистического наблюдения N П-1 «Сведения о производстве и отгрузке товаров и услуг», N П-2 «Сведения об инвестициях в нефинансовые активы», N П-3 «Сведения о финансовом состоянии организации», N П-4 «Сведения о численности и заработной плате работников», N П-5 (М) «Основные сведения о деятельности организации»: Приказ Росстата от 30.11.2022 № 872 [Электронный ресурс] // Норматив Контур. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=437548> (дата обращения: 14.10.2023).

²⁰ Об утверждении формы федерального статистического наблюдения N 1-ТОРГ (МО) «Сведения об объектах розничной торговли и общественного питания»: Приказ Росстата от 30.08.2021 № 527 (в ред. Приказа Росстата от 17.12.2021 № 925) [Электронный ресурс] // Норматив Контур. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=415386> (дата обращения: 14.10.2023).

ностью объектов общественного питания, а также существенное изменение структуры предоставления услуг такими объектами явились основанием для модификации методических подходов к расчету потенциального риска причинения вреда здоровью населения и установления категорий для данного вида деятельности и производственных объектов как критериев планирования контрольно-надзорных мероприятий;

♦ в части совершенствования методической поддержки риск-ориентированной модели при сохранении общих принципов расчета риска и категорирования объектов при расчете показателей, характеризующих численность населения под воздействием, в качестве временного критерия экспозиции для объектов общественного питания рекомендована величина 1,0 в силу того, что время контакта с потенциальным инфекционным агентом пищи значения не имеет; в расчет включена обязательность учета населения, которое подвергается рискам негативных воздействий при потреблении пищевой продукции объектов общественного питания, предоставляемой вне стационарных залов объектов (продукции «на вынос»);

♦ результаты апробации новых подходов показывают, что учет продукции «на вынос» и корректный учет контакта посетителей с потенциально опасным инфекционным агентом имеет следствием значительное повышение доли хозяйствующих субъек-

тов, которые по критериям потенциального риска причинения вреда здоровью потребителей могут быть отнесены к категориям «чрезвычайно высокий риск» и / или «высокий риск» (в Пермском крае – с 1,3 до 8,2 %; в Московской области – с 1,7 до 32 %). Такая структура объектов, несомненно, более адекватна текущей санитарно-эпидемиологической ситуации в стране и обеспечивает более надежную защиту здоровья потребителей;

♦ в целом риск-ориентированная модель контроля имеет инструмент защиты и интересов и прав социально ответственных и добросовестных хозяйствующих субъектов, предусматривая возможность изменения категории риска на более низкую для лиц, которые в ходе надзорных мероприятий не имели предписаний об устранении нарушений обязательных требований со стороны Роспотребнадзора;

♦ перспективы развития модели лежат в сфере накопления и наукоемкого анализа цифровых отраслевых и межведомственных данных о функционировании отрасли, о результатах контрольно-надзорных мероприятий, о нарушениях здоровья населения, ассоциированных с факторами риска деятельности в сфере общественного питания.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Онищенко Г.Г. Государственная политика в области здорового питания населения и пути ее реализации // Здравоохранение Российской Федерации. – 2009. – № 3. – С. 3–9.
2. Губанова В.К. Государственный контроль и надзор в сфере деятельности предприятий общественного питания в Российской Федерации // Актуальные проблемы реформирования современного законодательства: сборник статей Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 89–94.
3. Статистический анализ основных показателей деятельности системы общественного питания в федеральных округах Российской Федерации / Н.А. Теплая, И.А. Абдулрагимов, И.И. Шигапов, А.П. Михалев, Е.С. Горбатко // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 6. – С. 344–350.
4. Epidemiology of restaurant-associated foodborne disease outbreaks, United States, 1998–2013 / K.M. Angelo, A.L. Nisler, A.J. Hall, L.G. Brown, L.H. Gould // Epidemiol. Infect. – 2017. – Vol. 14, № 3. – P. 523–534. DOI: 10.1017/S0950268816002314
5. Estimated cost to a restaurant of a foodborne illness outbreak / S.M. Bartsch, L. Asti, S. Nyathi, M.L. Spiker, B.Y. Lee // Public Health Rep. – 2018. – Vol. 133, № 3. – P. 274–286. DOI: 10.1177/0033354917751129
6. Contribution of foods and poor food-handling practices to the burden of foodborne infectious diseases in France / J.-C. Augustin, P. Kooh, T. Bayeux, L. Guillier, T. Meyer, N. Jourdan-Da Silva, I. Villena, M. Sanaa [et al.] // Foods. – 2020. – Vol. 9, № 11. – P. 1644. DOI: 10.3390/foods9111644
7. Foodborne illness acquired in the United States – major pathogens / E. Scallan, R.M. Hoekstra, F.J. Angulo, R.V. Tauxe, M.-A. Widdowson, S.L. Roy, J.L. Jones, P.M. Griffin // Emerg. Infect. Dis. – 2011. – Vol. 17, № 1. – P. 7–15. DOI: 10.3201/eid1701.p11101
8. Куртсеитова Э.Э. Загрязнение продуктов питания контаминантами микробного происхождения // Человек-Природа-Общество: Теория и практика безопасности жизнедеятельности, экологии и валеологии. – 2019. – № 5 (12). – С. 34–39.
9. Epidemiological Features of Foodborne Disease Outbreaks in Catering Service Facilities – China, 2010–2020 / D. Lu, J. Liu, H. Liu, Y. Guo, Y. Dai, J. Liang, L. Chen, L. Xu [et al.] // China CDC Wkly. – 2023. – Vol. 5, № 22. – P. 479–484. DOI: 10.46234/ccdcw2023.091
10. Бирюкова Л.В., Жданович Н.С. Кадровое обеспечение предприятий сферы общественного питания: проблемы и пути решения // Проблемы и перспективы экономического развития Дальнего Востока России: сборник научных трудов Всероссийского конкурса. – Хабаровск, 2023. – С. 80–84. DOI: 10.38161/978-5-7823-0771-4-2023-080-084
11. Запрыгаева Д.А. Проблемы управления брендом в сфере общественного питания во время пандемии COVID-19 // Актуальные вопросы современной экономики. – 2021. – № 11. – С. 398–404.

12. Bacteriological quality assessment of selected street foods and their public health importance in Gondar Town, North West Ethiopia / A. Adimasu, B. Mekonnen, T. Guadu, Z. Gizaw, T.A. Birhan // *Glob. Vet.* – Vol. 17, № 3. – P. 255–264. DOI: 10.5829/idosi.gv.2016.17.03.10551
13. Microbial risk assessment of ready-to-eat fast foods from different street-vended restaurants / A.A.M. Sabuj, Z.F. Haque, I. Younus, A. Pundit, N. Barua, G. Hossain, A. Islam, S. Saha // *Int. J. One Health.* – 2020. – Vol. 6, № 1. – P. 41–48. DOI: 10.14202/IJOH.2020.41-48
14. Шумилова А.Д. Основные проблемы на предприятиях общественного питания в 2019–2020 годах // *Инновации. Наука. Образование.* – 2020. – № 21. – С. 633–642.
15. Жарова А.В., Пашканг Н.Н., Никитов С.В. Проблемы и перспективы развития общественного питания в условиях ограничений // *Теория и практика современной экономики: материалы национальной студенческой научно-практической конференции.* – Рязань, 2023. – С. 108–114.
16. Монаков Ю.И. Ослабление государственного надзора в сфере защиты прав потребителей в России и пути решения // *Отечественная юриспруденция.* – 2017. – № 9 (23). – С. 46–51.
17. Тенденции в многолетней динамике заболеваемости населения острыми кишечными инфекциями и эпидемиологические особенности вспышек в последние годы / В.И. Сергеев, Е.Ж. Кузовникова, М.А. Трасолобова, Ю.И. Ладейщикова // *Эпидемиология и инфекционные болезни.* – 2015. – Т. 20, № 4. – С. 17–21.
18. Gill G. Epidemiologic characteristics of *Campylobacter* infections in high-income countries: a systematic review // *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology.* – 2021. – Vol. 98, № 5. – P. 588–596. DOI: 10.36233/0372-9311-167
19. Nauta M. Microbial food safety risk assessment // In book: *Foodborne Infections and Intoxications* / ed. by J.G. Morris, D.J. Vugia. – 5th ed. – Academic Press, 2021. – P. 19–34. DOI: 10.1016/B978-0-12-819519-2.00015-3
20. Prioritisation of food-borne parasites in Europe, 2016 / M. Bouwknegt, B. Devleeschauwer, H. Graham, L.J. Robertson, J.W. van der Giessen, Euro-FBP workshop participants // *Euro Surveill.* – 2018. – Vol. 23, № 9. – P. 17-00161. DOI: 10.2807/1560-7917.ES.2018.23.9.17-00161
21. Food safety knowledge, attitude, and hygiene practices of street-cooked food handlers in North Dayi District, Ghana / L.S. Tuglo, P.D. Agordoh, D. Tekpor, Z. Pan, G. Agbanyo, M. Chu // *Environ. Health Prev. Med.* – 2021. – Vol. 26, № 1. – P. 54. DOI: 10.1186/s12199-021-00975-9
22. Fan Y.-X., Liu X.-M., Bao Y.-D. Analysis of main risk factors causing foodborne diseases in food catering business // *Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi.* – 2011. – Vol. 45, № 6. – P. 543–546.
23. Netizens' food safety knowledge, attitude, behaviors, and demand for science popularization by WeMedia / Y. Zhao, X. Yu, Y. Xiao, Z. Cai, X. Luo, F. Zhang // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2020. – Vol. 17, № 3. – P. 730–740. DOI: 10.3390/ijerph17030730
24. Guo F., Wang R. Construction of risk prevention and control model for catering industry during 2019-nCoV situation based on text mining // 2020 2nd International Conference on Economic Management and Model Engineering (ICEMME). – Chongqing, China, 2020. – P. 830–833. DOI: 10.1109/ICEMME51517.2020.00170
25. Bradshaw E., Jaykus L.-A. Risk assessment for foodborne viruses // In book: *Viruses in Foods* / ed. by S.M. Goyal, J.L. Cannon. – Switzerland: Springer International Publishing, 2016. – P. 471–503. DOI: 10.1007/978-3-319-30723-7_17
26. Контрольно-надзорная и разрешительная деятельность в Российской Федерации: аналитический доклад – 2019 / С.М. Плаксин, И.А. Абузярова, А.В. Кашанин [и др.]. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2020. – 136 с.
27. Научно-методические подходы к классификации хозяйствующих субъектов по риску причинения вреда здоровью граждан для задач планирования контрольно-надзорных мероприятий / А.Ю. Попова, Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов, А.С. Сбоев // *Анализ риска здоровью.* – 2014. – № 4. – С. 4–13. DOI: 10.21668/health.risk/2014.4.01
28. Модернизация системы контрольно-надзорных полномочий в Российской Федерации: аналитический доклад. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2014. – 89 с.
29. Методические подходы к расчету фактических и предотвращенных медико-демографических и экономических потерь, ассоциированных с негативным воздействием факторов среды обитания / А.Ю. Попова, Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов // *Гигиена и санитария.* – 2015. – Т. 94, № 7. – С. 95–99.
30. Методические подходы к исследованию результативности и резервов управления в системе Роспотребнадзора по критериям предотвращения потерь здоровья населения Российской Федерации / Н.В. Зайцева, Д.А. Кирьянов, М.Ю. Цинкер, В.Г. Костарев // *Гигиена и санитария.* – 2019. – Т. 98, № 2. – С. 125–134. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-2-125-134
31. Garcia Martinez M., Verbruggen P.W.J., Fearn A. Risk-based approaches to food safety regulation: what role for co-regulation? // *Journal of Risk Research.* – 2013. – Vol. 16, № 9. – P. 1101–1121. DOI: 10.1080/13669877.2012.74315

Совершенствование риск-ориентированной модели планового санитарно-эпидемиологического контроля деятельности объектов общественного питания / И.В. Май, Н.В. Никифорова, Э.В. Седусова, Н.В. Зайцева // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 4. – С. 42–53. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.04

**DEVELOPING THE RISK-BASED MODEL OF SCHEDULED
SANITARY-EPIDEMIOLOGIC CONTROL OF PREPARED FOOD PROVIDERS****I.V. May, N.V. Nikiforova, E.V. Sedusova, N.V. Zaitseva**Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies,
82 Monastyrskaya St., Perm, 614045, Russian Federation

The relevance of the study is determined by a substantial change in the structure of services offered by prepared food providers and a growth in outbreaks of communicable diseases due to violations of the mandatory sanitary-epidemiological requirements by prepared food providers and nutrition units in establishments. The aim of this study was to develop the methodical support for the risk-based model of the sanitary-epidemiological control over economic entities operating as prepared food providers. The study was accomplished following the enquiry of the RF Chief Sanitary Inspector.

The general principles of risk calculation and identification of risk categories of an economic activity and production facilities remaining intact, a suggestion is to take a value of a temporary exposure criterion for prepared food providers as equal to 1.0 when determining numbers of exposed population. This is justified since a time of a contact with a potential infectious agent in food is of no significance. In addition to that, the model development entails mandatory consideration of population with risks of negative exposures due to consuming food offered by takeaways.

The study results indicate that consideration of takeaway food and correct consideration of people's contacts with a potentially hazardous infectious agent lead to a substantial increase in levels of health risks. Accordingly, there is a growth in the share of economic entities, which, according to potential risks of health harm for consumers, can be assigned into the categories of 'extremely high risk' and / or 'high risk' (from 1.3 to 8.2 % and from 1.7 to 32 % accordingly in the Perm oblast and Moscow oblast as two pilot regions). The resulting structure of risk categories economic entities are assigned into is more adequate to the current sanitary-epidemiological situation in the country and provides reliable protection for consumers' health.

The prospects of the model development involve accumulation and science-intensive analysis of digital branch and interdepartmental data on the branch functioning, results of control and surveillance activities, and health impairments in population associated with risk factors typical for activities performed by prepared food providers.

Keywords: sanitary-epidemiological control (surveillance), risk-based model, prepared food provision, risk category of economic activity and production facilities, risk of health harm, consumers' health, conscientiousness, planning

References

1. Onishchenko G.G. State populations healthy nutrition policy and ways of its implementation. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*, 2009, no. 3, pp. 3–9 (in Russian).
2. Gubanova V.K. Gosudarstvennyi kontrol' i nadzor v sfere deyatel'nosti predpriyatii obshchestvennogo pitaniya v Rossiiskoi Federatsii [State control and supervision in the field of activities of prepared food providers in the Russian Federation]. *Aktual'nye problemy reformirovaniya sovremennogo zakonodatel'stva: sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Current problems of reforming modern legislation: collections of articles of the International Scientific and Practical Conference], 2018, pp. 89–94 (in Russian).
3. Tepliaya N.A., Abdulragimov I.A., Shigapov I.I., Mikhalev A.P., Gorbato E.S. Statistical analysis of the main indicators of the public catering system in the federal districts of the Russian Federation. *Innovatsii i investitsii*, 2023, no. 6, pp. 344–350 (in Russian).
4. Angelo K.M., Nisler A.L., Hall A.J., Brown L.G., Gould L.H. Epidemiology of restaurant-associated foodborne disease outbreaks, United States, 1998–2013. *Epidemiol. Infect.*, 2017, vol. 145, no. 3, pp. 523–534. DOI: 10.1017/S0950268816002314
5. Bartsch S.M., Asti L., Nyathi S., Spiker M.L., Lee B.Y. Estimated cost to a restaurant of a foodborne illness outbreak. *Public Health Rep.*, 2018, vol. 133, no. 3, pp. 274–286. DOI: 10.1177/0033354917751129
6. Augustin J.-C., Kooh P., Bayeux T., Guillier L., Meyer T., Jourdan-Da Silva N., Villena I., Sanaa M. [et al.]. Contribution of foods and poor food-handling practices to the burden of foodborne infectious diseases in France. *Foods*, 2020, vol. 9, no. 11, pp. 1644. DOI: 10.3390/foods9111644
7. Scallan E., Hoekstra R.M., Angulo F.J., Tauxe R.V., Widdowson M.-A., Roy S.L., Jones J.L., Griffin P.M. Foodborne illness acquired in the United States – major pathogens. *Emerg. Infect. Dis.*, 2011, vol. 17, no. 1, pp. 7–15. DOI: 10.3201/eid1701.p11101

© May I.V., Nikiforova N.V., Sedusova E.V., Zaitseva N.V., 2023

Irina V. May – Doctor of Biological Sciences, Professor, Deputy Director for Research (e-mail: may@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-25-47; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016>).

Nadezhda V. Nikiforova – Candidate of Medical Sciences, Head of the Laboratory for Procedures of Sanitary-Hygienic Monitoring (e-mail: kriulina@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8060-109X>).

Ella V. Sedusova – Researcher of the Sanitary and Hygienic Analysis and Expert Examinations Laboratory (e-mail: ella@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4599-083X>).

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>).

8. Kurtseitova E.E. Food microbial contamination: modern challenges. *Chelovek-Priroda-Obshchestvo: Teoriya i praktika bezopasnosti zhiznedejatel'nosti, ekologii i valeologii*, 2019, no. 5 (12), pp. 34–39 (in Russian).
9. Lu D., Liu J., Liu H., Guo Y., Dai Y., Liang J., Chen L., Xu L. [et al.]. Epidemiological Features of Foodborne Disease Outbreaks in Catering Service Facilities – China, 2010–2020. *China CDC Wkly*, 2023, vol. 5, no. 22, pp. 479–484. DOI: 10.46234/ccdcw2023.091
10. Biryukova L.V., Zhdanovich N.S. Kadrovoe obespechenie predpriyatii sfery obshchestvennogo pitaniya: problemy i puti resheniya [Staffing of prepared food providers: problems and solutions]. *Problemy i perspektivy ekonomicheskogo razvitiya Dal'nego Vostoka Rossii: sbornik nauchnykh trudov Vserossiiskogo konkursa [Problems and prospects for economic development of the Russian Far East: collection of scientific papers of the All-Russian competition]*. Khabarovsk, 2023, pp. 80–84. DOI: 10.38161/978-5-7823-0771-4-2023-080-084 (in Russian).
11. Zapryagaeva D.A. Problemy upravleniya brendom v sfere obshchestvennogo pitaniya vo vremya pandemii COVID-19 [Challenges of brand management in the foodservice industry during the COVID-19 pandemic]. *Aktual'nye voprosy sovremennoi ekonomiki*, 2021, no. 11, pp. 398–404 (in Russian).
12. Adimasu A., Mekonnen B., Guadu T., Gizaw Z., Birhan T.A. Bacteriological quality assessment of selected street foods and their public health importance in Gondar Town, North West Ethiopia. *Glob. Vet.*, 2016, vol. 17, no. 3, pp. 255–264. DOI: 10.5829/idosi.gv.2016.17.03.10551
13. Sabuj A.A.M., Haque Z.F., Younus I., Poudit A., Barua N., Hossain G., Islam A., Saha S. Microbial risk assessment of ready-to-eat fast foods from different street-vended restaurants. *Int. J. One Health*, 2020, vol. 6, no. 1, pp. 41–48. DOI: 10.14202/IJOH.2020.41-48
14. Shumilova A.D. Osnovnye problemy na predpriyatiyakh obshchestvennogo pitaniya v 2019–2020 godakh [Main problems of prepared food providers in 2019–2020]. *Innovatsii. Nauka. Obrazovanie*, 2020, no. 21, pp. 633–642 (in Russian).
15. Zharova A.V., Pashkang N.N., Nikitov S.V. Problemy i perspektivy razvitiya obshchestvennogo pitaniya v usloviyakh ogranichenii [Problems and prospects for the development of prepared food service under restrictions]. *Teoriya i praktika sovremennoi ekonomiki: materialy natsional'noi studentcheskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Theory and practice of modern economics: materials of the national student scientific and practical conference]*. Ryazan', 2023, pp. 108–114 (in Russian).
16. Monakov Yu.I. Osloblenie gosudarstvennogo nadzora v sfere zashchity prav potrebitel'ei v Rossii i puti resheniya [Weakening of state supervision in the field of consumer rights protection in Russia and solutions]. *Otechestvennaya yurisprudentsiya*, 2017, no. 9 (23), pp. 46–51 (in Russian).
17. Sergevnik V.I., Kuzovnikova E.Zh., Tryasolobova M.A., Ladeyshchikova Yu.I. Trends in the longterm dynamics of morbidity of acute intestinal infections and epidemiological features of outbreaks in recent years. *Epidemiologiya i infektsionnye bolezni*, 2015, vol. 20, no. 4, pp. 17–21 (in Russian).
18. Gill G. Epidemiologic characteristics of *Campylobacter* infections in high-income countries: a systematic review. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*, 2021, vol. 98, no. 5, pp. 588–596. DOI: 10.36233/0372-9311-167
19. Nauta M. Microbial food safety risk assessment. In book: *Foodborne Infections and Intoxications*, 5th ed. In: J.G. Morris, D.J. Vugia eds. Academic Press, 2021, pp. 19–34. DOI: 10.1016/B978-0-12-819519-2.00015-3
20. Bouwknegt M., Devleeschauwer B., Graham H., Robertson L.J., van der Giessen J.W., Euro-FBP workshop participants. Prioritisation of food-borne parasites in Europe, 2016. *Euro Surveill.*, vol. 23, no. 9, pp. 17-00161. DOI: 10.2807/1560-7917.ES.2018.23.9.17-00161
21. Tuglo L.S., Agordoh P.D., Tekpor D., Pan Z., Agbanyo G., Chu M. Food safety knowledge, attitude, and hygiene practices of street-cooked food handlers in North Dayi District, Ghana. *Environ. Health Prev. Med.*, 2021, vol. 26, no. 1, pp. 54. DOI: 10.1186/s12199-021-00975-9
22. Fan Y.-X., Liu X.-M., Bao Y.-D. [Analysis of main risk factors causing foodborne diseases in food catering business]. *Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi*, 2011, vol. 45, no. 6, pp. 543–546 (in Chinese).
23. Zhao Y., Yu X., Xiao Y., Cai Z., Luo X., Zhang F. Netizens' food safety knowledge, attitude, behaviors, and demand for science popularization by WeMedia. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2020, vol. 17, no. 3, pp. 730–740. DOI: 10.3390/ijerph17030730
24. Guo F., Wang R. Construction of risk prevention and control model for catering industry during 2019-nCoV situation based on text mining. *2020 2nd International Conference on Economic Management and Model Engineering (ICEMME)*, Chongqing, China, 2020, pp. 830–833. DOI: 10.1109/ICEMME51517.2020.00170
25. Bradshaw E., Jaykus L.-A. Risk assessment for foodborne viruses. In book: *Viruses in Foods*. In: S.M. Goyal, J.L. Cannon eds. Switzerland, Springer International Publishing, 2016, pp. 471–503. DOI: 10.1007/978-3-319-30723-7_17
26. Plaksin S.M., Abuzyarova I.A., Kashanin A.V. [et al.]. Kontrol'no-nadzornaya i razreshitel'naya deyatelnost' v Rossiiskoi Federatsii: analiticheskii doklad – 2019 [Control, supervision and licensing activities in the Russian Federation: analytical report – 2019]. Moscow, HSE University Publ., 2020, 136 p. (in Russian).
27. Popova A.Yu., Zaitseva N.V., May I.V., Kiryanov D.A., Sboev A.S. Research and methodology approaches to the classification of economic units by public health harm risk for scheduling control and supervisory events. *Health Risk Analysis*, 2014, no. 4, pp. 4–13. DOI: 10.21668/health.risk/2014.4.01.eng
28. Modernizatsiya sistemy kontrol'no-nadzornykh polnomochii v Rossiiskoi Federatsii: analiticheskii doklad [Modernization of the system of control and supervisory powers in the Russian Federation: analytical report]. Moscow, HSE University Publ., 2014, 89 p. (in Russian).
29. Popova A.Yu., Zaitseva N.V., May I.V., Kiryanov D.A. Methodological approaches to the calculation of actual and prevented as a result of the control and supervisory activities, medical-demographic and economic 95 losses, associated with the negative impact of environmental factors. *Gigiena i sanitariya*, 2015, vol. 94, no. 7, pp. 95–99 (in Russian).
30. Zaitseva N.V., Kiryanov D.A., Tsinker M.Yu., Kostarev V.G. Methodical approach to the investigation of reserves in performance and management in the system of Federal Service for Surveillance over Consumer Rights Protection and Human Well-Being (Rospotrebnadzor) as according to prevented health losses in the population of the Russian Federation. *Gigiena i sanitariya*, 2019, vol. 98, no. 2, pp. 125–134. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-2-125-134 (in Russian).
31. Garcia Martinez M., Verbruggen P.W.J., Fearne A. Risk-based approaches to food safety regulation: what role for co-regulation? *Journal of Risk Research*, 2013, vol. 16, no. 9, pp. 1101–1121. DOI: 10.1080/13669877.2012.74315

May I.V., Nikiforova N.V., Sedusova E.V., Zaitseva N.V. Developing the risk-based model of scheduled sanitary-epidemiologic control of prepared food providers. *Health Risk Analysis*, 2023, no. 4, pp. 42–53. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.04.eng

Получена: 22.10.2023

Одобрена: 18.12.2023

Принята к публикации: 19.12.2023



Обзорная статья

РИСКОГЕННОЕ ПОВЕДЕНИЕ РОССИЯН В СФЕРЕ ЗДОРОВЬЯ: ДИНАМИКА И ФАКТОРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ

С.Ю. Шарыпова, С.С. Гордеева

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Российская Федерация, 614990,
г. Пермь, ул. Букирева, 15

Осуществлен анализ рисковенных практик россиян в сфере здоровья в «допандемийный» (2018–2019 гг.), «пандемийный» (2020–2021 гг.) и «постпандемийный» (2022 г.) периоды. На основе вторичного анализа лонгитюдной базы данных РМЭЗ НИУ ВШЭ исследована динамика рисковенного поведения россиян, выявлены факторы воздействия. Доказан разнонаправленный характер динамики рисковенных практик среди россиян в условиях пандемии COVID-19: зафиксировано снижение медицинской и физической активности населения наряду с условной стабильностью потребления алкогольной и табачной продукции.

Установлено, что мужчины, граждане до 35 лет и не имеющие детей менее активны во взаимодействии с институтами официальной медицины, менее настороженно относятся к состоянию собственного здоровья. Размер населенного пункта, в котором проживает респондент, влияет на его физическую активность (в поселках городского типа и селах более 80 % указали на отсутствие регулярных занятий спортом). Аддитивные практики связаны с полом, возрастом и наличием партнера: в разы чаще курят и пьют алкоголь мужчины и те, кто состоит в зарегистрированном или незарегистрированном браке.

Замещение здоровьесохраняющих практик рисковенными в ситуации пандемии COVID-19 было характерно для определенных социально-демографических групп. Снижение медицинской активности – для женщин (многие в постпандемийный период остаются по-прежнему неактивными), лиц старшего возраста и одиноких россиян. Также одинокие респонденты в пандемию показали отрицательную динамику уровня физической активности. Аддитивные практики больше проявились у мужчин и работающих граждан.

На основе полученных эмпирических данных «пандемийный» период охарактеризован как этап, не способствующий формированию и утверждению большей приверженности к здоровьесберегающим практикам среди граждан. На фоне низкого доверия к системе здравоохранения и высокого уровня тревожности сниженная медицинская активность населения как рисковенная практика закрепилась в поведении в отношении здоровья на этапе постпандемии. Обоснована целесообразность разработки эффективных и комплексных программ здоровьесбережения различных категорий населения, в том числе направленных на улучшение доступности медицинских услуг, проведения профилактических мероприятий, повышения осведомленности населения о ценности здоровья и способах его сохранения.

Ключевые слова: рисковенное поведение, здоровье, факторы риска здоровья, пандемия COVID-19, аддитивные практики, здоровьесбережение, «пандемийный» период, «постпандемийный» период.

Проблема рисковенного поведения населения в сфере здоровья и факторов, его детерминирующих, находится в центре медико-социологического дискурса [1–4], требует исследовательского внимания и принятия мер для ее решения. Рисковенное поведение в отношении здоровья (health risk behavior) определяется как поведение, представляющее угрозу для жизни индивида, приводящее его к болезни,

инвалидности или смерти [5]. Такая форма поведения снижает возможности человека быть физически, психически и социально здоровым. Значительное число исследований рисковенного поведения направлено на изучение факторов, его детерминирующих, а также систематизацию повседневных практик, их одновременное сочетание и взаимосвязь [6]. Традиционно к числу рисковенных практик отно-

© Шарыпова С.Ю., Гордеева С.С., 2023

Шарыпова Софья Юрьевна – старший преподаватель кафедры социологии (e-mail: sonia.eliseeva@bk.ru; тел.: 8 (342) 239-66-93; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3519-8531>).

Гордеева Светлана Сергеевна – кандидат социологических наук, доцент кафедры социологии (e-mail: ssgordeyeva@mail.ru; тел.: 8 (342) 239-66-93; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5309-8318>).

сят злоупотребление алкоголем [7], потребление табака [8], недостаточную двигательную активность [9], а также безответственное медицинское поведение [10].

В настоящее время большое число научных публикаций [11–13], посвященных поведению населения в сфере здоровья в пандемию COVID-19, затрагивают проблему роста распространенности рискогенных практик среди различных социальных групп (подростков, молодежи, занятых в различных отраслях, этнических меньшинств). Доказывается, что в условиях неблагоприятной эпидемиологической ситуации определенные категории населения снижали приверженность практикам здоровьесбережения, меняли свое поведение в сторону менее здорового образа жизни. Это актуализирует проблему исследования динамики рискогенного поведения среди россиян в период пандемии, выявления контекстуальных и индивидуальных факторов поведения способного создавать риски для здоровья. Помимо серьезных непосредственных последствий для физического и психического здоровья населения, вызванных пандемией COVID-19, изменения в поведении могут иметь долгосрочные последствия для сохранения здоровья [14].

Обзор литературы. Изменения в практиках употребления табака. Результаты исследований показывают, что курильщики по-разному меняли свое поведение в отношении курения в период пандемии COVID-19: часть из них увеличила дозы потребления табака, а другая – сократила их [15]. По результатам исследования J. Bommele et al. [16], доля тех, кто в период пандемии стал курить меньше, составила 14 %, а тех, кто больше, – 19 %. Типичными причинами продолжения курения или даже его началом являлись стресс и тревожность, которые испытывали люди в период пандемии, а практика курения рассматривалась ими как способ снять испытываемое психоэмоциональное напряжение [16]. Определенную роль играли вынужденные ограничения в передвижении и социальной активности. Многие люди ощущали состояния скуки и одиночества, что стимулировало усиление желания курить [17].

Индивидуальное восприятие рисков, ассоциированных с коронавирусной инфекцией, среди части курильщиков могло вызывать положительные изменения в поведении (в частности, отказ от сигарет). Результаты исследования T.M. Klempere et al. [18] указывают, что более 20 % американских респондентов осуществили попытку отказаться от курения, чтобы снизить риск причинения вреда от табака в случае заражения коронавирусной инфекцией.

Другое возможное объяснение изменения поведения в отношении табака состоит в том, что некоторые курильщики сократили курение вследствие меньшей социальной активности, а не потому, что у них была мотивация в сохранении здоровья [16]. Оставаясь дома, курильщики ограничивали так называемое соци-

альное курение (курение с друзьями, на вечеринках или на улице).

Результаты исследований поведения в отношении употребления табачных изделий носят разнонаправленный характер. Для определенной части людей индивидуальные риски в пандемию COVID-19 стимулировали сокращение доз табачной продукции или полный отказ от нее. Подобная антитабачная практика воспринималась в сознании как возможность снизить вероятность тяжелого протекания COVID-19, выступала как фактор успешного выздоровления после инфекционного заболевания. Следовательно, к числу детерминант снижения употребления табачной продукции могут быть отнесены средовые факторы, а именно ограниченные возможности для так называемого социального курения (с друзьями, на улице и т.п.), а также индивидуальные (микросоциальные) факторы (восприятие риска его носителем). В то же время в период пандемии многие люди столкнулись с повышенным уровнем стресса, вызванного неопределенностью будущего, страхом за свое здоровье и здоровье близких, а также социальной изоляцией.

Стрессорные воздействия на человека в ряде случаев приводили к депрессивному состоянию, к чувствам уныния, скуки и одиночества, которые усиливали потребность в курении. В этих случаях оно могло создавать иллюзию временного облегчения от воздействия стресса и оптимизации индивидуального психического состояния. То есть факторы внешней среды (ограничения в передвижении) и, как следствие, неблагоприятное психоэмоциональное состояние индивида, стрессовая реакция на эти обстоятельства – факторы увеличения употребления табака в период пандемии.

Изменения в практиках потребления алкоголя. Результаты исследований частоты потребления алкоголя в период пандемии носят противоречивый характер [19]. В некоторых публикациях сообщается о снижении потребления алкоголя, в других – об увеличении, а в третьих – о смешанной картине потребления. Доля лиц, употреблявших алкоголь во время пандемии, варьируется в разных исследованиях от 21,7 % [14] до 81,4 % [20]. Китайские авторы [21] указывали на незначительное снижение употребления алкоголя в пандемийный период. В ряде случаев отмечался рост употребления алкоголя во время пандемии [22].

Рассмотрим некоторые факторы роста и снижения употребления алкоголя. Неблагоприятное психоэмоциональное состояние индивида связывают с увеличением доз употребления спиртных напитков [23–24]. При этом психологический стресс и проблемное употребление алкоголя часто возникают одновременно, а к числу основных негативных факторов относятся социальная изоляция [25] и стресс [26]. В состоянии стресса и тревоги повышается мотивация человека к употреблению психоактивных веществ как способа преодоления трудностей на

фоне непредсказуемости и неопределенности. Исследование [27], проведенное в России и Беларуси, показало, что жители, столкнувшиеся с проблемами своего психического здоровья (раздражительностью, бессонницей, эмоциональными расстройствами), увеличивали объем потребления алкоголя.

По-видимому, в периоды роста инфекционной заболеваемости, затрагивающей жизнь каждого человека, возникает необходимость в защитной реакции организма, направленной на снижение психической напряженности. Определенная категория населения рассматривает употребление спиртных напитков как наиболее простой способ снижения этой напряженности.

В ряде исследований выявлена статистически значимая связь между наличием / отсутствием социальных контактов и уровнем потребления алкоголя: люди с большей социальной поддержкой, числом социальных связей потребляли меньше алкоголя по сравнению с лицами в положении коммуникативной изоляции [28].

В работе Н. Mustonen et al. [29] на примере анализа финских культурных практик употребления спиртных напитков подчеркивается, что случаи употребления алкоголя выступают важными факторами, определяющими объем алкогольного употребления и его последствия. Так, результаты эмпирического исследования показали, что употребление большого объема алкоголя связано с ситуацией употребления в группе друзей, а также в семейном кругу. Так, современная культура поведения регулирует потребление алкоголя людьми и проявляется через формальные и неформальные социальные нормы, призванные выступать как механизмы ограничения поведения выпивающих (например, запрет на распитие спиртных напитков в общественных местах), а также поощрения определенного поведения (например, приобретение некоторого объема алкоголя). Значительное число подобных социальных норм направлено на регулирование поведения во время или после потребления алкоголя. Регулирующие нормы различаются в зависимости от социального контекста, а именно времени, места и случая употребления спиртных напитков. Тем самым необходимо рассматривать культуру потребления алкоголя как совокупность значений и смыслов, которые пересматриваются и изменяются в социуме.

В условиях наличия спиртных напитков и более длительного присутствия человека в домашних условиях потребление алкоголя стало выстраиваться в повседневные привычки (действия и практики). Употребление спиртных напитков в меньшей степени воспринималось как практика, требующая особого повода или события, а скорее становилось социальной практикой, вписывающейся в привычный образ жизни. Результаты эмпирического исследования [30] выявили также появление новых смыслов (значений) потребления алкоголя. Информанты сообщали о практике потребления алкоголя в одиночестве как

«замене социального взаимодействия», а также о практике онлайн-потребления спиртных напитков с друзьями, родными.

На потребление алкоголя оказали влияние социально-демографические факторы. Согласно результатам исследований [31], мужчины чаще употребляли алкоголь, чем женщины. Результаты польского исследования [23] показывают обратную ситуацию: женщины чаще употребляли алкоголь и выпивали больше стандартных порций за один раз по сравнению с мужчинами. Возрастной фактор также по-разному оценивается авторами: более пожилой возраст [14] и более молодой возраст [32] были связаны с увеличением употребления алкоголя.

Таким образом, к группам факторов, определяющих изменения в алкогольных практиках во время пандемии COVID-19, мы относим: индивидуально-психологические (психоэмоциональное состояние, чувство страха, психические расстройства); ситуационно-средовые (наличие социальных контактов и изменение социальных контекстов); социально-демографические (гендерная принадлежность, семейный статус, возраст).

Безответственное медицинское поведение.

Медицинское поведение в период пандемии должно включать не только соблюдение рекомендаций по защите от инфекции, но и посещение врачей для профилактических осмотров и лечения возможных заболеваний. Регулярное (систематическое) посещение врачей является важной здоровьесберегающей практикой, в ходе которой проводится медицинский осмотр, отслеживается динамика состояния здоровья индивида, обсуждаются вопросы профилактических мероприятий по охране здоровья. В ряде исследований [33, 34] указывается на снижение обращений к медицинским специалистам в период пандемии. По сравнению с допандемийным периодом общее количество посещений в период COVID-19 в Канаде было ниже по ряду хронических заболеваний (прежде всего диабета и гипертонии), по проблемам ОРВИ и семейного планирования [35].

Данные национального опроса в США (июнь 2020 г.) показали, что 40,9 % респондентов откладывали или избегали оказания медицинской помощи, в том числе неотложной помощи (12,0 %) и плановой помощи (31,5 %) [36]. Почти треть респондентов сообщили, что откладывание плановой медицинской помощи или ее избегание обусловлены необходимостью соблюдать рекомендации по социальному дистанцированию, а также временным закрытием ряда медицинских учреждений. Опрос японских родителей [37] в 2020 г. показал снижение числа посещений детских медицинских учреждений вследствие страха заражения коронавирусной инфекцией.

Кроме того, эмпирически установлено [36], что в период пандемии существенно сократилось число обращений пациентов за профилактической помощью (периодическими медицинскими осмотрами,

плановой вакцинацией, педиатрическим уходом за ребенком). Также в публикациях приводились высказывания о том, что пандемия определила сокращение профилактических услуг, которые часто предоставлялись в рамках периодических посещений врача, включая скрининг рака [38], вакцинацию [39] и диагностику хронических заболеваний [40]. К числу основных причин снижения числа обращений за медицинской помощью отечественные авторы относят низкий уровень доверия к личности медицинского работника и системе здравоохранения в целом [41].

Таким образом, безответственное медицинское поведение в пандемийный период было выражено в снижении числа посещений врачебных учреждений, включая профилактические осмотры. Выделим основные причины этих изменений. Во-первых, страх заражения COVID-19 в медицинских учреждениях привел к тому, что люди предпочитали оставаться дома и избегать посещения больниц и клиник. Во-вторых, некоторые медицинские учреждения временно ограничивали или приостанавливали проведение плановых процедур и операций, чтобы освободить ресурсы для лечения больных, что становилось причиной отсрочки плановых медицинских визитов и обследований. Наконец, экономические факторы также сыграли роль, поскольку некоторые люди потеряли работу или столкнулись с финансовыми трудностями из-за пандемии, что привело к сокращению затрат на платную медицинскую помощь. В результате откладывания плановой медицинской помощи многие пациенты могли столкнуться с ухудшением своего состояния и более сложным лечением в будущем.

Недостаточная двигательная активность.

Адекватная физическая нагрузка имела большое значение для сохранения здоровья индивида, в том числе в период пандемии [42]. Регулярные занятия физической культурой укрепляют иммунную систему, уменьшают стресс и тревожность, улучшают сон и повышают уровень энергии. Кроме того, двигательная активность может быть отличным способом социализации, даже в условиях ограничений на контакты. Например, можно заниматься спортом вместе с друзьями или присоединиться к онлайн-группам для занятий фитнесом.

Исследователи заявляют о снижении уровня физической активности вследствие влияния *средовых факторов*, включая ограничение доступа к местам занятий физическими упражнениями или полное их закрытие (таких как фитнес-центры, общественные парки и зоны активного отдыха) [43]. Широко распространенные практики удаленной организации профессиональной деятельности также могли отра-

зиться в снижении возможности реализации привычного двигательного режима.

Результаты австралийского исследования [44] среди студентов и преподавателей указывают на *социально-демографические факторы* снижения физической активности. К этой группе факторов относятся: гендерная принадлежность (женщины были менее активны, чем мужчины), возраст (люди младшего поколения менее активны, чем более старшего), а также территория проживания (горожане менее активны, чем сельчане).

Потребность в физической активности во многом обусловлена *состоянием здоровья* человека. В исследовании [45] показана взаимосвязь между уровнем психического здоровья и двигательной активностью населения: плохое состояние психического здоровья часто приводило к гиподинамии и увеличению сидячего образа жизни, что, в свою очередь, отрицательно сказывалось на психическом состоянии пациентов.

Таким образом, в период пандемии и режима самоизоляции наибольшая часть факторов (средовые, социально-демографические, состояние психического здоровья) обуславливала снижение уровня физической активности населения. Фактор дополнительного свободного времени способствовал повышению возможностей для занятий физическими упражнениями.

Проведенный анализ отечественных и зарубежных эмпирических исследований показал, что в настоящее время существует недостаточная ясность в понимании динамики рискогенных практик в пандемию COVID-19. Остается также вопрос, какие именно факторы повлияли на изменение практик здоровьесбережения среди различных категорий населения.

Цель исследования – описать поведение россиян в сфере здоровья с 2018 по 2022 г. (данный временной отрезок включает три периода, различающихся уровнем эпидемиологической напряженности – «допандемия», «пандемия», «постпандемия»), установить социально-демографические факторы, обуславливающие рискогенную направленность поведения и его динамику.

Материалы и методы. В рамках исследования был реализован вторичный анализ лонгитюдной базы данных РМЭЗ НИУ ВШЭ с октября 2018 г. по январь 2023 г.¹ Период «до пандемии COVID-19» представлен 2018–2019 гг., «пандемия COVID-19» – 2020–2021 гг., «постпандемия» – 2022 г. Для анализа были отобраны респонденты в возрасте 18 лет и старше, кто принимал ежегодное участие в исследовании в интересующий нас период с 2018 по 2022 г. Объем выборочной совокупности составил 6317 человек. Структура выборки представлена в табл. 1.

¹ Российский мониторинг экономического положения и здоровья населения НИУ ВШЭ [Электронный ресурс] // НИУ ВШЭ: официальный сайт. – URL: <http://www.hse.ru/rhms> (дата обращения: 17.10.2023); Russia Longitudinal Monitoring Survey of HSE [Электронный ресурс] // RLMS-HSE, UNC Carolina Population Center. – URL: <https://rlms-hse.cpcr.unc.edu> (дата обращения: 17.10.2023).

Таблица 1

Структура анализируемой выборочной совокупности

Показатель	Количество, абс.	Доля, %
Пол	Мужчины	2531
	Женщины	3786
Возраст	Молодые (1984–2000 г.р.)	1348
	Средний возраст (1953–1983 г.р.)	3025
	Пожилые (1924–1952 г.р.)	1944
Наличие партнера	Есть партнер	3880
	Нет партнера	2431
Наличие детей	Есть дети	5243
	Нет детей	1069
Статус занятости	Работающие	3206
	Неработающие	3111

Рискогенное поведение россиян в сфере здоровья оценивалось через вопросы о распространенности поведенческих практик, таких как:

1) безответственное медицинское поведение, включающее:

а) посещение врача один раз в год и реже (Скажите, пожалуйста, как часто Вы посещаете врача в течение года? Варианты ответа: *несколько раз в месяц; один раз в месяц; 2–3 раза в течение года; один раз в течение года; реже одного раза в год*);

б) непрохождение профилактических медицинских осмотров (В течение последних трех месяцев Вы показывались медицинскому работнику для профилактического осмотра, а не потому, что были больны? Варианты ответа: *да; нет*)² [46, 47];

в) самолечение в случае проблем со здоровьем (Что Вы сделали, чтобы решить те проблемы со здоровьем, которые возникали у Вас в течение последних 30 дней? Варианты ответа: *не обращались к медработникам, занимались лечением самостоятельно; обращались в медицинские учреждения или просто к медработникам*);

2) недостаточная физическая активность (Вы занимались в течение последних 12 месяцев по меньшей мере 12 раз следующими видами спорта...? Варианты ответа: *да; нет*);

3) аддиктивное поведение, а именно:

а) курение (Вы курите в настоящее время? Варианты ответа: *да; нет*);

б) употребление алкоголя (Вы употребляете хотя бы иногда алкогольные напитки, включая пиво? Варианты ответа: *да; нет, никогда не употребляете*).

Обработка и анализ данных выполнены с помощью статистического пакета SPSS Statistics. При описании динамики рискогенных практик использовались методы дескриптивной статистики. Для анализа влияния социально-демографических факторов на проявление рискогенных практик применены методы корреляционного анализа, расчет отношения шансов, где достоверность данных рассчитывалась на основе 95 % доверительного интервала.

Результаты и их обсуждение. Полученные данные позволяют говорить о разнонаправленной динамике поведенческих практик россиян в сфере здоровья (рисунок). С одной стороны, пандемия COVID-19 (2020–2021 гг.) спровоцировала рост граждан с низкой физической активностью (2018 г. – 79 %, 2020 г. – 83 %) и с безответственным медицинским поведением – выросла доля тех, кто занимается самолечением (2018 г. – 28 %, 2021 г. – 29 %), редко посещает врача (2018 г. – 52 %, 2020 г. – 57 %) и не проходит профилактические медицинские осмотры (2019 г. – 89 %, 2020 г. – 97 %). С другой стороны, в меньшей степени стало проявляться аддиктивное поведение: в постпандемию, в сравнении с периодом до пандемии, хоть и незначительно, но снизилась доля курящих (2018 г. – 25 %, 2022 г. – 24 %) и употребляющих алкоголь (2019 г. – 62 %, 2022 г. – 60 %)³.

Установлено, что безответственное медицинское поведение достоверно связано с такими показателями, как пол, возраст и семейный статус. Выявлено, что мужчины меньше посещают врачей как в ситуации болезни ($OR = 2,586$; ДИ: 2,335–2,871), так и для профилактики ($OR = 0,793$; ДИ: 0,703–0,896). Вместе с тем более низкую медицинскую активность

² Результаты большого числа эмпирических исследований доказывают, что регулярность прохождения профилактических медицинских осмотров снижает риски госпитализации и обращения за неотложной медицинской помощью, является маркером эффективного управления заболеванием. Сниженная установка на профилактическое посещение врачей имеет особенный уровень рискогенности для средних и старших возрастных групп населения. В этот период жизни растет число хронических заболеваний, обусловленных естественным старением организма. Поэтому регулярные посещения врачей, в том числе с профилактическими целями, особенно важны для людей старшего возраста, чтобы предотвратить развитие этих заболеваний, контролировать уже имеющиеся.

³ Изменение доли даже в 1–2 % учитывается исследователями, поскольку база состоит из одних и тех же индивидов, и любые изменения в долях являются свидетельством реального изменения поведения респондентов, а не статистической погрешностью.

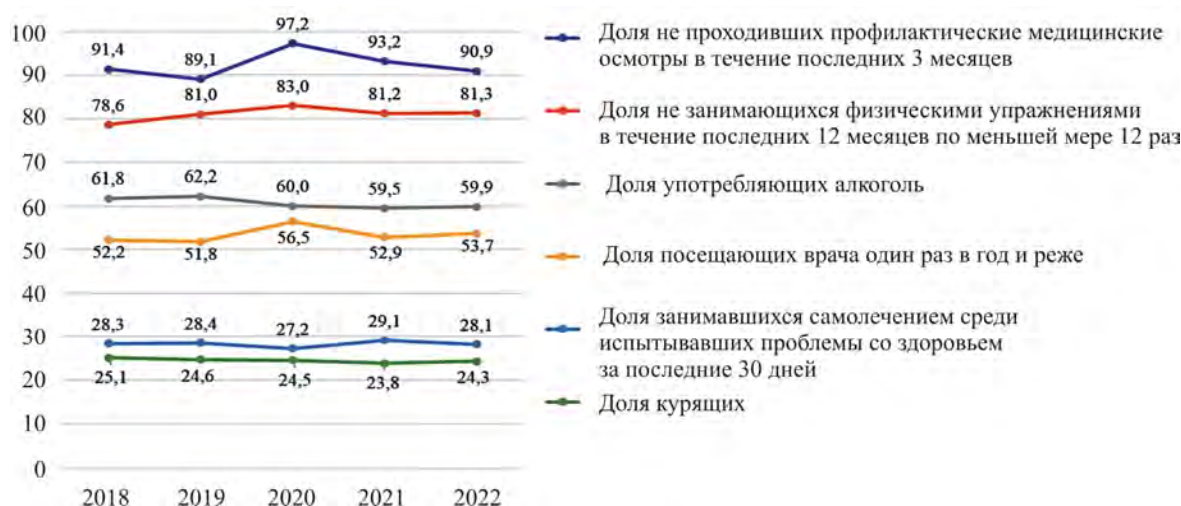


Рис. Динамика рискогенных практик россиян в сфере здоровья с 2018 по 2022 г., %

показывают «молодые» респонденты (r -Пирсона = -0,212 при $p < 0,001$) и россияне, которые не имеют детей ($OR = 0,639$; ДИ: 0,560–0,729) и не состоят в браке ($OR = 1,306$; ДИ: 1,179–1,447).

Недостаточный уровень физической активности в большинстве своем, в сравнении с другими социально-демографическими показателями, обусловлен местом проживания индивида: чем меньше размер населенного пункта респондента, тем чаще он указывает, что не занимается спортом (r -Пирсона = 0,188 при $p < 0,001$). Исходя из этого, прослеживается связь между занятиями спортом и типом населенного пункта (ρ -Спирмена = -0,187 при $p < 0,001$). Среди проживающих в поселках городского типа (ПГТ) и селах более 80 % указали на отсутствие регулярных занятий конкретными видами спорта.

Проявление аддитивных практик зависит от пола и возраста респондента. Мужчины в ходе исследования в 5 раз чаще отмечали, что курят ($OR = 5,371$; ДИ: 4,732–6,096), и в 2 раза чаще, что употребляют спиртные напитки ($OR = 2,082$; ДИ: 1,873–2,314). Среди тех, кто демонстрирует этот вид рискогенного поведения, более 70 % составляют молодые и люди среднего возраста. Связь практик

курения и потребления алкоголя с возрастом подтверждена результатами корреляционного анализа (r -Пирсона = -0,187 при $p < 0,001$; r -Пирсона = -0,215 при $p < 0,001$). Примечательно, что наличие партнера (зарегистрированный брак или сожительство) влияет на аддитивное поведение респондента: в 1,5 раза чаще курят ($OR = 1,513$; ДИ: 1,337–0,711) и в 1,7 раза чаще пьют ($OR = 1,767$; ДИ: 1,594–1,959) те, кто отметил, что имеют партнера.

В последующем анализ осуществлялся с целью понять, как пандемия COVID-19 повлияла на динамику рискогенных практик россиян, а именно, каков процент респондентов, поменявших свои поведенческие практики со здоровьесберегательных на рискогенные; сохранились ли рискогенные практики в постпандемию или вернулся привычный паттерн заботы о здоровье. Из таблицы видно, что рискогенные практики не только участились в период пандемии COVID-19, но и закрепились в поведении россиян в последующем. В частности, уменьшилась медицинская активность – россияне стали реже обращаться к врачу (16 %) и перестали проходить профилактические медицинские осмотры (15 %), причем у большинства опрошенных данная практика закрепились в постпандемию.

Таблица 2

Доля россиян, сменивших здоровьесохранную практику на рискогенную в ходе пандемии COVID-19, %

Тип практики	Появилась рискогенная практика	Среди них в постпандемию	
		вернулась здоровье- сохранная практика	рискогенная практика закрепилась
Безответственное медицинское поведение			
Перестали проходить профилактические осмотры	14,7	4,5	10,1
Стали реже обращаться к врачу в течение года	15,5	7,5	8,0
Стали заниматься самолечением	4,5	1,8	2,7
Недостаточная физическая активность			
Перестали заниматься спортом	9,8	3,3	6,4
Аддитивное поведение			
Начали курить	2,4	0,9	1,5
Начали употреблять алкоголь	8,2	3,4	4,8

На замещение рискогенными практиками здоровьесохранных в условиях COVID-19 повлиял ряд факторов. Во-первых, при объяснении проявлений безответственного медицинского поведения у населения в период пандемии оказались значимыми половозрастные характеристики. Несмотря на то, что до пандемии женщины демонстрировали более активную медицинскую позицию, чем мужчины, в период пандемии они реже обращались в медицинские учреждения в случае проблем со здоровьем ($OR = 0,578$; ДИ: 0,383–0,873) и реже посещали врачей ($OR = 0,719$; ДИ: 0,590–0,876). Более того, в постпандемию преимущественно женщины сохранили практику самолечения ($OR = 0,382$; ДИ: 0,263–0,556). Кроме этого, было установлено, что чем старше индивид, тем реже в пандемию он стал обращаться к врачам (r -Пирсона = 0,116 при $p < 0,001$), хотя до пандемии и в постпандемию эта практика была преобладающей для более старшей возрастной группы. За период пандемии одинокие россияне еще больше приобрели рискогенные практики ($OR = 0,657$; ДИ: 0,484–0,892).

Во-вторых, изменения в уровне физической активности населения в период COVID-19 зависели от ближнего окружения. Так, меньше демонстрировали отрицательную динамику в физической активности россияне, которые имеют партнера ($OR = 0,767$; ДИ: 0,648–0,907) и детей ($OR = 0,559$; ДИ: 0,460–0,679).

В-третьих, для динамики аддиктивного поведения имели значение пол и статус занятости респондента. После пандемии еще больше мужчин, которые и без того более склонны к курению и употреблению алкоголя, приобрели «вредные» привычки (например, курение – $OR = 2,725$; ДИ: 1,786–4,158). В период пандемии аддиктивные практики больше проявились также у работающих граждан (курение – $OR = 2,056$; ДИ: 1,188–3,558; потребление алкоголя – $OR = 1,466$; ДИ: 1,159–1,854).

В исследовании была обнаружена условная стабильность табакокурения и потребления алкоголя среди россиян с 2018 по 2022 г., что позволяет сделать вывод об отсутствии существенного влияния пандемии COVID-19 на аддиктивное поведение. Результаты других исследований в этой области показывают неоднозначные изменения поведения в отношении курения [48] и потребления спиртных напитков [19] в период пандемии, но данные изменения также являются незначительными в сравнении с «допандемийным» периодом [49].

Авторские выводы о снижении медицинской и физической активности населения России в период коронавирусной инфекции, вызванной COVID-19, подтверждаются в других исследованиях. К примеру, отечественные ученые [34, 41] указывают на существенное увеличение числа лиц, избегающих обращений к медицинским специалистам в период пандемии, что снизило возможность своевременно оказания адекватной медицинской помощи. Ав-

торы другого исследования [43], используя обезличенные данные пользователей (1 255 811 человек) популярного приложения для смартфонов Azumio Argus в период с января 2019 г. по февраль 2022 г., говорят о снижении физической активности среди населения более чем в 200 странах мира. Кроме того, установлено, что показатель двигательной активности «количество шагов в день» был ниже допандемического уровня во всем мире.

Среди факторов, которые повлияли на распространение рискогенных практик в отношении здоровья у ряда категорий населения, особое внимание уделяют средовым: ограничение или невозможность передвижений, которые привели к психоэмоциональному напряжению [17]; отмена спортивных мероприятий и закрытие спортивных организаций [50]; перегруженность системы здравоохранения, которая снизила качество и доступность квалифицированной медицинской помощи [41] и др.

Не менее важными оказываются социально-демографические характеристики. На основе корреляционного анализа данных характеристик и практик в отношении здоровья населения России в 2022 г. можно сделать вывод, что на сегодняшний день рискогенное поведение в большей степени характерно для мужчин и жителей малых населенных пунктов. Отечественные исследователи отмечают, что гендерные различия в поведении в сфере здоровья связаны с разным смысловым наполнением категории «здоровье» у мужчин и женщин [51]. Мужчины оценивают здоровье как возможности, идеализируют свое состояние, поэтому реже придерживаются здоровьесохранного поведения. Что касается жителей малых населенных пунктов, то их рискогенное поведение можно объяснить качеством инфраструктуры малых городов и сел, где более низкий уровень доступности объектов и профессиональной помощи для поддержания здоровья.

В исследовании установлено, что социально-демографические факторы не только обуславливают рискогенное поведение, но и оказывают воздействие на его динамику. Во-первых, оказала существенное влияние гендерная принадлежность: мужчины демонстрировали более рискованное и опасное поведение во время пандемии. Аналогично показали китайские исследователи: в период COVID-19 потребляли с большей частотой и более крепкий алкоголь мужчины, нежели женщины [21]. Иная ситуация лишь с поведением во время болезни. Результаты настоящего исследования обнаружили, что женщины в большей степени в пандемию показывали безответственное медицинское поведение и закрепили эту практику в постпандемию. Одной из причин может быть то, что женщины чаще заботятся о своих близких, в том числе о больных родственниках, и поэтому могли опасаться за их здоровье в условиях пандемии. Это привело к тому, что женщины откладывали собственные походы к врачу, чтобы не создавать угрозу заражения близких. В условиях повышенной тревож-

ности женщины могли предпочитать самолечение и избегать обращения к официальной медицине, чтобы не сталкиваться с дополнительным стрессом и волнением. В одном из отечественных исследований выявлено, что женщины гораздо чаще мужчин отмечали, что в период COVID-19 опасались не только за свое здоровье, но и здоровье своих близких, а также боялись заболеть [52].

Во-вторых, возраст оказал весомое влияние на динамику рискогенного поведения. Особенностью данного поведения в пандемию у людей среднего возраста было проявление аддиктивных практик, а у граждан старшего возраста – безответственного (возможно, вынужденно) медицинского поведения. Данный тезис подтверждается и на материалах других исследований. К примеру, выявлено, что лица среднего возраста демонстрировали увеличение частоты потребления алкоголя в больших количествах [53], а пожилые заявляли об исключенности из сферы медицинского обслуживания, так как их плановые визиты к врачам, обследования и операции были перенесены [54]. Кроме этого, низкая частота обращений в медицинские организации может быть связана с опасениями лиц старшего возраста по поводу заражения COVID-19, а также с их ограничениями на передвижение. Результаты американского исследования показывают, что среди тех, кто игнорировал помощь со стороны врачей, преобладали молодые люди в возрасте от 18 до 24 лет [36].

В-третьих, семейный статус (наличие / отсутствие партнера / детей) выступил фактором изменения поведения в сфере здоровья. Влияние семейного статуса оказалось неоднозначным. С одной стороны, наличие близкого окружения может стимулировать людей к более активному образу жизни, так как они могут чувствовать ответственность за свое здоровье и здоровье близких. В исследовании отмечалось повышение уровня физической активности в семьях, имеющих детей, вследствие необходимости в их активном отдыхе на открытом воздухе на фоне увеличения свободного времени [55]. Кроме того, наличие партнера или детей может обеспечить большую социальную поддержку и мотивацию для занятий физическими активностями. Отсутствие близкого окружения становится причиной низкой мотивации для реализации здоровьесохранного поведения, ограниченного доступа к информации о здоровье и медицинской помощи, поэтому одинокие люди (в особенности пожилые) более уязвимы в отношении рискогенных практик. Данные зарубежного исследования показывают, что среди тех, кто находился в условиях карантина / социальной самоизоляции, уровень употребления алкоголя был выше, чем у тех, кто не был социально ограничен [27]. С другой стороны, существует так называемая «темная сторона» социального капитала, которая заключается в том, что группа способна навязывать своим членам рискогенные практики в сфере здоровья или иным образом влиять на их увеличение,

причем в условиях самоизоляции данное влияние может быть сильнее. Во французском исследовании вероятность употребления большого количества алкоголя во время пандемии (карантина) была связана с большим количеством детей дома [56].

В-четвертых, к факторам воздействия на рискогенное поведение можно отнести статус занятости респондента. Аддиктивные практики больше проявились у работающих граждан. Изменение социального контекста, влияющего на алкогольные практики населения, было связано с сокращением числа формальных ограничений, выступающих сдерживающим фактором употребления алкоголя в обычных «неофициальных» условиях. Особенно это затронуло те категории населения, которые перешли на удаленный формат работы или потеряли возможность реализовывать трудовую деятельность в привычном режиме. Для некоторых людей изменившийся распорядок повседневных практик (например, стирание четко выраженной грани между буднями и выходными) открыл возможности употребления алкоголя в новом формате. Так, информанты в одном из австралийских исследований [30] сообщали о ряде новых возможностей для себя: выпивать в течение рабочего дня; выпивать в ночное время и просыпаться позже; работать в состоянии недомогания после выпитого накануне алкоголя без негативных для себя последствий; употреблять алкоголь без необходимости садиться за руль автомобиля.

В литературе также отмечается рост негативных тенденций в отношении рискогенного поведения в сфере здоровья под влиянием изменения социального и материального статуса [24]. В рамках данного исследования не было обнаружено статистически значимой связи между изменениями рискогенных практик и финансового положения.

Выводы. Проведенный анализ показал наличие разноректорной динамики рискогенных практик в период пандемии среди россиян. На материалах вторичного анализа лонгитюдной базы данных РМЭЗ НИУ ВШЭ установлено снижение двигательной и медицинской активности населения, с одной стороны, и несущественное, но снижение приверженности аддиктивным практикам (употребления алкоголя и табака) – с другой. Определены социальные группы риска в отношении поведения, способного создавать риски для здоровья среди россиян в кризисный период. Приверженность к рискогенным практикам в большей степени характерна для мужчин и жителей малых населенных пунктов.

Установлено, что безответственное медицинское поведение россиян напрямую связано с их полом, возрастом, семейным статусом: женщины, лица более молодых возрастов, не имеющие детей и не состоящие в браке, реже обращались за медицинской помощью в ситуации болезни и с целью профилактики. Место проживания россиян преимущественно детерминирует их двигательную активность: жители наименее населенных пунктов демонстрировали

сниженную физическую активность в период пандемии. Приверженность к аддиктивным практикам обусловлена гендерным и возрастным фактором: чаще выбирали табак и алкоголь мужчины, люди молодого и среднего возрастов. Не выявлена принципиальная динамика «возвращения» к здоровьесохранным практикам по окончании пандемии. Так, в постпандемийном периоде закрепились практики сниженной медицинской активности среди россиян. Это проявляется в низкой частоте обращений населения к профессиональной медицине, в том числе с профилактическими целями.

Сложности для мониторинга и прогнозирования поведения населения в отношении их здоровья продиктованы в том числе нелинейным характером развития современного российского общества, высоким уровнем социальной напряженности. Понимание природы факторов рискогенного поведения граждан может помочь лучше понимать сложные процессы, происходящие в обществе. Знание социальных детерминант поведения, связанного с риском потери здоровья среди различных категорий

населения, является важным шагом в разработке адресных программ профилактики заболеваний. Учитывая социально-демографические, социально-экономические, средовые и иные факторы риска, необходимо разработать эффективные стратегии предотвращения рискогенного поведения граждан. В условиях быстрого развития информационных и иных технологий, изменения социальных структур общества и увеличения количества стрессовых ситуаций риск развития заболеваний среди населения увеличивается. Поэтому необходимо разрабатывать адекватные меры формирования приверженности здоровьесохранным практикам, которые будут учитывать все факторы, влияющие на рискогенное поведение.

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-18-00480 «Самосохранительные стратегии россиян в условиях новой нормальности».

Конфликт интересов. Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Ezzati M., Riboli E. Behavioral and dietary risk factors for noncommunicable diseases // *N. Engl. J. Med.* – 2013. – Vol. 369, № 10. – P. 954–964. DOI: 10.1056/NEJMra1203528
2. Traditional and emerging lifestyle risk behaviors and all-cause mortality in middle-aged and older adults: evidence from a large population-based Australian cohort / D. Ding, K. Rogers, H. van der Ploeg, E. Stamatakis, A.E. Bauman // *PLOS Medicine*. – 2015. – Vol. 12, № 12. – P. e1001917. DOI: 10.1371/journal.pmed.1001917
3. Which modifiable health risk behaviours are related? A systematic review of the clustering of Smoking, Nutrition, Alcohol and Physical activity ('SNAP') health risk factors / N. Noble, C. Paul, H. Turon, C. Oldmeadow // *Prev. Med.* – 2015. – Vol. 81. – P. 16–41. DOI: 10.1016/j.ypmed.2015.07.003
4. Reducing risk behavior with family-centered prevention during the young adult years / E. Stormshak, A. Caruthers, K. Chronister, D. DeGarmo, J. Stapleton, C. Falkenstein, E. DeVargas, W. Nash // *Prev. Sci.* – 2019. – Vol. 20, № 3. – P. 321–330. DOI: 10.1007/s1121-018-0917-2
5. Exploring the relationship between health concerns and high-risk behaviours in Medical Sciences' students / H. Arabi-Mianrood, Z. Hamzehgardeshi, S. Jahanfar, M. Moosazadeh, E. Khoori, Z. Shahhosseini // *Nurs. Open*. – 2020. – Vol. 7, № 6. – P. 2009–2018. DOI: 10.1002/nop2.596
6. A systematic review on the clustering and co-occurrence of multiple risk behaviours / N. Meader, K. King, T. Moe-Byrne, K. Wright, H. Graham, M. Petticrew, C. Power, M. White, A.J. Sowden // *BMC Public Health*. – 2016. – Vol. 16. – P. 657. DOI: 10.1186/s12889-016-3373-6
7. GBD 2020 Alcohol Collaborators. Population-level risks of alcohol consumption by amount, geography, age, sex, and year: a systematic analysis for the global burden of disease study 2020 // *Lancet*. – 2022. – Vol. 400, № 10347. – P. 185–235. DOI: 10.1016/S0140-6736(22)00847-9
8. GBD 2019 Tobacco Collaborators. Spatial, temporal, and demographic patterns in prevalence of smoking tobacco use and attributable disease burden in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis from the global burden of disease study 2019 // *Lancet*. – 2021. – Vol. 397, № 10292. – P. 2337–2360. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)01169-7
9. Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1·6 million participants / R. Guthold, G.A. Stevens, L.M. Riley, F.C. Bull // *Lancet Child Adolesc. Health*. – 2020. – Vol. 4, № 1. – P. 23–35. DOI: 10.1016/S2352-4642(19)30323-2
10. Лебедева-Несевря Н.А. Методические вопросы оценки риска, связанного с воздействием поведенческих факторов на здоровье населения // *Анализ риска здоровью*. – 2016. – № 2. – С. 10–18. DOI: 10.21668/health.risk/2016.2.02
11. Risk behaviors, family support, and emotional health among adolescents during the COVID-19 pandemic in Israel / O. Shapiro, R. Nissanholtz Gannot, G. Green, A. Zigdon, M. Zwilling, A. Giladi, L. Ben-Meir, M. Adilson [et al.] // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2022. – Vol. 19, № 7. – P. 3850. DOI: 10.3390/ijerph19073850
12. Clusters of COVID-19 protective and risky behaviors and their associations with pandemic, socio-demographic, and mental health factors in the United States / K. Nishimi, B. Borsari, B.P. Marx, R.C. Rosen, B.E. Cohen, E. Woodward, D. Maven, P. Tripp [et al.] // *Prev. Med. Rep.* – 2022. – Vol. 25. – P. 101671. DOI: 10.1016/j.pmedr.2021.101671
13. Mendoza-Jiménez M.-J., Hannemann T.-V., Atzendorf J. Behavioral risk factors and adherence to preventive measures: evidence from the early stages of the COVID-19 pandemic // *Front. Public Health*. – 2021. – Vol. 9. – P. 674597. DOI: 10.3389/fpubh.2021.674597

14. Health behavior changes during COVID-19 pandemic and subsequent "stay-at-home" orders / G. Knell, M.C. Robertson, E.E. Dooley, K. Burford, K.S. Mendez // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2020. – Vol. 17, № 17. – P. 6268. DOI: 10.3390/ijerph17176268
15. Суховская О.А., Смирнова М.А., Яблонский П.К. Отказ от потребления табака в период пандемии COVID-19 // *Профилактическая медицина*. – 2021. – Т. 24, № 5–2. – С. 98.
16. The double-edged relationship between COVID-19 stress and smoking: Implications for smoking cessation / J. Bommelle, P. Hopman, B. Hipple Walters, C. Geboers, E. Croes, G.T. Fong, A.C.K. Quah, M. Willemsen // *Tob. Induc. Dis.* – 2020. – Vol. 18. – P. 63. DOI: 10.18332/tid/125580
17. Sidor A., Rzymiski P. Dietary choices and habits during COVID-19 lockdown: experience from Poland // *Nutrients*. – 2020. – Vol. 12, № 6. – P. 1657. DOI: 10.3390/nul12061657
18. Change in tobacco and electronic cigarette use and motivation to quit in response to COVID-19 / E.M. Klemperer, J.C. West, C. Peasley-Miklus, A.C. Villanti // *Nicotine Tob. Res.* – 2020. – Vol. 22, № 9. – P. 1662–1663. DOI: 10.1093/ntr/ntaa072
19. Шамсиева С.Р., Моллаева Н.Р. Изменение алкогольного поведения во время пандемии COVID-19 // *Бюллетень медицинской науки*. – 2022. – № 4 (28). – С. 133–142. DOI: 10.31684/25418475-2022-4-133
20. Physical activity and sedentary lifestyle in university students: changes during confinement due to the COVID-19 pandemic / C. Romero-Blanco, J. Rodríguez-Almagro, M.D. Onieva-Zafra, M.L. Parra-Fernández, M.D.C. Prado-Laguna, A. Hernández-Martínez // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2020. – Vol. 17, № 18. – P. 6567. DOI: 10.3390/ijerph17186567
21. Alcohol consumption in China before and during COVID-19: preliminary results from an online retrospective survey / Y. Wang, H. Lu, M. Hu, S. Wu, J. Chen, L. Wang, T. Luo, Z. Wu [et al.] // *Front. Psychiatry*. – 2020. – Vol. 11. – P. 597826. DOI: 10.3389/fpsy.2020.597826
22. Global changes and factors of increase in caloric/salty food intake, screen use, and substance use during the early COVID-19 containment phase in the general population in France: survey study / B. Rolland, F. Haesebaert, E. Zante, A. Benyamina, J. Haesebaert, N. Franck // *JMIR Public Health Surveill.* – 2020. – Vol. 6, № 3. – P. e19630. DOI: 10.2196/19630
23. Silczuk A. Threatening increase in alcohol consumption in physicians quarantined due to coronavirus outbreak in Poland: the ALCOVID survey // *J. Public Health (Oxf.)*. – 2020. – Vol. 42, № 3. – P. 461–465. DOI: 10.1093/pubmed/fdaa110
24. Позднякова М.Е., Брюно В.В. Употребление алкоголя в России в условиях пандемии COVID-19 // *Социологическая наука и социальная практика*. – 2022. – Т. 10, № 3 (39). – С. 25–44. DOI: 10.19181/snsp.2022.10.3.9195
25. Fairbairn C.E., Sayette M.A. A social-attributional analysis of alcohol response // *Psychol. Bull.* – 2014. – Vol. 140, № 5. – P. 1361–1382. DOI: 10.1037/a0037563
26. 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
27. COVID-19 fear, stress, anxiety, and substance use among Russian and Belarusian university students / V. Gritsenko, O. Skugarevsky, V. Konstantinov, N. Khamenka, T. Marinova, A. Reznik, R. Isralowitz // *Int. J. Ment. Health Addict.* – 2021. – Vol. 19, № 6. – P. 2362–2368. DOI: 10.1007/s11469-020-00330-z
28. Changes in alcohol use as a function of psychological distress and social support following COVID-19 related university closings / W.V. Lechner, K.R. Laurene, S. Patel, M. Anderson, C. Grega, D.R. Kenne // *Addict. Behav.* – 2020. – Vol. 110. – P. 106527. DOI: 10.1016/j.addbeh.2020.106527
29. Mustonen H., Mäkelä P., Lintonen T. Toward a typology of drinking occasions: latent classes of an autumn week's drinking occasions // *Addiction Research & Theory*. – 2014. – Vol. 22, № 6. – P. 524–534. DOI: 10.3109/16066359.2014.911845
30. Beyond 'drinking occasions': examining complex changes in drinking practices during COVID-19 / G. Caluzzi, A. Pennay, A.-M. Laslett, S. Callinan, R. Room, R. Dwyer // *Drug Alcohol Rev.* – 2022. – Vol. 41, № 6. – P. 1267–1274. DOI: 10.1111/dar.13386
31. Rodriguez L.M., Litt D.M., Stewart S.H. Drinking to cope with the pandemic: The unique associations of COVID-19-related perceived threat and psychological distress to drinking behaviors in American men and women // *Addict. Behav.* – 2020. – Vol. 110. – P. 106532. DOI: 10.1016/j.addbeh.2020.106532
32. Characterizing the impact of COVID-19 on men who have sex with men across the United States in April, 2020 / T.H. Sanchez, M. Zlotorzynska, M. Rai, S.D. Baral // *AIDS Behav.* – 2020. – Vol. 24, № 7. – P. 2024–2032. DOI: 10.1007/s10461-020-02894-2
33. Community and healthcare system-related factors feeding the phenomenon of evading medical attention for time-dependent emergencies during COVID-19 crisis / T. Ahmed, S.H. Lodhi, S. Kapadia, G.V. Shah // *BMJ Case Rep.* – 2020. – Vol. 13, № 8. – P. e237817. DOI: 10.1136/bcr-2020-237817
34. Вялых Н.А., Беспалова А.А., Зарбалиев В.З. Социальное доверие и недоверие в сфере российского здравоохранения в период пандемии COVID-19: теоретико-методологические подходы и источники негативизации // *Caucasian Science Bridge*. – 2022. – Т. 5, № 3 (17). – С. 12–20. DOI: 10.18522/2658-5820.2022.3.1
35. Changes in the top 25 reasons for primary care visits during the COVID-19 pandemic in a high-COVID region of Canada / E. Stephenson, D.A. Butt, J. Gronsbell, C. Ji, B. O'Neill, N. Crampton, K. Tu // *PLoS One*. – 2021. – Vol. 16, № 8. – P. e0255992. DOI: 10.1371/journal.pone.0255992
36. Delay or avoidance of medical care because of COVID-19 related concerns – United States / M.É. Czeisler, K. Marynak, K.E.N. Clarke, Z. Salah, I. Shakyia, J.M. Thierry, N. Ali, H. McMillan [et al.] // *Morbidity and mortality weekly report*. – 2020. – Vol. 69, № 36. – P. 1250–1257. DOI: 10.15585/mmwr.mm6936a4
37. Children's daily lives and well-being: Findings from the CORONA-CODOMO survey 1st wave / M. Hangai, A. Piedvache, N. Sawada, Y. Okubo, M. Sampei, Y. Yamaoka, K. Tanaka, M. Hosozawa [et al.] // *Pediatr. Int.* – 2022. – Vol. 64, № 1. – P. e14981. DOI: 10.1111/ped.14981
38. Impact of COVID-19 on cancer care: how the pandemic is delaying cancer diagnosis and treatment for american seniors / D. Patt, L. Gordan, M. Diaz, T. Okon, L. Grady, M. Harmison, N. Markward, M. Sullivan [et al.] // *JCO Clin. Cancer Inform.* – 2020. – Vol. 4. – P. 1059–1071. DOI: 10.1200/CCI.20.00134

39. How are orthopaedic surgery residencies responding to the COVID-19 pandemic? An assessment of resident experiences in cities of major virus outbreak / T.W. An, J.K. Henry, O. Igboechi, P. Wang, A. Yerrapragada, C.A. Lin, G.D. Paiement // J. Am. Acad. Orthop. Surg. – 2020. – Vol. 28, № 15. – P. e679–e685. DOI: 10.5435/JAAOS-D-20-00397
40. Rethinking screening during and after COVID-19: Should things ever be the same again? / J.A. Dickinson, G. Thériault, H. Singh, O. Szafran, R. Grad // Can. Fam. Physician. – 2020. – Vol. 66, № 8. – P. 571–575.
41. Горошко Н.В., Емельянова Е.К., Пацала С.В. Проблема медицинской активности населения России в эпоху COVID-19 // Социальные аспекты здоровья населения. – 2022. – Т. 68, № 3. – С. 15. DOI: 10.21045/2071-5021-2022-68-3-15
42. Снижение физической активности и прибавка веса в период карантина COVID-19 / В.Н. Романов, В.М. Кириенкова, Ю.А. Володина, А.А. Сточик // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2022. – Т. 30, № 5. – С. 1105–1108. DOI: 10.32687/0869-866X-2022-30-s1-1105-1108
43. Worldwide physical activity trends since COVID-19 onset / G.H. Tison, J. Barrios, R. Avram, P. Kuhar, B. Bostjanic, G.M. Marcus, M.J. Pletcher, J.E. Olgin // Lancet Glob. Health. – 2022. – Vol. 10, № 10. – P. e1381–e1382. DOI: 10.1016/S2214-109X(22)00361-8
44. Changes in physical activity during the COVID-19 lockdown based on the sociodemographic profile of 5569 students and academic staff of Austrian universities / M. Motevalli, C. Drenowatz, K.C. Wirtzner, D.R. Tanous, G. Wirtzner, W. Kirschner, G. Ruedl // Public Health. – 2023. – Vol. 219. – P. 102–109. DOI: 10.1016/j.puhe.2023.04.003
45. Moving forward: understanding correlates of physical activity and sedentary behaviour during COVID-19 in children and adolescents—an integrative review and socioecological approach / R.L. Knight, M.A. McNary, A.W. Runacres, J. Shelley, L. Sheeran, K.A. Mackintosh // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2022. – Vol. 19, № 3. – P. 1044. DOI: 10.3390/ijerph19031044
46. Regular primary care lowers hospitalisation risk and mortality in seniors with chronic respiratory diseases / K. Einarsdóttir, D.B. Preen, J.D. Emery, C. Kelman, C.D.J. Holman // J. Gen. Intern. Med. – 2010. – Vol. 25, № 8. – P. 766–773. DOI: 10.1007/s11606-010-1361-6
47. Primary Care Visit Regularity and Patient Outcomes: an Observational Study / A.J. Rose, J.W. Timbie, C. Setodji, M.W. Friedberg, R. Malsberger, K.L. Kahn // J. Gen. Intern. Med. – 2019. – Vol. 34, № 1. – P. 82–89. DOI: 10.1007/s11606-018-4718-x
48. Пандемия COVID-19 и потребление табачной и никотинсодержащей продукции: обзор литературы / О.О. Салагай, Г.М. Сахарова, Н.С. Антонов, Н.М. Стадник // Общественное здоровье. – 2022. – Т. 2, № 2. – С. 29–39. DOI: 10.21045/2782-1676-2022-2-2-29-39
49. Dumas T.M., Ellis W., Litt D.M. What does adolescent substance use look like during the COVID-19 pandemic? Examining changes in frequency, social contexts, and pandemic-related predictors // J. Adolesc. Health. – 2020. – Vol. 67, № 3. – P. 354–361. DOI: 10.1016/j.jadohealth.2020.06.018
50. Влияние пандемии коронавируса на физкультурно-спортивную активность населения Российской Федерации / В.И. Столяров, А.Г. Абалян, Т.Г. Фомиченко, С.А. Воробьев // Теория и практика физической культуры. – 2021. – № 9. – С. 32–34.
51. Каменева Т.Н., Лескова И.В., Чанкова Е.В. Гендерные различия в отношении к здоровью: региональный аспект // Мир науки. Социология, филология, культурология. – 2022. – Т. 13, № 1. DOI: 10.15862/53SCSK122
52. Блинова Т.В., Вялышина А.А., Ножкина И.А. Гендерные аспекты самосохранительного поведения студентов города Саратова в период пандемии COVID-19 // Экология человека. – 2021. – № 9. – С. 55–63. DOI: 10.33396/1728-0869-2021-9-55-63
53. 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
54. Парфенова О.А., Петухова И.С. Влияние пандемии COVID-19 на жизнь старшего поколения в городском и сельском контекстах // Социологические исследования. – 2022. – № 5. – С. 71–80. DOI: 10.31857/S013216250018704-7
55. Promoting healthy movement behaviours among children during the COVID-19 pandemic / H. Guan, A.D. Okely, N. Aguilar-Farias, B. Del Pozo Cruz, C.E. Draper, A. El Hamdouchi, A.A. Florindo, A. Jáuregui [et al.] // Lancet Child Adolesc. Health. – 2020. – Vol. 4, № 6. – P. 416–418. DOI: 10.1016/S2352-4642(20)30131-0
56. Self-reported alcohol, tobacco, and cannabis use during COVID-19 lockdown measures: results from a web-based survey / N. Vanderbruggen, F. Matthys, S. Van Laere, D. Zeeuw, L. Santermans, S. Van den Ameel, C.L. Crunelle // Eur. Addict. Res. – 2020. – Vol. 26, № 6. – P. 309–315. DOI: 10.1159/000510822

Шарыпова С.Ю., Гордеева С.С. Рискогенное поведение россиян в сфере здоровья: динамика и факторы воздействия // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 4. – С. 54–67. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.05

UDC 316.622+304.3+614

DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.05.eng

Read
online

Review

**RISKY HEALTH-RELATED BEHAVIOR OF RUSSIANS:
DYNAMICS AND IMPACT FACTORS****S.Yu. Sharypova, S.S. Gordeeva**

Perm State University, 15 Bukireva St., Perm, 614990, Russian Federation

The review analyzes health risk behaviors of Russians in the 'pre-pandemic' (2018–2019), 'pandemic' (2020–2021) and 'post-pandemic' (2022) periods. Risk behaviors of Russians have been studied in dynamics relying on the secondary analysis of the longitudinal database of the Russian Longitudinal Monitoring Survey of the National Research University Higher School of Economics; also, factors able to induce changes in them have been established. Evidence is provided to prove a multidirectional dynamics in risk behaviors among Russians during the COVID-19 pandemic: there was a decrease in medical and physical activities along with conditionally stable alcohol and tobacco consumption

Men, people younger than 35, and those who did not have children were established to be less active in their interactions with official healthcare organizations and less concerned about their health. A size of a settlement where respondents resided had certain influence on their physical activity (more than 80 % of rural residents pointed out they did not do sports regularly). Addictive behaviors depended on sex, age, and having a partner: men and those respondents who were either married or cohabitated with a partner smoked and drank alcohol much more often.

Certain socio-demographic groups tended to replace health protection practices with risky behaviors during the COVID-19 pandemic. Women, elderly people and single people tended to become less active as regards healthcare (and many of them remained non-active in the post-pandemic period). In addition to that, single respondents tended to become less physically active during the pandemic. Addictive behaviors were more typical for men and employed people.

Based on the obtained empirical data, the 'pandemic' period is described as a stage that does not facilitate occurrence and maintenance of greater adherence to health protection behavior among Russian citizens. Given low levels of trust in the public healthcare and high anxiety, lower medical activity of population has become an entrenched risk behavior pattern as regards health during the 'post-pandemic' period as well. It seems highly advisable to develop effective complex programs on health protection for different population groups including those aimed at making healthcare more available, conducting relevant preventing activities, and raising people's awareness about value of health and ways to protect it.

Keywords: risk behavior, health, health risk factors, COVID-19 pandemic, addictive practices, health protection, 'pre-pandemic' period, 'post-pandemic' period.

References

1. Ezzati M., Riboli E. Behavioral and dietary risk factors for noncommunicable diseases. *N. Engl. J. Med.*, 2013, vol. 369, no. 10, pp. 954–964. DOI: 10.1056/NEJMra1203528
2. Ding D., Rogers K., van der Ploeg H., Stamatakis E., Bauman A.E. Traditional and emerging lifestyle risk behaviors and all-cause mortality in middle-aged and older adults: evidence from a large population-based Australian cohort. *PLOS Medicine*, 2015, vol. 12, no. 12, pp. e1001917. DOI: 10.1371/journal.pmed.1001917
3. Noble N., Paul C., Turon H., Oldmeadow C. Which modifiable health risk behaviours are related? A systematic review of the clustering of Smoking, Nutrition, Alcohol and Physical activity ('SNAP') health risk factors. *Prev. Med.*, 2015, vol. 81, pp. 16–41. DOI: 10.1016/j.ypmed.2015.07.003
4. Stormshak E., Caruthers A., Chronister K., DeGarmo D., Stapleton J., Falkenstein C., DeVargas E., Nash W. Reducing risk behavior with family-centered prevention during the young adult years. *Prev. Sci.*, 2019, vol. 20, no. 3, pp. 321–330. DOI: 10.1007/s11121-018-0917-2
5. Arabi-Mianrood H., Hamzehgardeshi Z., Jahanfar S., Moosazadeh M., Khoori E., Shahhosseini Z. Exploring the relationship between health concerns and high-risk behaviours in Medical Sciences' students. *Nurs. Open*, 2020, vol. 7, no. 6, pp. 2009–2018. DOI: 10.1002/nop2.596
6. Meader N., King K., Moe-Byrne T., Wright K., Graham H., Petticrew M., Power C., White M., Sowden A.J. A systematic review on the clustering and co-occurrence of multiple risk behaviours. *BMC Public Health*, 2016, vol. 16, pp. 657. DOI: 10.1186/s12889-016-3373-6

© Sharypova S.Yu., Gordeeva S.S., 2023

Sofya Yu. Sharypova – Senior Lecturer at the Department of Sociology (e-mail: sonia.eliseeva@bk.ru; tel.: +7 (342) 239-63-29; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3519-8531>).

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>).

7. GBD 2020 Alcohol Collaborators. Population-level risks of alcohol consumption by amount, geography, age, sex, and year: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2020. *Lancet*, 2022, vol. 400, no. 10347, pp. 185–235. DOI: 10.1016/S0140-6736(22)00847-9
8. GBD 2019 Tobacco Collaborators. Spatial, temporal, and demographic patterns in prevalence of smoking tobacco use and attributable disease burden in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis from the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet*, 2021, vol. 397, no. 10292, pp. 2337–2360. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)01169-7
9. Guthold R., Stevens G.A., Riley L.M., Bull F.C. Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1·6 million participants. *Lancet Child Adolesc. Health*, 2020, vol. 4, no. 1, pp. 23–35. DOI: 10.1016/S2352-4642(19)30323-2
10. Lebedeva-Nesevrya N.A. Methodical questions on assessment of risk associated with behavioral factors' impact on population health. *Health Risk Analysis*, 2016, no. 2, pp. 10–18. DOI: 10.21668/health.risk/2016.2.02.eng
11. Shapiro O., Nissanholtz Gannot R., Green G., Zigdon A., Zwillling M., Giladi A., Ben-Meir L., Adilson M. [et al.]. Risk behaviors, family support, and emotional health among adolescents during the COVID-19 pandemic in Israel. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022, vol. 19, no. 7, pp. 3850. DOI: 10.3390/ijerph19073850
12. Nishimi K., Borsari B., Marx B.P., Rosen R.C., Cohen B.E., Woodward E., Maven D., Tripp P. [et al.]. Clusters of COVID-19 protective and risky behaviors and their associations with pandemic, socio-demographic, and mental health factors in the United States. *Prev. Med. Rep.*, 2022, vol. 25, pp. 101671. DOI: 10.1016/j.pmedr.2021.101671
13. Mendoza-Jiménez M.-J., Hannemann T.-V., Atzendorf J. Behavioral risk factors and adherence to preventive measures: evidence from the early stages of the COVID-19 pandemic. *Front. Public Health*, 2021, vol. 9, pp. 674597. DOI: 10.3389/fpubh.2021.674597
14. Knell G., Robertson M.C., Dooley E.E., Burford K., Mendez K.S. Health behavior changes during COVID-19 pandemic and subsequent "stay-at-home" orders. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2020, vol. 17, no. 17, pp. 6268. DOI: 10.3390/ijerph17176268
15. Sukhovskaya O.A., Smirnova M.A., Yablonskii P.K. Otkaz ot potrebleniya tabaka v period pandemii COVID-19 [Giving up tobacco smoking during the COVID-19 pandemic]. *Profilakticheskaya meditsina*, 2021, vol. 24, no. 5–2, pp. 98 (in Russian).
16. Bommele J., Hopman P., Hipple Walters B., Geboers C., Croes E., Fong G.T., Quah A.C.K., Willemsen M. The double-edged relationship between COVID-19 stress and smoking: Implications for smoking cessation. *Tob. Induc. Dis.*, 2020, vol. 18, pp. 63. DOI: 10.18332/tid/125580
17. Sidor A., Rzymiski P. Dietary choices and habits during COVID-19 lockdown: experience from Poland. *Nutrients*, 2020, vol. 12, no. 6, pp. 1657. DOI: 10.3390/nu12061657
18. Klemperer E.M., West J.C., Peasley-Miklus C., Villanti A.C. Change in tobacco and electronic cigarette use and motivation to quit in response to COVID-19. *Nicotine Tob. Res.*, 2020, vol. 22, no. 9, pp. 1662–1663. DOI: 10.1093/ntr/ntaa072
19. Shamsieva S.R., Mollaeva N.R. Changing drinking behavior during the COVID-19 pandemic. *Byulleten' meditsinskoi nauki*, 2022, no. 4 (28), pp. 133–142. DOI: 10.31684/25418475-2022-4-133 (in Russian).
20. Romero-Blanco C., Rodríguez-Almagro J., Onieva-Zafra M.D., Parra-Fernández M.L., Prado-Laguna M.D.C., Hernández-Martínez A. Physical activity and sedentary lifestyle in university students: changes during confinement due to the COVID-19 pandemic. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2020, vol. 17, no. 18, pp. 6567. DOI: 10.3390/ijerph17186567
21. Wang Y., Lu H., Hu M., Wu S., Chen J., Wang L., Luo T., Wu Z. [et al.]. Alcohol consumption in China before and during COVID-19: preliminary results from an online retrospective survey. *Front. Psychiatry*, 2020, vol. 11, pp. 597826. DOI: 10.3389/fpsyt.2020.597826
22. Rolland B., Haesebaert F., Zante E., Benyamina A., Haesebaert J., Franck N. Global changes and factors of increase in caloric/salty food intake, screen use, and substance use during the early COVID-19 containment phase in the general population in France: survey study. *JMIR Public Health Surveill.*, 2020, vol. 6, no. 3, pp. e19630. DOI: 10.2196/19630
23. Silczuk A. Threatening increase in alcohol consumption in physicians quarantined due to coronavirus outbreak in Poland: the ALCOVID survey. *J. Public Health (Oxf.)*, 2020, vol. 42, no. 3, pp. 461–465. DOI: 10.1093/pubmed/fdaa110
24. Pozdniakova M.E., Bruno V.V. Alcohol consumption in Russia during the COVID-19 pandemic. *Sotsiologicheskaya nauka i sotsial'naya praktika*, 2022, vol. 10, no. 3 (39), pp. 25–44. DOI: 10.19181/snsp.2022.10.3.9195 (in Russian).
25. Fairbairn C.E., Sayette M.A. A social-attributional analysis of alcohol response. *Psychol. Bull.*, 2014, vol. 140, no. 5, pp. 1361–1382. DOI: 10.1037/a0037563
26. 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
27. Gritsenko V., Skugarevsky O., Konstantinov V., Khamenka N., Marinova T., Reznik A., Isralowitz R. COVID-19 fear, stress, anxiety, and substance use among Russian and Belarusian university students. *Int. J. Ment. Health Addict.*, 2021, vol. 19, no. 6, pp. 2362–2368. DOI: 10.1007/s11469-020-00330-z
28. Lechner W.V., Laurene K.R., Patel S., Anderson M., Grega C., Kenne D.R. Changes in alcohol use as a function of psychological distress and social support following COVID-19 related university closings. *Addict. Behav.*, 2020, vol. 110, pp. 106527. DOI: 10.1016/j.addbeh.2020.106527
29. Mustonen H., Mäkelä P., Lintonen T. Toward a typology of drinking occasions: latent classes of an autumn week's drinking occasions. *Addiction Research & Theory*, 2014, vol. 22, no. 6, pp. 524–534. DOI: 10.3109/16066359.2014.911845
30. Caluzzi G., Pennay A., Laslett A.-M., Callinan S., Room R., Dwyer R. Beyond 'drinking occasions': examining complex changes in drinking practices during COVID-19. *Drug Alcohol Rev.*, 2022, vol. 41, no. 6, pp. 1267–1274. DOI: 10.1111/dar.13386
31. Rodríguez L.M., Litt D.M., Stewart S.H. Drinking to cope with the pandemic: The unique associations of COVID-19-related perceived threat and psychological distress to drinking behaviors in American men and women. *Addict. Behav.*, 2020, vol. 110, pp. 106532. DOI: 10.1016/j.addbeh.2020.106532
32. Sanchez T.H., Zlotorzynska M., Rai M., Baral S.D. Characterizing the impact of COVID-19 on men who have sex with men across the United States in April, 2020. *AIDS Behav.*, 2020, vol. 24, no. 7, pp. 2024–2032. DOI: 10.1007/s10461-020-02894-2
33. Ahmed T., Lodhi S.H., Kapadia S., Shah G.V. Community and healthcare system-related factors feeding the phenomenon of evading medical attention for time-dependent emergencies during COVID-19 crisis. *BMJ Case Rep.*, 2020, vol. 13, no. 8, pp. e237817. DOI: 10.1136/bcr-2020-237817

34. Vyalykh N.A., Bessalova A.A., Zarbaliev V.Z. Social trust and distrust in sphere of Russian healthcare during the COVID-19 pandemic: theoretical and methodological approaches and sources of negativity. *Caucasian Science Bridge*, 2022, vol. 5, no. 3 (17), pp. 12–20. DOI: 10.18522/2658-5820.2022.3.1 (in Russian).
35. Stephenson E., Butt D.A., Gronsbell J., Ji C., O'Neill B., Crampton N., Tu K. Changes in the top 25 reasons for primary care visits during the COVID-19 pandemic in a high-COVID region of Canada. *PLoS One*, 2021, vol. 16, no. 8, pp. e0255992. DOI: 10.1371/journal.pone.0255992
36. Czeisler M.E., Marynak K., Clarke K.E.N., Salah Z., Shkya I., Thierry J.M., Ali N., McMillan H. [et al.]. Delay or avoidance of medical care because of COVID-19 related concerns – United States. *Morbidity and mortality weekly report*, 2020, vol. 69, no. 36, pp. 1250–1257. DOI: 10.15585/mmwr.mm6936a4
37. Hangai M., Piedvache A., Sawada N., Okubo Y., Sampei M., Yamaoka Y., Tanaka K., Hosozawa M. [et al.]. Children's daily lives and well-being: Findings from the CORONA-CODOMO survey 1st wave. *Pediatr. Int.*, 2022, vol. 64, no. 1, pp. e14981. DOI: 10.1111/ped.14981
38. Patt D., Gordan L., Diaz M., Okon T., Grady L., Harmison M., Markward N., Sullivan M. [et al.]. Impact of COVID-19 on cancer care: how the pandemic is delaying cancer diagnosis and treatment for american seniors. *JCO Clin. Cancer Inform.*, 2020, vol. 4, pp. 1059–1071. DOI: 10.1200/CCI.20.00134
39. An T.W., Henry J.K., Igboechi O., Wang P., Yerrapragada A., Lin C.A., Paiement G.D. How are orthopaedic surgery residencies responding to the COVID-19 pandemic? An assessment of resident experiences in cities of major virus outbreak. *J. Am. Acad. Orthop. Surg.*, 2020, vol. 28, no. 15, pp. e679–e685. DOI: 10.5435/JAAOS-D-20-00397
40. Dickinson J.A., Thériault G., Singh H., Szafran O., Grad R. Rethinking screening during and after COVID-19: Should things ever be the same again? *Can. Fam. Physician*, 2020, vol. 66, no. 8, pp. 571–575.
41. Goroshko N., Emelyanova E., Patsala S. The problem of medical activity of the Russian population during COVID-19. *Sotsial'nye aspekty zdorov'ya naseleniya*, 2022, vol. 68, no. 3, pp. 15. DOI: 10.21045/2071-5021-2022-68-3-15 (in Russian).
42. Romanov V.N., Kirienkova V.M., Volodina Yu.A., Stochik A.A. Decrease in physical activity and weight gain during quarantine COVID-19. *Problemy sotsial'noi gigieny, zdavookhraneniya i istorii meditsiny*, 2022, vol. 30, no. S, pp. 1105–1108. DOI: 10.32687/0869-866X-2022-30-s1-1105-1108 (in Russian).
43. Tison G.H., Barrios J., Avram R., Kuhar P., Bostjancic B., Marcus G.M., Pletcher M.J., Olgin J.E. Worldwide physical activity trends since COVID-19 onset. *Lancet Glob. Health*, 2022, vol. 10, no. 10, pp. e1381–e1382. DOI: 10.1016/S2214-109X(22)00361-8
44. Motevalli M., Drenowatz C., Wirnitzer K.C., Tanous D.R., Wirnitzer G., Kirschner W., Ruedl G. Changes in physical activity during the COVID-19 lockdown based on the sociodemographic profile of 5569 students and academic staff of Austrian universities. *Public Health*, 2023, vol. 219, pp. 102–109. DOI: 10.1016/j.puhe.2023.04.003
45. Knight R.L., McNarry M.A., Runacres A.W., Shelley J., Sheeran L., Mackintosh K.A. Moving forward: understanding correlates of physical activity and sedentary behaviour during COVID-19 in children and adolescents-an integrative review and socioecological approach. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022, vol. 19, no. 3, pp. 1044. DOI: 10.3390/ijerph19031044
46. Einarssdóttir K., Preen D.B., Emery J.D., Kelman C., Holman C.D.J. Regular primary care lowers hospitalisation risk and mortality in seniors with chronic respiratory diseases. *J. Gen. Intern. Med.*, 2010, vol. 25, no. 8, pp. 766–773. DOI: 10.1007/s11606-010-1361-6
47. Rose A.J., Timbie J.W., Setodji C., Friedberg M.W., Malsberger R., Kahn K.L. Primary Care Visit Regularity and Patient Outcomes: an Observational Study. *J. Gen. Intern. Med.*, 2019, vol. 34, no. 1, pp. 82–89. DOI: 10.1007/s11606-018-4718-x
48. Salagay O.O., Sakharova G.M., Antonov N.S., Stadnik N.M. The COVID-19 pandemic and the consumption of tobacco and nicotine-containing products: a literature review. *Obshchestvennoe zdorov'e*, 2022, vol. 2, no. 2, pp. 29–39. DOI: 10.21045/2782-1676-2022-2-2-29-39 (in Russian).
49. Dumas T.M., Ellis W., Litt D.M. What does adolescent substance use look like during the COVID-19 pandemic? Examining changes in frequency, social contexts, and pandemic-related predictors. *J. Adolesc. Health*, 2020, vol. 67, no. 3, pp. 354–361. DOI: 10.1016/j.jadohealth.2020.06.018
50. Stolyarov V.I., Abalyan A.G., Fomichenko T.G., Vorobev S.A. COVID-19 pandemic effects on popular physical education and sports in Russia. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2021, no. 9, pp. 61–63.
51. Kameneva T.N., Leskova I.V., Chankova E.V. Gender differences in attitudes to health: a regional aspect. *World of Science. Series: Sociology, Philology, Cultural Studies*, 2022, vol. 13, no. 1. DOI: 10.15862/53SCSK122 (in Russian).
52. Blinova T.V., Vyalshina A.A., Nozhkina I.A. Gender variations in self-preserving behavior during the COVID-19 pandemic among the students in Saratov. *Ekologiya cheloveka*, 2021, no. 9, pp. 55–63. DOI: 10.33396/1728-0869-2021-9-55-63 (in Russian).
53. Gil A., Vyshynsky 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 zdavookhraneni*, 2021, no. 5–6, pp. 63–73. DOI: 10.26347/1607-2502202105-06063-073 (in Russian).
54. Parfenova O.A., Petukhova I.S. COVID-19 Pandemic Impact on Older People in Urban and Rural Contexts. *Sotsiologicheskie issledovaniya*, 2022, no. 5, pp. 71–80. DOI: 10.31857/S013216250018704-7 (in Russian).
55. Guan H., Okely A.D., Aguilar-Farias N., Del Pozo Cruz B., Draper C.E., El Hamdouchi A., Florindo A.A., Jáuregui A. [et al.]. Promoting healthy movement behaviours among children during the COVID-19 pandemic. *Lancet Child Adolesc. Health*, 2020, vol. 4, no. 6, pp. 416–418. DOI: 10.1016/S2352-4642(20)30131-0
56. Vanderbruggen N., Matthys F., Van Laere S., Zeeuws D., Santermans L., Van den Amele S., Crunelle C.L. Self-reported alcohol, tobacco, and cannabis use during COVID-19 lockdown measures: results from a web-based survey. *Eur. Addict. Res.*, 2020, vol. 26, no. 6, pp. 309–315. DOI: 10.1159/000510822

Sharypova S.Yu., Gordeeva S.S. Risky health-related behavior of Russians: dynamics and impact factors. *Health Risk Analysis*, 2023, no. 4, pp. 54–67. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.05.eng

Получена: 11.10.2023

Одобрена: 28.11.2023

Принята к публикации: 20.12.2023



Научная статья

РИСК ФОРМИРОВАНИЯ ДИСБАЛАНСА ПОПУЛЯЦИОННОГО СОСТАВА ЛИМФОЦИТОВ И СПЕЦИФИЧЕСКОЙ СЕНСИБИЛИЗАЦИИ У ДЕТЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ АЭРОГЕННОЙ ЭКСПОЗИЦИИ БЕНЗ(А)ПИРЕНОМ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ

О.В. Долгих, Н.А. Никоношина

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

Климатогеографические детерминанты Арктической зоны способны усугублять действие антропогенных химических факторов и индуцировать нарушения здоровья детского населения даже при низких уровнях их экспозиции.

Обследован 1291 ребенок в возрасте 3–6 лет. Группа А: 608 детей, проживающих на урбанизированной территории Арктической зоны. Группа В: 204 ребенка на условно чистой территории Арктической зоны. Группа С: 308 детей на урбанизированной территории средней широты. Группа D: 171 ребенок на условно чистой территории средней широты. Определение содержания бенз(а)пирена в атмосферном воздухе и в крови проводили методом ВЭЖХ. Определение Т- (CD3⁺) и В-лимфоцитов (CD19⁺) – методом проточной цитофлюориметрии.

Условия аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном (0,6 ПДК_{cc}) детей в Арктической зоне при его поступлении в дозе 7,11·10⁻³ мкг/(кг·день) приводят к формированию контаминации крови бенз(а)пиреном, снижению содержания Т-лимфоцитов (CD3⁺) (OR (CI) = 2,99 (2,00–4,46); RR (CI) = 1,94 (1,47–2,56); p = 0,024) на фоне гиперэкспрессии В-лимфоцитов (CD19⁺) (OR (CI) = 2,55 (1,83–3,56); RR (CI) = 1,68 (1,36–2,06); p = 0,019) и IgG к бенз(а)пирену (OR (CI) = 53,33 (27,56–103,20); RR (CI) = 15,11 (8,24–27,72); p = 0,001) по отношению к детям на условно чистой территории (p < 0,05). Аналогичные нарушения формируются у детей при поступлении бенз(а)пирена в дозе 87,6·10⁻³ мкг/(кг·день) при его аэрогенной экспозиции (7,4 ПДК_{cc}) в условиях средней широты (p > 0,05).

Таким образом, у детей, проживающих в Арктической зоне в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном в среднесуточной дозе 7,11·10⁻³ мкг/(кг·день), формируется повышенный риск дисбаланса популяционного состава лимфоцитов по критерию основных кластеров клеточной дифференцировки (CD3⁺ и CD19⁺; RR = 1,68–1,94; p = 0,024–0,019) и специфической сенсibilизации (IgG к бенз(а)пирену; RR = 15,11; p = 0,001), сопоставимый с эффектами экспозиции бенз(а)пирена в среднесуточной дозе 87,6·10⁻³ мкг/(кг·день) на территории умеренных широт, что подтверждает гипотезу потенцирования действия техногенных химических факторов особыми климатогеографическими условиями (пониженная среднегодовая температура и фотопериодическая асимметрия), аддитивный эффект которых индуцирует ранние проявления патологических фенотипов нарушений здоровья детского населения даже при низких уровнях экспозиции бенз(а)пиреном.

Ключевые слова: бенз(а)пирен, аэрогенная экспозиция, иммунитет, лимфоциты, Арктика, дети, IgG к бенз(а)пирену, сенсibilизация.

Техногенные химические факторы оказывают негативное воздействие на состояние здоровья населения. Их хроническое воздействие обуславливает ранние дезадаптационные иммунологические и нейрорегуляторные нарушения гомеостаза, что повышает риск развития экологически зависимых патологий в перспективе [1]. Бенз(а)пирен является одним из наиболее распространенных загрязняющих веществ в окружающей среде. Это вещество 1-го класса

опасности с выраженными иммунотоксическими и канцерогенными свойствами, характеризующееся высокой степенью биоаккумуляции [2].

Однако воздействие любых техногенных факторов не является изолированным. Оно реализуется на фоне определенных климатогеографических условий конкретных территорий, которые могут усугублять токсическое действие гаптенных [3, 4]. Так, территория Арктической зоны характеризуется экс-

© Долгих О.В., Никоношина Н.А., 2023

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>).

Никоношина Наталья Алексеевна – младший научный сотрудник лаборатории иммунологии и аллергологии, аспирант (e-mail: nat08.11@yandex.ru; тел.: 8 (342) 236-39-30; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7271-9477>).

тремальными климатогеографическими условиями с пониженной температурой воздуха в течение всего года (длительная морозная зима и короткое прохладное лето) и выраженной фотопериодической сезонной асимметрией («полярный день» – в весенне-летний период, «полярная ночь» – в осенне-зимний период), что без учета техногенной нагрузки значительно снижает адаптационный потенциал и обуславливает развитие так называемого «синдрома полярного напряжения», или «северного стресса» [5].

При этом сочетанное воздействие неблагоприятных климатогеографических детерминант и техногенных факторов в Арктической зоне обуславливает ранние нарушения состояния здоровья населения даже при содержании тех или иных веществ в атмосферном воздухе данной территории в пределах гигиенических нормативов [6]. Кроме того, дети дошкольного возраста подвержены влиянию внешнесредовых факторов различной природы в гораздо большей степени, чем взрослые, что обусловлено несовершенством адаптационных и детоксикационных систем организма [7].

Иммунная система играет важнейшую роль в защитно-адаптивных реакциях организма, определяет его интегральную реактивность в модифицированных условиях среды, становясь первичной мишенью при воздействии климатогеографических и техногенных факторов. Следовательно, изменения популяционного состава лимфоцитов могут являться ранними информативными маркерами сочетанного воздействия стрессорных факторов различной природы, характеризующими нарушения врожденного (NK-клетки) и адаптивного (Т- и В-лимфоциты) иммунного ответа [8, 9].

Следовательно, проведение комплексной сравнительной оценки популяционного состава лимфоцитов и специфической сенсibilизации у детей, проживающих в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном в Арктической зоне и на территории средней широты, является актуальным аспектом разработки системы индикаторных показателей ранних нарушений состояния здоровья детей, формирующихся в условиях техногенной нагрузки на территориях с особыми климатогеографическими условиями.

Цель исследования – выполнить сравнительную оценку популяционного состава лимфоцитов и специфической сенсibilизации у детей, проживающих в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном в Арктической зоне Российской Федерации.

Материалы и методы. Выполнено клинко-лабораторное обследование 1291 ребенка в возрасте от 3 до 6 лет. Обследованный контингент разделен на четыре группы по критериям уровня аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном и климатогеографических особенностей территорий проживания. В группу А включены 608 детей, проживающие на промышленно развитой территории в Арктической зоне (69° с.ш.) в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном.

Группу В составили 204 ребенка, проживающие на условно чистой территории Арктической зоны (69° с.ш.). В группу С включены 308 детей, проживающих на промышленно развитой территории средней широты (56° с.ш.) в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном. Группу D составил 171 ребенок, проживающий на условно чистой территории средней широты (51° с.ш.).

Исследование выполнено с соблюдением этических требований Хельсинкской декларации ВМА 2000 г. и протокола Конвенции Совета Европы о правах человека и биомедицине 1999 г. Исследование одобрено ЛЭК ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (протокол № 23 от 20.12.2021). Для участников исследования было получено информированное согласие.

Определение содержания бенз(а)пирена в атмосферном воздухе территорий проживания обследованного контингента (А, В, С, D) проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на приборе Agilent 1200 (Agilent Technologies Inc., США) в соответствии с МУК 4.1.1273-03 «Измерение массовой концентрации бенз(а)пирена в атмосферном воздухе и воздухе рабочей зоны методом ВЭЖХ с флуориметрическим детектированием».

Определение концентрации бенз(а)пирена в крови детей проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на приборе Agilent 1200 (Agilent Technologies Inc., США) в соответствии с МУК 4.1.3040-12 «Определение массовой концентрации бенз(а)пирена в крови методом высокоэффективной жидкостной хроматографии».

Изучение популяционного состава лимфоцитов у обследованных детей по критерию содержания Т-(CD3⁺), В-лимфоцитов (CD19⁺) и NK-клеток проводили методом проточной цитофлуориметрии на приборе FACSCalibur (Becton Dickinson, США) с использованием универсальной программы CellQuestPro.

Статистическая обработка полученных результатов проведена с использованием методов описательной математической статистики и реализована с помощью пакета прикладных программ Statistica 10.0 (StatSoft, USA). Характер распределения данных в обследованных выборках анализировали с использованием критерия Шапиро – Уилка. Для оценки уровня достоверности различий полученных данных применяли параметрический *t*-критерий Стьюдента в случае нормального распределения данных или *U*-критерий Манна – Уитни для значений показателей с ненормальным распределением. Результаты исследования представлены в виде среднего арифметического (*X*) и стандартной ошибки (*SE*) значений проанализированных показателей. Для оценки связи исследуемых ответов с воздействием фактора рассчитывали отношение шансов

(OR), относительный риск (RR) и их 95%-ные доверительные интервалы (CI). Для установления причинно-следственной связи между экспозицией бенз(а)пиреном и выявленными ответами организма применяли методику парного регрессионного анализа с расчетом коэффициента детерминации R^2 . Различия между выборками считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. По результатам сравнительной гигиенической оценки качества атмосферного воздуха на территориях проживания обследованных детей установлено, что содержание бенз(а)пирена на урбанизированной территории в Арктической зоне составляет 0,6 ПДК_{сс}, на условно чистой территории данного региона – 0,01 ПДК_{сс}; на урбанизированной территории средней широты – 7,4 ПДК_{сс}, на условно чистой территории средней широты – 0,7 ПДК_{сс}¹. Следовательно, качество атмосферного воздуха на территории проживания детей группы С характеризуется превышением гигиенических нормативов по содержанию бенз(а)пирена, в то время как на территориях А, В, D качество атмосферного воздуха соответствует требованиям санитарно-эпидемиологических правил и нормативов. Среднесуточная доза экспозиции бенз(а)пиреном при ингаляционном воздействии с атмосферным воздухом детского населения промышленно развитой территории в Арктической зоне (группа А) в 60,3 раза превышает аналогичный показатель у детей, проживающих на условно чистой территории данного региона (группа В) ($p = 0,001$) на фоне 12,3-кратного снижения по отношению к значению, выявленному у детского населения промышленного центра на территории средней широты (группа С) ($p = 0,001$), и 1,2-кратного снижения по отношению к детям, проживающим на условно чистой территории данного региона (группа D).

Среднесуточная доза экспозиции бенз(а)пиреном при ингаляционном воздействии с атмосферным

воздухом детского населения промышленно развитой территории средней широты (группа С) в 12,3 раза превышает аналогичный показатель у детей, проживающих на промышленно развитой территории в Арктической зоне (группа А), и в 38,2 раза – у детей, проживающих на условно чистой территории средней широты (группа D) ($p = 0,001$) (табл. 1).

В результате выполненного химико-аналитического исследования крови детского населения Арктической зоны установлено, что уровень контаминации крови бенз(а)пиреном у детей, проживающих в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном (группа А), в 1,8 раза превышает значение данного показателя у детей, проживающих на условно чистой территории данного региона (группа В) ($p = 0,049$). В свою очередь, концентрация бенз(а)пирена в крови детского населения промышленно развитой территории средней широты (группа С) в 2,2 раза превышает аналогичное значение у детей на соответствующей условно чистой территории (группа D) ($p = 0,013$). При этом уровень контаминации крови бенз(а)пиреном у детей группы А, проживающих в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном в среднесуточной дозе $7,11 \cdot 10^{-3}$ мкг/(кг·день) на фоне пониженной среднегодовой температуры и фотопериодической асимметрии в Арктической зоне, является сопоставимым с аналогичным показателем у детей группы С, проживающих в условиях внешнесредового воздействия бенз(а)пирена в среднесуточной дозе $87,6 \cdot 10^{-3}$ мкг/(кг·день) на территории умеренного климатического пояса с циркадным ритмом естественной освещенности.

В результате проведенного иммунологического обследования детей, проживающих в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном, выявлены изменения популяционного состава лимфоцитов по критерию содержания Т- и В-клеток, реализующиеся на фоне специфической гиперсенситилизации к данному ПАУ (табл. 2).

Таблица 1

Среднесуточные дозы аэрогенной экспозиции и уровень контаминации крови бенз(а)пиреном у детей, проживающих в Арктической зоне и на территории средней широты

Группа А, <i>n</i> = 608	Группа В, <i>n</i> = 204	Группа С, <i>n</i> = 308	Группа D, <i>n</i> = 171
<i>Суточные дозы бенз(а)пирена при ингаляционном воздействии с атмосферным воздухом, мкг/(кг·день)</i>			
$7,11 \cdot 10^{-3}$	$1,18 \cdot 10^{-4}$	$8,76 \cdot 10^{-2}$	$2,29 \cdot 10^{-3}$
<i>Концентрация бенз(а)пирена в крови, мкг/дм³ (референтный уровень – 0 мкг/дм³)</i>			
$0,002244 \pm 0,000416$	$0,001277 \pm 0,000258$	$0,00242 \pm 0,000378$	$0,001094 \pm 0,000382$

¹ О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 г.: Государственный доклад. – М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2019; Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2017 г.: Ежегодник. – СПб., 2018; Об утверждении Программы комплексного развития транспортной инфраструктуры муниципального образования «Город Дудинка»: решение Дудинского городского совета депутатов от 14.09.2017 № 10-0358 [Электронный ресурс] // Официальный сайт правовой информации города Дудинки. – URL: http://www.pravodudinka.ru/download/rgs/rgs_2017-09-14_10-0358.pdf (дата обращения: 25.07.2023).

Таблица 2

Иммунный профиль детей, проживающих в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном в Арктической зоне и на территории средней широты

Группа А, n = 608	Группа В, n = 204	p (A/B)	Группа С, n = 308	Группа D, n = 171	p (C/D)
<i>CD3⁺-лимфоциты, % (референтный уровень – 55–84 %)</i>					
66,00 ± 1,02	70,42 ± 1,62	0,024	67,07 ± 1,92	72,71 ± 1,93	0,039
<i>CD19⁺-лимфоциты, % (референтный уровень – 6–25 %)</i>					
16,63 ± 0,73	13,09 ± 0,65	0,019	16,01 ± 0,61	14,04 ± 0,77	0,046
<i>IgG к бенз(а)пирену, усл. ед. (референтный уровень – 0–0,3 усл. ед.)</i>					
0,204 ± 0,019	0,080 ± 0,005	0,001	0,196 ± 0,02	0,074 ± 0,01	0,001

Примечание: p (A/B) – уровень значимости различий между группами А и В; p (C/D) – уровень значимости различий между группами С и D.

Клеточный иммунный профиль 52,6 % (320) детей в группе А и 79,9 % (246) детей в группе С характеризуется снижением содержания Т-лимфоцитов (CD3⁺) по отношению к значениям в группах сравнения В (*OR* (*CI*) = 2,99 (2,00–4,46); *RR* (*CI*) = 1,94 (1,47–2,56); *p* = 0,024) и D (*OR* (*CI*) = 15,99 (10,01–25,51); *RR* (*CI*) = 4,01 (2,95–5,45); *p* = 0,039) соответственно. Значение данного показателя у детей, проживающих в Арктической зоне (группы А и В), незначительно снижено по отношению к таковому у детей, проживающих в умеренных широтах (группы С и D) (*p* (A/C) = 0,623; *p* (B/D) = 0,367). Минимальное содержание CD3⁺-лимфоцитов отмечается в группе детей, проживающих в условиях низкодозовой (7,11·10⁻³ мкг/(кг·день)) аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном в Арктической зоне (группа А), максимальное значение – у детей, проживающих на условно чистой территории средней широты (группа D).

Напротив, у 56,1 % (341) детей в группе А и 53,3 % (164) детей в группе С, проживающих в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном, установлено достоверное повышение содержания В-лимфоцитов (CD19⁺) по отношению к группам В (*OR* (*CI*) = 2,55 (1,83–3,56); *RR* (*CI*) = 1,68 (1,37–2,07); *p* = 0,019) и D (*OR* (*CI*) = 1,49 (1,02–2,17); *RR* (*CI*) = 1,23 (1,01–1,50); *p* = 0,046) соответственно. При этом значение данного показателя у детей группы А, проживающих в условиях низкодозовой аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном в Арктической зоне, незначительно повышено по отношению к соответствующему значению в группе детей С, проживающих в условиях высокодозовой аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном на территории средней широты (*p* = 0,521). Однако у детей в группе В, проживающих на условно чистой территории в Арктической зоне, наблюдается незначительное снижение содержания В-лимфоцитов (CD19⁺) по отношению к аналогичной группе на территории средней широты (группа D) (*p* = 0,348). Максимальное содержание В-лимфоцитов (CD19⁺) отмечается у детей, проживающих в условиях низкодозовой аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном в Арктической зоне (группа А), минимальное значение – у детей, проживающих на условно чистой территории средней широты (группа D).

Иммунный профиль 73 % (444) детей в группе А и 93,2 % (287) детей в группе С отличается повышенным уровнем специфического IgG к бенз(а)пирену по отношению к референтному уровню (0–0,3 усл. ед.), группам сравнения В (*OR* (*CI*) = 53,33 (27,56–103,20); *RR* (*CI*) = 15,11 (8,24–27,72); *p* = 0,001) и D (*OR* (*CI*) = 453,73 (167,94–1225,84); *RR* (*CI*) = 31,86 (13,42–75,62); *p* = 0,001) соответственно, что указывает на формирование специфической гиперсенсибилизации на промышленно развитых территориях (*p* = 0,001). При этом уровень IgG к бенз(а)пирену, выявленный в условиях аэрогенной экспозиции данным ПАУ в среднесуточной дозе 7,11·10⁻³ мкг/(кг·день) в Арктической зоне (группа А), не только является сопоставимым с его содержанием при воздействии данного гаптена в среднесуточной дозе 87,6·10⁻³ мкг/(кг·день) на территории умеренных широт (группа С), но и незначительно превышает его (*p* = 0,77). Однако регрессионный анализ данных в модели зависимости «маркер экспозиции – маркер эффекта» показал, что связь повышения IgG к бенз(а)пирену как маркера эффекта с повышением уровня контаминации крови бенз(а)пиреном (маркер экспозиции) в случае высокодозовой экспозиции бенз(а)пиреном на территории средней широты является более тесной (*R*² = 0,92; *p* = 0,001), чем при низкодозовой экспозиции в условиях Арктической зоны (*R*² = 0,87; *p* = 0,001) (табл. 3).

Полученные результаты, свидетельствующие о достоверном снижении адаптивного клеточного иммунитета по критерию Т-лимфоцитов (CD3⁺) на фоне гиперпродукции специфического IgG к бенз(а)пирену, сопряженной с избыточным содержанием В-лимфоцитов (CD19⁺) у детей в группах А и С, проживающих на урбанизированных территориях, по отношению к детям в группах В и D, проживающих на условно чистых территориях, указывают на признаки угнетения и истощения клеточного эффекторного иммунитета, ассоциированные с формированием специфической гаптенной гиперсенсибилизации в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном.

Реализация иммунотропного эффекта бенз(а)пирена сопряжена с его связыванием с арилуглеводородным рецептором AhR и последующей активацией фермента цитохрома P450 CYP1A, участвующего

Параметры моделей зависимости «маркер экспозиции – маркер эффекта»

Маркер экспозиции	Маркер эффекта	Направление изменения показателя	b_0	b_1	F	p	R^2
Бенз(а)пирен	<i>Группа А + В</i>						
	IgG к бенз(а)пирену	Повышение	-1,835	24,339	3154,24	0,001	0,874
	<i>Группа С + D</i>						
	IgG к бенз(а)пирену	Повышение	-0,954	-29,661	4126,32	0,001	0,920

в детоксикации и элиминации ПАУ и их метаболитов. Однако активация данного фермента приводит к образованию более токсичных метаболитов бенз(а)пирена, а именно бенз(а)пирен-7,8-диол-9,10-эпоксида (BPDE) – соединения с более выраженными канцерогенными и иммунотоксическими свойствами, нарушающего баланс процессов пролиферации и запрограммированной гибели лимфоцитов [10]. Кроме того, CYP1A-опосредованный метаболизм ПАУ приводит к образованию активных форм кислорода на фоне угнетения экспрессии редокс-чувствительного транскрипционного фактора антиоксидантной защиты Nrf2 и, как следствие, развитию оксидативного стресса, что также может быть причиной угнетения иммунного ответа [11]. При этом бенз(а)пирен может напрямую влиять на процессы иммунной регуляции, нарушая процессы Ca^{2+} -зависимой передачи сигналов между иммуночитами. Избыточные концентрации бенз(а)пирена способствуют активации протеинтирозинкиназы (PTK) и последующему инозитолтрифосфат (ИТЗ)-зависимому аномальному высвобождению свободных ионов Ca^{2+} из эндоплазматического ретикулума на фоне угнетения аденилатциклаза-цАМФ (АС-сАМФ)-сигнального пути, что приводит к снижению уровня экспрессии ядерных транскрипционных факторов NF- κ B и CREB, регулирующих процессы воспаления, апоптоз, бактериолизис и фагоцитоз [12, 13].

Несмотря на то, что бенз(а)пирен является гаптенем с выраженными иммуносупрессивными свойствами, установлена его роль в аллергизации и развитии специфической гиперсенситизации на фоне компенсаторной активации гуморального звена иммунного ответа. Так, в данном исследовании показано, что иммунный профиль детей, проживающих в условиях избыточной экспозиции бенз(а)пиреном, характеризуется избыточной продукцией специфического IgG к бенз(а)пирену при одновременном повышении уровня антител классов IgG и IgA, а также процентного содержания предшественников плазматических клеток – В-лимфоцитов (CD19⁺). Реализация сенсibilизирующих свойств бенз(а)пирена также сопряжена с его связыванием с AhR-рецептором, играющим важную роль в модуляции иммунного ответа, что запускает как провоспалительные, так и противовоспалительные процессы [14]. Активация AhR-рецептора различными ПАУ носит провоспалительный характер, что вызывает гиперсекрецию слизи, нарушение регуляции антигенпрезентирующих клеток, миграцию клеток Лангерганса, активацию эффекторных Т-лимфоцитов, а также гиперэкспрессию цитокинов IL-5, IL-13 и IL-17, усиление IgE-опосредованного высвобождения гис-

тамина, а также продукции IL-4 базофилами. Воздействие бенз(а)пирена может усиливать дегрануляцию тучных клеток и последующее высвобождение гистамина, усугубляя симптомы, характерные для бронхиальной астмы. Кроме того, экспозиция бенз(а)пиреном может усугубить вызванные аллергенами клещей симптомы аллергического дерматита, усиливая интенсивность Th2-зависимого иммунного ответа. При этом связывание ПАУ с AhR-рецепторами дендритных клеток связано с угнетением продукции ряда провоспалительных цитокинов эффекторными Т-клетками и, напротив, активацией противовоспалительных опухолестимулирующих M2-макрофагов, продуцирующих факторы роста и репарации тканей TGF- β и IL-10 [15, 16].

В свою очередь, постоянное проживание в экстремальных климатогеографических условиях Арктической зоны, даже без учета техногенной нагрузки, приводит к значительному снижению адаптационных резервов человека, в основе которых лежат неспецифические филогенетически запрограммированные стереотипные реакции, которые влияют на гомеостаз организма в нестабильных условиях окружающей среды. Истощение адаптационного потенциала организма в таких условиях может стать причиной развития так называемого «синдрома полярного напряжения», или «северного стресса», характеризующегося нарушениями метаболизма, детоксикацией, эндокринными и неврологическими нарушениями, десинхронизацией биоритмов и иммуносупрессией [5, 17].

Стоит отметить, что иммунотоксические свойства бенз(а)пирена ранее подробно описаны в обзорных и экспериментальных исследованиях [10, 18, 19], однако в литературе нет сведений о модификации его действия в условиях воздействия дополнительных стрессовых факторов – низкой температуры и особого светового режима. Также имеются отдельные отечественные работы о нарушениях иммунного профиля в экстремальных климатогеографических условиях Арктической зоны, однако они затрагивают преимущественно взрослый контингент – местное население и вахтовых рабочих [9, 20], в то время как особенности иммунного статуса детского населения северных территорий остаются менее изученными.

Важно отметить, что изменения содержания Т- и В-лимфоцитов, а также уровня продукции IgG к бенз(а)пирену, выявленные в условиях аэрогенной экспозиции данным ПАУ в среднесуточной дозе $7,11 \cdot 10^{-3}$ мкг/(кг·день) в Арктической зоне (группа А), сопоставимы при воздействии данного гаптена в среднесуточной дозе $87,6 \cdot 10^{-3}$ мкг/(кг·день) на территории умеренных широт (группа С), что подтвер-

ждает гипотезу о том, что экстремальные климато-географические факторы усугубляют действие полициклических ароматических углеводородов и индуцируют нарушения здоровья детского населения даже при низкодозовой их экспозиции.

Выводы. По результатам сравнительной гигиенической оценки качества атмосферного воздуха на территориях проживания обследованных детей установлено, что уровень экспозиции бенз(а)пиреном на урбанизированной территории в Арктической зоне составляет 0,6 ПДК_{сс}, на условно чистой территории в Арктической зоне – 0,01 ПДК_{сс}, на урбанизированной территории средней широты – 7,4 ПДК_{сс}, на условно чистой территории средней широты – 0,7 ПДК_{сс}. Уровень контаминации крови бенз(а)пиреном у детей, проживающих в условиях аэрогенной экспозиции данным ПАУ в среднесуточной дозе $7,11 \cdot 10^{-3}$ мкг/(кг·день) на урбанизированной территории Арктической зоны (группа А), в 1,8 раза превышает его значение у детей на условно чистой территории данного региона (группа В) ($p < 0,05$) и является сопоставимым со значением, выявленным у детей, проживающих в условиях внешнесредового воздействия бенз(а)пирена в среднесуточной дозе $87,6 \cdot 10^{-3}$ мкг/(кг·день) на территории средней широты. Клеточный иммунный профиль детского населения урбанизированной территории в Арктической зоне (группа А) характеризуется признаками угнетения его Т-клеточного компонента ($OR (CI) = 2,99 (2,00-4,46)$; $RR (CI) = 1,94 (1,47-2,56)$; $p = 0,024$), а гуморальный – специфической гиперсенсибилизацией по критерию IgG к бенз(а)пирену ($OR (CI) = 53,33 (27,56-103,20)$; $RR (CI) = 15,11 (8,24-27,72)$; $p = 0,001$), ассоциированной с избытком В-лимфоцитов

($OR (CI) = 2,55 (1,83-3,56)$; $RR (CI) = 1,68 (1,36-2,06)$; $p = 0,019$) по отношению к группе В, проживающей на условно чистой Арктической территории ($p < 0,05$). При этом низкодозовая аэрогенная экспозиция бенз(а)пиреном $7,11 \cdot 10^{-3}$ мкг/(кг·день) на урбанизированной территории Арктической зоны у детей сопряжена с высоким уровнем контаминации крови бенз(а)пиреном, что формирует повышенный риск $RR (1,68-15,11)$ формирования дисбаланса популяционного состава лимфоцитов (Т- и В-клетки) и специфической гиперсенсибилизации к бенз(а)пирену по критерию IgG, сопоставимого с аналогичными показателями у детей, проживающих в условиях внешнесредового воздействия бенз(а)пирена в среднесуточной дозе $87,6 \cdot 10^{-3}$ мкг/(кг·день) на территории умеренного климатического пояса с циркадным ритмом естественной освещенности (группа С) ($p > 0,05$), что подтверждает способность неблагоприятных климатогеографических факторов потенцировать негативные эффекты ПАУ. Таким образом, выявленные изменения популяционного состава лимфоцитов (CD3⁺- и CD19⁺-кластеры клеточной дифференцировки) и специфические реакины (IgG к бенз(а)пирену) отражают риск развития нарушений иммунорегуляции и могут использоваться в качестве индикаторных для задач диагностики и профилактики нарушений здоровья у детей, проживающих в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном в Арктической зоне России.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Environmental pollutants and the immune response / T. Suzuki, T. Hidaka, Y. Kumagai, M. Yamamoto // *Nat. Immunol.* – 2020. – Vol. 21, № 12. – P. 1486–1495. DOI: 10.1038/s41590-020-0802-6
2. Benzo[a]pyrene induces NLRP1 expression and promotes prolonged inflammasome signaling / R. Kohno, Y. Nagata, T. Ishihara, C. Amma, Y. Inomata, T. Seto, R. Suzuki // *Front. Immunol.* – 2023. – Vol. 14. – P. 1154857. DOI: 10.3389/fimmu.2023.1154857
3. Ilardo M., Nielsen R. Human adaptation to extreme environmental conditions // *Curr. Opin. Genet. Dev.* – 2018. – Vol. 53. – P. 77–82. DOI: 10.1016/j.gde.2018.07.003
4. 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
5. Петрова П.Г. Эколого-физиологические аспекты адаптации человека к условиям севера // *Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Медицинские науки.* – 2019. – № 2 (15). – С. 29–38. DOI: 10.25587/SVFU.2019.2 (15).31309
6. Карпин В.А., Гудков А.Б., Шувалова О.И. Анализ воздействия климатотехногенного прессинга на жителей северной урбанизированной территории // *Экология человека.* – 2018. – Т. 25, № 10. – С. 9–14. DOI: 10.33396/1728-0869-2018-10-9-14
7. Сетко Н.П., Сетко А.Г., Булычева Е.В. Адаптационная медицина детей и подростков: монография. – Оренбург: ОрГМУ, 2018. – 515 с.
8. Морозова О.С., Сергеева Т.Б., Щеголева Л.С. Клеточный иммунитет у женщин старшей возрастной группы, проживающих на Крайнем Севере // *Журнал медико-биологических исследований.* – 2020. – Т. 8, № 3. – С. 235–240. DOI: 10.37482/2687-1491-Z014
9. Early life exposure to air pollution and cell-mediated immune responses in preschoolers / Y.-L. Deng, J.-Q. Liao, B. Zhou, W.-X. Zhang, C. Liu, X.-Q. Yuan, P.-P. Chen, Y. Miao [et al.] // *Chemosphere.* – 2022. – Vol. 286, Pt 3. – P. 131963. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.131963
10. Abd El-Fattah E.E., Abdelhamid A.M. Benzo[a]pyrene immunogenetics and immune archetype reprogramming of lung // *Toxicology.* – 2021. – Vol. 463. – P. 152994. DOI: 10.1016/j.tox.2021.152994
11. AHR/ROS-mediated mitochondria apoptosis contributes to benzo[a]pyrene-induced heart defects and the protective effects of resveratrol / Y. Huang, J. Zhang, Y. Tao, C. Ji, S. Aniaqu, Y. Jiang, T. Chen // *Toxicology.* – 2021. – Vol. 462. – P. 152965. DOI: 10.1016/j.tox.2021.152965
12. The toxic effects of benzo[a]pyrene on activated mouse T cells in vitro / S. Guan, Y. Huang, Z. Feng, L. Xu, Y. Jin, J. Lu // *Immunopharmacol. Immunotoxicol.* – 2017. – Vol. 39, № 3. – P. 117–123. DOI: 10.1080/08923973.2017.1299173

13. Immunotoxicity pathway and mechanism of benzo[a]pyrene on hemocytes of *Chlamys farreri* in vitro / F. Lei, Y. Tian, J. Miao, L. Pan, R. Tong, Y. Zhou // *Fish Shellfish Immunol.* – 2022. – Vol. 124. – P. 208–218. DOI: 10.1016/j.fsi.2022.04.009
14. The aryl hydrocarbon receptor in asthma: friend or foe? / O. Poulain-Godefroy, M. Bouté, J. Carrard, D. Alvarez-Simon, A. Tscopoulos, P. de Nadai // *Int. J. Mol. Sci.* – 2020. – Vol. 21, № 22. – P. 8797. DOI: 10.3390/ijms21228797
15. Benzo(a)pyrene Enhanced Dermatophagoides Group 1 (Der f 1) -Induced TGFβ1 Signaling Activation Through the Aryl Hydrocarbon Receptor-RhoA Axis in Asthma / E. Wang, W. Tu, D.C. Do, X. Xiao, S.B. Bhatti, L. Yang, X. Sun, D. Xu [et al.] // *Front. Immunol.* – 2021. – Vol. 12. – P. 643260. DOI: 10.3389/fimmu.2021.643260
16. Yanagisawa R., Koike E., Takano H. Benzo[a]pyrene aggravates atopic dermatitis-like skin lesions in mice // *Hum. Exp. Toxicol.* – 2021. – Vol. 40, Suppl. 12. – P. S269–S277. DOI: 10.1177/09603271211036123
17. Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р. Медико-физиологические проблемы в Арктике // *Известия Коми научного центра УрО РАН.* – 2017. – № 4 (32). – С. 33–40.
18. Маркеры иммунной регуляции у детей в условиях экспозиции алюминием / О.В. Долгих, К.Г. Старкова, И.Н. Аликина, Ю.А. Челакова, М.А. Гусельников, Н.А. Никоношина // *Вестник Пермского университета. Серия: Биология.* – 2019. – № 1. – С. 96–100. DOI: 10.17072/1994-9952-2019-1-96-100
19. Аликина И.Н., Долгих О.В. Модификация параметров жизнеспособности иммунцитов у детей, ассоциированная с сочетанным воздействием химических техногенных и экстремальных климатических факторов // *Анализ риска здоровью.* – 2021. – № 3. – С. 129–135. DOI: 10.21668/health.risk/2021.3.12
20. Адаптивный иммунный статус у представителей различных социально-профессиональных групп жителей Европейского Севера Российской Федерации / Л.С. Щёголева, О.Е. Сидоровская, Е.Ю. Шашкова, М.В. Некрасова, С.Н. Балашова // *Экология человека.* – 2017. – Т. 24, № 10. – С. 46–51. DOI: 10.33396/1728-0869-2017-10-46-51

Долгих О.В., Никоношина Н.А. Риск формирования дисбаланса популяционного состава лимфоцитов и специфической сенсибилизации у детей, проживающих в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном в Арктической зоне России // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 4. – С. 68–75. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.06

UDC 613.6; 613.62; 575
DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.06.eng



Research article

THE RISK OF IMBALANCE IN THE POPULATION COMPOSITION OF LYMPHOCYTES AND SPECIFIC SENSITIZATION IN CHILDREN LIVING UNDER EXPOSURE TO AIRBORNE BENZO(A)PYRENE IN THE ARCTIC ZONE OF RUSSIA

O.V. Dolgikh, N.A. Nikonoshina

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

Climatic and geographical determinants of the Arctic zone can aggravate effects of technogenic chemical factors and induce health disorders in children even at low exposure levels.

1291 children aged 3–6 years were examined. Group A included 608 children living in an urbanized area in the Arctic zone. Group B consisted of 204 children from a conventionally clean area of the Arctic zone. Group C included 308 children from an urbanized middle latitude area. Group D consisted of 171 children from a conventionally clean middle latitude area. Benzo(a)pyrene levels in ambient air and in blood were determined by HPLC. Identification of T-(CD3⁺) and B-lymphocytes (CD19⁺) was carried out by flow cytometry.

Exposure to airborne benzo(a)pyrene (0.6 average daily MPL) in the Arctic zone in a daily dose equal to 7.11·10⁻³ μg/(kg·day) results in blood of exposed children being contaminated with benzo(a)pyrene and in lower levels of T-lymphocytes (CD3⁺) (OR (CI) = 2.99 (2.00–4.46); RR (CI) = 1.94 (1.47–2.56); p = 0.024) against hyperexpression of B-lymphocytes (CD19⁺) (OR (CI) = 2.55 (1.83–3.56); RR (CI) = 1.68 (1.36–2.06); p = 0.019) and IgG to benzo(a)pyrene (OR (CI) = 53.33 (27.56–103.20); RR (CI) = 15.11 (8.24–27.72); p = 0.001) in comparison with children living on a conventionally clean territory (p < 0.05). Similar disorders are identified in children in case benzo(a)pyrene is introduced in a dose equal to 87.6·10⁻³ μg/(kg·day) under airborne exposure (7.4 average daily MPL) in the middle-latitude zone (p > 0.05).

© Dolgikh O.V., Nikonoshina N.A., 2023

Oleg V. Dolgikh – Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Immunobiological Diagnostic Methods (e-mail: oleg@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-39-30; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4860-3145>).

Natalya A. Nikonoshina – Junior Researcher at the Laboratory of Immunology and Allergology, post-graduate student (e-mail: nat08.11@yandex.ru; tel.: +7 (342) 236-39-30; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7271-9477>).

Thus, children who live in the Arctic zone and are exposed to airborne benzo(a)pyrene in an average daily dose equal to $7.11 \cdot 10^{-3}$ $\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{day})$ face an elevated risk of imbalance in the population composition of lymphocytes as per basic cell differentiation clusters (CD3+ and CD19+; RR = 1.68–1.94; $p = 0.024–0.019$) and specific sensitization (IgG to benzo(a)pyrene; RR = 15.11; $p = 0.001$). This risk is comparable with effects of exposure to airborne benzo(a)pyrene in an average daily dose equal to $87.6 \cdot 10^{-3}$ $\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{day})$ in the middle-latitude zone. These findings confirm the hypothesis on effects of technogenic chemical factors being potentiated by specific climatic and geographic conditions (low average annual temperatures and photoperiodic asymmetry). Their additive effects induce early manifestations of pathological phenotypic health disorders in children even under low levels of exposure to benzo(a)pyrene.

Keywords: benzo(a)pyrene, airborne exposure, immunity, lymphocytes, Arctic, children, IgG to benzo(a)pyrene, sensitization.

References

1. Suzuki T., Hidaka T., Kumagai Y., Yamamoto M. Environmental pollutants and the immune response. *Nat. Immunol.*, 2020, vol. 21, no. 12, pp. 1486–1495. DOI: 10.1038/s41590-020-0802-6
2. Kohno R., Nagata Y., Ishihara T., Amma C., Inomata Y., Seto T., Suzuki R. Benzo[a]pyrene induces NLRP1 expression and promotes prolonged inflammasome signaling. *Front. Immunol.*, 2023, vol. 14, pp. 1154857. DOI: 10.3389/fimmu.2023.1154857
3. Ilardo M., Nielsen R. Human adaptation to extreme environmental conditions. *Curr. Opin. Genet. Dev.*, 2018, vol. 53, pp. 77–82. DOI: 10.1016/j.gde.2018.07.003
4. 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
5. Petrova P.G. Ecological and physiological aspects of human adaptation to the conditions of the North. *Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M.K. Ammosova. Seriya: Meditsinskie nauki*, 2019, no. 2 (15), pp. 29–38. DOI: 10.25587/SVFU.2019.2(15).31309 (in Russian).
6. Karpin V.A., Gudkov A.B., Shuvalova O.I. Impact Analysis of Climate and Technogeneous Pressing on Residents of Northern Urban Land. *Ekologiya cheloveka*, 2018, vol. 25, no. 10, pp. 9–14. DOI: 10.33396/1728-0869-2018-10-9-14 (in Russian).
7. Setko N.P., Setko A.G., Bulycheva E.V. Adaptatsionnaya meditsina detei i podrostkov [Adaptive medicine of children and adolescents]. Orenburg, OrGMU Publ., 2018, 515 p. (in Russian).
8. Morozova O.S., Sergeeva T.B., Shchegoleva L.S. Cellular Immunity in Women Aged 40–60 Years Living in the Far North. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy*, 2020, vol. 8, no. 3, pp. 235–240. DOI: 10.37482/2687-1491-Z014 (in Russian).
9. Deng Y.-L., Liao J.-Q., Zhou B., Zhang W.-X., Liu C., Yuan X.-Q., Chen P.-P., Miao Y. [et al.]. Early life exposure to air pollution and cell-mediated immune responses in preschoolers. *Chemosphere*, 2022, vol. 286, pt 3, pp. 131963. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.131963
10. Abd El-Fattah E.E., Abdelhamid A.M. Benzo[a]pyrene immunogenetics and immune archetype reprogramming of lung. *Toxicology*, 2021, vol. 463, pp. 152994. DOI: 10.1016/j.tox.2021.152994
11. Huang Y., Zhang J., Tao Y., Ji C., Aniagu S., Jiang Y., Chen T. AHR/ROS-mediated mitochondria apoptosis contributes to benzo[a]pyrene-induced heart defects and the protective effects of resveratrol. *Toxicology*, 2021, vol. 462, pp. 152965. DOI: 10.1016/j.tox.2021.152965
12. Guan S., Huang Y., Feng Z., Xu L., Jin Y., Lu J. The toxic effects of benzo[a]pyrene on activated mouse T cells in vitro. *Immunopharmacol. Immunotoxicol.*, 2017, vol. 39, no. 3, pp. 117–123. DOI: 10.1080/08923973.2017.1299173
13. Lei F., Tian Y., Miao J., Pan L., Tong R., Zhou Y. Immunotoxicity pathway and mechanism of benzo[a]pyrene on hemocytes of *Chlamys farreri* in vitro. *Fish Shellfish Immunol.*, 2022, vol. 124, pp. 208–218. DOI: 10.1016/j.fsi.2022.04.009
14. Poulain-Godefroy O., Bouté M., Carrard J., Alvarez-Simon D., Tscopoulos A., de Nadai P. The aryl hydrocarbon receptor in asthma: friend or foe? *Int. J. Mol. Sci.*, 2020, vol. 21, no. 22, pp. 8797. DOI: 10.3390/ijms21228797
15. Wang E., Tu W., Do D.C., Xiao X., Bhatti S.B., Yang L., Sun X., Xu D. [et al.]. Benzo(a)pyrene Enhanced Dermatophagoides Group 1 (Der f 1)-Induced TGF β 1 Signaling Activation Through the Aryl Hydrocarbon Receptor-RhoA Axis in Asthma. *Front. Immunol.*, 2021, vol. 12, pp. 643260. DOI: 10.3389/fimmu.2021.643260
16. Yanagisawa R., Koike E., Takano H. Benzo[a]pyrene aggravates atopic dermatitis-like skin lesions in mice. *Hum. Exp. Toxicol.*, 2021, vol. 40, suppl. 12, pp. 269–277. DOI: 10.1177/09603271211036123
17. Solonin Yu.G., Bojko E.R. Medical and physiological problems of the Arctic. *Izvestiya Komi nauchnogo tsentra UrO RAN*, 2017, no. 4 (32), pp. 33–40 (in Russian).
18. Dolgikh O.V., Starkova K.G., Alikina I.N., Chelakova Yu.A., Guselnikov M.A., Nikonoshina N.A. Markers of immune regulation in children exposed to aluminum. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Biologiya*, 2019, no. 1, pp. 96–100. DOI: 10.17072/1994-9952-2019-1-96-100 (in Russian).
19. Alikina I.N., Dolgikh O.V. Modification of immunocytes viable parameters in children associated with combined exposure to chemical technogenic and extreme climatic factors. *Health Risk Analysis*, 2021, no. 3, pp. 129–135. DOI: 10.21668/health.risk/2021.3.12.eng
20. Shchegoleva L.S., Sidorovskaya O.E., Shashkova E.Y., Nekrasova M.V., Balashova S.N. The Adaptive Immune Status in Representatives of Various Social and Professional Groups of Inhabitants of the European North of the Russian Federation. *Ekologiya cheloveka*, 2017, vol. 24, no. 10, pp. 46–51. DOI: 10.33396/1728-0869-2017-10-46-51 (in Russian).

Dolgikh O.V., Nikonoshina N.A. The risk of imbalance in the population composition of lymphocytes and specific sensitization in children living under exposure to airborne benzo(a)pyrene in the Arctic zone of Russia. *Health Risk Analysis*, 2023, no. 4, pp. 68–75. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.06.eng

Получена: 02.08.2023

Одобрена: 12.09.2023

Принята к публикации: 20.12.2023



Научная статья

ИНДЕКС МАССЫ ТЕЛА ШКОЛЬНИКОВ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭНДОГЕННЫХ И ЭКЗОГЕННЫХ ФАКТОРОВ РИСКА (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН)

Л.Ш. Назарова¹, Р.А. Даукаев¹, Д.Э. Мусабилов¹, Д.О. Каримов¹,
М.Р. Яхина¹, Э.Р. Кудояров¹, А.Б. Бакиров^{1,2}

¹Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека,
Российская Федерация, 450106, г. Уфа, ул. Степана Кувыкина, 94

²Башкирский государственный медицинский университет, Российская Федерация, 450008,
г. Уфа, ул. Ленина, 3

Высокая распространенность ожирения и избыточной массы тела среди населения представляет серьезную угрозу общественному здоровью.

Для оценки статуса питания по индексу массы тела (ИМТ) школьников и их родителей проведено анкетирование в 13 школах Республики Башкортостан. Далее проанализирована взаимосвязь статуса питания по ИМТ участников исследования с их возрастом, полом, местом проживания (город / село), а для детей – также со статусом питания по ИМТ родителей.

Среди детей 50,0 % имели нормальную массу тела, 18,4 % – избыточную, 16,9 % – пониженную, 8,8 % страдали от истощения, 5,9 % – от ожирения. Среди родителей указанные величины составили 46,4, 33,1, 2,5, 1,3, 16,7 % соответственно. При проведении детального анализа было показано, что у мальчиков (в сравнении с девочками) статистически значимо повышена распространенность избыточной массы тела и превышения нормы по ИМТ в целом (избыточная масса тела + ожирение), а среди отцов (в сравнении с матерями) – ожирения и также превышения нормы по ИМТ в целом. Кроме того, оказалось, что и у родителей с превышением нормы по ИМТ, и у родителей с истощением дети статистически значимо чаще страдали от аналогичных расстройств. В то же время у родителей с нормальной массой тела дети статистически значимо реже имели избыточную массу тела. Возраст 15–17 лет оказался ассоциирован со снижением распространенности ожирения у мальчиков (юношей) и превышения нормы по ИМТ в целом у девочек (девушек). В то же время в возрасте старше 37 лет среди матерей отмечалось статистически значимое увеличение доли лиц с избыточной массой тела и превышением нормы по ИМТ в целом. При рассмотрении места проживания было показано, что и у девочек, и у матерей из сел превышение нормы по ИМТ встречалось статистически значимо чаще, чем у таковых из городов.

Ключевые слова: индекс массы тела, ожирение, избыточная масса тела, дети школьного возраста, родители, город, сельская местность, Республика Башкортостан.

© Назарова Л.Ш., Даукаев Р.А., Мусабилов Д.Э., Каримов Д.О., Яхина М.Р., Кудояров Э.Р., Бакиров А.Б., 2023

Назарова Лилия Шамилевна – кандидат медицинских наук, научный сотрудник отдела токсикологии и генетики с экспериментальной клиникой лабораторных животных (e-mail: lilinaz19@mail.ru; тел.: 8 (347) 255-57-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9666-5650>).

Даукаев Рустем Аскарлович – кандидат биологических наук, заведующий химико-аналитическим отделом (e-mail: ufa.lab@yandex.ru; тел.: 8 (347) 255-19-12; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0421-4802>).

Мусабилов Дмитрий Эдуардович – младший научный сотрудник химико-аналитического отдела (e-mail: 30102000@rambler.ru; тел.: 8 (347) 255-19-12; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2042-8162>).

Каримов Денис Олегович – кандидат медицинских наук, заведующий отделом токсикологии и генетики с экспериментальной клиникой лабораторных животных (e-mail: karimovdo@gmail.com; тел.: 8 (347) 255-57-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0039-6757>).

Яхина Маргарита Радиковна – кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела медицины труда (e-mail: zmr3313@yandex.ru; тел.: 8 (347) 255-57-21; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2692-372X>).

Кудояров Эльдар Ренатович – младший научный сотрудник отдела токсикологии и генетики с экспериментальной клиникой лабораторных животных (e-mail: ekudoyarov@gmail.com; тел.: 8 (347) 255-57-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2092-1021>).

Бакиров Ахат Бариевич – доктор медицинских наук, профессор, директор; заведующий кафедрой терапии и профессиональных болезней с курсом ИДПО (e-mail: fbun@uniimtech.ru; тел.: 8 (347) 255-19-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3510-2595>).

Ожирение является одной из самых серьезных проблем здравоохранения в XXI в. [1–3]. По данным Всемирной организации здравоохранения, в 2016 г. 39 % взрослого населения планеты имели избыточную массу тела (39 % мужчин и 40 % женщин) и около 13 % страдали ожирением (11 % мужчин и 15 % женщин) [4]. Согласно данным Росстата за 2018 г., распространенность ожирения у взрослых старше 19 лет в Российской Федерации в целом составила 17,8 % у мужчин и 24,5 % у женщин, а избыточной массы тела – 46,9 и 34,7 % соответственно¹. Среди мальчиков и девочек в возрасте от 5 до 19 лет общемировая распространенность избыточной массы тела в 2016 г. составила соответственно 19 и 18 %, а ожирения – 8 и 6 % [4]. В Российской Федерации в 2018 г. распространенность избыточной массы тела и ожирения у детей 7–11 лет составила 21,7 и 11,5 %, 12–13 лет – 17,4 и 4,3 %, 14–17 лет – 13,0 и 2,6 % соответственно¹.

Ожирение крайне негативно отражается на здоровье взрослых и детей, в частности, является фактором риска развития заболеваний сердечно-сосудистой, дыхательной, опорно-двигательной, эндокринной, пищеварительной систем, а также онкологических заболеваний [1, 4, 5]. Детское ожирение может приводить к ряду дополнительных проблем, в том числе к негативным последствиям психосоциального характера [2, 4, 5].

С учетом вышесказанного крайне актуальным является регулярный мониторинг распространенности ожирения и избыточной массы тела среди населения, в особенности детского [4, 6]. Одним из наиболее распространенных показателей, используемых для оценки статуса питания детей и взрослых, является индекс массы тела (ИМТ). Данный параметр определяется как масса тела в килограммах, разделенная на квадрат роста в метрах² [4]. Доступность и простота метода позволяют использовать его при проведении скрининговых исследований, дающих ценную информацию об основных изменениях в структуре и распространенности проблем, связанных с неправильным питанием различных слоев населения³ [4, 5]. Выявление основных эпидемиологических закономерностей рассматриваемых отклонений необходимо для последующего анализа возможных причин их развития, а также для разработки и внедрения эффективных лечебно-профилактических мероприятий [2, 7, 8].

Среди параметров, представляющих интерес для оценки взаимосвязи со статусом питания школьников и их родителей, можно выделить возраст, пол, место проживания (город / село), а для детей – также

статус питания родителей [5, 9–12]. Анализ ИМТ в различных половозрастных и социально-экономических группах позволяет отслеживать общую динамику изменений статуса питания с течением времени, а также судить о влиянии на данный показатель различных факторов – внутренних (физиологических) и внешних (средовых, в том числе специфических для определенных этапов развития общества) [12–14].

Согласно D. Bann et al. (2017), в мире наблюдается рост распространенности повышенного ИМТ среди молодых людей, что усугубляет риски неблагоприятных последствий для здоровья в связи с увеличением времени, прожитого в состоянии избыточного веса или ожирения [14]. Сведения о различиях в частоте нарушений статуса питания в зависимости от пола и места проживания достаточно противоречивы [10–12, 15–20]. Согласно усредненным данным начала 2000-х гг. (В.А. Петеркова, О.В. Ремизов, 2004), доля детей с ожирением среди городских жителей составляла 8,5 %, а среди сельских – 5,5 % [18]. По данным Т.А. Юдицкой (2014), в Омской области ожирение или избыточная масса тела у городских детей дошкольного возраста встречались в 16,2 % случаев, а у сельских – в 13,0 %; у родителей соотношение частот в городской и сельской местности было противоположным (39,9 и 43,1 % соответственно) [19]. В то же время в Удмуртской Республике (М.А. Ларионова, Т.В. Коваленко, 2019) ожирение статистически значимо чаще наблюдалось у детей, проживающих на сельских территориях [12]. Общемировой анализ также свидетельствует, что значительный рост среднего значения ИМТ среди взрослого населения планеты, наблюдаемый в период с 1985 по 2017 г., более чем на 55 % обусловлен ростом данного показателя в сельской местности (на фоне глобального увеличения доли городского населения) [20].

Цель исследования – анализ статуса питания по ИМТ и факторов, потенциально взаимосвязанных с ним, у школьников и их родителей из Республики Башкортостан.

Материалы и методы. Проведено наблюдательное, многоцентровое, поперечное, выборочное, неконтролируемое исследование. Протокол исследования одобрен на заседании биоэтической комиссии ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека» от 07.05.2019 (протокол № 2-05).

Критерии включения: в исследование включались дети школьного возраста (7–17 лет) и по одному из родителей каждого ребенка.

¹ Выборочное наблюдение рациона питания населения 2018. Итоги наблюдения [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. – URL: https://gks.ru/free_doc/new_site/food18/index.html (дата обращения: 11.01.2021).

² Body mass index – BMI [Электронный ресурс] // WHO, Regional Office for Europe. – URL: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi> (дата обращения: 11.01.2021).

³ Там же.

Критерии не включения: отказ родителя или ребенка от участия в исследовании, отсутствие антропометрических данных участников исследования.

Исследование было выполнено на базе 13 муниципальных бюджетных общеобразовательных учреждений Республики Башкортостан (городской округ город Уфа – 7; Уфимский район: село Зубово – одно; Нуримановский район: село Байгильдино – одно, село Красная Горка – одно; Благовещенский район: город Благовещенск – одно, село Бедеева Поляна – одно; Иглинский район: село Кудеевский – одно). Продолжительность периода включения участников в исследование составила две недели (сентябрь 2019 г.).

Родителям школьников было предложено заполнить анкету, содержащую вопросы о половозрастных и антропометрических данных самого родителя и его ребенка (в исследовании участвовал один из родителей – мать или отец – по их собственному желанию). Анкета была разработана авторами настоящего исследования и включала вопросы о возрасте, поле, росте и весе родителя и его ребенка. Затем полученные ответы переносились в электронную таблицу, проводилась выбраковка данных. На следующем этапе выполнялся расчет ИМТ и разделение участников исследования на группы по статусу питания: истощение, пониженная масса тела, нормальная (оптимальная при рассмотрении детского населения) масса тела, избыточная масса тела, ожирение. У детей подразделение проводилось на основании центильных шкал ИМТ: менее -2; от -2 до -1; от -1 до +1; от +1 до +2; более +2 соответственно⁴. У родителей указанным группам соответствовали следующие диапазоны ИМТ: < 17 кг/м²; 17–18,5 кг/м²; 18,5–25 кг/м²; 25–30 кг/м²; > 30 кг/м² [21]. Далее выполнялся статистический анализ. При исследовании факторов, потенциально взаимосвязанных со статусом питания по ИМТ, учитывались следующие параметры: возраст, пол, место проживания (город / село) участников исследования, а для детей – также статус питания по ИМТ родителей.

Для проведения статистического анализа применялись: 1) корреляционный анализ (критерий τ -b Кендалла); 2) анализ таблиц сопряженности (точный двусторонний критерий Фишера, отношение шансов (OR), 95%-ный доверительный интервал (95 % CI)); 3) CHAID-анализ (построение деревьев классификации) – в программах Microsoft Excel 2010, IBM SPSS Statistics 23. Во всех случаях различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Первоначально в исследование было включено 337 детей школьного возраста и 337 родителей. После внесения данных в электронную таблицу и проведения выбраковки для дальнейшего анализа оказались доступны сведения

о 272 детях и 317 родителях. Соотношение полов (мужского / женского) среди школьников составило 53,1 % ($n = 144$) / 46,9 % ($n = 127$), среди родителей – 7,8 % ($n = 24$) / 92,2 % ($n = 283$).

На первом этапе изучение факторов, потенциально взаимосвязанных со статусом питания по ИМТ школьников и их родителей, проводилось с использованием корреляционного анализа. При этом было показано наличие статистически значимой слабой прямой взаимосвязи между статусом питания по ИМТ ребенка и следующими параметрами:

- принадлежность ребенка к мужскому полу (τ -b = 0,160; $p = 0,004$);

- статус питания по ИМТ родителя (τ -b = 0,150; $p = 0,005$);

- проживание в сельской местности (τ -b = 0,133; $p = 0,018$).

Наличие статистически значимой слабой прямой взаимосвязи со статусом питания по ИМТ родителей было установлено для следующих параметров:

- возраст родителя (τ -b = 0,229; $p < 0,0001$);

- принадлежность родителя к мужскому полу (τ -b = 0,188; $p = 0,00047$);

- проживание в сельской местности (τ -b = 0,141; $p = 0,008$).

Детальный анализ полученных данных показал, что 50,0 % детей имели нормальную массу тела, 18,4 % – избыточную, 16,9 % – пониженную, 8,8 % – страдали от истощения, 5,9 % – от ожирения (рис. 1). У родителей также преобладала нормальная масса тела (46,4 %), однако избыточная масса тела и ожирение встречались статистически значимо чаще, чем у детей (33,1 против 18,4 %, $p = 0,000052$, и 16,7 против 5,9 %, $p = 0,000034$, соответственно), а пониженная масса тела и истощение – статистически значимо реже (2,5 против 16,9 %, $p < 0,00001$, и 1,3 против 8,8 %, $p = 0,000017$, соответственно).

Далее сходный анализ был проведен с учетом пола респондентов. Между группами женского пола (девочки / матери) статистически значимыми оказались все указанные выше различия ($p < 0,001$ во всех случаях), а между группами мужского пола – лишь различия по распространенности ожирения ($p = 0,00054$), при этом по избыточной массе тела и пониженной массе тела наблюдались тенденции, сходные с выявленными ранее закономерностями ($p = 0,079$ и $p = 0,081$) (рис. 2). Тем не менее при объединении групп с крайними признаками установлено, что у отцов отклонения, связанные с превышением нормы по ИМТ (избыточная масса тела + ожирение), встречались статистически значимо чаще, чем у мальчиков (79,2 против 31,9 %, $p = 0,000019$), а отклонения, связанные с недостижением нормы по ИМТ (пониженная масса тела или истощение), не были отмечены ни в одном случае

⁴ BMI-for-age (5–19 years) [Электронный ресурс] // WHO. – URL: https://www.who.int/growthref/who2007_bmi_for_age/en/ (дата обращения: 11.01.2021).

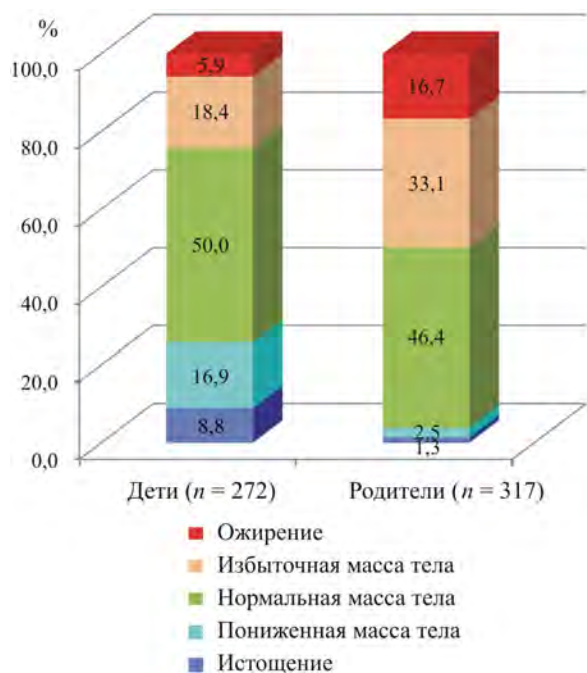


Рис. 1. Статус питания по ИМТ школьников и их родителей в Республике Башкортостан

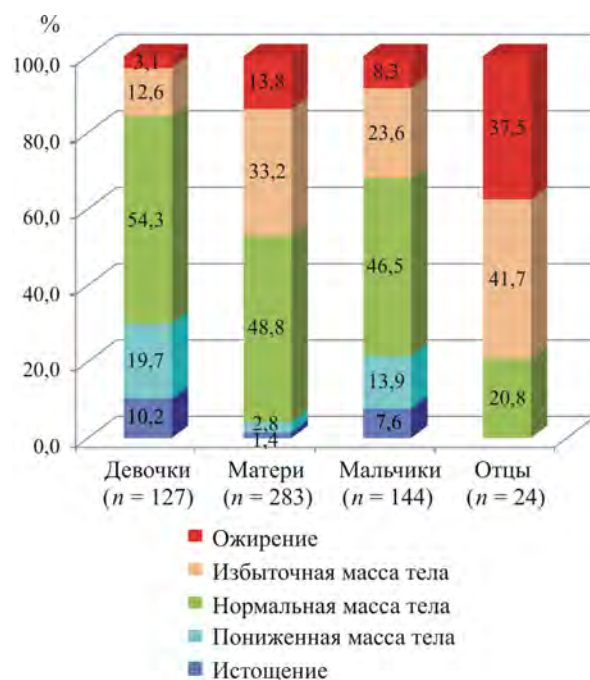


Рис. 2. Статус питания по ИМТ школьников и их родителей в Республике Башкортостан с учетом пола

(0,0 против 21,5 %, $p = 0,0085$). При этом нормальная масса тела в группе отцов встречалась статистически значимо реже, чем в группе мальчиков (20,8 против 46,5 %, $p = 0,025$).

При внутригрупповом сравнении представителей разных полов было показано, что избыточная масса тела и превышение нормы по ИМТ в целом (избыточная масса тела + ожирение) встречались среди мальчиков примерно в два раза чаще, чем среди девочек (избыточная масса тела: 23,6 против 12,6 %, $p = 0,027$, $OR = 2,144$, 95 % CI : 1,119–4,108; избыточная масса тела + ожирение: 31,9 против 15,7 %, $p = 0,0027$, $OR = 2,511$, 95 % CI : 1,389–4,540). Кроме того, оказалось, что ожирение и в целом превышение нормы по ИМТ среди отцов встречались статистически значимо чаще, а нормальная масса тела – статистически значимо реже, чем среди матерей (ожирение: 37,5 против 13,8 %, $p = 0,0055$, $OR = 3,754$, 95 % CI : 1,537–9,167; избыточная масса тела + ожирение: 79,2 против 47,0 %, $p = 0,0026$, $OR = 4,286$, 95 % CI : 1,557–11,795; нормальная масса тела: 20,8 против 48,8 %, $p = 0,0098$, $OR = 0,277$, 95 % CI : 0,100–0,761, соответственно).

При проведении детального анализа взаимосвязи между статусом питания по ИМТ школьников и их родителей показано, что и у родителей с превышением нормы по ИМТ, и у родителей с истощением дети статистически значимо чаще страдали от аналогичных расстройств (избыточная масса тела + ожирение: 31,5 против 17,4 %, $p = 0,0095$, $OR = 2,183$, 95 % CI : 1,219–3,908; истощение: 66,7 против 8,5 %, $p = 0,023$, $OR = 21,545$, 95 % CI : 1,878–247,173). В то же время у родителей с нормальной массой тела дети статистически значимо реже

имели избыточную массу тела (12,3 против 23,6 %, $p = 0,024$, $OR = 0,455$, 95 % CI : 0,233–0,885) (рис. 3).

Несмотря на отсутствие статистически значимой взаимосвязи между ИМТ детей и их возрастом по данным корреляционного анализа, наличие таковой было установлено при анализе таблиц сопряженности с подразделением на группы: 7–8 лет, 9–11 лет, 12–14 лет, 15–17 лет. В частности, у детей 15–17 лет ожирение не встречалось, тогда как в остальной выборке его частота составила 8,1 % ($p = 0,0077$, $OR = 0,00$, 95 % CI не определен). При анализе с учетом пола сходные различия достигли уровня статистической значимости только в группе мальчиков (0,0 против 11,0 %, $p = 0,039$, $OR = 0,00$, 95 % CI не определен). Тем не менее у девочек в данном возрастном периоде оказалась статистически значимо снижена распространенность превышения нормы по ИМТ в целом (избыточная масса тела + ожирение) (5,1 против 20,5 %, $p = 0,034$, $OR = 0,210$, 95 % CI : 0,046–0,956).

Для подразделения родителей по возрастному признаку был применен метод CHAID. Согласно полученным результатам, возраст 37 лет оказался наиболее удачным для выделения подгрупп, максимально отличающихся между собой по структуре ИМТ, в частности по преобладанию нормальной или избыточной массы тела ($p = 0,003$, $\chi^2 = 9,031$, степени свободы = 1). После стратификации родителей по полу указанный возраст был определен как оптимальный классификатор превалирования нормальной массы тела у матерей ($p = 0,013$, $\chi^2 = 6,116$, степени свободы = 1), тогда как у отцов подобных закономерностей не наблюдалось. При детальном анализе было установлено, что после 37 лет нормальная масса тела

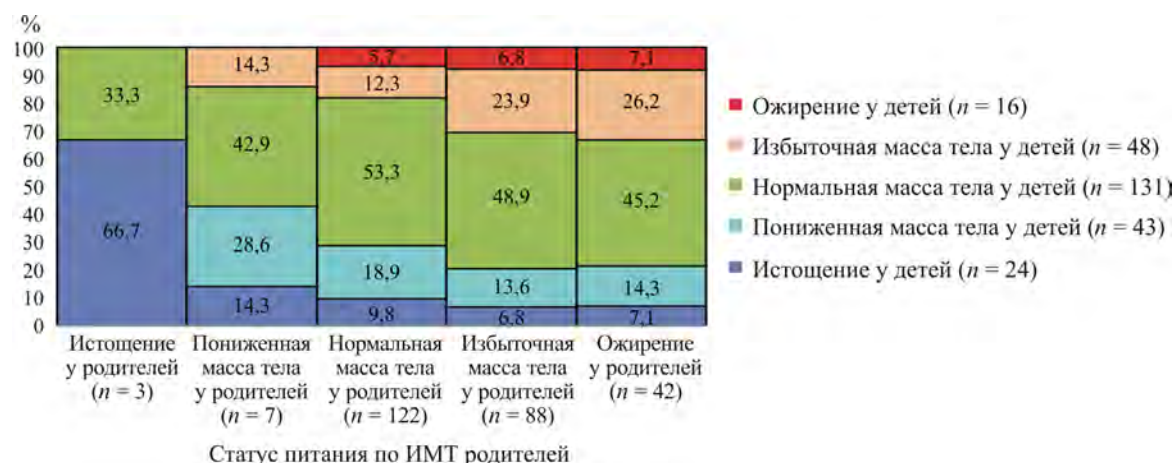


Рис. 3. Взаимосвязь между статусом питания по ИМТ школьников и их родителей в Республике Башкортостан

среди родителей встречалась статистически значимо реже, чем в более молодом возрасте (37,7 против 56,6 % соответственно, $p = 0,0014$, $OR = 0,463$, 95 % CI : 0,289–0,741), а избыточная масса тела и превышение нормы по ИМТ в целом – статистически значимо чаще (39,6 против 26,5 % соответственно, $p = 0,025$, $OR = 1,822$, 95 % CI : 1,106–3,002, и 59,1 против 38,2 % соответственно, $p = 0,00043$, $OR = 2,333$, 95 % CI : 1,455–3,741, соответственно). После подразделения по полу указанные различия достигли уровня статистической значимости только в группе матерей (нормальная масса тела: $p = 0,0066$, $OR = 0,495$, 95 % CI : 0,303–0,809; избыточная масса тела: $p = 0,019$, $OR = 1,863$, 95 % CI : 1,106–3,138; превышение нормы по ИМТ в целом: $p = 0,0021$, $OR = 2,174$, 95 % CI : 1,328–3,559, соответственно).

При рассмотрении взаимосвязи статуса питания по ИМТ участников исследования и места их проживания было показано, что и у детей, и у родителей из сельской местности превышение нормы по ИМТ (избыточная масса тела + ожирение) встречалось статистически значимо чаще, чем у городского населения (дети: 33,0 против 19,4 %, $p = 0,018$, $OR = 2,042$, 95 % CI : 1,160–3,593; родители: 60,3 против 43,8 %, $p = 0,0052$, $OR = 1,954$, 95 % CI : 1,228–3,110) (рис. 4). В то же время среди родителей, проживающих в сельской местности, нормальную массу тела имели лишь 35,3 %, тогда как в городах данный показатель достиг уровня 52,7 % ($p = 0,0034$, $OR = 0,490$, 95 % CI : 0,306–0,784). Соотношение полов между городскими и сельскими жителями существенно не различалось (и среди детей, и среди родителей) ($p > 0,05$), тем не менее при проведении сходного анализа с учетом пола выявленные ранее ассоциации сохранились только для девочек и женщин (матерей) из сельской местности (избыточная масса тела + ожирение: 1) девочки: 27,1 против 8,9 %, $p = 0,011$, $OR = 3,820$, 95 % CI : 1,400–10,423, 2) женщины (матери): 58,0 против 41,0 %, $p = 0,0087$, $OR = 1,989$, 95 % CI : 1,213–3,260; нормальная масса тела: женщины (матери): 37,0 против 55,2 %, $p = 0,0042$, $OR = 0,477$, 95 % CI : 0,289–0,786) (рис. 5). В то же время при раздельном

сравнении распространенности избыточной массы тела и ожирения среди сельского и городского населения статистически значимые различия наблюдались только по избыточной массе тела у девочек (22,9 против 6,3 %, $p = 0,011$, $OR = 4,400$, 95 % CI : 1,424–13,599). Следует отметить, что среди отцов распространенность ожирения в сельской местности была даже незначительно ниже, чем в городской (30,0 против 42,9 %, $p = 0,679$), хотя по избыточной массе тела наблюдалась противоположная картина (50,0 против 35,7 %, $p = 0,679$).

В настоящем исследовании установлено наличие существенной взаимосвязи между статусом питания по ИМТ детей и статусом питания по ИМТ их родителей. Показано, что наличие у родителей превышения нормы по ИМТ и истощения ассоциировано с развитием у их детей аналогичных расстройств. В то же время оказалось, что у детей, родители которых имеют нормальную массу тела, существенно снижен риск формирования избыточной массы

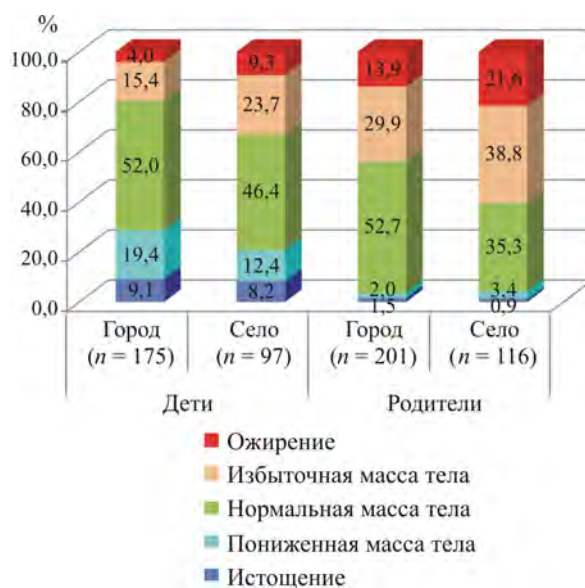


Рис. 4. Статус питания по ИМТ школьников и их родителей в Республике Башкортостан с учетом места проживания

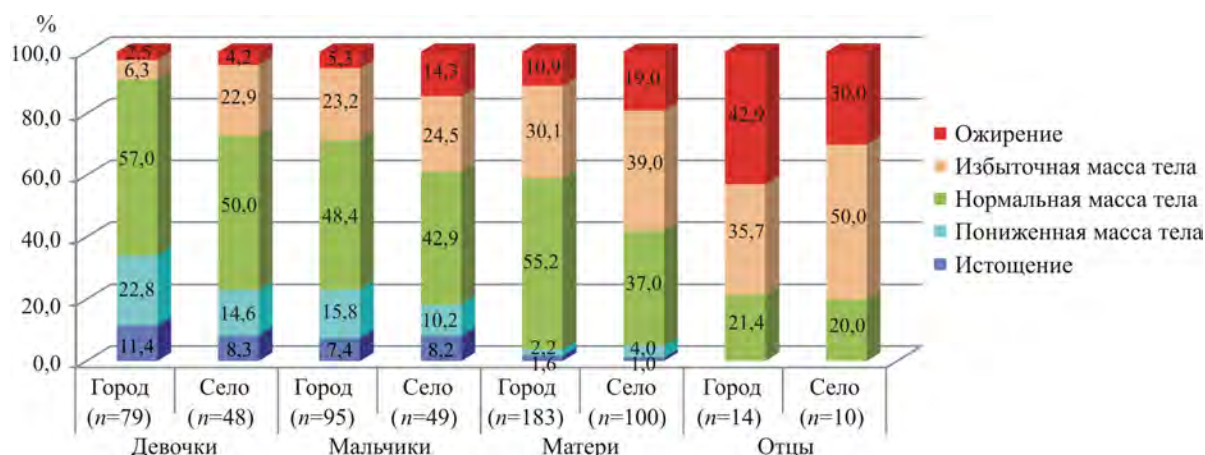


Рис. 5. Статус питания по ИМТ школьников и их родителей в Республике Башкортостан с учетом места проживания и пола

тела. Установлено, что фактором риска формирования отклонений, связанных с превышением нормы по ИМТ, и у детей, и у их родителей служит мужской пол. Показано, что возраст 15–17 лет маркирует снижение распространенности ожирения у мальчиков (юношей) и превышения нормы по ИМТ в целом у девочек (девушек). В то же время в возрасте старше 37 лет у матерей отмечалось статистически значимое увеличение доли лиц с избыточной массой тела и превышением нормы по ИМТ в целом. Кроме того, установлено, что у девочек и матерей превышение нормы по ИМТ ассоциировано с проживанием в сельской местности.

Полученные результаты в целом согласуются с данными предшествующих исследований зарубежных авторов, где была показана прямая взаимосвязь между наличием избыточной массы тела или ожирения у родителей и риском формирования избыточной массы тела или ожирения у детей [5, 9]. Кроме того, установлено, что в развитых странах мужчины чаще страдают от избыточной массы тела, чем женщины [15–17]. В нескольких работах, выполненных ранее в ряде регионов России, также было показано, что распространенность избыточной массы тела и ожирения выше среди мальчиков, чем среди девочек [10, 11].

Сведения о более низкой распространенности среди детей в возрасте 15–17 лет ожирения (у мальчиков) и превышения нормы по ИМТ в целом (у девочек) также согласуются с результатами предшествующих исследований, свидетельствующих о минимальной частоте избыточной массы тела и ожирения в данной возрастной группе [10, 12, 22]. По данным ВОЗ за 2002–2014 гг., в большинстве европейских стран и регионов старшие подростки реже имели избыточную массу тела и ожирение, чем младшие, хотя в 2014 г. факторы нездорового образа жизни (такие как сниженное потребление овощей и

фруктов, повышенное потребление подслащенных напитков, гиподинамия) чаще встречались у первых [23]. Указанная особенность, вероятно, связана с непрерывно возрастающими энергетическими и нутриентными затратами в период пубертата, что наиболее выражено у юношей 15–18 лет [24].

Закономерности, установленные при анализе места проживания, в целом соответствуют общемировым и региональным тенденциям. Так, согласно общемировым данным по взрослому населению за 1985–2017 гг., ИМТ сельских жителей практически во всех регионах с низким и средним уровнем дохода рос с той же скоростью или быстрее, чем городских, а в регионах с высоким уровнем дохода и в промышленно развитых странах – стойко превышал городские показатели, особенно среди женщин [20]. Данный факт связывают с так называемой «урбанизацией сельской жизни»: механизацией труда, уменьшением домашних работ, а также с повышенным потреблением переработанных углеводов, ставших более доступными [20, 25–28]. На региональном уровне – в Удмуртской Республике – в 2015–2016 гг. у сельских детей также была зарегистрирована более высокая частота ожирения, в сравнении с городскими [12]. Следует отметить, что ассоциация между превышением нормы по ИМТ и проживанием в сельской местности у представительниц женского пола может быть обусловлена и более низким уровнем социально-экономического благосостояния. Так, согласно данным выборочного обследования бюджетов домашних хозяйств в Российской Федерации, уровень бедности населения в сельской местности к 2017 г. превышал таковой в городах на 17,5 %, и, в сравнении с 2003 г., соответствующий разрыв усилился на 8,0 %⁵. Зарубежными авторами ранее была показана обратная взаимосвязь между величиной ИМТ у взрос-

⁵ Российский статистический ежегодник 2004: статистический сборник [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. – М., 2004. – С. 200–205. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/12994> (дата обращения: 18.03.2021); Российский статистический ежегодник 2019: статистический сборник [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. – М., 2019. – С. 165–167. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/12994> (дата обращения: 18.03.2021).

лых и их социально-экономическим положением, в том числе в детстве, при этом ассоциация оказалась наиболее выражена у женщин [13, 14]. Кроме того, сообщалось о наличии обратной взаимосвязи между риском формирования избыточной массы тела и / или ожирения у детей и их социально-экономическим положением [23, 29].

Таким образом, выполненный в настоящем исследовании анализ показателей ИМТ с учетом пола, возраста и места проживания свидетельствует, что для более эффективного управления рисками здоровья, связанными с избыточной массой тела и ожирением, необходимо проводить коррекцию расстройств питания не только среди детей, но и среди родителей, и в первую очередь среди представителей мужского пола, а также среди матерей старше 37 лет. Кроме того, учитывая, что в группе риска оказались жительницы сельских территорий, следует уделять особое внимание повышению пищевой грамотности и социально-экономического благосостояния у данной категории населения.

В то же время в данной работе непосредственно не рассматривалось влияние на показатели ИМТ различных параметров образа жизни и среды, таких как физическая активность, пищевые привычки, уровень образования, социальный статус и другие, что требует отдельного углубленного изучения. Соответствующие исследования в настоящее время проводятся в рамках реализации национального проекта «Демография»⁶.

Следует также отметить, что ИМТ, несмотря на простоту и удобство применения при проведении мониторинговых исследований, обладает рядом существенных недостатков, связанных в первую очередь с отсутствием данных о доле жировой ткани в

организме⁷ [2]. Крайне важным является комплексный учет факторов риска, ассоциированных с развитием серьезных метаболических и гемодинамических нарушений в организме [30, 31]. Особого внимания заслуживает оценка инсулинорезистентности, для чего в настоящее время предлагаются различные индексы: лабораторные (учитывающие показатели инсулина, глюкозы, липидов – например, HOMA-IR, TyG, TG/HDL-C и другие) и комплексные (учитывающие показатели липидного профиля и антропометрические данные – например, LAP, VAI и другие). Наиболее перспективными в отношении прогностической оценки кардиометаболического риска представляются лабораторные индексы TyG и TG/HDL-C, что подчеркивает важность включения биохимических исследований в мониторинговые программы для более эффективного управления рисками здоровью населения [30, 31].

Выводы. В настоящем исследовании показано, что в Республике Башкортостан статус питания по ИМТ школьников и статус питания по ИМТ их родителей находятся в прямой взаимосвязи, а также зависят от половой принадлежности, возраста и места проживания (город / сельская местность) индивидов. Полученные данные свидетельствуют о необходимости проведения тщательной санитарно-просветительской работы среди родителей с обязательным участием отцов. Особое внимание следует уделить повышению пищевой грамотности и социально-экономического благосостояния сельского населения.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Бирюкова Е.В., Соловьева И.В. Эффективная фармакотерапия ожирения – залог успешного лечения заболеваний, связанных с лишним весом // Эффективная фармакотерапия. – 2013. – № 3 (29). – С. 18–26.
2. Pediatric Obesity and Eating Disorders Symptoms: The Role of the Multidisciplinary Treatment. A Systematic Review / R. De Giuseppe, I. Di Napoli, D. Porri, H. Cena // Front. Pediatr. – 2019. – Vol. 7. – P. 123. DOI: 10.3389/fped.2019.00123
3. Никитина И.Л. Ожирение у детей и подростков: проблема, пути решения. Обзор российских и международных рекомендаций // Лечащий врач. – 2018. – № 1. – С. 31–34.
4. Ожирение и избыточный вес [Электронный ресурс] // ВОЗ. – 2021. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (дата обращения: 11.01.2021).
5. Relationship between 8/9-yr-old school children BMI, parents' BMI and educational level: a cross sectional survey / G. Lazzeri, A. Pammolli, V. Pilato, M.V. Giacchi // Nutr. J. – 2011. – Vol. 10. – P. 76. DOI: 10.1186/1475-2891-10-76
6. Adiposity change and mortality in middle-aged to older Chinese: an 8-year follow-up of the Guangzhou Biobank Cohort Study / Y.Y. Huang, C.Q. Jiang, L. Xu, W.S. Zhang, F. Zhu, Y.L. Jin, G.N. Thomas, K.K. Cheng, T.H. Lam // BMJ Open. – 2020. – Vol. 10, № 12. – P. e039239. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-039239
7. International Study of Childhood Obesity, Lifestyle and the Environment (ISCOLE): Contributions to Understanding the Global Obesity Epidemic / P.T. Katzmarzyk, J.-P. Chaput, M. Fogelholm, G. Hu, C. Maher, J. Maia, T. Olds, O.L. Sarmiento [et al.] // Nutrients. – 2019. – Vol. 11, № 4. – P. 848. DOI: 10.3390/nu11040848

⁶ МР 2.3.0237-21. 2.3. Гигиена питания. Подготовка и проведение мониторинга состояния питания обучающихся в общеобразовательных организациях: Методические рекомендации / утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 12.03.2021 [Электронный ресурс] // ЮИС Легалакт: законы, кодексы и нормативно-правовые акты Российской Федерации. – URL: <https://legalacts.ru/doc/mr-230237-21-23-gigiena-pitanija-podgotovka-i-provedenie-monitoringa/> (дата обращения: 01.06.2021).

⁷ Body mass index – BMI [Электронный ресурс] // WHO, Regional Office for Europe. – URL: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi> (дата обращения: 11.01.2021).

8. Appetitive Traits and Weight in Children: Evidence for Parents' Controlling Feeding Practices as Mediating Mechanisms / Z. Zhou, J. Liew, Y.-C. Yeh, M. Perez // *J. Genet. Psychol.* – 2020. – Vol. 181, № 1. – P. 1–13. DOI: 10.1080/00221325.2019.1682506
9. Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey / T.J. Cole, K.M. Flegal, D. Nicholls, A.A. Jackson // *BMJ.* – 2007. – Vol. 335, № 7612. – P. 194. DOI: 10.1136/bmj.39238.399444.55
10. Association between Obesity and Parental Weight Status in Children and Adolescents / M. Bahreynian, M. Qorbani, B.M. Khaniabadi, M.E. Motlagh, O. Safari, H. Asayesh, R. Kelishadi // *J. Clin. Res. Pediatr. Endocrinol.* – 2017. – Vol. 9, № 2. – P. 111–117. DOI: 10.4274/jcrpe.3790
11. Kanter R., Caballero B. Global gender disparities in obesity: a review // *Adv. Nutr.* – 2012. – Vol. 3, № 4. – P. 491–498. DOI: 10.3945/an.112.002063
12. Prevalence and trends in obesity among US adults, 1999–2008 / K.M. Flegal, M.D. Carroll, C.L. Ogden, L.R. Curtin // *JAMA.* – 2010. – Vol. 303, № 3. – P. 235–241. DOI: 10.1001/jama.2009.2014
13. First national epidemiological survey on the prevalence of obesity and abdominal fat distribution in Greek adults / E. Kapantais, T. Tzotzas, I. Ioannidis, A. Mortoglou, S. Bakatselos, M. Kaklamanou, L. Lanaras, I. Kaklamanos // *Ann. Nutr. Metab.* – 2006. – Vol. 50, № 4. – P. 330–338. DOI: 10.1159/000094296
14. Распространенность ожирения и избыточной массы тела среди детского населения РФ: мультицентровое исследование / В.А. Тутельян, А.К. Батулин, И.Я. Конь, А.Н. Мартинчик, А.К. Углицких, М.М. Коростелева, М.А. Тоболева, И.В. Алешина // *Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского.* – 2014. – Т. 93, № 5. – С. 28–31.
15. Распространенность ожирения у детей дошкольного и школьного возраста в Российской Федерации / И.Я. Конь, Л.Ю. Волкова, М.М. Коростелева, Н.М. Шилина, И.В. Алешина, М.А. Тоболева // *Вопросы детской диетологии.* – 2011. – Т. 9, № 4. – С. 5–8. DOI: 10.20953/1727-5784-2011-4-5-8
16. Ларионова М.А., Коваленко Т.В. Эпидемиологические особенности ожирения у детей и подростков в Удмуртской Республике // *Ожирение и метаболизм.* – 2019. – Т. 16, № 1. – С. 47–54. DOI: 10.14341/omet9612
17. Ожирение у подростков в России / И.И. Дедов, Г.А. Мельниченко, С.А. Бутрова, Л.В. Савельева, О.В. Бодавели, Т.А. Буйдина, М.В. Вихарева, В.А. Воробьева [и др.] // *Ожирение и метаболизм.* – 2006. – Т. 3, № 4. – С. 30–34. DOI: 10.14341/2071-8713-5141
18. Подростковое ожирение и связанное с ним поведение: тенденции и социальные неравенства в Европейском регионе ВОЗ, 2002–2014 годы. Наблюдения по итогам совместного межнационального исследования ВОЗ «Поведение детей школьного возраста в отношении здоровья» (HBSC) [Электронный ресурс] / под ред. J. Inchley, D. Currie, J. Jewell, J. Breda, V. Barnekow, J. Bucksch, F.J. Elgar, Z. Hamrik [et al.] // Европейское региональное бюро ВОЗ. – 2017. – URL: <https://www.who.int/europe/ru/publications/i/item/9789289052405> (дата обращения: 11.01.2021).
19. Nutrition in adolescents: physiology, metabolism, and nutritional needs / J.K. Das, R.A. Salam, K.L. Thornburg, A.M. Prentice, S. Campisi, Z.S. Lassi, B. Koletzko, Z.A. Bhutta // *Ann. N Y Acad. Sci.* – 2017. – Vol. 1393, № 1. – P. 21–33. DOI: 10.1111/nyas.13330
20. Петеркова В.А., Ремизов О.В. Ожирение в детском возрасте // *Ожирение и метаболизм.* – 2004. – Т. 1, № 1. – С. 17–23. DOI: 10.14341/2071-8713-5174
21. Юдицкая Т.А. Сравнительная характеристика пищевого поведения у детей дошкольного возраста с различной массой тела, проживающих в городе и области // *Медицина и образование в Сибири.* – 2014. – № 5. – С. 6.
22. NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Rising rural body-mass index is the main driver of the global obesity epidemic in adults // *Nature.* – 2019. – Vol. 569, № 7755. – P. 260–264. DOI: 10.1038/s41586-019-1171-x
23. Popkin B.M. Global nutrition dynamics: the world is shifting rapidly toward a diet linked with noncommunicable diseases // *Am. J. Clin. Nutr.* – 2006. – Vol. 84, № 2. – P. 289–298. DOI: 10.1093/ajcn/84.1.289
24. Ng S.W., Norton E.C., Popkin B.M. Why have physical activity levels declined among Chinese adults? Findings from the 1991–2006 China health and nutrition surveys // *Soc. Sci. Med.* – 2009. – Vol. 68, № 7. – P. 1305–1314. DOI: 10.1016/j.socscimed.2009.01.035
25. Jaacks L.M., Slining M.M., Popkin B.M. Recent underweight and overweight trends by rural–urban residence among women in low- and middle-income countries // *J. Nutr.* – 2015. – Vol. 145, № 2. – P. 352–357. DOI: 10.3945/jn.114.203562
26. Popkin B.M. Nutrition, agriculture and the global food system in low and middle income countries // *Food Policy.* – 2014. – Vol. 47. – P. 91–96. DOI: 10.1016/j.foodpol.2014.05.001
27. Associations between childhood socioeconomic position and adulthood obesity / L.C. Senese, N.D. Almeida, A.K. Fath, B.T. Smith, E.B. Loucks // *Epidemiol. Rev.* – 2009. – Vol. 31, № 1. – P. 21–51. DOI: 10.1093/epirev/mxp006
28. Socioeconomic Inequalities in Body Mass Index across Adulthood: Coordinated Analyses of Individual Participant Data from Three British Birth Cohort Studies Initiated in 1946, 1958 and 1970 / D. Bann, W. Johnson, L. Li, D. Kuh, R. Hardy // *PLoS Med.* – 2017. – Vol. 14, № 1. – P. e1002214. DOI: 10.1371/journal.pmed.1002214
29. Socioeconomic position and childhood-adolescent weight status in rich countries: a systematic review, 1990–2013 / L. Barriuso, E. Miqueleiz, R. Albaladejo, R. Villanueva, J.M. Santos, E. Regidor // *BMC Pediatr.* – 2015. – Vol. 15. – P. 129. DOI: 10.1186/s12887-015-0443-3
30. Руюткина Л.А., Руюткин Д.С., Исакова И.С. Возможности и варианты суррогатной оценки инсулинорезистентности // *Ожирение и метаболизм.* – 2019. – Т. 16, № 1. – С. 27–33. DOI: 10.14341/omet10082
31. Insulin resistance indices and coronary risk in adults from Maracaibo city, Venezuela: A cross sectional study / J. Salazar, V. Bermúdez, L.C. Olivar, W. Torres, J. Palmar, R. Añez, M.G. Ordoñez, J.R. Rivas [et al.] // *F1000Res.* – 2018. – Vol. 7. – P. 44. DOI: 10.12688/f1000research.13610.2

Индекс массы тела школьников в условиях воздействия эндогенных и экзогенных факторов риска (на примере Республики Башкортостан) / Л.Ш. Назарова, Р.А. Даукаев, Д.Э. Мусабиров, Д.О. Каримов, М.Р. Яхина, Э.Р. Кудояров, А.Б. Бакиров // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 4. – С. 76–85. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.07



BODY MASS INDEX OF SCHOOLCHILDREN UNDER EXPOSURE TO ENDOGENOUS AND EXOGENOUS RISK FACTORS (ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN)

L.Sh. Nazarova¹, R.A. Daukaev¹, D.E. Musabirov¹, D.O. Karimov¹, M.R. Yakhina¹, E.R. Kudoyarov¹, A.B. Bakirov^{1,2}

¹Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, 94 Stepana Kuvykina St., Ufa, 450106, Russian Federation

²Bashkir State Medical University, 3 Lenina St., Ufa, 450008, Russian Federation

High prevalence of obesity and overweight among population poses a serious threat for public health.

A survey was accomplished in 13 schools in Bashkortostan to estimate the nutritional status as per body mass index (BMI) of schoolchildren and their parents. Next, we analyzed relationships between participants' nutritional statuses as per BMI and their age, sex, place of residence (urban / rural) and parental nutritional status as per BMI for children.

Among children, 50.0 % had normal body weight, 18.4 % had overweight, 16.9 % had underweight, 8.8 % were emaciated, and 5.9 % were obese. Among parents, these shares equaled 46.4, 33.1, 2.5, 1.3, and 16.7 % respectively. The profound analysis established that boys (as compared with girls) were overweighed and had BMI higher than its healthy range in general (overweight + obesity) statistically significantly more frequently; prevalence of obesity and also BMI higher than its healthy range in general was identified statistically significantly higher among fathers as opposed to mothers. In addition, it turned out that if parents either had BMI higher than its healthy range or were emaciated, their children had similar disorders statistically significantly more frequently. At the same time, if parents had normal body weight, their children were overweighed statistically significantly less frequently. The age of 15–17 years turned out to be associated with declining prevalence of obesity in boys (young males) and declining prevalence of elevated BMI in general in girls (young females). At the same time, a share of people with overweight and elevated BMI in general was statistically significantly higher among mothers older than 37 years. When considering places of residence, we established that both girls and mothers who lived in rural areas had BMI higher than its healthy range statistically significantly more frequently than their urban counterparts.

Keywords: *body mass index, obesity, overweight, schoolchildren, parents, urban areas, rural areas, Bashkortostan.*

References

1. Biryukova Ye.V., Solovyova I.V. Effective drug treatment of obesity is a prerequisite to successful management of obesity-related diseases. *Effektivnaya farmakoterapiya*, 2013, no. 3 (29), pp. 18–26 (in Russian).
2. De Giuseppe R., Di Napoli I., Porri D., Cena H. Pediatric Obesity and Eating Disorders Symptoms: The Role of the Multidisciplinary Treatment. A Systematic Review. *Front. Pediatr.*, 2019, vol. 7, pp. 123. DOI: 10.3389/fped.2019.00123
3. Nikitina I.L. Obesity in children and adolescents: the problem and the ways of its solution. Review of Russian and international guidelines. *Lechashchii vrach*, 2018, no. 1, pp. 31–34 (in Russian).
4. Obesity and overweight. WHO, 2021. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (January 11, 2021).
5. Lazzeri G., Pammolli A., Pilato V., Giacchi M.V. Relationship between 8/9-yr-old school children BMI, parents' BMI and educational level: a cross sectional survey. *Nutr. J.*, 2011, vol. 10, pp. 76. DOI: 10.1186/1475-2891-10-76
6. Huang Y.Y., Jiang C.Q., Xu L., Zhang W.S., Zhu F., Jin Y.L., Thomas G.N., Cheng K.K., Lam T.H. Adiposity change and mortality in middle-aged to older Chinese: an 8-year follow-up of the Guangzhou Biobank Cohort Study. *BMJ Open*, 2020, vol. 10, no. 12, pp. e039239. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-039239

© Nazarova L.Sh., Daukaev R.A., Musabirov D.E., Karimov D.O., Yakhina M.R., Kudoyarov E.R., Bakirov A.B., 2023

Liliia Sh. Nazarova – Candidate of Medical Sciences, Researcher at the Department of Toxicology and Genetics with Experimental Laboratory Animal Clinic (e-mail: lilinaz19@mail.ru; tel.: + 7 (347) 255-57-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9666-5650>).

Rustem A. Daukaev – Candidate of Biological Sciences, Head of the Chemical Analysis Department (e-mail: ufa.lab@yandex.ru; tel.: + 7 (347) 255-19-12; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0421-4802>).

Dmitry E. Musabirov – Junior Researcher of the Chemical Analysis Department (e-mail: 30102000@rambler.ru; tel.: + 7 (347) 255-19-12; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2042-8162>).

Denis O. Karimov – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Toxicology and Genetics with Experimental Laboratory Animal Clinic (e-mail: karimovdo@gmail.com; tel.: + 7 (347) 255-57-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0039-6757>).

Margarita R. Yakhina – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the Department of Occupational Health (e-mail: zmr3313@yandex.ru; tel.: + 7 (347) 255-57-21; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2692-372X>).

Eldar R. Kudoyarov – Junior Researcher at the Department of Toxicology and Genetics with Experimental Laboratory Animal Clinic (e-mail: ekudoyarov@gmail.com; tel.: + 7 (347) 255-57-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2092-1021>).

Akhat B. Bakirov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Director, Head of the Department of Therapy and Occupational Diseases with the course of Institute of Additional Professional Education (e-mail: fbun@uniimtech.ru; tel.: + 7 (347) 255-19-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3510-2595>).

7. Katzmarzyk P.T., Chaput J.-P., Fogelholm M., Hu G., Maher C., Maia J., Olds T., Sarmiento O.L. [et al.]. International Study of Childhood Obesity, Lifestyle and the Environment (ISCOLE): Contributions to Understanding the Global Obesity Epidemic. *Nutrients*, 2019, vol. 11, no. 4, pp. 848. DOI: 10.3390/nu11040848
8. Zhou Z., Liew J., Yeh Y.-C., Perez M. Appetitive Traits and Weight in Children: Evidence for Parents' Controlling Feeding Practices as Mediating Mechanisms. *J. Genet. Psychol.*, 2020, vol. 181, no. 1, pp. 1–13. DOI: 10.1080/00221325.2019.1682506
9. Cole T.J., Flegal K.M., Nicholls D., Jackson A.A. Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey. *BMJ*, 2007, vol. 335, no. 7612, pp. 194. DOI: 10.1136/bmj.39238.399444.55
10. Bahreynian M., Qorbani M., Khaniabadi B.M., Motlagh M.E., Safari O., Asayesh H., Kelishadi R. Association between Obesity and Parental Weight Status in Children and Adolescents. *J. Clin. Res. Pediatr. Endocrinol.*, 2017, vol. 9, no. 2, pp. 111–117. DOI: 10.4274/jcrpe.3790
11. Kanter R., Caballero B. Global gender disparities in obesity: a review. *Adv. Nutr.*, 2012, vol. 3, no. 4, pp. 491–498. DOI: 10.3945/an.112.002063
12. Flegal K.M., Carroll M.D., Ogden C.L., Curtin L.R. Prevalence and trends in obesity among US adults, 1999–2008. *JAMA*, 2010, vol. 303, no. 3, pp. 235–241. DOI: 10.1001/jama.2009.2014
13. Kapantais E., Tzotzas T., Ioannidis I., Mortoglou A., Bakatselos S., Kaklamanou M., Lanaras L., Kaklamanos I. First national epidemiological survey on the prevalence of obesity and abdominal fat distribution in Greek adults. *Ann. Nutr. Metab.*, 2006, vol. 50, no. 4, pp. 330–338. DOI: 10.1159/000094296
14. Tutelyan V.A., Baturin A.K., Kon I.Ya., Martinchik A.N., Uglitskih A.K., Korosteleva M.M., Toboleva M.A., Aleshina I.V. Prevalence of overweight and obesity in child population of Russia: multicenter study. *Pediatriya. Zhurnal im. G.N. Speranskogo*, 2014, vol. 93, no. 5, pp. 28–31 (in Russian).
15. Kon' I.Ya., Volkova L.Yu., Korosteleva M.M., Shilina N.M., Alyoshina I.V., Toboleva M.A. Incidence of obesity in children of preschool and school age in the Russian Federation. *Voprosy detskoj dietologii*, 2011, vol. 9, no. 4, pp. 5–8. DOI: 10.20953/1727-5784-2011-4-5-8 (in Russian).
16. Larionova M.A., Kovalenko T.V. Epidemiological features of obesity in children and adolescents in the Udmurt Republic. *Ozhirenie i metabolism*, 2019, vol. 16, no. 1, pp. 47–54. DOI: 10.14341/omet9612 (in Russian).
17. Dedov I.I., Mel'nichenko G.A., Butrova S.A., Savel'eva L.V., Bodaveli O.V., Buydina T.A., Vikhareva M.V., Vorob'eva V.A. [et al.]. Ozhirenie u podrostkov v Rossii [Obesity in adolescents in Russia]. *Ozhirenie i metabolism*, 2006, vol. 3, no. 1, pp. 30–34. DOI: 10.14341/2071-8713-5141 (in Russian).
18. Inchley J., Currie D., Jewell J., Breda J., Barnekow V., Bucksch J., Elgar F.J., Hamrik Z. [et al.]. Adolescent obesity and related behaviours: trends and inequalities in the WHO European Region, 2002–2014: Observations from the Health Behaviour in School-aged Children (HBSC) WHO collaborative cross-national study. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2017, 87 p.
19. Das J.K., Salam R.A., Thornburg K.L., Prentice A.M., Campisi S., Lassi Z.S., Koletzko B., Bhutta Z.A. Nutrition in adolescents: physiology, metabolism, and nutritional needs. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 2017, vol. 1393, no. 1, pp. 21–33. DOI: 10.1111/nyas.13330
20. Peterkova V.A., Remizov O.V. Ozhirenie v detskom vozraste [Childhood obesity]. *Ozhirenie i metabolism*, 2004, vol. 1, no. 1, pp. 17–23. DOI: 10.14341/2071-8713-5174 (in Russian).
21. Yuditskaya T.A. The comparative characteristic of eating behaviour at children of preschool age with various body weight who live in the city and district. *Meditsina i obrazovanie v Sibiri*, 2014, no. 5, pp. 6 (in Russian).
22. NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Rising rural body-mass index is the main driver of the global obesity epidemic in adults. *Nature*, 2019, vol. 569, no. 7755, pp. 260–264. DOI: 10.1038/s41586-019-1171-x
23. Popkin B.M. Global nutrition dynamics: the world is shifting rapidly toward a diet linked with noncommunicable diseases. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2006, vol. 84, no. 2, pp. 289–298. DOI: 10.1093/ajcn/84.1.289
24. Ng S.W., Norton E.C., Popkin B.M. Why have physical activity levels declined among Chinese adults? Findings from the 1991–2006 China health and nutrition surveys. *Soc. Sci. Med.*, 2009, vol. 68, no. 7, pp. 1305–1314. DOI: 10.1016/j.socscimed.2009.01.035
25. Jaacks L.M., Slining M.M., Popkin B.M. Recent underweight and overweight trends by rural–urban residence among women in low- and middle-income countries. *J. Nutr.*, 2015, vol. 145, no. 2, pp. 352–357. DOI: 10.3945/jn.114.203562
26. Popkin B.M. Nutrition, agriculture and the global food system in low and middle income countries. *Food Policy*, 2014, vol. 47, pp. 91–96. DOI: 10.1016/j.foodpol.2014.05.001
27. Senese L.C., Almeida N.D., Fath A.K., Smith B.T., Loucks E.B. Associations between childhood socioeconomic position and adulthood obesity. *Epidemiol. Rev.*, 2009, vol. 31, no. 1, pp. 21–51. DOI: 10.1093/epirev/mxp006
28. Bann D., Johnson W., Li L., Kuh D., Hardy R. Socioeconomic Inequalities in Body Mass Index across Adulthood: Coordinated Analyses of Individual Participant Data from Three British Birth Cohort Studies Initiated in 1946, 1958 and 1970. *PLoS Med.*, 2017, vol. 14, no. 1, pp. e1002214. DOI: 10.1371/journal.pmed.1002214
29. Barriuso L., Miqueleiz E., Albaladejo R., Villanueva R., Santos J.M., Regidor E. Socioeconomic position and childhood-adolescent weight status in rich countries: a systematic review, 1990–2013. *BMC Pediatr.*, 2015, vol. 15, pp. 129. DOI: 10.1186/s12887-015-0443-3
30. Ruyatkina L.A., Ruyatkin D.S., Iskhakova I.S. Opportunities and options for surrogate assessment of insulin resistance. *Ozhirenie i metabolism*, 2019, vol. 16, no. 1, pp. 27–33. DOI: 10.14341/omet10082 (in Russian).
31. Salazar J., Bermúdez V., Olivar L.C., Torres W., Palmar J., Añez R., Ordoñez M.G., Rivas J.R. [et al.]. Insulin resistance indices and coronary risk in adults from Maracaibo city, Venezuela: A cross sectional study. *F1000Res*, 2018, vol. 7, pp. 44. DOI: 10.12688/f1000research.13610.2

Nazarova L.Sh., Daukaev R.A., Musabirov D.E., Karimov D.O., Yakhina M.R., Kudoyarov E.R., Bakirov A.B. Body mass index of schoolchildren under exposure to endogenous and exogenous risk factors (on the example of the Republic of Bashkortostan). *Health Risk Analysis*, 2023, no. 4, pp. 76–85. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.07.eng

Получена: 29.08.2023

Одобрена: 19.10.2023

Принята к публикации: 20.12.2023

Научная статья

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОЙ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ВЛИЯНИЕМ ВРЕДНЫХ И (ИЛИ) ОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА, ЗАГРЯЗНЕНИЕМ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬЮ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ ТРАХЕИ, БРОНХОВ, ЛЕГКИХ (С33, С34) У МУЖСКОГО НАСЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

И.В. Бухтияров^{1,2}, Ю.Е. Вязовиченко¹, П.О. Хвалюк^{1,2}

¹Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Российская Федерация, 119048, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2

²Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова, Российская Федерация, 105275, г. Москва, Проспект Буденного, 31

В 2021 г. в РФ злокачественные новообразования (ЗН) трахеи, бронхов, легких (МКБ – С33, С34), занимали первое место в структуре ЗН у мужчин – 16,4 %. Множество исследований показывают наличие потенциальной связи между воздействием профессиональных факторов и развитием ЗН, однако в РФ профессиональный генез ЗН признается редко.

Осуществлено исследование, направленно на выявление взаимосвязи между условиями трудового процесса, объемом выброшенных в атмосферу загрязняющих веществ и показателями заболеваемости ЗН трахеи, бронхов, легких у мужчин. Данные были получены из формы № 7 «Сведения о злокачественных новообразованиях», доклада «Состояние условий труда работников организаций РФ по отдельным видам экономической деятельности», формы № 2-ТП (воздух) «Сведения об охране атмосферного воздуха» Росстата. Проанализированы показатели заболеваемости ЗН трахеи, бронхов, легких среди мужского населения трудоспособного возраста, а также в возрасте от 40 до 65 лет в 2011–2021 гг. Проведены квартильный анализ (показатели стандартизованы прямым методом), корреляционный анализ (ранговая корреляция Кендалла), а также множественный регрессионный анализ для исследования влияния предикторов (объем выброшенных в атмосферу веществ) на критерий (показатель заболеваемости ЗН). Статистическая обработка данных проведена с помощью MS Office Excel 2019, IBM SPSS Statistics 26.

Среди анализируемых показателей заболеваемости в РФ наблюдалась тенденция к снижению. Была получена умеренной силы положительная корреляционная связь ($\tau = +0,31$) между долей работников, занятых во вредных или опасных условиях труда, и показателями заболеваемости ЗН указанной локализации. Разработана прогностическая регрессионная модель.

Полученные результаты корреляционного анализа требуют более глубокого рассмотрения в последующих исследованиях. По нашему мнению, врачам-онкологам необходимо изучать профессиональный маршрут пациентов. Работодателям следует акцентировать внимание на первичной профилактике ЗН в рамках корпоративных практик предприятий.

Ключевые слова: злокачественные новообразования профессионального генеза, рак трахеи, рак бронхов, рак легких, онкология, вредные условия труда, показатели заболеваемости, корреляционный анализ, прогностическая регрессионная модель.

© Бухтияров И.В., Вязовиченко Ю.Е., Хвалюк П.О., 2023

Бухтияров Игорь Валентинович – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, директор (e-mail: bukhtiyarov@irioh.ru; тел.: 8 (495) 365-02-09; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8317-2718>).

Вязовиченко Юрий Евгеньевич – доктор медицинских наук, профессор кафедры эпидемиологии и доказательной медицины Института общественного здоровья (e-mail: vyazovichenko_yu_e@staff.sechenov.ru; тел.: 8 (916) 518-79-96; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3986-9566>).

Хвалюк Полина Олеговна – аспирант кафедры эпидемиологии и доказательной медицины Института общественного здоровья; младший научный сотрудник лаборатории социально-гигиенических исследований (e-mail: xvalyk@yandex.ru; тел.: 8 (902) 091-09-92; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5301-847X>).

В 2011 г. в мире, по данным онкологической базы данных GLOBOCAN, было зарегистрировано 1,09 млн новых случаев злокачественных новообразований (ЗН) легкого среди мужчин, что соответствовало первому месту в структуре заболеваемости всеми ЗН. Данная тенденция продолжается на протяжении рассматриваемого периода с 2011 по 2021 г. Так в 2020 г. в мире было впервые установлено 1,43 млн случаев рака легких среди мужского населения¹ [1, 2]. ЗН легких в 2020 г. являлись также ведущей причиной смерти от рака у мужчин в 93 странах, в основном из-за высокого уровня летальности [3]. В мире в период с 2010 по 2019 г. общее число новых случаев рака трахеи, бронхов и легких увеличилось на 23,3 % (95 % ДИ: 12,9–33,6 %) [4]. Ситуация в Российской Федерации аналогична таковой, связанной с мировыми тенденциями: так, в 2011 г. среди мужского населения было зарегистрировано около 46 тысяч случаев опухолей трахеи, бронхов, легкого, что занимает в структуре заболеваемости всеми ЗН лидирующую позицию – 18,9 %. В 2021 г. у мужчин впервые было выявлено 37,3 тысячи случаев, что также соответствовало первому месту в структуре ЗН – 16,4 %. Одногодичная летальность у пациентов с раком трахеи, бронхов, легкого (С33, С34) в соответствии с формой федерального статистического наблюдения № 7 «Сведения о злокачественных новообразованиях» в 2021 г. составила 47,2 % [2].

По оценкам крупных международных исследований в 2019 г. 80,3 % (95 % ДИ: 77,5–83,2 %) всех смертей от ЗН трахеи, бронхов, легких в мире были связаны с воздействием факторов риска.

Курение, занимающее первое место по доле вклада, обуславливало 64,2 % (61,9–66,4 %) всех смертей от рака трахеи, бронхов, легких среди обоих полов. Несмотря на это, приблизительно 25 % больных раком легких никогда не курили [5]. Данный факт свидетельствует о возможном влиянии иных причин. Загрязнение окружающей среды твердыми частицами является вторым по значимости фактором риска, обуславливающим 15,6 % (95 % ДИ: 11,7–19,6) смертей от рака трахеи, бронхов, легких у мужчин и 13,9 % (95 % ДИ: 10,3–17,6) летальных исходов у женщин [4, 6, 7].

На третьем месте находится производственное воздействие асбеста, приводящее к 12,4 % (95 % ДИ: 8,3–16,6) смертей от ЗН трахеи, бронхов, легких среди мужского населения и лишь к 4,0 % (95 % ДИ: 2,4–5,5) смертей среди женщин. Действительно, влияние производственных факторов на развитие ЗН данной локализации играет немаловажную роль. В вышеупомянутом исследовании из 16 ведущих факторов риска 9 относились к производственным (воздействие асбеста, диоксида кремния, выхлопных газов дизельных двигателей, мышьяка, никеля, поли-

циклических ароматических углеводородов, хрома, кадмия, бериллия) [4]. По оценкам Международной организации труда, в мире из 2,5 млрд работников 2 млн ежегодно умирают от несчастных случаев на производстве или профессиональных заболеваний, и треть этих заболеваний приходится на рак дыхательных путей и интерстициальные заболевания легких. Стоит учитывать, что проведенные исследования показывают значительное увеличение риска развития ЗН трахеи, бронхов, легких при одновременном воздействии вредных и (или) опасных факторов трудового процесса и курения [8–10].

Несмотря на вышесказанное, профессиональный генез злокачественных новообразований в Российской Федерации признается экспертами в очень малом количестве случаев [11]. Установление диагноза профессионального заболевания проводится в соответствии с Трудовым кодексом Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ, Федеральным законом от 24.07.98 № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний», Федеральным законом от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации», Постановлением Правительства России от 05 июля 2022 г. № 1206 «О порядке расследования и учета случаев профессиональных заболеваний работников», Приказом Минздравсоцразвития РФ от 27.04.2012 № 417н «Об утверждении перечня профессиональных заболеваний». Предварительный диагноз может быть установлен любым лицензированным медицинским учреждением, в которое работник обратился за оказанием медицинской помощи. Дальнейшая экспертиза проводится в Центре профессиональной патологии.

Примечательным является тот факт, что за период с 2002 по 2014 г. было выявлено всего лишь 497 случаев профессионального рака. При этом наибольшее число за указанный период регистрировалось в Уральском и Сибирском федеральных округах. Однако, например, во Франции, в 2019 г. только профессиональных ЗН легких и бронхов (С34) было зарегистрировано 1030 случаев [12]. Данные Государственных докладов «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации» за ряд лет указывают на запредельный износ машин и оборудования на предприятиях промышленности, использование устаревших технологий и зачастую отсутствие производственного контроля и несоблюдение Трудового кодекса. На фоне вышеперечисленных условий низкий уровень регистрации профессиональных ЗН вызывает сомнения. Данные исследований показывают, что более 20 тысяч случаев ЗН в год в нашей стране могут быть ассоциированы с профессиональными фак-

¹ Cancer today. Data visualization tools for exploring the global cancer burden in 2020 [Электронный ресурс] // Global Cancer Observatory IARC. – 2023. – URL: <https://gco.iarc.fr/today/home> (дата обращения: 11.07.2023).

торами, однако в РФ отсутствует системный учет, и предполагается, что истинная распространенность значительно выше. Проблемы выявляемости профессиональных ЗН могут быть обусловлены рядом причин, среди которых: малоэффективное проведение предварительных и периодических медицинских осмотров (ПМО) (недостаточное внимание к сбору профессионального анамнеза), особенно среди предприятий малого и среднего бизнеса; отсутствие профильных научно-исследовательских учреждений; особенности действующих нормативных документов, обуславливающих отсутствие четкой системы критериев в принятии экспертных решений² [13–19].

Проводимое по данным 2016 г. исследование в РФ выявило суммарное экономическое бремя рака легкого – 14,77 млрд руб., что приблизительно равняется 0,02 % ВВП РФ в тот же период. При этом было показано, что при сравнении результатов аналогичных исследований социально-экономического бремени различных нозологий (ЗН почки, предстательной железы, молочной железы, яичника, меланомы) величина косвенных затрат на одного потенциально занятого в экономике пациента с ЗН легких была наибольшей. Выплаты в связи с инвалидностью в 2015 г. составили 4,00 млрд, а в 2016 г. – 5,16 млрд рублей [20, 21].

Исходя из вышесказанного, установление связи онкологического заболевания с производственным фактором и, как следствие, увеличение количества установленных диагнозов профессионального рака позволит пациентам получить положенные им компенсационные выплаты и покрыть страхователем расходы на реабилитацию, обеспечивая равномерное распределение бремени затрат на лечение между государством и работодателем.

В связи с вышеизложенным была сформулирована **цель исследования** – выявить наличие или отсутствие взаимосвязи между условиями трудового процесса, объемом выброшенных в атмосферу загрязняющих веществ и стандартизованными показателями заболеваемости ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34) у мужчин в 2021 г.

Материалы и методы. Данные о числе впервые зарегистрированных случаев ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34) в период с 2011 по 2021 г. были получены из формы федерального статистического наблюдения № 7 «Сведения о злокачественных новообразованиях». На основании этих данных были рассчитаны и впоследствии стандартизованы с использованием прямого метода стандартизации (стандарт – возрастная структура мужчин соответствующего возрастного диапазона в РФ за 2011 г.) «грубые» показатели заболеваемости ЗН трахеи,

бронхов, легких у мужчин трудоспособного возраста и в возрастном диапазоне от 40 до 65 лет. Были рассчитаны 95%-ные доверительные интервалы (95 % ДИ). Выбор данного возрастного диапазона обусловлен латентным периодом развития ЗН, продолжительностью экспозиции к профессиональным факторам и факторам окружающей среды. С целью разделения показателей на квартили для последующего создания картограмм проведен квартильный анализ. Данные о доле работников, занятых во вредных и (или) опасных условиях труда, были получены из доклада «Состояние условий труда работников организаций Российской Федерации по отдельным видам экономической деятельности в 2021 году» Федеральной службы государственной статистики (Росстат). Информация о количестве выбросов веществ получена из формы № 2-ТП (воздух) «Сведения об охране атмосферного воздуха» Росстата. Проведен корреляционный анализ для оценки наличия потенциальной взаимосвязи между стандартизованными показателями заболеваемости у мужчин трудоспособного возраста РФ в 2021 г. и долей работников мужского пола, занятых на работах во вредных и опасных условиях труда, долей работников, занятых в условиях воздействия аэрозолей преимущественно фиброгенного действия; долей курильщиков (%) (среди мужчин старше 15 лет); количеством (тонн) выброшенного в атмосферу кадмия оксида, никеля и его соединений, хрома (в пересчете на хрома (VI) оксид), мышьяка (неорганические соединения (в пересчете на мышьяк)), бензапирена, пыли неорганической $\text{SiO}_2 > 70\%$, пыли неорганической 70–20 % SiO_2 , летучих органических соединений (ЛОС) в 2021 г. с использованием коэффициента ранговой корреляции Кендалла. Выбор метода обусловлен ненормальностью распределения исследуемых показателей. При проведении регрессионного анализа оценивалась линейная зависимость стандартизованного показателя заболеваемости ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34) у мужчин РФ трудоспособного возраста от вышеперечисленных параметров. Отбор факторов проводился методом исключения статистически не значимых факторов, впоследствии была разработана прогностическая регрессионная модель. Для статистической обработки были применены MS Office Excel 2019, IBM SPSS Statistics 26.

Результаты и их обсуждение. В Российской Федерации за период с 2011 по 2021 г. у мужчин в возрастном диапазоне от 40 до 65 лет был впервые зарегистрирован 256 421 случай ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34), что составляет 50,44 % от всех впервые выявленных случаев ЗН вышеуказанной локализации среди всех возрастных групп мужчин за данный пери-

² Health and safety at work. Details by NACE [Электронный ресурс] // Eurostat: Data Browser. – 2019. – URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/explore/all/popul?lang=en&subtheme=hlth.hsw&display=list&sort=category&extractId=HSW_N2_01__custom_2403901 (дата обращения: 30.07.2023).

од. В возрастной структуре наибольшее количество случаев ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34) с 2011 по 2021 г. приходилось на группу 60–64 лет.

Стандартизованный показатель заболеваемости ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34) среди мужчин в возрасте от 40 до 65 лет в 2011 г. в РФ составил 109,47 (95 % ДИ: 108,11–110,84), в 2021 г. – 80,89 (95 % ДИ: 79,73–82,05). В РФ была отмечена тенденция к снижению заболеваемости ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34) в течение периода наблюдения со среднегодовым темпом минус 2,92 %.

Среди федеральных округов (ФО) наибольший среднегодовой темп снижения показателей заболеваемости в 2011–2021 гг. наблюдался в Северо-Кавказском ФО – минус 4,04 %, наименьший – в Сибирском ФО – минус 2,30 %.

Наибольшим среднегодовым темпом снижения среди субъектов РФ в 2011–2021 гг. обладала Чеченская Республика – минус 7,77 %, наименьшим – Республика Хакасия – минус 0,17 % (рис. 1).

Среди мужчин трудоспособного возраста с 2011 по 2021 г. было зарегистрировано 150 149 случаев ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34), что составляет 29,54 % от всех случаев ЗН вышеупомянутой локализации среди мужчин за период наблюдения. В РФ в 2011 г. стандартизованный показатель

заболеваемости ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34) среди мужчин трудоспособного возраста составил 34,93 (95 % ДИ: 34,39–35,47), а в 2021 г. – 23,93 (95 % ДИ: 23,47–24,40), среднегодовой темп снижения – минус 3,37 %. Северо-Кавказский ФО обладал наибольшим среднегодовым темпом снижения показателей заболеваемости – минус 4,60 %, наименьшим – Сибирский ФО – минус 2,53 %.

Наибольшим среднегодовым темпом снижения показателей заболеваемости обладала Чеченская Республика – минус 10,85 %. Среднегодовой темп прироста наблюдался в Мурманской области – +0,31 % (рис. 2).

В процессе проведения исследования «грубые» и стандартизованные показатели заболеваемости ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34) у мужчин в возрасте от 40 до 65 лет, а также мужчин трудоспособного возраста были разделены на четыре квартили. Субъекты с наименьшими значениями входили в первый квартиль, а с наибольшими – в четвертый (табл. 1, 2, рис. 3, 4). Также на квартили были разделены показатели доли работников, занятых во вредных и (или) опасных условиях труда. Обращает на себя внимание частичное совпадение территорий с высокими показателями заболеваемости с территориями с преобладающей долей работников, занятых во вредных и (или) опасных условиях труда (рис. 3–5).

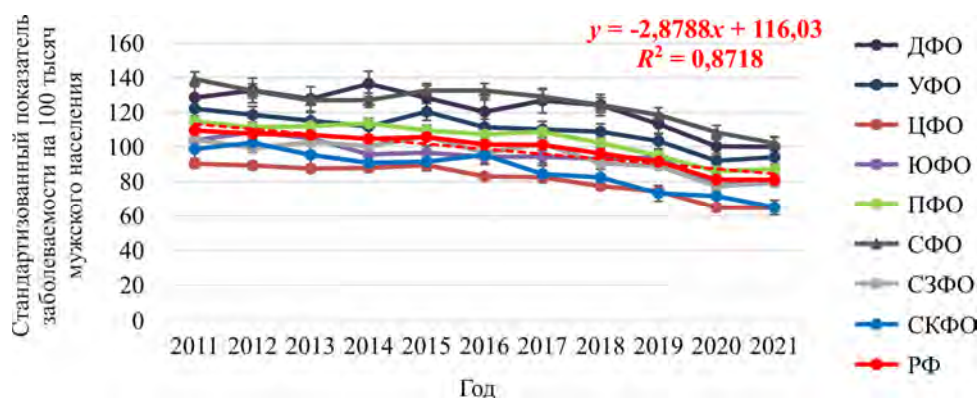


Рис. 1. Динамика стандартизованных показателей заболеваемости ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34) среди мужского населения в возрастном диапазоне от 40 до 65 лет в РФ 2011–2021 гг.

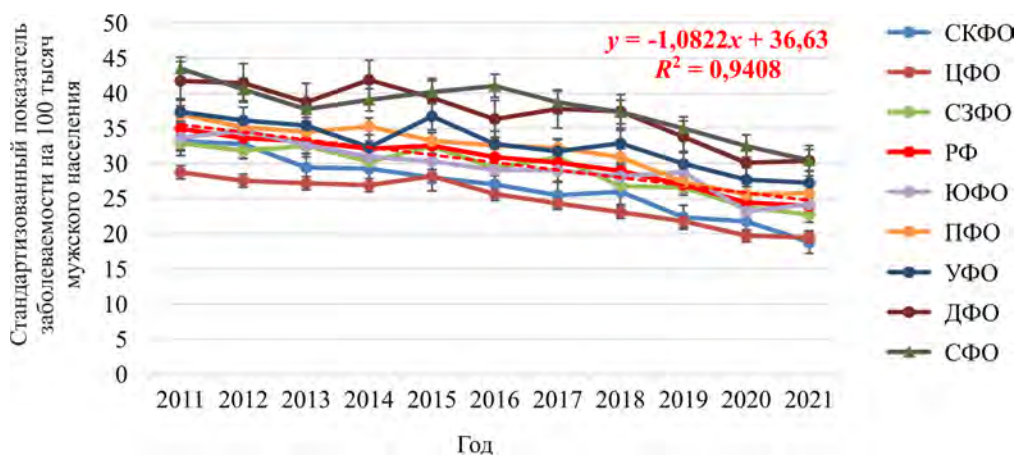


Рис. 2. Динамика стандартизованных показателей заболеваемости ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34) среди мужского населения трудоспособного возраста в РФ 2011–2021 гг.

Таблица 1

Распределение по квартилям грубых и стандартизованных показателей заболеваемости ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34) у мужчин РФ трудоспособного возраста в 2011–2021 гг.

Год	Квартиль				
	0	1	2	3	4
<i>«Грубые» показатели заболеваемости ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34) у мужчин трудоспособного возраста в РФ (на 100 тысяч мужского населения)</i>					
2011	8,78	32,59	39,28	44,30	56,31
2012	17,14	32,91	37,63	42,28	54,28
2013	13,98	32,44	38,73	44,35	64,74
2014	16,30	30,93	36,29	43,10	85,95
2015	14,68	32,07	37,39	42,34	62,12
2016	16,75	30,16	34,91	40,50	63,45
2017	16,90	29,17	34,93	40,27	80,81
2018	9,99	30,04	33,43	37,91	54,74
2019	7,37	25,70	31,42	34,53	46,46
2020	10,87	23,86	27,88	33,56	40,90
2021	8,33	22,85	27,40	30,96	49,04
<i>Стандартизованные показатели заболеваемости ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34) у мужчин трудоспособного возраста в РФ (на 100 тысяч мужского населения)</i>					
2011	11,72	32,73	38,49	41,99	63,49
2012	14,09	32,79	36,25	40,54	56,53
2013	14,88	31,63	37,10	42,16	69,06
2014	17,60	29,74	34,80	41,82	80,17
2015	18,82	30,54	35,06	40,01	54,88
2016	17,58	29,16	33,46	39,18	70,39
2017	16,87	28,25	32,78	38,43	73,63
2018	12,88	28,25	32,07	36,72	52,02
2019	7,25	25,55	29,71	33,97	46,58
2020	12,85	23,41	27,30	32,24	44,80
2021	7,58	23,19	27,37	30,71	52,13

Таблица 2

Распределение по квартилям грубых и стандартизованных показателей заболеваемости ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34) на 100 тысяч населения у мужчин РФ в возрасте от 40 до 65 лет в 2011–2021 гг.

Год	Квартиль				
	0	1	2	3	4
<i>«Грубые» показатели заболеваемости ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34) у мужчин в возрасте от 40 до 65 лет в РФ (на 100 тысяч мужского населения)</i>					
2011	38,01	103,93	122,59	134,76	173,39
2012	53,18	103,78	119,07	130,89	187,27
2013	42,01	103,63	121,95	140,98	212,42
2014	49,69	101,57	116,47	141,17	212,59
2015	57,26	106,34	121,78	134,76	188,98
2016	54,89	104,91	115,10	131,82	209,41
2017	58,50	100,30	117,12	136,96	232,80
2018	49,02	97,91	114,95	126,95	175,45
2019	54,13	97,89	106,50	118,49	161,21
2020	41,85	84,23	94,29	106,41	135,99
2021	27,00	82,46	95,08	107,07	154,21
<i>Стандартизованные показатели заболеваемости ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34) у мужчин в возрасте от 40 до 65 лет в РФ (на 100 тысяч мужского населения)</i>					
2011	48,90	105,40	120,57	131,57	172,90
2012	59,40	104,24	115,98	127,38	176,58
2013	54,45	103,08	118,18	135,31	210,44
2014	52,14	97,63	113,29	133,95	215,07
2015	61,71	100,47	117,55	127,47	172,18
2016	55,17	100,34	109,15	126,98	210,83

Окончание табл. 2

Год	Квартиль				
	0	1	2	3	4
2017	58,55	96,70	109,41	128,37	244,02
2018	48,34	93,10	106,84	120,27	165,66
2019	53,22	89,47	100,80	111,48	147,98
2020	41,10	80,53	92,60	102,93	142,04
2021	26,42	79,20	91,46	101,86	156,95

■ 1-й квартиль (48,90–105,40)
■ 2-й квартиль (105,41–120,57)
■ 3-й квартиль (120,58–131,57)
■ 4-й квартиль (131,58–172,90)



а

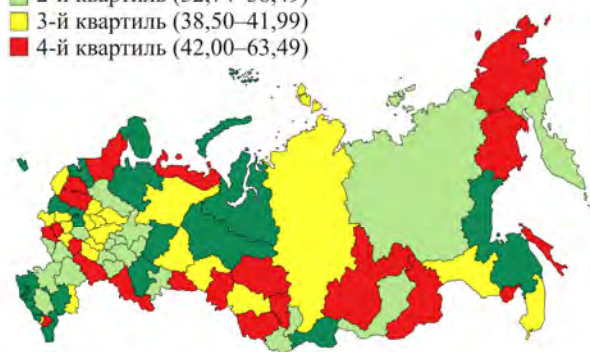
■ 1-й квартиль (26,42–79,20)
■ 2-й квартиль (79,21–91,46)
■ 3-й квартиль (91,47–101,86)
■ 4-й квартиль (101,87–156,95)



б

Рис. 3. Картограммы распределения по квартилям стандартизованных показателей заболеваемости ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34) на 100 тысяч населения у мужчин РФ в возрастном диапазоне от 40 до 65 лет: а – в 2011 г.; б – в 2021 г.

■ 1-й квартиль (11,72–32,73)
■ 2-й квартиль (32,74–38,49)
■ 3-й квартиль (38,50–41,99)
■ 4-й квартиль (42,00–63,49)



а

■ 1-й квартиль (7,58–23,19)
■ 2-й квартиль (23,20–27,37)
■ 3-й квартиль (27,38–30,71)
■ 4-й квартиль (30,72–52,13)



б

Рис. 4. Картограммы распределения по квартилям стандартизованных показателей заболеваемости ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34) на 100 тысяч населения у мужчин трудоспособного возраста в РФ: а – в 2011 г.; б – в 2021 г.

■ 1-й квартиль (4,20–28,15)
■ 2-й квартиль (28,16–33,80)
■ 3-й квартиль (33,81–45,00)
■ 4-й квартиль (45,01–64,60)



а

■ 1-й квартиль (18,14–36,49)
■ 2-й квартиль (36,50–44,11)
■ 3-й квартиль (44,12–51,78)
■ 4-й квартиль (51,79–78,58)



б

Рис. 5. Картограмма распределения по квартилям доли работников, занятых во вредных и (или) опасных условиях труда в РФ: а – в 2011 г.; б – в 2021 г.

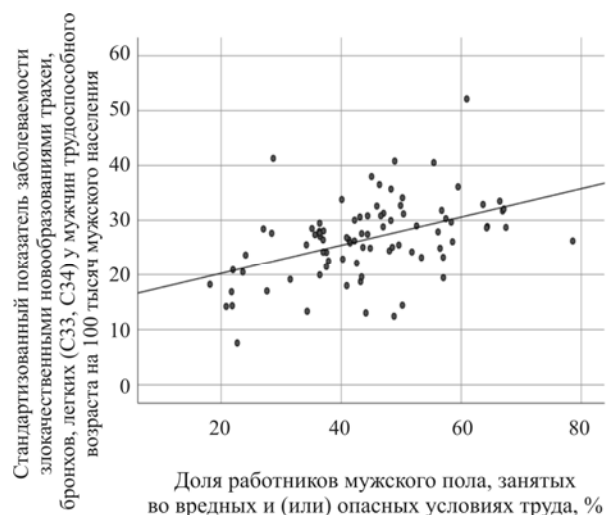


Рис. 6. Графическое представление результатов корреляционного анализа

В процессе проведения корреляционного анализа с использованием ранговой корреляции Кендалла была установлена достоверная ($p < 0,01$) умеренной силы положительная корреляционная связь ($\tau = +0,31$) между стандартизованными показателями заболеваемости ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34) у мужчин трудоспособного возраста РФ в 2021 г. и долей работников мужского пола, занятых на работах во вредных и опасных условиях труда, в 2021 г. Значимой корреляционной связи между вышеуказанными показателями заболеваемости и показателями, характеризующими загрязнение атмосферного воздуха, получено не было (рис. 6).

На следующем этапе исследования был проведен множественный регрессионный анализ. После отбора факторов методом исключения статистически не значимых факторов была разработана прогностическая регрессионная модель:

$$Y_{\text{заб-ть С33, С34}} = 8,058 + 0,185X_{\text{вред. усл. труда}} + 0,282X_{\text{курение}},$$

где $Y_{\text{заб-ть С33, С34}}$ – стандартизованный показатель заболеваемости злокачественными новообразованиями трахеи, бронхов, легких (С33, С34) среди мужского населения РФ трудоспособного возраста в 2021 г., на 100 тысяч населения;

$X_{\text{вред. усл. труда}}$ – доля работников мужского пола, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, %;

$X_{\text{курение}}$ – доля курильщиков среди мужчин старше 15 лет, %.

Полученная зависимость характеризовалась статистически значимой корреляционной связью заметной тесноты по шкале Чеддока ($r_{xy} = 0,510$; $p < 0,001$). В соответствии со скорректированным коэффициентом детерминации R^2 в приведенной выше модели 24,2 % дисперсии стандартизованного показателя заболеваемости ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34) среди мужского населения РФ трудоспособного возраста в 2021 г. на 100 тысяч населения определялись учитываемыми факторами.

Согласно значениям коэффициентов регрессии, увеличение доли работников мужского пола, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, на единицу соответствовало увеличению стандартизованного показателя заболеваемости злокачественными новообразованиями трахеи, бронхов, легких (С33, С34) на 0,185 ($p < 0,001$). Увеличение доли курильщиков на единицу сопровождалось увеличением показателя заболеваемости на 0,282 ($p < 0,001$).

Выводы. ЗН трахеи, бронхов, легких являются важной социальной проблемой. Анализ стандартизованных показателей заболеваемости ЗН трахеи, бронхов, легких (С33, С34) мужского населения РФ в 2011–2021 гг. показал наличие тенденции к снижению, однако стоит отметить, что показатели по-прежнему остаются на высоком уровне, особенно среди возрастной группы от 40 до 65 лет.

Результаты, полученные в процессе проведения корреляционного анализа, о наличии потенциальной связи между заболеваемостью ЗН вышеупомянутой локализации и долей работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, требуют более глубокого рассмотрения и анализа в последующих исследованиях.

Низкое число установленных случаев профессиональных ЗН в РФ обусловлено недооцениванием вклада вредных и (или) опасных условий труда в развитие ЗН. По нашему мнению, при установлении диагноза ЗН врачам-онкологам необходимо уделять пристальное внимание вопросам профессионального маршрута. В свою очередь работодателям для сохранения здоровья работающих следует акцентировать внимание на первичной профилактике ЗН профессионального генеза, например, в рамках корпоративных практик предприятий.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Рак легкого (С33, 34). Заболеваемость, смертность, достоверность учета, локализационная и гистологическая структура (популяционное исследование) / В.М. Мерабишвили, Ю.П. Юркова, А.М. Щербаков, Е.В. Левченко, А.А. Барчук, Н.Ф. Кротов, Э.Н. Мерабишвили // Вопросы онкологии. – 2021. – Т. 67, № 3. – С. 361–367. DOI: 10.37469/0507-3758-2021-67-3-361-367

2. Юркова Ю.П., Мерабишвили В.М., Левченко Е.В. Эпидемиология и выживаемость больных раком легкого, влияние COVID-19 (клинико-популяционное исследование) // Вопросы онкологии. – 2022. – Т. 68, № 5. – С. 576–588. DOI: 10.37469/0507-3758-2022-68-5-576-588
3. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries / H. Sung, J. Ferlay, R.L. Siegel, M. Laversanne, I. Soerjomataram, A. Jemal, F. Bray // CA Cancer J. Clin. – 2021. – Vol. 71, № 3. – P. 209–249. DOI: 10.3322/caac.21660
4. GBD 2019 Respiratory Tract Cancers Collaborators. Global, regional, and national burden of respiratory tract cancers and associated risk factors from 1990 to 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 // Lancet Respir. Med. – 2021. – Vol. 9, № 9. – P. 1030–1049. DOI: 10.1016/S2213-2600(21)00164-8
5. Outdoor air pollution and cancer: An overview of the current evidence and public health recommendations / M.C. Turner, Z.J. Andersen, A. Baccarelli, W.R. Diver, S.M. Gapstur, C.A. Pope 3rd, D. Prada, J. Samet [et al.] // CA Cancer J. Clin. – 2020. – Vol. 70, № 6. – P. 460–479. DOI: 10.3322/caac.21632
6. Nishida C., Yatera K. The Impact of Ambient Environmental and Occupational Pollution on Respiratory Diseases // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2022. – Vol. 19, № 5. – P. 2788. DOI: 10.3390/ijerph19052788
7. Indoor Air Pollution and the Health of Vulnerable Groups: A Systematic Review Focused on Particulate Matter (PM), Volatile Organic Compounds (VOCs) and Their Effects on Children and People with Pre-Existing Lung Disease / T.Z. Maung, J.E. Bishop, E. Holt, A.M. Turner, C. Pfrang // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2022. – Vol. 19, № 14. – P. 8752. DOI: 10.3390/ijerph19148752
8. Global burden of tracheal, bronchus, and lung cancer attributable to occupational carcinogens in 204 countries and territories, from 1990 to 2019: results from the global burden of disease study 2019 / Y. Zhang, M. Mi, N. Zhu, Z. Yuan, Y. Ding, Y. Zhao, Y. Lu, S. Weng, Y. Yuan // Ann. Med. – 2023. – Vol. 55, № 1. – P. 2206672. DOI: 10.1080/07853890.2023.2206672
9. Серебряков П.В. Профессиональный рак. Проблемы выявляемости // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 9. – С. 749–750. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-749-750
10. Влияние курения на формирование профессиональных заболеваний легких у работающих, контактирующих с промышленными аэрозолями / О.О. Салагай, И.В. Бухтияров, Л.П. Кузьмина, Л.М. Безрукавникова, А.Г. Хотулева, Р.А. Анварул // Общественное здоровье. – 2021. – Т. 1, № 3. – С. 32–41. DOI: 10.21045/2782-1676-2021-1-3-32-41
11. Шаньгина О.В., Мукерия А.Ф., Заридзе Д.Г. Профессиональная экспозиция к полициклическим ароматическим углеводородам и рак легкого // Вопросы онкологии. – 2022. – Т. 68, № 3S. – С. 168–169.
12. Ильницкий А.П. Первичная профилактика рака. – М.: АБВ-пресс, 2023. – 412 с.
13. Шуц Д., Олссон Э. На пути к ликвидации профессионального рака в Российской Федерации: исследования, направленные на профилактику онкологических заболеваний (Часть 1) // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – № 2. – С. 104–106. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-2-104-106
14. Шуц Д., Олссон Э. На пути к ликвидации профессионального рака в Российской Федерации: исследования, направленные на профилактику онкологических заболеваний (Часть 2) // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – № 3. – С. 167–173. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-3-167-173
15. Современные подходы к диагностике и экспертизе при профессиональных злокачественных новообразованиях легких / С. Бабанов, Д. Будащ, А. Байкова, Н. Рыжова // Врач. – 2018. – Т. 29, № 2. – С. 6–11. DOI: 10.29296/25877305-2018-02-02
16. Бремя профессиональных заболеваний органов дыхания / Ю.Ю. Горблянский, Т.Е. Пиктушанская, М.А. Панова, Е.П. Конторович, О.П. Понамарева // Медицина труда и промышленная экология. – 2021. – Т. 61, № 4. – С. 243–252. DOI: 10.31089/1026-9428-2021-61-4-243-252
17. Совершенствование организационных форм в диагностике профессиональных злокачественных новообразований на региональном уровне / Н.И. Горяев, А.С. Самойлов, О.Н. Горбачева, А.С. Кретов // Медицина труда и промышленная экология. – 2020. – Т. 60, № 1. – С. 40–43. DOI: 10.31089/1026-9428-2020-60-1-40-43
18. Олссон Э., Шубауер-Бериган М., Шюц Й. Стратегии международного агентства по изучению рака по снижению бремени профессиональных злокачественных новообразований // Медицина труда и промышленная экология. – 2021. – Т. 61, № 3. – С. 140–154. DOI: 10.31089/1026-9428-2021-61-3-140-154
19. Бабанов С.А., Будащ Д.С. Профессиональные заболевания легких: статистические показатели, оценка рисков и биологические маркеры // Медицина неотложных состояний. – 2018. – № 1 (88). – С. 142–150. DOI: 10.22141/2224-0586.1.88.2018.124982
20. Оценка социально-экономического бремени рака легкого в Российской Федерации / М.В. Авксентьева, Ф.В. Горкавенко, А.В. Никитина, А.Г. Савилова, К.В. Герасимова, Н.З. Мусина, В.В. Омеляновский // Медицинские технологии. Оценка и выбор. – 2018. – № 4 (34). – С. 63–75. DOI: 10.31556/2219-0678.2018.34.4.063-075
21. Козлов Н.В. Экономическое бремя инвалидности от рака легкого // Социология. – 2019. – № 1. – С. 275–281.

Бухтияров И.В., Вязовиченко Ю.Е., Хвалюк П.О. Оценка вероятной взаимосвязи между влиянием вредных и (или) опасных условий труда, загрязнением атмосферного воздуха и заболеваемостью злокачественными новообразованиями трахеи, бронхов, легких (C33, C34) у мужского населения Российской Федерации // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 4. – С. 86–95. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.08

ASSESSMENT OF A PROBABLE RELATIONSHIP BETWEEN INFLUENCE OF HARMFUL AND (OR) HAZARDOUS WORKING CONDITIONS, AMBIENT AIR POLLUTION AND THE INCIDENCE OF MALIGNANT NEOPLASMS OF THE TRACHEA, BRONCHI, AND LUNGS (C33, C34) IN THE MALE POPULATION OF THE RUSSIAN FEDERATION

I.V. Bukhtiyarov^{1,2}, Yu.E. Vyazovichenko¹, P.O. Khvalyuk^{1,2}

¹I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, 8-2 Trubetskaya St., Moscow, 119991, Russian Federation

²Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31 Prospekt Budennogo, Moscow, 105275, Russian Federation

In 2021, in the Russian Federation, malignant neoplasms (MN) of the trachea, bronchi, lungs (ICD – C33, C34) occupied the first place in the structure of MN in men accounting for 16.4 %. Many studies show the existence of a potential connection between impacts of occupational factors and MN development; however, in Russia, the occupational genesis of MN is rarely recognized.

The aim of this study was to identify a relationship between working conditions, volumes of pollutants emitted into ambient air and the incidence of tracheal, bronchial, and lung MN in men.

The data were obtained from Form No. 7 "Information on malignant neoplasms", the Report "The state of working conditions for workers employed by economic entities operating in the Russian Federation as per specific types of economic activity", and Form No. 2-TP (air) "Information on the protection of ambient air" of Rosstat. We analyzed incidence rates of malignant neoplasms of the trachea, bronchi, and lungs among working age males, as well as males aged between 40 and 65 years in 2011–2021. The study involved quartile analysis (incidence rates were standardized with the direct method); correlation analysis (Kendall rank correlation); as well as multiple regression analysis. The latter was carried out to study effects of predictors (volumes of pollutants emitted into ambient air) on the selected criterion (MN incidence). The research data were statistically analyzed using MS Office Excel 2019, IBM SPSS Statistics 26.

A downward trend was established for the analyzed incidence rates in Russia. A moderate positive correlation ($\tau = +0.31$) was obtained between the proportion of workers employed in harmful or hazardous working conditions and the incidence of MN of the specified localization. A predictive regression model was developed.

The obtained results of the correlation analysis require more in-depth consideration in subsequent studies. In our opinion, oncologists need to study occupational routes of their patients. Employers should focus on primary MN prevention within corporate practices of enterprises.

Keywords: occupational malignant neoplasms, trachea cancer, bronchus cancer, lung cancer, oncology, harmful working conditions, incidence rates, correlation analysis, prognostic regression model.

References

1. Merabishvili V.M., Iurkova Iu.P., Shcherbakov A.M., Levchenko E., Barchuk A., Krotov N., Merabishvili E. Lung cancer (C33, 34). Morbidity, mortality, accuracy of registration, localization and histological structure (population study). *Voprosy onkologii*, 2021, vol. 67, no. 3, pp. 361–367. DOI: 10.37469/0507-3758-2021-67-3-361-367 (in Russian).
2. Yurkova Yu.P., Merabishvili V.M., Levchenko E.V. Epidemiology and survival of lung cancer patients, the impact of COVID-19 (clinical and population-based study). *Voprosy onkologii*, 2022, vol. 68, no. 5, pp. 576–588. DOI: 10.37469/0507-3758-2022-68-5-576-588 (in Russian).

© Bukhtiyarov I.V., Vyazovichenko Yu.E., Khvalyuk P.O., 2023

Igor V. Bukhtiyarov – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Director (e-mail: bukhtiyarov@iriioh.ru; tel.: +7 (495) 365-02-09; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8317-2718>).

Yurii E. Vyazovichenko – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Epidemiology and Evidence-Based Medicine (e-mail: vyazovichenko_yu_e@staff.sechenov.ru; tel.: +7 (916) 518-79-96; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3986-9566>).

Polina O. Khvalyuk – postgraduate student of the Department of Epidemiology and Evidence-Based Medicine; Junior Researcher at the Laboratory of Social and Hygienic Research (e-mail: xvalyk@yandex.ru; tel.: +7 (902) 091-09-92; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5301-847X>).

3. Sung H., Ferlay J., Siegel R.L., Laversanne M., Soerjomataram I., Jemal A., Bray F. Global cancer statistics for 2020: GLOBOCAN estimates of morbidity and mortality worldwide from 36 types of cancer in 185 countries. *CA Cancer J. Clin.*, 2021, vol. 71, no. 3, pp. 209–249. DOI: 10.3322/caac.21660
4. GBD 2019 Respiratory Tract Cancers Collaborators. Global, regional and national burden of respiratory tract cancer and associated risk factors from 1990 to 2019: a systematic analysis for the study of the global burden of disease 2019. *Lancet Respir. Med.*, 2021, vol. 9, no. 9, pp. 1030–1049. DOI: 10.1016/S2213-2600(21)00164-8
5. Turner M.S., Andersen Z.J., Baccarelli A., Diver W.R., Gapstur S.M., Pope C.A. 3rd, Prada D., Samet J. [et al.]. Outdoor air pollution and cancer: a review of current evidence and public health recommendations. *CA Cancer J. Clin.*, 2020, vol. 70, no. 6, pp. 460–479. DOI: 10.3322/caac.21632
6. Nishida S., Yater K. The impact of environmental pollution and occupational activity on respiratory diseases. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022, vol. 19, no. 5, pp. 2788 DOI: 10.3390/ijerph19052788
7. Maung T.Z., Bishop J.E., Holt E., Turner A.M., Pfrang C. Indoor air pollution and the health of vulnerable groups: A systematic review of particulate matter (PM), volatile organic compounds (VOCs) and their effects on children and people with pre-existing lung diseases. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022, vol. 19, no. 14, pp. 8752. DOI: 10.3390/ijerph19148752
8. Zhang Y., Mi M., Zhu N., Yuan Z., Ding Y., Zhao Y., Lu Y., Weng S., Yuan Y. The global burden of cancer of the trachea, bronchi and lungs caused by occupational carcinogens in 204 countries and territories, from 1990 to 2019: results of a study of the global burden of diseases for 2019. *Ann. Med.*, 2023, vol. 55, no. 1, pp. 2206672. DOI: 10.1080/07853890.2023.2206672
9. Serebryakov P.V. Occupational cancer. The problem of the detection. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2019, vol. 59, no. 9, pp. 749–750. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-749-750 (in Russian).
10. Salagay O.O., Bukhtiyarov I.V., Kuzmina L.P., Bezrukavnikova L.M., Khotuleva A.G., Anvarul R.A. The influence of smoking on the formation of occupational lung diseases in workers who come into contact with industrial aerosols. *Obshchestvennoe zdorov'e*, 2021, vol. 1, no. 3, pp. 32–41. DOI: 10.21045/2782-1676-2021-1-3-32-41 (in Russian).
11. Shan'gina O.V., Mukeriya A.F., Zaridze D.G. Professional'naya ekspozitsiya k politsiklicheskim aromaticeskim uglevodorodam i rak legkogo [Occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and lung cancer]. *Voprosy onkologii*, 2022, vol. 68, no. 3S, pp. 168–169 (in Russian).
12. Il'nitskii A.P. Pervichnaya profilaktika raka [Primary prevention of cancer]. Moscow, ABV-press, 2023, 412 p. (in Russian).
13. Schüz J., Olsson A. Towards the elimination of occupational cancers in the Russian Federation: cancer research for cancer prevention (Part 1). *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2019, no. 2, pp. 104–106. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-2-104-106 (in Russian).
14. Schüz J., Olsson A. Towards the elimination of occupational cancers in the Russian Federation: cancer research for cancer prevention (Part 2). *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2019, no. 3, pp. 167–173. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-3-167-173 (in Russian).
15. Babanov S., Budash D., Baikova A., Ryzhova N. Current approaches to diagnosing and examining occupational lung cancer. *Vrach*, 2018, vol. 29, no. 2, pp. 6–11. DOI: 10.29296/25877305-2018-02-02 (in Russian).
16. Gorblyansky Y.Y., Pictushanskaya T.E., Panova M.A., Kontorovich E.P., Ponamareva O.P. Burden of occupational lung disease. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2021, vol. 61, no. 4, pp. 243–252. DOI: 10.31089/1026-9428-2021-61-4-243-252 (in Russian).
17. Goryaev N.I., Samoilov A.S., Gorbacheva O.N., Kretov A.S. Improving organizational forms in the diagnosis of professional malignant neoplasms at the regional level. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2020, vol. 60, no. 1, pp. 40–43. DOI: 10.31089/1026-9428-2020-60-1-40-43 (in Russian).
18. Olsson E., Schubauer-Berigan M., Schuz J. Strategies of the International Agency for Research on Cancer (IARC/WHO) to reduce the occupational cancer burden. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2021, vol. 61, no. 3, pp. 140–154. DOI: 10.31089/1026-9428-2021-61-3-140-154
19. Babanov S.A., Budash D.S. Occupational lung diseases: statistical indicators, risk assessment and biological markers. *Meditsina neotlozhnykh sostoyanii*, 2018, no. 1 (88), pp. 142–150. DOI: 10.22141/2224-0586.1.88.2018.124982 (in Russian).
20. Avxentyeva M.V., Gorkavenko F.V., Nikitina A.V., Savilova A.G., Gerasimova K.V., Musina N.Z., Omelyanovskiy V.V. Estimation of Socioeconomic Burden of Lung Cancer in the Russian Federation. *Meditsinskie tekhnologii. Otsenka i vybor*, 2018, no. 4 (34), pp. 63–75. DOI: 10.31556/2219-0678.2018.34.4.063-075 (in Russian).
21. Kozlov N.V. Economic burden of disability of lung cancer. *Sotsiologiya*, 2019, no. 1, pp. 275–281.

Bukhtiyarov I.V., Vyazovichenko Yu.E., Khvalyuk P.O. Assessment of a probable relationship between influence of harmful and (or) hazardous working conditions, ambient air pollution and the incidence of malignant neoplasms of the trachea, bronchi, and lungs (C33, C34) in the male population of the Russian Federation. Health Risk Analysis, 2023, no. 4, pp. 86–95. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.08.eng

Получена: 09.08.2023

Одобрена: 27.11.2023

Принята к публикации: 20.12.2023



Научная статья

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ НА РАБОТНИКОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

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

¹Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Красноярскому краю, Российская Федерация, 660097, г. Красноярск, ул. Каратанова, 21

²Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Российская Федерация, 6140045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

В связи с сохранением актуальности проблемы оценки профессионального риска здоровью работников основных профессий горнодобывающей отрасли, в том числе находящихся под воздействием повышенных уровней виброакустических факторов, осуществлена оценка степени воздействия виброакустических факторов производственной среды на работников горнодобывающей промышленности Арктической зоны по критерию профессионального риска.

Для цели априорной оценки риска были использованы результаты гигиенической оценки виброакустических факторов по данным специальной оценки условий труда (СОУТ), верифицированным инструментальными исследованиями. Апостериорная количественная оценка проведена на основании данных о профессиональной заболеваемости работников за последние десять лет с учетом численности работников.

Неприемлемые уровни априорного профессионального риска, формируемые в результате воздействия шума, отмечены среди всех анализируемых профессий. При этом, по данным инструментальных исследований, у горнорабочих очистного забоя (ГРОЗ) и машинистов погрузочно-доставочных машин (ПДМ) более высокие уровни риска, в отличие от результатов СОУТ. По данным СОУТ, неприемлемые уровни априорного профессионального риска, связанного с воздействием вибрации, отмечены только для машинистов ПДМ, а по данным дополнительных инструментальных исследований – для машинистов ПДМ и буровых штурмов. В ходе количественной оценки профессионального риска установлено, что недопустимые (выше $1 \cdot 10^{-3}$) уровни профессионального риска, формируемые в результате развития вибрационной болезни и нейросенсорной тугоухости, регистрируются среди всех анализируемых профессиональных групп. Максимальные значения риска при воздействии вибрации отмечены среди профессиональной группы «машинист ПДМ» и отнесены к категории среднего риска ($1,37 \cdot 10^{-2}$). При воздействии шума максимальные уровни риска отмечены среди крепильщиков и также отнесены к категории среднего риска ($1,32 \cdot 10^{-2}$).

Результаты количественной оценки профессионального риска для здоровья работников горнодобывающей промышленности Арктической зоны уточняют результаты априорной оценки и могут быть использованы при планировании мероприятий, направленных на снижение риска, формируемого при воздействии виброакустических факторов на здоровье работников.

Ключевые слова: виброакустические факторы, шум, количественная оценка, профессиональный риск, категоризация, работники горнодобывающей промышленности, Арктическая зона, машинисты ПДМ.

Приоритетной задачей социальной политики государства является сохранение здоровья работающего населения, способствующее укреплению трудового потенциала страны и устойчивому росту экономического благополучия общества. Условия

рабочей среды, не соответствующие санитарно-гигиеническим нормативам, сохраняются во многих отраслях промышленности, в частности на предприятиях горнодобывающей отрасли. В связи с этим вопросы сохранения профессионального здоровья

© Фадеев А.Г., Горяев Д.В., Шур П.З., Фокин В.А., 2023

Фадеев Алексей Геннадьевич – начальник отдела надзора за условиями труда (e-mail: onut@24.rospotrebnadzor.ru; тел.: 8 (391) 227-66-43; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1712-9196>).

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

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>).

населения с позиций обеспечения гигиенической безопасности производственной среды являются наиболее значимыми в экономической политике государства [1, 2].

Оценка профессионального риска, формируемого в результате действия основных производственных факторов, является основой планирования и организации мероприятий, имеющих профилактическую направленность для создания оптимальных условий труда с учетом специфики производственной деятельности [3]. Она позволяет определить вероятность негативных последствий для здоровья работников, таких как профессиональные заболевания и болезни, связанные с условиями труда, в том числе с учетом тяжести последствий [4].

Подземный способ добычи полезных ископаемых обуславливает стабильно высокий уровень профессиональной заболеваемости. При этом, помимо химического загрязнения воздуха рабочей зоны, на здоровье работников оказывают значительное влияние физические факторы производственной среды [5, 6].

Вибрация и шум остаются ведущими физическими факторами, оказывающими влияние на уровень профессиональной заболеваемости [7–12]. Среди работников основных профессий горнодобывающей отрасли профессиональная вибрационная болезнь и нейросенсорная тугоухость занимают лидирующие позиции наряду с поражением легких [13–16]. Таким образом, остается актуальной проблема оценки профессионального риска здоровью работников основных профессий горнодобывающей отрасли [17–20], находящихся под воздействием повышенных уровней виброакустических факторов, с целью разработки профилактических мероприятий.

Управлением Роспотребнадзора по Красноярскому краю в рамках федерального государственного санитарно-эпидемиологического контроля (надзора) в 2023 г. проведены выездные контрольные (надзорные) мероприятия на объектах по добыче полезных ископаемых, которые расположены в Арктической зоне. Предметом проведения контрольных (надзорных) мероприятий являлось соблюдение хозяйствующими субъектами обязательных требований санитарного законодательства Российской Федерации. В частности, надзор проводился в отношении уровней виброакустических факторов производственной среды работников основных профессий горнодобывающей промышленности Арктической зоны. В ходе проверок были установлены превышения гигиенических нормативов по шуму и общей вибрации, что явилось основанием для проведения дальнейшей оценки профессионального риска для здоровья работников.

Цель исследования – оценка степени воздействия виброакустических факторов производственной среды на работников горнодобывающей промышленности Арктической зоны по критериям профессионального риска.

Материалы и методы. Гигиеническая оценка профессионального риска для здоровья работников проводилась по результатам специальной оценки условий труда (СОУТ). Результаты СОУТ верифицированы путем проведения и оценки результатов выборочных исследований фактических уровней виброакустических факторов (общая вибрация, шум) на рабочих местах следующих профессий: бурильщик шпуров, машинист погрузочно-доставочной машины (далее – машинист ПДМ), крепильщик, горнорабочий очистного забоя (далее – ГРОЗ). В ходе проведения контрольных (надзорных) мероприятий обследованы два рудника с проведением измерений физических факторов производственной среды шумомером-виброметром, анализатором спектра «ЭКОФИЗИКА-110А» (номер в государственном реестре: 48906-12).

Дальнейшая априорная оценка профессионального риска по результатам СОУТ и инструментальных исследований проводилась в соответствии с Р 2.2.3969-23¹ (далее – Руководство). Априорная оценка профессионального риска на основании полученных результатов инструментальных исследований общей вибрации была проведена с использованием критериев категорирования уровней риска по результатам гигиенической оценки факторов рабочей среды и трудового процесса, представленных в Руководстве. Априорная количественная оценка профессионального риска, формируемого в результате воздействия производственного шума, проводилась с использованием методики применения моделей для априорной оценки профессионального риска, изложенной в Руководстве. Исходя из полученных эквивалентных уровней звука за рабочую смену (L_p , Aeq, 8 h), согласно Руководству определялась стажевая доза шума ($L_{дш(т)}$) в зависимости от стажа работы в определенной профессии и проводился расчет вероятности развития профессионального заболевания ($Risk^{ПЗ}$) с последующим расчетом риска.

Апостериорная количественная оценка профессионального риска на групповом уровне проводилась на основании данных вероятности развития профессиональных заболеваний среди работников анализируемых профессий с использованием информации о профессиональной заболеваемости работников нейросенсорной тугоухостью (НСТ) и вибрационной болезнью (ВБ) за десятилетний период с 2013 по 2022 г. включительно. Расчет вероятно-

¹ Р 2.2.3969-23. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека, 2023. – 77 с.

сти развития профессиональных заболеваний проводился путем отношения случаев профессиональных заболеваний (ВБ или НСТ) в год на руднике к численности работников. Численность работников, на рабочих местах которых проводилась оценка риска, для первого и второго рудников составила: бурильщик шпуров – 89 и 102, ГРОЗ – 36 и 84, крепильщик – 44 и 46, машинист ПДМ – 115 и 153 человека соответственно. Показатели тяжести профессиональных заболеваний, использованные при расчете количественных значений группового профессионального риска, и количественные критерии категорирования риска принимались в соответствии с Руководством.

Результаты и их обсуждение. По результатам проведенных измерений эквивалентный корректированный уровень общей вибрации (транспортная) на рабочем месте машиниста ПДМ превышает гигиенический норматив (112 дБ) на 1 дБ (КУТ 3.1 по СОУТ КУТ от 3.1 до 3.2). На рабочем месте бурильщика шпуров установлено превышение гигиенических нормативов (100 дБ) на 1 дБ эквивалентного корректированного уровня общей технологической вибрации (КУТ 3.1 по СОУТ КУТ 2).

Измеренный эквивалентный уровень звука на рабочем месте машиниста ПДМ превышает установленный нормативный уровень (80 дБА) до 9 дБА (КУТ 3.2), на рабочем месте крепильщика – на 2 дБА (КУТ 3.1), на рабочем месте горнорабочего очистного забоя – до 7 дБА (КУТ 3.2). Результаты лабораторных исследований подтверждают результаты СОУТ по наличию риска, при этом наблюдаются значительные отличия в оценке уровня вибрации на рабочем месте бурильщика шпуров. Условия труда работников на анализируемых рудниках являются аналогичными.

В ходе проведения априорной оценки профессиональных рисков на основании полученных натуральных данных по воздействию общей вибрации установлено, что на рабочих местах бурильщика шпуров и машиниста ПДМ КУТ 3.1 – риск умеренный. По воздействию эквивалентного уровня звука на рабочих местах крепильщика КУТ 3.1 – риск умеренный; на рабочих местах машиниста ПДМ, ГРОЗ КУТ 3.2 – риск средний в соответствии с критериями Руководства. Следует отметить, что полученные данные отличаются от результатов СОУТ. Согласно СОУТ неприемлемые уровни риска при воздействии вибрации отмечаются только у машинистов ПДМ (КУТ до 3.2, риск средний); неприемлемые уровни риска при воздействии шума отмечаются во всех анализируемых профессиях (КУТ до 3.2, риск средний).

В результате априорной количественной оценки вероятности развития профессионального заболевания ($Risk^{PI3}$) через расчет стажевой дозы шума ($L_{дш(т)}$), установлено: на рабочем месте машиниста ПДМ при значении эквивалентных уровней звука за рабочую смену, равном 89, и стаже от 2 до 40 лет доза шума будет составлять от 92 до 105 дБ,

а $Risk^{PI3}$ – от 0,035 до 0,184; на рабочем месте крепильщика при значении эквивалентных уровней звука за рабочую смену, равном 82, и стаже от 2 до 40 лет $L_{дш(т)}$ будет составлять от 85 до 98 дБ, а $Risk^{PI3}$ – от 0,011 до 0,082; на рабочем месте ГРОЗ при значении эквивалентных уровней звука за рабочую смену, равном 87, и стаже от 2 до 40 лет $L_{дш(т)}$ будет составлять от 90 до 103 дБ, а $Risk^{PI3}$ – от 0,025 до 0,147.

На основании полученной вероятности развития профессионального заболевания с учетом тяжести нейросенсорной тугоухости (0,193) рассчитаны уровни профессионального риска развития нейросенсорной тугоухости, которые составили: в профессии машиниста ПДМ – от $6,76 \cdot 10^{-3}$ до $3,55 \cdot 10^{-2}$ (от умеренного до высокого риска), в профессии крепильщика – от $2,12 \cdot 10^{-3}$ до $1,58 \cdot 10^{-2}$ (от умеренного до среднего риска), в профессии ГРОЗ – от $4,83 \cdot 10^{-3}$ до $2,84 \cdot 10^{-2}$ (от умеренного до высокого риска).

Полученные результаты априорной оценки профессионального риска среди работников анализируемых профессий свидетельствуют о потенциальном негативном влиянии виброакустических факторов на здоровье работников. При этом отмечены различия в результатах категорирования с использованием данных инструментальных исследований и результатов СОУТ (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Результаты априорной оценки профессионального риска по фактору «вибрация»

Профессия	Категория риска по данным инструментальных исследований	Категория риска по данным СОУТ
Бурильщик шпуров	Умеренный риск	Малый риск
ГРОЗ	Замеры не проводились	Малый риск
Крепильщик	Замеры не проводились	Малый риск
Машинист ПДМ	Умеренный риск	Средний риск

Таблица 2

Результаты априорной оценки профессионального риска по фактору «шум»

Профессия	Категория риска по данным инструментальных исследований	Категория риска по данным СОУТ
Бурильщик шпуров	Замеры не проводились	Средний риск
ГРОЗ	Высокий риск	Средний риск
Крепильщик	Средний риск	Средний риск
Машинист ПДМ	Высокий риск	Средний риск

По данным СОУТ неприемлемые уровни априорного профессионального риска, связанного с воздействием вибрации, отмечены только для машинистов ПДМ, а по данным дополнительных инструментальных исследований – для машинистов ПДМ и бурильщиков шпуров.

Неприемлемые уровни априорного профессионального риска в результате воздействия шума отмечены среди всех анализируемых профессий. При этом по данным инструментальных исследований у ГРОЗ и машинистов ПДМ более высокие уровни риска, в отличие от результатов СОУТ.

Следует отметить, что результаты априорной оценки профессионального риска считаются предварительными, в связи с этим было целесообразно дополнить ее данными их апостериорной оценки, которая, в соответствии с Руководством, производится с использованием сведений о состоянии здоровья работников.

Результаты апостериорной оценки профессионального риска развития ВБ (с учетом тяжести, рав-

ной 0,131) в результате воздействия вибрации представлены в табл. 3.

Неприемлемый риск, формируемый в результате развития ВБ, для бурильщика шпуров и машиниста ПДМ по данным апостериорной количественной оценки отнесен к категориям от умеренного до среднего риска. Наиболее высокие уровни риска, отнесенные к категории среднего (выше $1 \cdot 10^{-2}$), регистрируются на первом руднике. Максимальные значения риска составили $1,18 \cdot 10^{-2}$ и $1,37 \cdot 10^{-2}$ для бурильщика шпуров и машиниста ПДМ соответственно.

Результаты апостериорной оценки профессионального риска развития НСТ (с учетом тяжести, равной 0,193) в результате воздействия шума представлены в табл. 4 и 5.

Таблица 3

Результаты апостериорной оценки профессионального риска по фактору «вибрация» для бурильщиков шпуров и машинистов ПДМ

Рудник	Год	Бурильщик шпуров			Машинист ПДМ		
		Количество случаев, шт.	Вероятность, ‰	Риск	Количество случаев, шт.	Вероятность, ‰	Риск
№ 1	2013	1	11,24	$1,47 \cdot 10^{-3}$	11	95,65	$1,25 \cdot 10^{-2}$
	2014	7	78,65	$1,03 \cdot 10^{-2}$	12	104,35	$1,37 \cdot 10^{-2}$
	2015	7	78,65	$1,03 \cdot 10^{-2}$	10	86,96	$1,14 \cdot 10^{-2}$
	2016	7	78,65	$1,03 \cdot 10^{-2}$	-*	-	-
	2017	8	89,89	$1,18 \cdot 10^{-2}$	8	69,57	$9,11 \cdot 10^{-3}$
	2018	6	67,42	$8,83 \cdot 10^{-3}$	6	52,17	$6,83 \cdot 10^{-3}$
	2019	2	22,47	$2,94 \cdot 10^{-3}$	5	43,48	$5,70 \cdot 10^{-3}$
	2020	2	22,47	$2,94 \cdot 10^{-3}$	7	60,87	$7,97 \cdot 10^{-3}$
	2021	1	11,24	$1,47 \cdot 10^{-3}$	6	52,17	$6,83 \cdot 10^{-3}$
	2022	4	44,94	$5,89 \cdot 10^{-3}$	8	69,57	$9,11 \cdot 10^{-3}$
№ 2	2013	3	29,41	$3,85 \cdot 10^{-3}$	5	32,68	$4,28 \cdot 10^{-3}$
	2014	3	29,41	$3,85 \cdot 10^{-3}$	3	19,61	$2,57 \cdot 10^{-3}$
	2015	-*	-	-	9	58,82	$7,71 \cdot 10^{-3}$
	2016	5	49,02	$6,42 \cdot 10^{-3}$	5	32,68	$4,28 \cdot 10^{-3}$
	2017	1	9,80	$1,28 \cdot 10^{-3}$	2	13,07	$1,71 \cdot 10^{-3}$
	2018	3	29,41	$3,85 \cdot 10^{-3}$	1	6,54	$8,56 \cdot 10^{-4}$
	2019	1	9,80	$1,28 \cdot 10^{-3}$	1	6,54	$8,56 \cdot 10^{-4}$
	2020	1	9,80	$1,28 \cdot 10^{-3}$	4	26,14	$3,42 \cdot 10^{-3}$
	2021	2	19,61	$2,57 \cdot 10^{-3}$	4	26,14	$3,42 \cdot 10^{-3}$
	2022	1	9,80	$1,28 \cdot 10^{-3}$	3	19,61	$2,57 \cdot 10^{-3}$

Примечание: * – за указанный год заболевания не регистрировались.

Таблица 4

Результаты апостериорной оценки профессионального риска по фактору «шум» для бурильщиков шпуров и ГРОЗ

Рудник	Год	Бурильщик шпуров			ГРОЗ		
		Количество случаев, шт.	Вероятность, ‰	Риск	Количество случаев, шт.	Вероятность, ‰	Риск
№ 1	2013	-*	-	-	1	27,78	$5,36 \cdot 10^{-3}$
	2014	1	11,24	$2,17 \cdot 10^{-3}$	-*	-	-
	2015	1	11,24	$2,17 \cdot 10^{-3}$	1	27,78	$5,36 \cdot 10^{-3}$
	2016	1	11,24	$2,17 \cdot 10^{-3}$	2	55,56	$1,07 \cdot 10^{-2}$
	2017	1	11,24	$2,17 \cdot 10^{-3}$	1	27,78	$5,36 \cdot 10^{-3}$
	2021	2	22,47	$4,34 \cdot 10^{-3}$	-*	-	-
	2022	-*	-	-	1	27,78	$5,36 \cdot 10^{-3}$
№ 2	2013	1	9,80	$1,89 \cdot 10^{-3}$	1	11,90	$2,30 \cdot 10^{-3}$
	2014	1	9,80	$1,89 \cdot 10^{-3}$	1	11,90	$2,30 \cdot 10^{-3}$
	2015	-*	-	-	1	11,90	$2,30 \cdot 10^{-3}$
	2017	-*	-	-	2	23,81	$4,60 \cdot 10^{-3}$

Примечание: * – за указанный год заболевания не регистрировались.

Таблица 5

Результаты апостериорной оценки профессионального риска по фактору «шум» для крепильщика и машиниста ПДМ

Рудник	Год	Крепильщик			Машинист ПДМ		
		Количество случаев, шт.	Вероятность, ‰	Риск	Количество случаев, шт.	Вероятность, ‰	Риск
№ 1	2013	1	22,73	$4,39 \cdot 10^{-3}$	4	34,78	$6,71 \cdot 10^{-3}$
	2017	1	22,73	$4,39 \cdot 10^{-3}$	–*	–	–
	2018	3	68,18	$1,32 \cdot 10^{-2}$	–*	–	–
	2019	1	22,73	$4,39 \cdot 10^{-3}$	–*	–	–
	2021	–*	–	–	1	8,70	$1,68 \cdot 10^{-3}$
№ 2	2013	–*	–	–	1	6,54	$1,26 \cdot 10^{-3}$
	2014	–*	–	–	1	6,54	$1,26 \cdot 10^{-3}$
	2015	–*	–	–	1	6,54	$1,26 \cdot 10^{-3}$
	2020	–*	–	–	1	6,54	$1,26 \cdot 10^{-3}$
	2022	–*	–	–	1	6,54	$1,26 \cdot 10^{-3}$

Примечание: * – за указанный год заболевания не регистрировались.

Неприемлемый риск, формируемый в результате развития НСТ, отнесен к категории умеренного для бурильщика шпуров. Для ГРОЗ – риск, формируемый в результате развития НСТ, отнесен к категориям от умеренного до среднего. Наиболее высокие уровни риска, отнесенные к категории среднего (выше $1 \cdot 10^{-2}$), регистрируются на первом руднике. Максимальные значения риска составили $4,34 \cdot 10^{-3}$ и $1,07 \cdot 10^{-2}$ для бурильщика шпуров и ГРОЗ соответственно.

Неприемлемый риск, формируемый в результате развития НСТ, отнесен к категории умеренного для машиниста ПДМ. Для крепильщика – риск, формируемый в результате развития НСТ, отнесен к категориям от умеренного до среднего. Максимальные значения риска составили $1,32 \cdot 10^{-2}$ и $6,71 \cdot 10^{-3}$ для крепильщика и машиниста ПДМ соответственно. Следует отметить, что наиболее высокие уровни риска при воздействии производственного шума также регистрируются на первом руднике.

В ходе количественной оценки профессионального риска установлено, что недопустимые (выше $1 \cdot 10^{-3}$) уровни профессионального риска, формируемые в результате развития ВБ и НСТ, регистрируются среди всех профессиональных групп, за исключением крепильщиков на втором руднике (в отношении развития НСТ), так как среди них за последние десять лет случаев НСТ не регистрировалось.

Апостериорная количественная оценка профессионального риска, обусловленного развитием таких профессиональных заболеваний, как ВБ и НСТ, в результате воздействия виброакустических факторов подтверждает наличие неприемлемого риска для здоровья работников, установленного по результатам априорной оценки, и уточняет результаты его категорирования.

Выводы. В ходе оценки степени воздействия виброакустических факторов производственной

среды на работников горнодобывающей промышленности Арктической зоны (на примере предприятия Красноярского края) установлены неприемлемые уровни профессионального риска для здоровья работников, как при априорной оценке профессионального риска, так и по результатам апостериорной количественной оценки профессионального риска. При этом результаты количественной оценки профессионального риска подтверждают и уточняют результаты априорной оценки.

По результатам априорной оценки воздействия вибрации максимальные значения риска отнесены к категории умеренного и среднего риска; по результатам апостериорной оценки – к категории среднего риска. В отношении воздействия производственного шума максимальные значения риска по результатам априорной оценки отнесены к категории высокого риска, по результатам апостериорной оценки – к категории среднего риска.

Максимальные значения риска при воздействии вибрации отмечены среди профессиональной группы «машинист ПДМ» и отнесены к категории среднего риска ($1,37 \cdot 10^{-2}$). При воздействии шума максимальные уровни риска отмечены среди крепильщиков и отнесены к категории среднего риска ($1,32 \cdot 10^{-2}$).

Результаты количественной оценки профессионального риска для здоровья работников горнодобывающей промышленности Арктической зоны могут быть использованы при планировании мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия виброакустических факторов на здоровье работников.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Бухтияров И.В. Современное состояние и основные направления сохранения и укрепления здоровья работающего населения России // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 9. – С. 527–532. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532
2. Прокопенко Л.В., Головкова Н.П., Чеботарёв А.Г. Проблемы оздоровления условий труда, профилактики профессиональных заболеваний на предприятиях ведущих отраслей экономики // Медицина труда и промышленная экология. – 2012. – № 9. – С. 6–13.
3. Овчинникова Т.И., Потоцкий Е.П., Фирсова В.М. Риск-ориентированный подход при оценке опасностей в горной промышленности // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2021. – № 2–1. – С. 199–208. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-199-208
4. Андруняк И.В. Анализ и оценка риска условий труда машиниста паровых турбин // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. – 2021. – Т. 14, № 5. – С. 520–537. DOI: 10.17516/1999-494X-0330
5. Бухтияров И.В., Чеботарёв А.Г. Проблемы медицины труда на горнодобывающих предприятиях Сибири и Крайнего Севера // Горная промышленность. – 2013. – № 5 (111). – С. 77–82.
6. Чеботарёв А.Г. Состояние условий труда и профессиональной заболеваемости работников горнодобывающих предприятий // Горная промышленность. – 2018. – № 1 (137). – С. 92–95. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-1-137-92-95
7. Спирин В.Ф., Старшов А.М. К некоторым проблемам хронического воздействия производственного шума на организм работающих (обзор литературы) // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 1. – С. 186–196. DOI: 10.21668/health.risk/2021.1.19
8. Чеботарёв А.Г., Курьеров Н.Н. Гигиеническая оценка шума и вибрации, воздействующих на работников горных предприятий // Горная промышленность. – 2020. – № 1. – С. 148–153. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-1-148-153
9. Горбанев С.А., Сюрин С.А., Фролова Н.М. Условия труда и профессиональная патология горняков угольных шахт в Арктике // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 8. – С. 452–457. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-8-452-457
10. Условия труда, профессиональная заболеваемость, риски нарушения здоровья машинистов горных машин на карьерах / Л.В. Прокопенко, А.Г. Чеботарёв, Н.П. Головкова, Л.М. Лескина, С.П. Николаев // Медицина труда и промышленная экология. – 2022. – Т. 62, № 6. – С. 403–411. DOI: 10.31089/1026-9428-2022-62-6-403-411
11. Рукавишников В.С., Семенихин В.А. Профессиональная заболеваемость у работающих в Сибири: основные тенденции и проблемы // Здоровье и безопасность на рабочем месте: Материалы III международного научно-практического форума. – 2019. – Т. 1, Вып. 3. – С. 278–281. DOI: 10.31089/978-985-7153-76-3-2019-1-3-278-281
12. Whole-body vibration and back pain-related work absence among heavy equipment vehicle mining operators / L.H. Barrero, M. Cifuentes, A.C. Rodríguez, E. Rey-Becerra, P.W. Johnson, L.S. Marin, H. Piedrahita, J.T. Dennerlein // Occup. Environ. Med. – 2019. – Vol. 76, № 8. – P. 554–559. DOI: 10.1136/oemed-2019-105914
13. Медицина труда работников подземных профессий производства добычи полиметаллических медноцинковых руд / Э.Р. Шайхлисламова, Л.К. Каримова, А.Д. Волгарева, Н.А. Мулдашева // Санитарный врач. – 2020. – № 5. – С. 9–23. DOI: 10.33920/med-08-2005-01
14. Risk assessment of recordable occupational hearing loss in the mining industry / K. Sun, A.S. Azman, H.E. Camargo, P.G. Dempsey // Int. J. Audiol. – 2019. – Vol. 58, № 11. – P. 761–768. DOI: 10.1080/14992027.2019.1622041
15. Lawson S.M., Masterson E.A., Azman A.S. Prevalence of hearing loss among noise-exposed workers within the Mining and Oil and Gas Extraction sectors, 2006–2015 // Am. J. Ind. Med. – 2019. – Vol. 62, № 10. – P. 826–837. DOI: 10.1002/ajim.23031
16. Effect of whole-body vibration exposures on physiological stresses: Mining heavy equipment applications / K. Kia, S.M. Fitch, S.A. Newsom, J.H. Kim // Applied ergonomics. – 2020. – Vol. 85, № 5. – P. 103065. DOI: 10.1016/j.apergo.2020.103065
17. 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
18. Бухтияров И.В., Чеботарёв А.Г. Гигиенические проблемы улучшения условий труда на горнодобывающих предприятиях // Горная промышленность. – 2018. – № 5 (141). – С. 33–35. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-5-141-33-35
19. Gul M. A review of occupational health and safety risk assessment approaches based on multi-criteria decision-making methods and their fuzzy versions // Human and Ecological Risk Assessment. – 2018. – Vol. 24, № 7. – P. 1723–1760. DOI: 10.1080/10807039.2018.1424531
20. Rudakov M., Gridina E., Kretschmann J. Risk-based thinking as a basis for efficient occupational safety management in the mining industry // Sustainability. – 2021. – Vol. 13, № 2. – P. 1–14. DOI: 10.3390/su13020470

Оценка степени воздействия виброакустических факторов производственной среды на работников горнодобывающей промышленности Арктической зоны / А.Г. Фадеев, Д.В. Горяев, П.З. Шур, В.А. Фокин // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 4. – С. 96–103. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.09



Research article

ASSESSING DEGREE OF EXPOSURE TO VIBROACOUSTIC OCCUPATIONAL FACTORS FOR MINING INDUSTRY WORKERS IN ARCTIC ZONE

A.G. Fadeev¹, D.V. Goryaev¹, P.Z. Shur², V.A. Fokin²

¹Krasnoyarsk Regional Office of the Federal Service for Surveillance over Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 21 Karatanova St., Krasnoyarsk, 660097, Russian Federation

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

Assessment of occupational health risks for workers with basic mining occupations including those exposed to elevated levels of vibroacoustic factors remains a topical issue. Given that, the aim of this study was to assess degree of exposure to occupational vibroacoustic factors and its effects on mining industry workers in the Arctic zone using occupational risk as a basic criterion.

Prior risk assessment relied on results of hygienic assessment of vibroacoustic factors according to data derived by the Special Assessment of Working Conditions (SAWC) and verified by instrumental research. Posterior risk quantification was performed using data on occupational incidence among workers over the last 10 years considering their numbers.

Unacceptable prior occupational risks caused by exposure to noise were detected for all analyzed occupations. According to instrumental research, risks levels higher than those identified by SAWC were detected for open face miners and cargo handling machine operators. According to SAWC data, unacceptable prior occupational risks caused by exposure to vibration were identified only for cargo handling machine operators; additional instrumental research identified such levels of occupational risks for them as well but also for blast hole drillers. Occupational risk quantification established that unacceptable (above $1 \cdot 10^{-3}$) levels of occupational risk caused by vibration disease (VD) and sensorineural hearing loss (SHL) were detected in all analyzed occupational groups. The highest risk levels caused by exposure to vibration were identified for such an occupational group as 'cargo handling machine operators' and ranked as 'average' ($1.37 \cdot 10^{-2}$). The highest risk levels caused by exposure to noise were identified for timbermen and were also ranked as 'average' ($1.32 \cdot 10^{-2}$).

Results obtained by quantification of occupational health risks for mining industry workers in the Arctic zone refine results of prior assessment can be applied in planning activities aimed at mitigating health risks for workers caused by exposure to vibroacoustic factors.

Keywords: vibroacoustic factors, noise, quantification, occupational risks, categorization, mining industry workers, Arctic zone, cargo handling machine operators.

References

1. Bukhtiyarov I.V. Current state and main directions of preservation and strengthening of health of the working population of Russia. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2019, vol. 59, no. 9, pp. 527–532. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532 (in Russian).
2. Prokopenko L.V., Golovkova N.P., Tchegotaryov A.G. Problems of more healthy work conditions, occupational diseases prevention on enterprises of major economic branches. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2012, no. 9, pp. 6–13 (in Russian).
3. Ovchinnikova T.I., Pototskiy E.P., Firsova V.M. Risk-based approach to hazard assessment in the mining industry. *Gornyi informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tehnicheskii zhurnal)*, 2021, no. 2–1, pp. 199–208. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-199-208 (in Russian).
4. Andrunyak I.V. Analysis and risk assessment of the working conditions of a steam turbine operator. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Tekhnika i tekhnologii*, 2021, vol. 14, no. 5, pp. 520–537. DOI: 10.17516/1999-494H-0330 (in Russian).

© Fadeev A.G., Goryaev D.V., Shur P.Z., Fokin V.A., 2023

Aleksei G. Fadeev – Head of the Department for Supervision of Working Conditions (e-mail: onut@24.rospotrebnadzor.ru; tel.: +7 (391) 227-66-43; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1712-9196>).

Dmitrii V. Goryaev – 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>).

Pavel Z. Shur – Doctor of Medical Sciences, Chief Researcher-Academic Secretary (e-mail: shur@ferisk.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@ferisk.ru; tel.: +7 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0539-7006>).

5. Bukhtiyarov I.V., Chebotarev A.G. Occupational health care problems of mines in Siberia and the Extreme North. *Gornaya promyshlennost'*, 2013, no. 5 (111), pp. 77–82 (in Russian).
6. Chebotarev A.G. Working environment and occupational morbidity of mine personnel. *Gornaya promyshlennost'*, 2018, no. 1 (137), pp. 92–95. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-1-137-92-95 (in Russian).
7. Spirin V.F., Starshov A.M. On certain issues related to chronic exposure to occupational noise and impacts exerted by it on workers' bodies (literature review). *Health Risk Analysis*, 2021, no. 1, pp. 186–196. DOI: 10.21668/health.risk/2021.1.19.eng
8. Chebotarev A.G., Courierov N.N. Hygienic assessment of noise and vibration affecting workers at mining operations. *Gornaya promyshlennost'*, 2020, no. 1, pp. 148–153. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-1-148-153 (in Russian).
9. Gorbanev S.A., Syurin S.A., Frolova N.M. Working conditions and occupational pathology of coal miners in the Arctic. *Meditina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2019, vol. 59, no. 8, pp. 452–457. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-8-452-457 (in Russian).
10. Prokopenko L.V., Chebotarev A.G., Golovkova N.P., Leskina L.M., Nikolaev S.P. Working conditions, occupational morbidity, risks of violation health of drivers of mining machines in quarries. *Meditina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2022, vol. 62, no. 6, pp. 403–411. DOI: 10.31089/1026-9428-2022-62-6-403-411 (in Russian).
11. Rukavishnikov V.S., Semenikhin V.A. Occupational morbidity in workers in Siberia: main trends and problems. *Zdorov'e i bezopasnost' na rabochem meste: Materialy III mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma*, 2019, vol. 1, iss. 3, pp. 278–281. DOI: 10.31089/978-985-7153-76-3-2019-1-3-278-281 (in Russian).
12. Barrero L.H., Cifuentes M., Rodríguez A.C., Rey-Becerra E., Johnson P.W., Marin L.S., Piedrahita H., Dennerlein J.T. Whole-body vibration and back pain-related work absence among heavy equipment vehicle mining operators. *Occup. Environ. Med.*, 2019, vol. 76, no. 8, pp. 554–559. DOI: 10.1136/oemed-2019-105914
13. Shaikhislamova E.R., Karimova L.K., Volgareva A.D., Muldasheva N.A. Occupational health of workers in underground occupations producing polymetallic copperzinc ores. *Sanitarnyi vrach*, 2020, no. 5, pp. 9–23. DOI: 10.33920/med-08-2005-01 (in Russian).
14. Sun K., Azman A.S., Camargo H.E., Dempsey P.G. Risk assessment of recordable occupational hearing loss in the mining industry. *Int. J. Audiol.*, 2019, vol. 58, no. 11, pp. 761–768. DOI: 10.1080/14992027.2019.1622041
15. Lawson S.M., Masterson E.A., Azman A.S. Prevalence of hearing loss among noise-exposed workers within the Mining and Oil and Gas Extraction sectors, 2006–2015. *Am. J. Ind. Med.*, 2019, vol. 62, no. 10, pp. 826–837. DOI: 10.1002/ajim.23031
16. Kia K., Fitch S.M., Newsom S.A., Kim J.H. Effect of whole-body vibration exposures on physiological stresses: Mining heavy equipment applications. *Applied ergonomics*, 2020, vol. 85, no. 5, pp. 103065. DOI: 10.1016/j.apergo.2020.103065
17. 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).
18. Bukhtiyarov I.V., Chebotarev A.G. Gigienicheskie problemy uluchsheniya uslovii truda na gornodobyvayushchikh predpriyatiyakh [Hygienic problems of improving working conditions at mining enterprises]. *Gornaya promyshlennost'*, 2018, no. 5 (141), pp. 33–35. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-5-141-33-35 (in Russian).
19. Gul M. A review of occupational health and safety risk assessment approaches based on multi-criteria decision-making methods and their fuzzy versions. *Human and Ecological Risk Assessment*, 2018, vol. 24, no. 7, pp. 1723–1760. DOI: 10.1080/10807039.2018.1424531
20. Rudakov M., Gridina E., Kretschmann J. Risk-based thinking as a basis for efficient occupational safety management in the mining industry. *Sustainability*, 2021, vol. 13, no. 2, pp. 1–14. DOI: 10.3390/su13020470

Fadeev A.G., Goryaev D.V., Shur P.Z., Fokin V.A. Assessing degree of exposure to vibroacoustic occupational factors for mining industry workers in Arctic zone. *Health Risk Analysis*, 2023, no. 4, pp. 96–103. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.09.eng

Получена: 12.10.2023

Одобрена: 05.12.2023

Принята к публикации: 20.12.2023



Научная статья

КЛЮЧЕВЫЕ ФАКТОРЫ РИСКА ЗАРАЖЕНИЯ ДЛЯ ОСОБО УЯЗВИМЫХ В ОТНОШЕНИИ ВИЧ-ИНФЕКЦИИ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ

М.В. Питерский¹, А.В. Семенов¹, Ю.А. Захарова³, О.Я. Яранцева¹,
О.А. Ходаков¹, В.И. Евсеева², М.О. Грейсман²

¹Федеральный научно-исследовательский институт вирусных инфекций «Виром», Российская Федерация, 620030, г. Екатеринбург, ул. Летняя, 23

²Региональный общественный фонд помощи различным категориям населения Свердловской области «Новая Жизнь», Российская Федерация, 620103, г. Екатеринбург, ул. Селькоровская, 104

³Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана, Российская Федерация, 117246, г. Москва, Научный проезд, 18

В Российской Федерации с 2012 г. отсутствуют данные о проведенных научных исследованиях в исправительных учреждениях Федеральной службы исполнения наказаний по выявлению факторов риска инфицирования, распространения ВИЧ и уровня приверженности антиретровирусной терапии среди заключенных. В исправительных учреждениях Свердловской области каждый пятый заключенный имеет положительный ВИЧ-статус, что в дальнейшем ложится тяжелым бременем распространения ВИЧ-инфекции для населения всего региона. С 2020 по 2022 г. в рамках представленного наблюдательного аналитического поперечного исследования проведено анонимное анкетирование 302 мужчин, обратившихся после освобождения из мест заключения в социально-ориентированную некоммерческую организацию с целью получения помощи в период социальной адаптации.

Установлено, что основным фактором, ведущим к заражению ВИЧ в данной группе, явилось употребление инъекционных наркотиков (ПИН): в группе лиц, живущих с ВИЧ, 94,3 % анкетированных имели такой опыт до и в период отбывания наказания, среди остальных осужденных доля ПИН составила 55,6 % ($p < 0,001$). Продолжили употребление наркотических средств в местах лишения свободы 28,9 % заключенных. По результатам анкетирования, 87,9 % ВИЧ-позитивных мужчин лишь «иногда» использовали барьерные средства защиты при половых контактах или не использовали их совсем. Из них 73,5 % на протяжении жизни имели более 10 половых партнеров, у 29,3 % в анамнезе присутствовали инфекции, передающиеся половым путем. При этом уже в течение 6 месяцев после освобождения 82,9 % респондентов, живущих с ВИЧ, имели половые связи.

Установлен рост охвата пациентов антиретровирусной терапией (АРТ) с 63,1 до 75,4 % после освобождения из пенитенциарной системы, однако только 33,0 % пациентов, получавших АРТ, подтвердили, что не прерывали ее. Таким образом, установлен высокий риск распространения ВИЧ-инфекции среди заключенных в период отбывания наказания с последующей активной передачей ВИЧ в основную популяцию населения.

Ключевые слова: ВИЧ-инфекция, потребители инъекционных наркотиков, рискованное поведение, факторы риска, исправительные учреждения, антиретровирусная терапия, особо уязвимые группы населения.

© Питерский М.В., Семенов А.В., Захарова Ю.А., Яранцева О.Я., Ходаков О.А., Евсеева В.И., Грейсман М.О., 2023

Питерский Михаил Валерьевич – научный сотрудник Уральского окружного центра по профилактике и борьбе со СПИД (e-mail: piterskiy_mv@niivirom.ru; тел.: 8 (904) 980-64-36; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5506-2389>).

Семенов Александр Владимирович – доктор биологических наук, директор (e-mail: semenov_av@niivirom.ru; тел.: 8 (343) 261-99-47; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3223-8219>).

Захарова Юлия Александровна – доктор медицинских наук, заместитель директора Института дезинфектологии (e-mail: z.y.alexandrovna@mail.ru; тел.: 8 (495) 582-92-40; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3416-0902>).

Яранцева Оксана Яковлевна – врач-эпидемиолог отделения эпидемиологического надзора за ВИЧ-инфекцией Уральского окружного центра по профилактике и борьбе со СПИД (e-mail: yaranцева_ou@niivirom.ru; тел.: 8 (343) 261-99-47; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7398-2963>).

Ходаков Олег Александрович – младший научный сотрудник Уральского окружного центра по профилактике и борьбе со СПИД (e-mail: hodakov_ou@niivirom.ru; тел.: 8 (343) 261-99-47; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1493-6080>).

Евсеева Вера Ивановна – директор (e-mail: novaja.zhizn@mail.ru; тел.: 8 (922) 022-76-88; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1360-9283>).

Грейсман Мария Олеговна – фандрайзер (e-mail: novaja.zhizn@mail.ru; тел.: 8 (922) 219-60-95; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5153-3948>).

По данным ЮНЭЙДС, к исходу 2021 г. среди 7,9 млрд человек, живущих на планете, 38,4 млн имели положительный ВИЧ-статус¹. За последние 10 лет их количество выросло незначительно – всего на 13 %, что в целом свидетельствует об успешной реализации принятых национальных программ в ряде стран мира на пути замедления пандемии ВИЧ-инфекции. Наиболее действенным средством борьбы с ВИЧ является эффективная организация профилактических и противоэпидемических мероприятий в особо уязвимых группах населения, в том числе среди лиц, заключенных под стражу, содержащихся в следственных изоляторах уголовно-исполнительной системы или отбывающих наказание в виде лишения свободы². При этом лица из мест лишения свободы с рискованным поведением после освобождения могут быть одним из основных источников ВИЧ-инфекции в гражданском обществе [1].

Установлено, что распространенность ВИЧ-инфекции в мире в 2016–2019 гг. среди заключенных, по отдельным оценкам, составляла от 1,4 до 3,8 % [2, 3], в России к 01.07.2021 показатель достигал значения 13,9 % [4]. Передача ВИЧ в регионе Восточной Европы и Центральной Азии в основном подпитывалась парентеральным потреблением опиоидов. Криминализация употребления и распространения наркотиков привела к чрезвычайно высокому уровню тюремного заключения среди лиц, вовлеченных в незаконный оборот наркотиков. Следовательно, люди, употребляющие инъекционные наркотики, в том числе люди с ВИЧ, сосредоточены в исправительных учреждениях [5].

Свыше 70 % случаев ВИЧ-инфекции диагностируется при поступлении подозреваемых лиц в пенитенциарную систему [6]. У остальных заболевание выявляют до начала уголовного преследования. В общей сложности от 3 до 6 % граждан, поступающих в следственные изоляторы, уже являются ВИЧ-инфицированными³. При высокой актуальности проблемы в Российской Федерации с 2012 г. отсутствуют научные публикации, посвященные исследованиям в области изучения факторов риска заражения ВИЧ среди лиц, находящихся в местах лишения свободы, с анализом данных о роли рискованного поведения и приверженности антиретровирусной терапии.

Зарубежные исследования продемонстрировали, что поведенческие особенности лиц, находящихся в местах лишения свободы, могут приводить к распространению ВИЧ-инфекции как внутри пенитенциарных учреждений, так и за их пределами.

Употребление инъекционных наркотиков является наиболее распространенным путем передачи ВИЧ в тюрьмах среди заключенных во всех регионах мира [3]. Высокий уровень употребления инъекционных наркотиков, сопровождается тем, что люди в тюрьме гораздо чаще делятся инъекционным оборудованием, чем те, кто находится на свободе [7]. Исследования, проведенные в период с 2004 по 2013 г., показывают, что в Европе от 20 до 45 % людей, имеющих опыт тюремного заключения, употребляли наркотики, находясь в тюрьме [8]. Исследование, проведенное в Палестине, показало, что 83,6 % опрошенных лиц, употребляющих инъекционные наркотики, провели некоторое время в тюрьме, причем почти половина сообщила о применении инъекций в тюрьме [9], в то время как в Индонезии и на Украине более 70 % людей, употребляющих инъекционные наркотики, сообщили о совместном использовании инъекционного оборудования в тюрьме [10, 11]. Исследование различных социальных групп потребителей инъекционных наркотиков в Иране продемонстрировало, что среди всех участников, употреблявших наркотики путем инъекций, заключенные имели самое распространенное небезопасное поведение при последней инъекции (61 %) [12]. Об употреблении наркотиков путем инъекций во время их текущего срока заключения сообщили 40 % участников когортного исследования в штате Виктория, Австралия [13].

Вторым по значимости фактором передачи ВИЧ для заключенных являются незащищенные половые контакты. Исследование, проведенное в Польше среди заключенных в 2016 г., выявило, что мужчины в местах лишения свободы сталкивались с различными опасными формами сексуальной активности в два раза чаще, чем мужчины, не имевшие опыта отбывания наказания в местах лишения свободы. В 83 % случаев заключенные не использовали презерватив, принуждая партнера к анальному сексу. Более того, 3,3 % опрошенных заключенных предоставляли секс-услуги на территории исправительных учреждений, в которых они фактически находились [14]. В Австралии согласно опросу 2018 мужчин, содержащихся в тюрьмах Нового Южного Уэльса и Квинсленда, 7,1 % респондентов сообщили о сексуальных контактах с заключенными в тюрьме, а 2,6 % подвергались сексуальному принуждению [15].

В США по результатам анализа данных Национальной системы эпиднадзора за поведением

¹ Fact sheet – Latest global and regional statistics on the status of the AIDS epidemic [Электронный ресурс] // UNAIDS. – 2022. – URL: https://www.unaids.org/en/resources/documents/2022/UNAIDS_FactSheet (дата обращения: 09.09.2022).

² Государственная стратегия противодействия распространению ВИЧ-инфекции в Российской Федерации на период до 2030 г. / утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2020 г. № 3468-р [Электронный ресурс] // Судебные и нормативные акты РФ. – URL: <https://sudact.ru/law/rasporiazhenie-pravitelstva-rf-ot-21122020-n-3468-r/gosudarstvennaia-strategiia-protivodeistviia-rasprostraneniia-vich-infektsii/> (дата обращения: 16.07.2023).

³ Развитие уголовно-исполнительной системы (2018–2030 годы): Федеральная целевая программа / утв. постановлением Правительства РФ от 06.04.2018 № 420 [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://base.garant.ru/71921634/> (дата обращения: 16.07.2023).

при ВИЧ было установлено, что рискованное поведение более распространено в течение 12 месяцев после освобождения из пенитенциарной системы: в 1,32 раза чаще происходили гетеросексуальные контакты без презерватива, в 3,75 раза чаще – употребление инъекционных наркотиков, по сравнению с мужчинами, не имевшими опыта тюремного заключения [16]. После освобождения из мест лишения свободы 17,9 % афроамериканцев имели множественные и параллельные половые связи с несколькими партнерами, в том числе прибегая к услугам работников коммерческого секса [17]. В исследовании, проведенном среди 751 освобожденного заключенного в 2013–2015 гг., доля участников, сообщивших о любом незаконном употреблении психоактивных веществ вскоре после освобождения из заключения, составила 18 %.

Одним из ключевых факторов, значительно снижающих риск передачи ВИЧ-инфекции, является эффективная антиретровирусная терапия (АРТ) и высокая приверженность к приему антиретровирусных препаратов.

Исследование, проведенное в 2019–2020 гг. в Южной Эфиопии среди заключенных с ВИЧ-инфекцией и лиц, живущих с ВИЧ (ЛЖВС) на свободе, продемонстрировало, что пациенты, находящиеся в заключении, чаще получают антиретровирусные препараты (83 % среди заключенных против 81 % среди ЛЖВС, находящихся на свободе), однако имеют меньшую приверженность к установленной дозе, и у них чаще развивается лекарственная неэффективность. Чаще всего заключенные пропускали приемы из-за отсутствия содействия со стороны сотрудников исправительных учреждений и / или по причине забывчивости. Некоторые заключенные сообщали, что пропускали прием из-за страха социальной стигматизации, чувства безнадежности и отсутствия заинтересованности в приеме препаратов [18].

Систематический обзор и метаанализ исследований, направленных на изучение особенностей приверженности антиретровирусной терапии (АРТ) среди заключенных, установили несколько закономерностей. Заключенные с количеством CD4⁺ в крови более 500 кл/мкл, АРТ-«наивные» пациенты и пациенты, не верящие в безопасность или эффективность АРТ, реже соглашались начать терапию. Отсутствие приверженности было высоким среди заключенных, не получавших социальной поддержки, с низким показателем самоэффективности, а также у лиц с симптомами депрессии [19].

Исследование, проведенное среди заключенных ЛЖВ в одной из тюрем Тегерана, среди прочих распространенных факторов, негативно влияющих на приверженность АРТ (таких как стигматизация, отсутствие социальной поддержки, трудности с дос-

тупом к препаратам), выявило следующие побочные эффекты от антиретровирусных препаратов (АРВП) (в особенности от эфавиренза): снижение эффектов от наркотиков (в частности, метадона или опиоидов), вызванное взаимодействием наркотиков с АРВП; недостаток питания, неблагоприятное финансовое положение [20].

Цель исследования – оценить значимость факторов риска передачи ВИЧ-инфекции лицами, имеющими опыт отбывания наказания в местах лишения свободы.

Материалы и методы. В период с февраля 2020 г. по март 2022 г. проведено наблюдательное аналитическое поперечное исследование в группе лиц, освободившихся из мест лишения свободы на территории Свердловской области. В анонимном анкетировании приняли участие 302 мужчины. Период с момента освобождения до проведения анкетирования не превышал одного года.

Бывшие заключенные для получения социальной поддержки и медицинской помощи самостоятельно обращались в некоммерческую организацию Региональный общественный фонд помощи различным категориям населения Свердловской области «Новая Жизнь» (г. Екатеринбург), где им было предложено на анонимной основе пройти анкетирование. Дополнительно лицам, живущим с ВИЧ/СПИД, предоставляли подробную информацию об особенностях и порядке диагностики и лечения ВИЧ-инфекции, оказывали психологическую помощь, мотивировали к приверженности АРТ и отказу от рискованного поведения. Для анкетирования разработаны две анкеты: 1) для лиц, имевших опыт тюремного заключения (общая анкета), и 2) для лиц, имевших опыт тюремного заключения и живущих с ВИЧ (анкета для ЛЖВ). Анкета для ЛЖВ, помимо социальных параметров (семейное положение, социальный статус и т.д.) и общей информации о предполагаемых факторах риска заражения ВИЧ до и в период отбывания наказания, а также сведений об информированности по вопросам ВИЧ-инфекции, дополнительно включала информацию о возможном месте и периоде заражения, приверженности к АРТ, фактическом приеме антиретровирусных препаратов до заключения под стражу и после освобождения, в период отбывания наказания.

Бланки анкет размещены в свободном доступе на сайте ФБУН ФНИИВИ «Виром» Роспотребнадзора⁴.

Факторы риска заражения ВИЧ были сгруппированы по механизму передачи инфекции. Описаны частотные характеристики факторов риска для общей выборки ($n_{\max} = 302$).

Проведена сравнительная характеристика группы ВИЧ-положительных лиц (группа ЛЖВ, $n_{\max} = 181$)

⁴ Информационные материалы [Электронный ресурс] // ФБУН ФНИИВИ «Виром» Роспотребнадзора. – URL: http://enivi.niivrom.ru/?page_id=1574 (дата обращения: 02.07.2023).

с группой лиц, имеющих ВИЧ-отрицательный статус (группа сравнения, $n_{\max} = 121$). В связи с тем, что на часть вопросов, включая вопросы об опыте и стаже приема наркотических средств, не все респонденты согласились дать ответ, количество оцениваемых результатов опроса по ряду параметров было меньше количества лиц в исходных группах. Два респондента из группы ЛЖВ дали ответы только на анкету первого типа (общая анкета).

Расчет доверительных интервалов при обработке статистических данных осуществляли по методу Уилсона для уровня ошибки 1-го типа 0,05⁵. Для подтверждения статистически значимого различия между группами использовали критерии непараметрической статистики (Хи-квадрат, критерий Манна – Уитни). Количественную оценку связи качественных признаков проводили с помощью расчета отношения шансов (ОШ) и его 95%-ного доверительного интервала.

Полученные данные обрабатывали с помощью программного продукта Statistica (data analysis software system), version 12 (StatSoft Inc), и приложения PAST 4.0 [21].

Результаты и их обсуждение. Социальный портрет анкетированных лиц из мест лишения свободы. Средний возраст респондентов (302 человека), включенных в наблюдательное аналитическое поперечное исследование, составил $38,85 \pm 7,23$ года. Никогда не состояли в браке 45,7 % (95 % ДИ [40,2–51,3]), из них находились в незарегистрированном браке – 20,2 % (95 % ДИ [40,2–51,3]), состояли в официальном браке – 18,9 % (95 % ДИ [14,9–23,7]), были разведены или овдовели – 15,2 % (95 % ДИ [11,6–19,7]). У 48,7 % (95 % ДИ [43,1–54,3]) имелись дети. Основную долю анкетированных составляли лица со средним, средним специальным и незаконченным высшим образованием – 64,2 % (95 % ДИ [58,7–69,4]), имели высшее образование – 7,0 % (95 % ДИ [4,6–10,4]). В коммерческой сфере деятельности до заключения под стражу работали 29,6 % человек (95 % ДИ [24,7–35,1]), в бюджетной сфере – 11,8 % (95 % ДИ [8,6–15,9]). На долю безработных пришлось 58,6 % (95 % ДИ [52,9–64,0]). Число судимостей находилось в широком диапазоне от одной до 10 с медианой числа судимостей в общей группе, равной 3.

Таким образом, обобщенный социальный портрет анкетированных был представлен лицами с преобладанием холостых безработных мужчин в возрасте 39 лет, имеющих среднее, среднее специальное или незаконченное высшее образование, – холостой, безработный, потребитель инъекционных наркотиков, рецидивист (трижды судимый).

В целом распространенность ВИЧ-инфекции в исследуемой выборке составила 59,9 % (95 % ДИ [54,3–65,3]).

В первой группе ЛЖВ ($n_{\max} = 181$) средний возраст составил $38,74 \pm 5,8$ г., из них не состояли в браке 47 %, состояли в незарегистрированном браке – 18,8 %, в официальном браке находились 19,3 %, разведены или вдовцы – 15 %. Дети имелись у 46,4 %. Лица со средним, средним специальным и незаконченным высшим образованием составили 60,8 %, с высшим – 4,4 %. До заключения под стражу 32,2 % работали в коммерческой сфере деятельности, в бюджетной были заняты 10,6 %, безработными оказались 57,2 %. Число судимостей находилось в диапазоне от одной до 10 с медианой, равной 3.

Средний возраст респондентов во второй группе сравнения ($n_{\max} = 121$) составил $39,02 \pm 8,9$ г. В браке никогда не состояли 43,8 %, в незарегистрированном браке состояли 22,3 %, находились в официальном браке 18,2 %. Находящиеся в разводе и вдовцы составили 15,7 %. Имелись дети у 52,1 %. Лица со средним, средним специальным и незаконченным высшим образованием составляли 69,4 %, высшее образование имели 10,7 %. Работниками коммерческой сферы до заключения под стражу были 25,6 %, работниками бюджетной сферы – 13,7 % респондентов. Число судимостей находилось в диапазоне от одной до 10 с медианой, равной 2.

Статистически значимые различия между группами по возрасту, семейному положению, месту работы отсутствовали. В группе ЛЖВ чаще встречались респонденты, имеющие неполное среднее образование ($\chi^2 = 11,93$; d.f. = 1; $p < 0,001$).

Фактор риска, связанный с потреблением инъекционных наркотиков и нанесением татуировок. Опыт употребления инъекционных наркотиков является самым значимым фактором риска заражения ВИЧ. Из 174 ЛЖВ, ответивших на вопрос об опыте приема наркотиков, 164 (94,3 %; 95 % ДИ [89,7–96,8]) признались, что употребляли их до заключения под стражу и / или начали применять в местах лишения свободы, в группе лиц с отрицательным ВИЧ-статусом число лиц, употребляющих инъекционные наркотики (ПИН), составило 55 человек (55,6 %; 95 % ДИ [45,7–65]). ПИН статистически значимо чаще были инфицированы ВИЧ, чем лица, не имевшие опыта употребления инъекционных наркотиков ($\chi^2 = 59,55$; d.f. = 1; $p < 0,001$). Шанс заражения ВИЧ среди ПИН был в 13 раз выше такового в группе сравнения (ОШ = 13,12; 95 % ДИ [6,19–27,82]). В группе ЛЖВ среди ПИН медиана стажа приема наркотиков составила 20 лет, в группе сравнения – 7 лет ($U = 1702,5$, $Z = 6,205$, $p = 0$; $n_1 = 137$ (группа ЛЖВ), $n_2 = 57$).

Из 302 респондентов общей выборки только 273 согласились ответить на вопрос об опыте употребления инъекционных наркотиков, из них 194 человека смогли указать стаж приема препаратов. Доля ПИН

⁵ Wilson E.B. Probable Inference, the Law of Succession, and Statistical Inference // Journal of the American Statistical Association. – 1927. – Vol. 22, № 158. – P. 209–212. DOI: 10.1080/01621459.1927.10502953

составила 80,2 % (219 из 273; 95 % ДИ [71,7–82,0]), длительность наркопотребления находилась в диапазоне от 8 месяцев до 31 года с медианой 15 лет и межквартильным годовым интервалом от 7 до 21.

Из 197 респондентов, имевших опыт потребления инъекционных наркотиков, продолжили их активное употребление в местах лишения свободы 57 человек (28,9 %; 95 % ДИ [23–35,6]), особо отметим, что 3 человека (1,5 %; 95 % ДИ [0,5–4,4]) впервые начали употребление в период отбывания наказания. Таким образом, по данным анкет, только 137 ПИН (69,5 %; 95 % ДИ [62,8–75,5]) прекратили их употребление в исправительных учреждениях.

На вопрос, видел ли респондент факт употребления инъекционных наркотиков в период отбывания наказания, согласились ответить 243 человека (80,5 %). При этом утвердительный ответ на вопрос был получен от 77 опрошенных, находившихся в исправительных колониях (31,7 %; 95 % ДИ [26,2–37,8]), и от 30 человек, находившихся в СИЗО (12,4 %; 95 % ДИ [8,8–17,1]). Всего 102 респондента (42,0 %; 95 % ДИ [35,9–48,3]), или каждый второй заключенный под стражу, явились свидетелями употребления инъекционных наркотиков в местах лишения свободы, из них 60 заключенных употребляли их сами.

Из 300 респондентов 183 человека (61,0 %; 95 % ДИ [55,4–66,3]) наносили татуировки в исправительных учреждениях. В группе ЛЖВ данный факт встречался чаще в 1,6 раза (ОШ = 1,61; 95 % ДИ [1,00–2,58]). Однако никто из них не связывал свое заражение ВИЧ с данной манипуляцией.

Фактор риска, связанный с половым путем передачи. При увеличении числа половых партнеров выявлена статистически значимая разница между группой ЛЖВ и группой сравнения ($\chi^2 = 8,06$; d.f. = 1; $p = 0,005$). Из 181 ЛЖВ у 18 (9,9 %; 95 % ДИ [6,4–15,2]) зафиксировано более 20 партнеров, в то время как в группе сравнения более 20 партнеров было только у двоих (1,7 %; 95 % ДИ [0,5–5,8]).

Рискованное половое поведение, связанное с отказом от использования барьерной контрацепции (презервативов), чаще встречалось в группе ЛЖВ, чем в контрольной группе, – ОШ = 1,52 (95 % ДИ [0,79–2,9]), однако об инфекциях, передающихся половым путем (ИППП), чаще сообщали лица из контрольной группы, а шанс перенести ИППП у лиц из группы ЛЖВ составлял ОШ = 0,66 (95 % ДИ [0,39–1,13]).

В группе ЛЖВ 142 человека (79,3 %; 95 % ДИ [72,8–84,6]) сообщили о наличии половых контактов с ВИЧ-инфицированными партнерами. Шанс таких контактов среди ЛЖВ был в 15 раз выше (ОШ = 15,73; 95 % ДИ [8,85–27,94]), чем в контрольной группе.

Установлены высокие шансы ВИЧ-инфицирования среди лиц, имевших половые контакты с ПИН – ОШ = 6,87 (95 % ДИ [3,79–12,46]) и с большими парентеральными вирусными гепатитами –

ОШ = 3,48 (95 % ДИ [2,15–5,65]). Зная, что ВИЧ передается половым путем, 89 респондентов (30,4 %; 95 % ДИ [25,4–35,9]), в том числе 46 ЛЖВ, признались, что никогда не использовали барьерные средства контрацепции, 167 человек (55,3 %; 95 % ДИ [49,7–60,8]), в том числе 112 ЛЖВ, использовали презервативы лишь иногда. В группе ЛЖВ 159 человек из 181 (87,9 %; 95 % ДИ [82,3–91,8]) не пользуются презервативами на постоянной основе, в контрольной группе таковых 100 человек (82,6 %; 95 % ДИ [74,9–88,4]).

Большинство респондентов из основной выборки после освобождения имели половые контакты, при этом 187 человек (61,9 %; 95 % ДИ [56,3–67,2]) – в течение последнего месяца, 56 человек (18,5 %; 95 % ДИ [14,6–23,3]) – в период от одного до 6 месяцев. В группе ЛЖВ 150 респондентов (82,9 %; 95 % ДИ [76,7–87,7]) имели половые контакты в течение 6 месяцев, из них 41 (22,7 %; 95 % ДИ [17,2–29,3]) не использовал барьерные средства контрацепции.

Из 179 ЛЖВ 41 человек (22,9 %; 95 % ДИ [17,4–29,6]) считал, что заразился ВИЧ половым путем, из них 25 (61,0 %; 95 % ДИ [45,7–74,3]) имели опыт употребления наркотиков, а 7 человек (17,1 %; 95 % ДИ [8,5–31,3]) отказались сообщить информацию об опыте наркопотребления.

Выявление ВИЧ-инфекции и приверженность к антиретровирусной терапии. Пенитенциарная система вносит значимый вклад в выявление ВИЧ-инфекции в социально значимых группах населения. Все бывшие заключенные прошли скрининг на ВИЧ в условиях пенитенциарной системы: в следственном изоляторе (СИЗО), в лечебном исправительном учреждении (ЛИУ), а также в исправительных колониях при получении различных медицинских услуг в медицинских пунктах. В основной выборке до заключения под стражу никогда не обследовались на ВИЧ и не знали свой инфекционный статус 169 человек (56,0 %; 95 % ДИ [50,3–61,4]). Из них у 96 человек (56,8 %; 95 % ДИ [49,3–64,0]) в пенитенциарной системе был установлен диагноз.

Лица, живущие с ВИЧ, в 1,8 раза чаще имели более одной судимости (ОШ = 1,8; 95 % ДИ [1,01–3,21]). Медиана числа судимостей в группе ЛЖВ составила 3, а в контрольной группе – 2 ($U = 9398$, $Z = 2,235$, $p = 0,0254$; $n_1 = 178$ (группа ЛЖВ), $n_2 = 124$).

Анкетирование установило, что респонденты хорошо информированы о путях передачи ВИЧ. В общей выборке только 39 человек из 301 (13,0 %; 95 % ДИ [9,6–17,2]) не определились с правильным ответом. Знают о возможности заражения ВИЧ при употреблении инъекционных наркотиков 299 опрошенных (99,3 %; 95 % ДИ [97,6 – 99,8]), половым путем – 293 (97,3 %; 95 % ДИ [94,8–98,6]).

В группе ЛЖВ ($n = 179$) средний стаж инфицирования составлял $9,7 \pm 5,6$ г. при среднем возрасте $38,8 \pm 5,8$ г. Интервал времени между моментом вероятного заражения и моментом диагностики

ВИЧ-инфекции в среднем определен как 1,5 года, однако в отдельных случаях достигал 8 лет.

Важнейшим профилактическим мероприятием по предупреждению распространения ВИЧ является проведение АРТ всем ЛЖВ. Из 179 ЛЖВ на момент анкетирования 29 человек (16,2 %; 95 % ДИ [11,5–22,3]) оставались АРТ-«наивными» пациентами. Из них у 5 человек (17,2 %; 95 % ДИ [7,6–34,5]) диагноз ВИЧ-инфекции был установлен менее года назад, остальные в среднем прожили с ВИЧ-инфекцией $6,2 \pm 4,6$ г.

Отношение заключенных, имеющих ВИЧ-инфекцию, к АРТ в целом было позитивным: 134 респондента (74,9 %; 95 % ДИ [68,0–80,6]) уверены, что только антиретровирусные препараты (АРВП) помогают в лечении. Только 8 человек (4,5 %; 95 % ДИ [2,3–8,6]) – все из числа АРТ-«наивных» пациентов – крайне низко оценивали эффективность АРВП или считали, что АРВП не помогают. Планировали пожизненный прием АРВП 163 пациента (93,1 %; 95 % ДИ [88,4–96]).

Не всем ЛЖВ в местах лишения свободы предлагали прием АРВП: только 143 респондента из 175 (81,7 %; 95 % ДИ [75,3–86,7]) подтвердили возможность начать или продолжить лечение по инициативе врача в исправительном учреждении. В общей сложности без АРТ оставались в пенитенциарной системе 66 ЛЖВ из 177 (36,9 %; 95 % ДИ [30,1–44,1]).

При нахождении в местах лишения свободы охват АРТ составлял 63,1 % (таблица).

После освобождения на момент проведения анкетирования принимали АРВП 135 ЛЖВ (75,4 %; 95 % ДИ [68,6–81,1]), в том числе 32 человека (23,7 %; 95 % ДИ [17,3–31,5]), не получавшие АРВП в период отбывания наказания.

Из 44 респондентов, не принимавших АРВП после освобождения, 10 человек (22,7 %; 95 % ДИ [12,8–37]) получали АРТ в исправительных учреждениях. Шанс применять АРТ после освобождения оказался выше в 1,8 раза, чем в пенитенциарной системе (ОШ = 1,79; 95 % ДИ [1,14–2,83]). Вместе с тем об отсутствии перерывов в приеме АРВП сообщили только 50 респондентов (33,3 %; 95 % ДИ [26,3–41,2]).

По данным глобального систематического обзора, охватившего период с 2008 по 2017 г., Российская Федерация лидировала по числу ПИН – более полумиллиона человек находилось в наркотической

зависимости, а распространенность ВИЧ-инфекции среди них достигала 30,4 % (95 % ДИ [17,9–43,0]) [22]. Наше исследование установило, что в случайно сформированной выборке лиц, освободившихся из мест лишения свободы, распространенность ВИЧ-инфекции среди ПИН превышает 75 % (95 % ДИ [68,8–80,2]). Данный показатель был максимально близок к реальной распространенности ВИЧ среди ПИН, так как обусловлен тотальным и неоднократным скринингом на ВИЧ ПИН, пребывающих в пенитенциарной системе. Высокий уровень распространенности ВИЧ среди ПИН, освобождающихся из мест лишения свободы, прежде всего связан с распространенностью ВИЧ-инфекции в регионе пребывания, а также высоким уровнем активности циркуляции ВИЧ в популяции ПИН. Пораженность ВИЧ в Свердловской области на 31.12.2021 составляла 1906,9 на 100 тысяч человек, что превышало среднероссийский показатель в 2,5 раза, а уровень выявляемости ВИЧ среди ПИН в регионе составлял 2,93 положительных иммуноблотов на 1000 сывороток, полученных от ПИН, что в 2,2 раза выше чем в среднем среди ПИН по России и в 6,5 раза выше чем в основной популяции населения в Свердловской области [23].

Высокие шансы реализации парентерального пути передачи, связанного с внутривенным введением наркотиков (ОШ = 13,1), и полового пути передачи при половых контактах с ВИЧ-инфицированными партнерами (ОШ = 15,7) конкурируют за путь первичного заражения у большинства ВИЧ-инфицированных заключенных. Однако, учитывая отсутствие статистически значимой разницы между группой ЛЖВС и контрольной группой по ЗППП ($\chi^2 = 2,37$; $d.f. = 1$; $p = 0,124$), можно считать парентеральный путь основным и первичным.

Прием инъекционных наркотиков в местах лишения свободы является более значительным фактором риска заражения ВИЧ, чем на свободе. Как правило, группы наркозависимых заключенных, содержащиеся в одном помещении, используют одну общую иглу, в качестве растворителя наркотического вещества применяется кровь одного из заключенных, которую фильтруют через общий самодельный фильтр [24]. Данные факторы как по отдельности, так и в совокупности существенно повышают риск передачи ВИЧ.

Охват антиретровирусной терапией лиц, находившихся в местах лишения свободы

Условия	Число респондентов	Получали АРТ	Охват АРТ, %	95 % ДИ
Следственные изоляторы	145	80	55,2	47,0–63,0
Исправительные колонии	146	109	74,7	67,0–81,0
Лечебные исправительные колонии	78	62	79,5	69,2–87,0
Этапирование более одного дня	112	64	57,1	47,9–65,9
В период отбывания наказания	179	113	63,1	55,9–69,9
После освобождения	179	135	75,4	68,6–81,1
Непрерывный прием АРВП	150	50	33,3	26,3–41,2

Результаты проведенного исследования подтвердили гипотезу о том, что в пенитенциарной системе реализуется парентеральный путь передачи ВИЧ инфекции, ассоциированный с употреблением наркотиков. В нашем исследовании 29 % респондентов подтвердили, что продолжили принимать наркотики в исправительных учреждениях, а 42 % были свидетелями фактов внутривенного введения наркотиков в период отбывания наказания. Считается, что это умеренный уровень распространенности инъекционного употребления наркотиков в тюрьмах [25]. Умеренные уровни использования инъекционных наркотиков в тюрьмах были зарегистрированы во Франции (24,2 %) [26], Сербии (38,2 %) [27], Иране (40,1 %) [28] и Индонезии (56 %) [29]. Самая высокая распространенность ПИН во время заключения была обнаружена в Мексике (61 %) [30], Великобритании (64 %) [31], Соединенных Штатах (62,5 %) [32], Австралии (82 %) [33] и Кыргызстане (82,6 %) [34].

Ещё более опасное явление – вовлечение в наркозависимость. В Великобритании 4 % ПИН впервые попробовали инъекционные наркотики в тюрьме [31], в Бразилии – 7 % [35]. В нашем исследовании 1,5 % респондентов начали употребление внутривенных наркотиков в исправительных учреждениях. Установленные факты незаконного оборота наркотиков и наркопотребления в пенитенциарной системе должны сопровождаться не только уголовно-процессуальными действиями, но и эпидемиологическими расследованиями с проведением скрининга на ВИЧ всех заключенных, когда-либо имевших опыт употребления наркотиков и не имеющих положительного ВИЧ-статуса.

Статистически значимое превышение частоты такого фактора риска, как нанесение татуировок в исправительных учреждениях, в группе ЛЖВ ($\chi^2 = 3,93$; $d.f. = 1$; $p = 0,048$), по сравнению с контрольной группой, также свидетельствует о возможностях передачи ВИЧ в период нахождения в пенитенциарной системе.

В исследуемой выборке половой путь как фактор заражения ВИЧ-инфекцией имел второстепенное значение, однако предпосылки для его активной реализации, связанные с частой сменой половых партнеров и игнорированием барьерной контрацепции, создают серьезную угрозу дальнейшего распространения ВИЧ.

Тюремное заключение является одной из многих социальных сил, влияющих на принятие решений о сексе, и может оказывать существенное влияние на риски распространения ВИЧ и ЗППП на уровне основной популяции [36]. Исследование, проведенное в США, показало, что до 55 % мужчин лишаются в период заключения своего первичного полового партнера, и это повышает риск распространения ВИЧ вследствие многочисленных случайных незащищенных половых контактов [17]. По данным нашего исследования,

в первые 6 месяцев после освобождения 83 % ЛЖВ имели половые контакты, из них только 25 % получали АРТ без перерывов в приеме, причем из них более 90 % человек не использовали презерватив. Большинство опрошенных ЛЖВ (74,3 %; 95 % ДИ [67,4–80,1]) имели более 10 половых партнеров.

Исследование, проведенное в Санкт-Петербурге в 2010 г., показало, что до половины ВИЧ-инфицированных заключенных не обращаются за лечением после освобождения, а из тех, кто обратился за медицинской помощью, только 36 % получали АРТ [37]. По данным нашего исследования, охват АРТ в условиях пенитенциарной системы составлял 63,1 %, после освобождения – 75,4 %. Считается, что только достижение 95 % охвата АРТ способно остановить распространение инфекции (при условии, что 95 % знают о своем статусе и у 95 % ЛЖВ, получающих АРТ, подавлена вирусная нагрузка до неопределяемого уровня) [38]. Перерывы в приеме АРВП, которые отмечают 77 % респондентов на АРТ, формируют условия для возникновения и распространения штаммов ВИЧ, имеющих мутации лекарственной устойчивости [39].

Выводы. Основным и первичным путем заражения ВИЧ-инфицированных заключенных являлся парентеральный путь, связанный с внутривенным введением наркотиков. В ходе исследования установлено, что шанс внутривенного употребления наркотиков среди ЛЖВ в 13 раз выше, чем в контрольной группе (ОШ = 13,12; 95 % ДИ [6,19–27,82]). Половой путь и парентеральный, связанный с нанесением татуировок, в исследуемой группе ЛЖВ имели второстепенное значение – шанс рискованного полового поведения, связанного с отказом от использования презервативов, среди ЛЖВ всего в 1,5 раза выше, чем в контрольной группе (ОШ = 1,69; 95 % ДИ [1,03–2,77]), при этом шанс у ЛЖВ перенести ИППП оказался в 1,5 раза ниже, чем в группе сравнения (ОШ = 0,66; 95 % ДИ [0,39–1,13]).

ВИЧ-положительные заключенные создают тяжелое бремя ВИЧ-инфекции для основной популяции, формируя потенциал распространения инфекции за счет реализации полового пути передачи: 82,3 % имели половые контакты в первые 6 месяцев после освобождения, при этом более 90 % из них не использовали барьерные средства контрацепции. Частая смена половых партнеров (более 10 половых партнеров в течение жизни у 73,5 % ЛЖВ), инфекции, передающиеся половым путем (у 29,3 % ЛЖВ), также свидетельствуют о высоком риске распространения ВИЧ-инфекции в основной популяции.

Охват ЛЖВ АРТ в исправительных учреждениях и после освобождения не соответствует уровню, способному остановить циркуляцию ВИЧ-инфекции, и составляет в исправительных учреждениях 63,1 %, после освобождения – 75,4 %.

Высокая доля (16,2 %) АРТ-«наивных» пациентов среди лиц, освобождающихся из мест лишения свободы, низкая приверженность бывших заключенных к АРТ, характеризующаяся перерывами в приеме у 3 из 4 пациентов, рискованное поведение, пренебрежение средствами барьерной контрацепции создают условия как для распространения ВИЧ-инфекции среди заключенных, так и для активной передачи ВИЧ в основную популяцию.

Финансирование. Финансирование исследования осуществлялось за счет субсидии на выполнение НИР (рег. номер в ЕГИСУ НИОКТР 121041500042-8) п. 1.2.1 отраслевой программы Роспотребнадзора на 2021–2025 гг. «Научное обеспечение эпидемиологического надзора и санитарной охраны территории Российской Федерации. Создание новых технологий, средств и методов контроля и профилактики инфекционных и паразитарных болезней».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Global View of HIV Prevalence in Prisons: A Systematic Review and Meta-Analysis / M. Sayyah, F. Rahim, G.A. Kayedani, K. Shirbandi, A. Saki-Malehi // *Iran. J. Public Health.* – 2019. – Vol. 48, № 2. – P. 217–226.
2. HIV Prevalence and Correlations in Prisons in Different Regions of the World: A Review Article / R. Golrokhi, B. Farhoudi, L. Taj, F.G. Pahlaviani, E. Mazaheri-Tehrani, A. Cossarizza, S. SeyedAlinaghi, M. Mohraz, F.A. Voltarelli // *Open AIDS J.* – 2018. – Vol. 12. – P. 81–92. DOI: 10.2174/1874613601812010081
3. Global Burden of HIV, Viral Hepatitis, and Tuberculosis in Prisoners and Detainees / K. Dolan, A.L. Wirtz, B. Moazen, M. Ndeffo-mbah, A. Galvani, S.A. Kinner, R. Courtney, M. McKee [et al.] // *The Lancet.* – 2016. – Vol. 388, № 10049. – P. 1089–1102. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)30466-4
4. Обзор информации о деятельности ФСИН России за I полугодие 2021 года [Электронный ресурс] // Федеральная служба исполнения наказаний. – URL: https://fsin.gov.ru/statistics/obzor-informatsii-o-deyatelnosti-fsin-rossii-za-i-polugodie-2021-goda.php?sphrase_id=1507203 (дата обращения: 01.09.2022).
5. The perfect storm: incarceration and the high-risk environment perpetuating transmission of HIV, hepatitis C virus, and tuberculosis in Eastern Europe and Central Asia / F.L. Altice, L. Azbel, J. Stone, E. Brooks-Pollock, P. Smyrnov, S. Dvoriak, F.S. Taxman, N. El-Bassel [et al.] // *The Lancet.* – 2016. – Vol. 388, № 10050. – P. 1228–1248. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)30856-X
6. Инфекционные социально значимые заболевания в местах лишения свободы / Ю.В. Михайлова, О.Б. Нечаева, Е.А. Самарина, Ю.В. Тихонова, И.Б. Шикина // *Здравоохранение Российской Федерации.* – 2017. – Т. 61, № 1. – С. 29–35. DOI: 10.18821/0044-197X-2017-61-1-29-35
7. People who inject drugs in prison: HIV prevalence, transmission and prevention / K. Dolan, B. Moazen, A. Noori, S. Rahimzadeh, F. Farzadfar, F. Hariga // *Int. J. Drug Policy.* – 2015. – Vol. 26, Suppl. 1. – P. S12–S15. DOI: 10.1016/j.drugpo.2014.10.012
8. Chapter 2: The Global Epidemiology of Drug Use in Prison / C. Carpentier, L. Royuela, L. Montanari, P. Davis // In book: *Drug use in prisoners. Epidemiology, implications, and policy responses* / ed. by S.A. Kinner, J.D.J. Rich. – Oxford University Press, 2018. – P. 17–42.
9. Štulhofer A., Jwehan I., AbuRabie R. HIV and HCV prevalence and incarceration-related risks among injecting drug users in three West Bank governorates // *AIDS care.* – 2016. – Vol. 28, № 9. – P. 1159–1165. DOI: 10.1080/09540121.2016.1154132
10. Confronting the HIV, Tuberculosis, Addiction, and Incarceration Syndemic in Southeast Asia: Lessons Learned from Malaysia / G.J. Culbert, V. Pillai, J. Bick, H.A. Al-Darraj, J.A. Wickersham, M.P. Wegman, A.R. Bazazi, E. Ferro [et al.] // *J. Neuroimmune Pharmacol.* – 2016. – Vol. 11, № 3. – P. 446–455. DOI: 10.1007/s11481-016-9676-7
11. Within-prison drug injection among HIV-infected Ukrainian prisoners: prevalence and correlates of an extremely high-risk behaviour / J.M. Izenberg, C. Bachiredy, J.A. Wickersham, M. Soule, T. Kiriazova, S. Dvoriak, F.L. Altice // *Int. J. Drug Policy.* – 2014. – Vol. 25, № 5. – P. 845–852. DOI: 10.1016/j.drugpo.2014.02.010
12. Risk and vulnerability of key populations to HIV infection in Iran; knowledge, attitude and practises of female sex workers, prison inmates and people who inject drugs / R. Khajehkazemi, A. Haghdoost, S. Navadeh, H. Setayesh, L. Sajadi, M. Osooli, E. Mostafavi // *Sex. Health.* – 2014. – Vol. 11, № 6. – P. 568–574. DOI: 10.1071/SH14165
13. The Prison and Transition Health (PATH) Cohort Study: Study Protocol and Baseline Characteristics of a Cohort of Men with a History of Injecting Drug Use Leaving Prison in Australia / A. Kirwan, M. Curtis, P. Dietze, C. Aitken, E. Woods, S. Walker, S. Kinner, J. Ogloff [et al.] // *J. Urban Health.* – 2019. – Vol. 96, № 3. – P. 400–410. DOI: 10.1007/s11524-019-00353-5
14. Łukaszek M. HIV/AIDS – the problem in Polish prisons // *HIV & AIDS Review.* – 2019. – Vol. 18, № 3. – P. 199–206. DOI: 10.5114/hivar.2019.88195
15. Consensual Sex Between Men and Sexual Violence in Australian Prisons / J. Richters, T. Butler, K. Schneider, L. Yap, K. Kirkwood, L. Grant, A. Richards, A.M.A. Smith, B. Donovan // *Arch. Sex. Behavior.* – 2012. – Vol. 41, № 2. – P. 517–524. DOI: 10.1007/s10508-010-9667-3
16. Incarceration, HIV Risk-Related Behaviors, and Partner Characteristics Among Heterosexual Men at Increased Risk of HIV Infection, 20 US Cities / A. Wise, T. Finlayson, C. Sionean, G. Paz-Bailey // *Public Health Rep.* – 2019. – Vol. 134, Suppl. 1. – P. 63S–70S. DOI: 10.1177/0033354919833435
17. Dissolution of Primary Intimate Relationships During Incarceration and Implications for Post-Release HIV Transmission / M.R. Khan, L. Behrend, A.A. Adimora, S.S. Weir, B.L. White, D.A. Wohl // *J. Urban Health.* – 2011. – Vol. 88, № 2. – P. 365–375. DOI: 10.1007/s11524-010-9538-1
18. Fuge T.G., Tsourtos G., Miller E.R. Factors affecting optimal adherence to antiretroviral therapy and viral suppression amongst HIV-infected prisoners in South Ethiopia: a comparative cross-sectional study // *AIDS Res. Ther.* – 2022. – Vol. 19, № 1. – P. 5. DOI: 10.1186/s12981-022-00429-4
19. Fuge T.G., Tsourtos G., Miller E.R. A systematic review and meta-analyses on initiation, adherence and outcomes of antiretroviral therapy in incarcerated people // *PLoS One.* – 2020. – Vol. 15, № 5. – P. e0233355. DOI: 10.1371/journal.pone.0233355

20. A study of barriers to adherence of antiretroviral treatment in prisoners living with HIV in Tehran, Iran / S. Seyedalinalahi, B. Farhoudi, H. Harandi, M. Mahalleh, O. Dadras, A. Alipour, M. Alijani // *Iranian Journal of Health Sciences*. – 2020. – Vol. 8, № 2. – P. 23–31. DOI: 10.18502/jhs.v8i2.4026
21. Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis // *Palaeontologia Electronica*. – 2001. – Vol. 4, № 1. – P. 1–9.
22. Global Systematic Review and Ecological Analysis of HIV in People Who Inject Drugs: National Population Sizes and Factors Associated With HIV Prevalence / S. Larney, J. Leung, J. Grebely, M. Hickman, P. Vickerman, A. Peacock, J. Stone, A. Trickey [et al.] // *Int. J. Drug Policy*. – 2020. – Vol. 77. – P. 102656. DOI: 10.1016/j.drugpo.2019.102656
23. Покровский В.В., Ладная Н.Н., Соколова Е.В. ВИЧ-инфекция. Информационный бюллетень. – М.: ФНМЦ ПБ СПИД, 2021. – 83 с.
24. Теохаров А.К. Факторы, влияющие на ВИЧ-обстановку в исправительных учреждениях // *Виктимология*. – 2018. – № 1 (15). – С. 76–85.
25. Prevalence of Drug Injection, Sexual Activity, Tattooing, and Piercing Among Prison Inmates / B. Moazen, S. Saeedi Moghaddam, M.A. Silbernagl, M. Lotfizadeh, R.J. Bosworth, Z. Alammehjerdi, S.A. Kinner, A.L. Wirtz [et al.] // *Epidemiologic Reviews*. – 2018. – Vol. 40, № 1. – P. 58–69. DOI: 10.1093/epirev/mxy002
26. Self-reported Injection Practices Among People Who Use Drugs in French Prisons: Public Health Implications (ANRS-Coquelicot Survey 2011–2013) / L. Michel, P. Trouiller, A. Chollet, M. Molinier, L. Duchesne, M. Jauffret-Roustide, ANRS-Coquelicot Study Group // *Drug Alcohol Rev.* – 2018. – Vol. 37, Suppl. 1. – P. S268–S276. DOI: 10.1111/dar.12620
27. Risk Behaviour and Risk Factors for HIV and other STI Among Prisoners in Serbia / M. Krstić, I. Ivanović, M. Vasić, M.Z. Sulovic // *Sexually Transmitted Infections*. – 2013. – Vol. 89, Suppl. 1. – P. A287.1–A287. DOI: 10.1136/sextrans-2013-051184.0893
28. Hepatitis C Virus and Associated Risk Factors Among Prison Inmates with History of Drug Injection in Isfahan, Iran / N. Kassaian, P. Adibi, A. Kafashaian, M. Yaran, Z. Nokhodian, P. Shoaie, R. Hassannjead, A. Babak, B. Ataei // *Int. J. Prev. Med.* – 2012. – Vol. 3, Suppl. 1. – P. S156–S161.
29. Within-prison Drug Injection Among HIV-Infected Male Prisoners in Indonesia: A Highly Constrained Choice / G.J. Culbert, A. Waluyo, M. Iriyanti, A.P. Muchransyah, A. Kamarulzaman, F.L. Altice // *Drug Alcohol Depend.* – 2015. – Vol. 149. – P. 71–79. DOI: 10.1016/j.drugalcdep.2015.01.018
30. The Harm Inside: Injection During Incarceration Among Male Injection Drug Users in Tijuana, Mexico / R.A. Pollini, J. Alvelais, M. Gallardo, A. Vera, R. Lozada, C. Magis-Rodriguez, S.A. Strathdee // *Drug Alcohol Depend.* – 2009. – Vol. 103, № 1–2. – P. 52–58. DOI: 10.1016/j.drugalcdep.2009.03.005
31. Wright N.M.J., Tompkins C.N.E., Farragher T.M. Injecting Drug Use in Prison: Prevalence and Implications for Needle Exchange Policy // *Int. J. Prison. Health*. – 2015. – Vol. 11, № 1. – P. 17–29. DOI: 10.1108/IJPH-09-2014-0032
32. An Exploratory Study of Mental Health and HIV Risk Behavior Among Drug-Using Rural Women in Jail / M. Staton-Tindall, K.L.H. Harp, A. Minieri, C. Oser, J.M. Webster, J. Havens, C. Leukefeld // *Psychiatr. Rehabil. J.* – 2015. – Vol. 38, № 1. – P. 45–54. DOI: 10.1037/prj0000107
33. Safety and Effectiveness of a Nurse-Led Outreach Program for Assessment and Treatment of Chronic Hepatitis C in the Custodial Setting / A.R. Lloyd, J. Clegg, J. Lange, A. Stevenson, J.J. Post, D. Lloyd, G. Rudge, L. Boonwaat [et al.] // *Clin. Infect. Dis.* – 2013. – Vol. 56, № 8. – P. 1078–1084. DOI: 10.1093/cid/cis1202
34. Intersecting Epidemics of HIV, HCV, and Syphilis Among Soon-To-Be Released Prisoners in Kyrgyzstan: Implications for Prevention and Treatment / L. Azbel, M. Polonsky, M. Wegman, N. Shumskaya, A. Kurmanalieva, A. Asanov, J.A. Wickersham, S. Dvoriak, F.L. Altice // *Int. J. Drug Policy*. – 2016. – Vol. 37. – P. 9–20. DOI: 10.1016/j.drugpo.2016.06.007
35. Fernandes de Oliveira Santos B., Oliveira de Santana N., Collado Franca A.V. Prevalence, Genotypes and Factors Associated with HCV Infection Among Prisoners in Northeastern Brazil // *World J. Gastroenterol.* – 2011. – Vol. 17, № 25. – P. 3027–3034. DOI: 10.3748/wjg.v17.i25.3027
36. Modeling the Community-Level Effects of Male Incarceration on the Sexual Partnerships of Men and Women / A.K. Knittel, R.C. Snow, R.L. Riolo, D.M. Griffith, J. Morenoff // *Soc. Sci. Med.* – 2015. – Vol. 147. – P. 270–279. DOI: 10.1016/j.socscimed.2015.11.005
37. HIV-care Access Among People with Incarceration Experience in St. Petersburg, Russia / M.S. Ruiz, R. Heimer, O.S. Levina, N.V. Badosova, V.V. Rassokhin, A.N. Belyakov, N.A. Belyakov // *Eur. J. Public Health*. – 2018. – Vol. 28, № 1. – P. 145–149. DOI: 10.1093/eurpub/ckx122
38. End inequalities. End AIDS. Global AIDS Strategy 2021–2026 // UNAIDS. – Geneva: World Health Organization, 2021. – 164 p.
39. Intermittent HIV-1 Viremia (Blips) and Drug Resistance in Patients Receiving HAART / R.E. Nettles, T.L. Kieffer, P. Kwon, D. Monie, Y. Han, T. Parsons, J. Cofrancesco, J.E. Gallant [et al.] // *JAMA*. – 2005. – Vol. 293, № 7. – P. 817–829. DOI: 10.1001/jama.293.7.817

Ключевые факторы риска заражения для особо уязвимых в отношении ВИЧ-инфекции групп населения / М.В. Питерский, А.В. Семенов, Ю.А. Захарова, О.Я. Яранцева, О.А. Ходаков, В.И. Евсеева, М.О. Грейсман // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 4. – С. 104–115. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.10

UDC 614.8.026.1

DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.10.eng

Read
online



Research article

KEY RISK FACTORS FOR POPULATIONS ESPECIALLY VULNERABLE TO HIV INFECTION

**M.V. Piterskiy¹, A.V. Semenov¹, Yu.A. Zakharova³, O.Y. Yarantseva¹,
O.A. Khodakov¹, V.I. Evseeva², M.O. Greisman²**

¹Federal Scientific Research Institute of Viral Infections 'Virome', 23 Letnyaya St., Ekaterinburg, 620030, Russian Federation

²'New Life' Regional public fund for assistance to various categories of the population of the Sverdlovsk region, 104 Sel'korovskaya St., Ekaterinburg, 620103, Russian Federation

³F.F. Erisman's Federal Scientific Centre of Hygiene, 18 Nauchnyi proezd, Moscow, 117246, Russian Federation

Since 2012, no data can be found on any scientific research accomplished in correction facilities of the Russian Federal Penitentiary Service with its aim being to identify HIV risk factors and adherence to antiretroviral therapy (ART) among prisoners. In correction facilities of the Sverdlovsk oblast, each fifth prisoner is HIV-positive and in future this means a grave HIV burden for the regional population. Between 2020 and 2022, an anonymous survey was accomplished within an observational analytical cross-sectional study. Overall, 302 men participated in it; they were all former prisoners who applied for aid to a socially-oriented nonprofit organization during their social adaptation.

Injection drug use (IDU) was established to be the basic factor able to cause HIV in the analyzed group. Among HIV-positive respondents, 94.3 % had such experience prior to and during their service; among other prisoners, 55.6 % reported IDU ($p < 0.001$). Twenty-eight point nine percent of prisoners continued to use narcotics in prison. According to the survey results, 87.9 % of HIV-positive men only 'sometimes' used barrier protection during sexual intercourse or didn't use it at all. Seventy-three point five percent of them had more than 10 sexual partners during their lifetime and 29.3 % had sexually transmitted diseases in their case history. It is noteworthy that 82.9 % of the HIV-positive respondents had sexual contacts already during the first six months after being released from prison.

The study established a growing share of people who got antiretroviral therapy (ART) after release from the penitentiary system, from 63.1 % to 75.4 %; however, only 33.0 % of the patients who received ART were able to confirm they had never stopped doing it. Therefore, we have detected a high risk HIV spread among prisoners during their service with subsequent active HIV transmission into the general population.

Keywords: HIV, injection drug users, prison, prisoners, risky behavior, risk factors, correction facilities, antiretroviral therapy, especially vulnerable population groups.

References

1. Sayyah M., Rahim F., Kayedani G.A., Shirbandi K., Saki-Malehi A. Global View of HIV Prevalence in Prisons: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Iran. J. Public Health*, 2019, vol. 48, no. 2, pp. 217–226.
2. Golrokhi R., Farhoudi B., Taj L., Pahlaviani F.G., Mazaheri-Tehrani E., Cossarizza A., SeyedAlinaghi S., Mohraz M., Voltarelli F.A. HIV Prevalence and Correlations in Prisons in Different Regions of the World: A Review Article. *Open AIDS J.*, 2018, vol. 12, pp. 81–92. DOI: 10.2174/1874613601812010081

© Piterskiy M.V., Semenov A.V., Zakharova Yu.A., Yarantseva O.Y., Khodakov O.A., Evseeva V.I., Greisman M.O., 2023
Mikhail V. Piterskiy – Researcher of the Ural District Center for the Prevention and Control of AIDS (e-mail: piter-skiy_mv@niivirom.ru; tel.: +7 (904) 980-64-36; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5506-2389>).

Aleksandr V. Semenov – Doctor of Biological Sciences, Director (e-mail: semenov_av@niivirom.ru; tel.: +7 (343) 261-99-47; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3223-8219>).

Yuliya A. Zakharova – Doctor of Medical Sciences, Deputy Director of the Institute of Disinfectology (e-mail: z.y.alexandrovna@mail.ru; tel.: +7 (495) 582-92-40; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3416-0902>).

Oksana Ya. Yarantseva – epidemiologist at the Department of Epidemiological Surveillance of HIV Infection of the Ural District Center for the Prevention and Control of AIDS (e-mail: yaranceva_oy@niivirom.ru; tel.: +7 (343) 261-99-47; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7398-2963>).

Oleg A. Khodakov – Junior Researcher of the Ural District Center for the Prevention and Control of AIDS (e-mail: hodakov_oa@niivirom.ru; tel.: +7 (343) 261-99-47; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1493-6080>).

Vera I. Evseeva – Director (e-mail: novaja.zhizn@mail.ru; tel.: +7 (922) 022-76-88; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1360-9283>).

Mariya O. Greisman – fundraiser (e-mail: novaja.zhizn@mail.ru; tel.: +7 (922) 219-60-95; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5153-3948>).

3. Dolan K., Wirtz A.L., Moazen B., Ndeffo-mbah M., Galvani A., Kinner S.A., Courtney R., McKee M. [et al.]. Global Burden of HIV, Viral Hepatitis, and Tuberculosis in Prisoners and Detainees. *The Lancet*, 2016, vol. 388, no. 10049, pp. 1089–1102. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)30466-4
4. Obzor informatsii o deyatelnosti FSIN Rossii za I polugodie 2021 goda [Review of information on the activities of the Federal Penitentiary Service of Russia over the first half of 2021]. *Federal Penitentiary Service of Russia*. Available at: https://fsin.gov.ru/statistics/obzor-informatsii-o-deyatelnosti-fsin-rossii-za-i-polugodie-2021-goda.php?sphrase_id=1507203 (September 1, 2022) (in Russian).
5. Altice F.L., Azbel L., Stone J., Brooks-Pollock E., Smyrnov P., Dvoriak S., Taxman F.S., El-Bassel N. [et al.]. The perfect storm: incarceration and the high-risk environment perpetuating transmission of HIV, hepatitis C virus, and tuberculosis in Eastern Europe and Central Asia. *The Lancet*, 2016, vol. 388, no. 10050, pp. 1228–1248. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)30856-X
6. Mikhaylova Yu.V., Nechaeva O.B., Samarina E.A., Tikhonova Yu.V., Shikina I.B. The infectious socially significant diseases in places of imprisonment. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*, 2017, vol. 61, no. 1, pp. 29–35. DOI: 10.18821/0044-197X-2017-61-1-29-35 (in Russian).
7. Dolan K., Moazen B., Noori A., Rahimzadeh S., Farzadfar F., Hariga F. People who inject drugs in prison: HIV prevalence, transmission and prevention. *Int. J. Drug Policy*, 2015, vol. 26, suppl. 1, pp. S12–S15. DOI: 10.1016/j.drugpo.2014.10.012
8. Carpentier C., Royuela L., Montanari L., Davis P. Chapter 2: The Global Epidemiology of Drug Use in Prison. In book: *Drug use in prisoners. Epidemiology, implications, and policy responses*. In: S.A. Kinner, J.D.J. Rich eds. Oxford University Press, 2018, pp. 17–42.
9. Štulhofer A., Jwehan I., AbuRabie R. HIV and HCV prevalence and incarceration-related risks among injecting drug users in three West Bank governorates. *AIDS Care*, 2016, vol. 28, no. 9, pp. 1159–1165. DOI: 10.1080/09540121.2016.1154132
10. Culbert G.J., Pillai V., Bick J., Al-Darraj H.A., Wickersham J.A., Wegman M.P., Bazazi A.R., Ferro E. [et al.]. Confronting the HIV, Tuberculosis, Addiction, and Incarceration Syndemic in Southeast Asia: Lessons Learned from Malaysia. *J. Neuroimmune Pharmacol.*, 2016, vol. 11, no. 3, pp. 446–455. DOI: 10.1007/s11481-016-9676-7
11. Izenberg J.M., Bachireddy C., Wickersham J.A., Soule M., Kiriazova T., Dvoriak S., Altice F.L. Within-prison drug injection among HIV-infected Ukrainian prisoners: prevalence and correlates of an extremely high-risk behavior. *Int. J. Drug Policy*, 2014, vol. 25, no. 5, pp. 845–852. DOI: 10.1016/j.drugpo.2014.02.010
12. Khajehkazemi R., Haghdoust A., Navadeh S., Setayesh H., Sajadi L., Osooli M., Mostafavi E. Risk and vulnerability of key populations to HIV infection in Iran; knowledge, attitude and practises of female sex workers, prison inmates and people who inject drugs. *Sex. Health*, 2014, vol. 11, no. 6, pp. 568–574. DOI: 10.1071/SH14165
13. Kirwan A., Curtis M., Dietze P., Aitken C., Woods E., Walker S., Kinner S., Ogloff J. [et al.]. The Prison and Transition Health (PATH) Cohort Study: Study Protocol and Baseline Characteristics of a Cohort of Men with a History of Injecting Drug Use Leaving Prison in Australia. *J. Urban Health*, 2019, vol. 96, no. 3, pp. 400–410. DOI: 10.1007/s11524-019-00353-5
14. Łukaszek M. HIV/AIDS – the problem in Polish prisons. *HIV & AIDS Review*, 2019, vol. 18, no. 3, pp. 199–206. DOI: 10.5114/hivar.2019.88195
15. Richters J., Butler T., Schneider K., Yap L., Kirkwood K., Grant L., Richards A., Smith A.M.A., Donovan B. Consensual Sex Between Men and Sexual Violence in Australian Prisons. *Arch. Sex. Behavior*, 2012, vol. 41, no. 2, pp. 517–524. DOI: 10.1007/s10508-010-9667-3
16. Wise A., Finlayson T., Sionean C., Paz-Bailey G. Incarceration, HIV Risk-Related Behaviors, and Partner Characteristics Among Heterosexual Men at Increased Risk of HIV Infection, 20 US Cities. *Public Health Rep.*, 2019, vol. 134, suppl. 1, pp. 63S–70S. DOI: 10.1177/0033354919833435
17. Khan M.R., Behrend L., Adimora A.A., Weir S.S., White B.L., Wohl D.A. Dissolution of Primary Intimate Relationships During Incarceration and Implications for Post-Release HIV Transmission. *J. Urban Health*, 2011, vol. 88, no. 2, pp. 365–375. DOI: 10.1007/s11524-010-9538-1
18. Fuge T.G., Tsourtos G., Miller E.R. Factors affecting optimal adherence to antiretroviral therapy and viral suppression amongst HIV-infected prisoners in South Ethiopia: a comparative cross-sectional study. *AIDS Res. Ther.*, 2022, vol. 19, no. 1, pp. 5. DOI: 10.1186/s12981-022-00429-4
19. Fuge T.G., Tsourtos G., Miller E.R. A systematic review and meta-analyses on initiation, adherence and outcomes of antiretroviral therapy in incarcerated people. *PLoS One*, 2020, vol. 15, no. 5, pp. e0233355. DOI: 10.1371/journal.pone.0233355
20. Seyedalinaghi S., Farhoudi B., Harandi H., Mahalleh M., Dadras O., Alipour A., Alijani M. A study of barriers to adherence of antiretroviral treatment in prisoners living with HIV in Tehran, Iran. *Iranian Journal of Health Sciences*, 2020, vol. 8, no. 2, pp. 23–31. DOI: 10.18502/jhs.v8i2.4026
21. Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 2001, vol. 4, no. 1, pp. 1–9.
22. Larney S., Leung J., Grebely J., Hickman M., Vickerman P., Peacock A., Stone J., Trickey A. [et al.]. Global Systematic Review and Ecological Analysis of HIV in People Who Inject Drugs: National Population Sizes and Factors Associated With HIV Prevalence. *Int. J. Drug Policy*, 2020, vol. 77, pp. 102656. DOI: 10.1016/j.drugpo.2019.102656
23. Pokrovskii V.V., Ladnaya N.N., Sokolova E.V. VICH-infektsiya. Informatsionnyi byulleten' [HIV infection. News bulletin]. Moscow, FNMTs PB SPID Publ., 2021, 83 p. (in Russian).
24. Teokharov A.K. Factors influencing HIV situation in correctional institutions. *Viktimologiya*, 2018, no. 1 (15), pp. 76–85 (in Russian).
25. Moazen B., Saeedi Moghaddam S., Silbernagl M.A., Lotfizadeh M., Bosworth R.J., Alammehrjerdi Z., Kinner S.A., Wirtz A.L. [et al.]. Prevalence of Drug Injection, Sexual Activity, Tattooing, and Piercing Among Prison Inmates. *Epidemiologic Reviews*, 2018, vol. 40, no. 1, pp. 58–69. DOI: 10.1093/epirev/mxy002
26. Michel L., Trouiller P., Chollet A., Molinier M., Duchesne L., Jauffret-Roustide M., ANRS-Coquelicot Study Group. Self-reported Injection Practices Among People Who Use Drugs in French Prisons: Public Health Implications (ANRS-Coquelicot Survey 2011–2013). *Drug Alcohol Rev.*, 2018, vol. 37, suppl. 1, pp. S268–S276. DOI: 10.1111/dar.12620

27. Krstić M., Ivanović I., Vasić M., Sulovic M.Z. Risk Behaviour and Risk Factors for HIV and other STI Among Prisoners in Serbia. *Sexually Transmitted Infections*, 2013, vol. 89, suppl. 1, pp. A287.1–A287. DOI: 10.1136/sextrans-2013-051184.0893
28. Kassaian N., Adibi P., Kafashaian A., Yaran M., Nokhodian Z., Shoaie P., Hassannjead R., Babak A., Ataei B. Hepatitis C Virus and Associated Risk Factors Among Prison Inmates with History of Drug Injection in Isfahan, Iran. *Int. J. Prev. Med.*, 2012, vol. 3, suppl. 1, pp. S156–S161.
29. Culbert G.J., Waluyo A., Iriyanti M., Muchransyah A.P., Kamarulzaman A., Altice F.L. Within-prison Drug Injection Among HIV-Infected Male Prisoners in Indonesia: A Highly Constrained Choice. *Drug Alcohol Depend.*, 2015, vol. 149, pp. 71–79. DOI: 10.1016/j.drugalcdep.2015.01.018
30. Pollini R.A., Alvelais J., Gallardo M., Vera A., Lozada R., Magis-Rodriguez C., Strathdee S.A. The Harm Inside: Injection During Incarceration Among Male Injection Drug Users in Tijuana, Mexico. *Drug Alcohol Depend.*, 2009, vol. 103, no. 1–2, pp. 52–58. DOI: 10.1016/j.drugalcdep.2009.03.005
31. Wright N.M.J., Tompkins C.N.E., Farragher T.M. Injecting Drug Use in Prison: Prevalence and Implications for Needle Exchange Policy. *Int. J. Prison. Health*, 2015, vol. 11, no. 1, pp. 17–29. DOI: 10.1108/IJPH-09-2014-0032
32. Staton-Tindall M., Harp K.L.H., Minieri A., Oser C., Webster J.M., Havens J., Leukefeld C. An Exploratory Study of Mental Health and HIV Risk Behavior Among Drug-Using Rural Women in Jail. *Psychiatr. Rehabil. J.*, 2015, vol. 38, no. 1, pp. 45–54. DOI: 10.1037/prj0000107
33. Lloyd A.R., Clegg J., Lange J., Stevenson A., Post J.J., Lloyd D., Rudge G., Boonwaat L. [et al.]. Safety and Effectiveness of a Nurse-Led Outreach Program for Assessment and Treatment of Chronic Hepatitis C in the Custodial Setting. *Clin. Infect. Dis.*, 2013, vol. 56, no. 8, pp. 1078–1084. DOI: 10.1093/cid/cis1202
34. Azbel L., Polonsky M., Wegman M., Shumskaya N., Kurmanalieva A., Asanov A., Wickersham J.A., Dvoriak S., Altice F.L. Intersecting Epidemics of HIV, HCV, and Syphilis Among Soon-To-Be Released Prisoners in Kyrgyzstan: Implications for Prevention and Treatment. *Int. J. Drug Policy*, 2016, vol. 37, pp. 9–20. DOI: 10.1016/j.drugpo.2016.06.007
35. Fernandes de Oliveira Santos B., Oliveira de Santana N., Collado Franca A.V. Prevalence, Genotypes and Factors Associated with HCV Infection Among Prisoners in Northeastern Brazil. *World J. Gastroenterol.*, 2011, vol. 17, no. 25, pp. 3027–3034. DOI: 10.3748/wjg.v17.i25.3027
36. Knittel A.K., Snow R.C., Riolo R.L., Griffith D.M., Morenoff J. Modeling the Community-Level Effects of Male Incarceration on the Sexual Partnerships of Men and Women. *Soc. Sci. Med.*, 2015, vol. 147, pp. 270–279. DOI: 10.1016/j.socscimed.2015.11.005
37. Ruiz M.S., Heimer R., Levina O.S., Badosova N.V., Rassokhin V.V., Belyakov A.N., Belyakov N.A. HIV-care Access Among People with Incarceration Experience in St. Petersburg, Russia. *Eur. J. Public Health*, 2018, vol. 28, no. 1, pp. 145–149. DOI: 10.1093/eurpub/ckx122
38. End inequalities. End AIDS. Global AIDS Strategy 2021–2026. *UNAIDS*. Geneva, WHO, 2021, 164 p.
39. Nettles R.E., Kieffer T.L., Kwon P., Monie D., Han Y., Parsons T., Cofrancesco J., Gallant J.E. [et al.]. Intermittent HIV-1 Viremia (Blips) and Drug Resistance in Patients Receiving HAART. *JAMA*, 2005, vol. 293, no. 7, pp. 817–829. DOI: 10.1001/jama.293.7.817

Piterskiy M.V., Semenov A.V., Zakharova Yu.A., Yarantseva O.Y., Khodakov O.A., Evseeva V.I., Greisman M.O. Key risk factors for populations especially vulnerable to HIV infection. *Health Risk Analysis*, 2023, no. 4, pp. 104–115. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.10.eng

Получена: 04.07.2023

Одобрена: 20.10.2023

Принята к публикации: 20.12.2023



Научная статья

СОСТОЯНИЕ ИММУННОГО ОТВЕТА И ФОРМИРОВАНИЕ НОСИТЕЛЬСТВА *STREPTOCOCCUS PNEUMONIAE* КАК ФАКТОРЫ РИСКА ЗДОРОВЬЮ РАБОТНИКОВ КОКСОХИМИЧЕСКОГО И КОНВЕРТЕРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Т.В. Бушуева¹, Е.П. Карпова¹, Н.А. Рослая², В.Б. Гурвич¹, А.К. Лабзова¹, Ю.В. Грибова¹

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

²Уральский государственный медицинский университет, Российская Федерация, 620028, г. Екатеринбург, ул. Репина, 3

Вредные производственные факторы влияют на иммунологическую реактивность и повышают риск инфицирования респираторными патогенами.

Цель работы – изучить механизмы и причины формирования носительства стрептококков, имеющих генетические детерминанты устойчивости к антибиотикам, как фактора риска нарушения здоровья работников коксохимического и конвертерного производства.

*Обследовано 136 работников предприятия черной металлургии. Проведен сравнительный анализ распространенности носительства *Streptococcus pneumoniae*, *Streptococcus spp.*, генов резистентности к макролидам (*Mef*, *ErmB*) у работников конвертерного цеха и коксохимического производства. Сопоставлены результаты иммунологического обследования у работников с + *Streptococcus pneumoniae* и с - *Streptococcus pneumoniae*. Группа сравнения – работники ИТР.*

*Установлено, что по сравнению с контрольной группой у работников коксохимического производства и конвертерного цеха *S. pneumoniae* выделяется чаще ($p < 0,05$), бактериальная нагрузка *Streptococcus spp.* достоверно выше. Нагрузка геном *Mef* выше по сравнению с контролем у работников конвертерного цеха, в том числе у обследованных с + *Streptococcus pneumoniae* ($p < 0,05$). Выявлено изменение иммунологической реактивности у работников с + *Streptococcus pneumoniae* по сравнению с контролем: у работников конвертерного цеха снижено абсолютное количество зрелых Т-лимфоцитов (CD3+), Т-хелперов (CD4+), Т-супрессоров / цитотоксических (CD8+), $p \leq 0,05$; в гуморальном звене: снижено относительное и абсолютное количество В-лимфоцитов (CD19+) и уровень IgM, повышен IgG, $p \leq 0,05$. Снижена бактерицидная активность нейтрофилов по показателю НСТ, $p \leq 0,05$. У работников коксохимического цеха с + *Streptococcus pneumoniae*, по сравнению с контролем и референсным значением, достоверно повышен уровень IgG.*

*Таким образом, носительство пневмококка как фактор риска здоровью работников конвертерного цеха сопровождается изменением иммунологической реактивности и более высокой нагрузкой геном *Mef* по сравнению с контролем, у работников коксохимического производства с + *Streptococcus pneumoniae* отличия выявлены только по уровню IgG.*

Ключевые слова: иммунитет, черная металлургия, промышленные аэрозоли, *Streptococcus pneumoniae*, пневмококковая инфекция, гены резистентности к антибиотикам, иммунный статус, бактерицидная активность.

© Бушуева Т.В., Карпова Е.П., Рослая Н.А., Гурвич В.Б., Лабзова А.К., Грибова Ю.В., 2023

Бушуева Татьяна Викторовна – кандидат медицинских наук, заведующий НПО Лабораторно-диагностических технологий (e-mail: bushueva@ymrc.ru; тел.: 8 (343) 253-14-58; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5872-2001>).

Карпова Елизавета Павловна – младший научный сотрудник НПО Лабораторно-диагностических технологий (e-mail: karповаer@ymrc.ru; тел.: 8 (343) 253-14-58; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0125-0063>).

Рослая Наталья Алексеевна – доктор медицинских наук, доцент кафедры общественного здоровья и здравоохранения (e-mail: naroslava@gmail.com; тел.: 8 (343) 214-86-61; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9076-9742>).

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>).

Лабзова Алла Константиновна – научный сотрудник НПО Лабораторно-диагностических технологий (e-mail: labzovaak@ymrc.ru; тел.: 8 (343) 253-14-58; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8517-2607>).

Грибова Юлия Витальевна – врач клинической лабораторной диагностики НПО Лабораторно-диагностических технологий (e-mail: gribova@ymrc.ru; тел.: 8 (343) 253-14-58; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1159-6527>).

В течение нескольких десятилетий много внимания уделяется изучению механизмов развития патологии иммунной системы при воздействии факторов производственной среды. Изменения в иммунной системе могут проявляться в виде аллергии, иммуносупрессии или аутоиммунитета [1–3]. Аэрополлютанты так же, как и микроорганизмы через Toll-рецепторы, активируют клетки врожденного иммунитета, которые вырабатывают цитокины, в том числе факторы хемотаксиса. Макрофаги, дендритные клетки, нейтрофилы мигрируют в лимфатические узлы и ткани, где подключаются клетки адаптивного иммунитета, с последующим развитием иммунологических реакций, направленных против антигенов химического или биологического происхождения [4, 5]. *Streptococcus spp.* локализуются на слизистой оболочке органов дыхания, полости рта, в кишечнике. Работники с ослабленной иммунной системой, у которых обнаружено бессимптомное носительство, могут стать источником распространения антибиотикорезистентных микроорганизмов. Антибиотикорезистентность является глобальной проблемой здравоохранения разных стран. Значительный вклад в распространение вносят антропогенные химические стрессы, которые связаны с экспозицией к металлам, углеводородам, органическим соединениям [6]. Многие микроорганизмы способны модифицировать антибиотики и мишени для них, снижать внутриклеточное накопление, изменяя проницаемость мембран и увеличивая активность оттока [6–9]. В настоящее время продолжает активно накапливаться информация об антропогенных факторах риска распространения антибиотикорезистентности, поэтому остается актуальным изучение влияния промышленных аэрозолей разного состава на механизмы и причины формирования носительства стрептококков, имеющих генетические детерминанты устойчивости к антибиотикам.

Цель работы – изучить механизмы и причины формирования носительства стрептококков, имеющих генетические детерминанты устойчивости к антибиотикам, как фактора риска нарушения здоровья работников коксохимического и конвертерного производств.

Материалы и методы. Проведено иммунологическое обследование 136 работников предприятия черной металлургии. Из них – 44 работника конвертерного цеха, 40 – коксохимического производства (коксовый цех и смолоспеккоксовый цех). Контрольная группа – 52 инженерно-технических работника (ИТР) (отдел обеспечения сбыта, закупок и материального обеспечения, отдел аналитики и внешней логистики). Обследованы работники мужского пола. Группы сопоставимы по возрасту и стажу. Средний возраст работников конвертерного цеха составляет $42,1 \pm 1,06$ г., средний стаж – $17,6 \pm 1,1$ г., коксохимического производства – возраст – $45,2 \pm 1,13$ г., стаж – $18,7 \pm 1,45$ г., контрольной

группы – возраст – $43,6 \pm 1,29$ г., средний стаж – $18,1 \pm 1,45$ г.

В составе аэрозолей в конвертерном цехе находятся преимущественно неорганические соединения (железо, оксид ванадия (V), марганец), в коксохимическом цехе преобладают органические загрязнители (ароматические углеводороды, альдегиды), уровень которых превышает предельно-допустимые концентрации в 2,5–3 раза. Условия труда обследованных работников относятся к вредным и соответствуют классу условий труда 3.1–3.2. Реакция иммунной системы при контакте с промышленными аэрозолями, содержащими металлы, может характеризоваться развитием сенсибилизации, иммуносупрессией или аутоиммунизацией, что, как правило, связано с риском развития повышенной восприимчивости к инфекционным антигенам. И хотя механизм повреждения органов иммунной системы органическими веществами изучен недостаточно, в многочисленных экспериментальных работах показано формирование иммуносупрессии с вовлечением Т-клеточного звена. Дополнительным фактором риска формирования бактериального носительства, вероятно, являются повреждение эпителия и развитие воспаления на слизистой оболочке верхних дыхательных путей, формирующегося в результате окислительного стресса. Работники, включенные в контрольную группу, не подвергались воздействию промышленных аэрозолей.

Выявление ДНК *Streptococcus pneumoniae*, *Streptococcus spp.* и генов резистентности стрептококков к антибиотикам проводили методом полимеразной цепной реакции в режиме реального времени на амплификаторе Rotor-Gene Q (QIAGEN, Германия) с использованием тест-системы ООО Литех, Россия. Определяли наличие генов *Mef* (детерминанта резистентности к макролидам: эритромицину, азитромицину, кларитромицину и рокситромицину) и *ErmB*, появление которого приводит к формированию фенотипической устойчивости к кларитромицину, азитромицину, клиндамицину, эритромицину. Для этого брали мазки со слизистой оболочки зева с применением стерильного тупфера. Мазки хранились при температуре $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в транспортном растворе до момента выделения ДНК. Выделение проводили с помощью набора «НК-сорбент» (ООО Литех, Россия) в соответствии с инструкцией производителя. Для сравнения бактериальной нагрузки применяли показатель *St*, который соответствует циклу репликации, в котором кривая амплификации пересекает пороговое значение. Это позволяет делать вывод об относительном количестве исследуемого гена в образце – чем ниже величина *St*, тем больше количество ДНК исследуемого гена в пробе.

Иммунологическое обследование включало определение клеточного звена иммунитета методом проточной цитометрии, иммуноглобулинов А, М, G – методом иммуноферментного анализа и бактерицидной активности нейтрофилов – по показателю НСТ-тест.

Статистическая обработка результатов проведена с применением программного пакета STATISTICA, версия 10.0. Использованы методы описательной статистики, сравнение между группами проводили с применением критерия Манна – Уитни, непараметрический дисперсионный анализ – с применением критерия Краскелла – Уоллиса. Различия считали значимыми при $p \leq 0,05$.

Все обследованные работники подписывали добровольное информированное согласие на обследование и обработку персональных данных.

Представленное исследование имеет некоторые ограничения, связанные с небольшой выборкой, в которой проводили анализ распространенности носительства *Streptococcus pneumoniae*. Несмотря на эпидемиологические особенности микроорганизма, частота носительства которого в популяции взрослого населения составляет 5–10 %, изучение распространенности среди работающего населения представляет определенный интерес, являясь этапом развития инвазивных и неинвазивных пневмококковых заболеваний.

Результаты и их обсуждение. Из 136 обследованных работников *Streptococcus pneumoniae* был выявлен у 10 % (14), из них 29 % (4) – работники конвертерного цеха, 64 % (9) – работники коксохимического производства, 7 % (1) – контрольная группа. При сравнении с контролем пневмококк чаще выявлялся у рабочих конвертерного цеха и коксохимического производства, $p < 0,05$. Количество носителей *Streptococcus spp.* в группах не различалось (табл. 1).

Выявлено, что значение Ct *Streptococcus spp.* при сравнении с контролем у обследованных рабочих ниже ($16,5 \pm 1,7$ – в конвертерном цехе, $17,2 \pm 2,5$ – в коксохимическом, $23,9 \pm 3,9$ – в контроле; $p < 0,05$), что говорит о большей бактериальной нагрузке. Значение Ct *Streptococcus pneumoniae* у работников конвертерного цеха ниже, чем в контроле ($20,9 \pm 4,03$ против $24,43 \pm 6,86$, $p \leq 0,05$), что также отражает большую бактериальную нагрузку. Повышение респираторной инфекционной заболеваемости при воздействии ароматических углеводов было показано ранее М. Låg, 2020 [10]. Патогенез связывают с целым комплексом реакций, которые запускаются ароматическими углеводородами: во-первых, через активацию арильного углеводородного рецептора изменяется метаболизм в эпителиальных клетках, во-вторых, непосредственно повреждается эпителиальный барьер из-за нарушения плотных межклеточных и щелевых контактов [11]. Металлы (цинк, медь, кобальт, марганец, мышьяк, медь) как в ионной форме, так и в виде наночастиц, и полициклические углеводороды активируют адаптационные механизмы стрептококков, которые связаны со способностью перекачивать глутатион из организма человека, для защиты от оксидативного стресса и, как следствие, усиления экспрессии факторов вирулентности [12]. Кроме этого, микроорганизмы путем мутации или горизонтального переноса приобретают генетическую устойчивость к хими-

ческим загрязнителям, что является тревожным предвестником распространения бактерий с двойной устойчивостью: к металлам и антибиотикам. Так в многочисленных исследованиях установлено, что загрязнение металлами в естественной среде может играть важную роль в появлении и поддержании генов устойчивости к антибиотикам у бактерий [12]. Была изучена распространенность двух типов генов: Mef, который кодирует способность к быстрому выведению антибиотиков и металлов из микроорганизма, и ErmB, который кодирует 23S рРНК-метилазу, участвующую в модификации области связывания антибиотика с мишенью [13]. В нашем исследовании ген Mef выявлен у 97 % (133) обследованных. Из них 33 % (44) – работники конвертерного цеха, 30 % (40) – коксохимического производства, 37 % (49) – контрольная группа. Ген ErmB обнаружен у 76 % (103) обследованных. Из них 34 % (35) – работники конвертерного цеха, 34 % (35) – коксохимического производства, 32 % (33) – контрольная группа. Появление у стрептококков такого гена приводит к развитию высокого уровня устойчивости к макролидам, линкозамидам и стрептограмину В (MSLB-фенотип) [14, 15].

Меньшее значение Ct гена Mef, полученное у работников конвертерного цеха с + *Streptococcus pneumoniae*, свидетельствует о более высокой генетической нагрузке (табл. 2). Вероятно, как мы показывали выше, металлсодержащие аэрозоли через генетический аппарат пневмококков повышают эффективность работы эффлюксной помпы как механизма адаптации к токсическим веществам, что в конечном итоге влияет на распространенность антибиотикорезистентных микроорганизмов.

Риск развития заболеваний, обусловленных стрептококками и, прежде всего, *S. pneumoniae* повышается при формировании иммунологической недостаточности неспецифических и / или специфических защитных механизмов. Ранее было показано, что факторы производственной среды, такие как марганец и его соединения, железо, оксид ванадия (V), кадмий, воздействующие на работников предприятий черной металлургии, негативно влияют на иммунную систему [9, 16]. В нашем исследовании выявлены достоверные различия иммунологических показателей между работниками с + и - *Streptococcus pneumoniae* (табл. 3).

Отклик иммунной системы на воздействие металлсодержащих аэрозолей включает реакцию клеточного и гуморального звеньев иммунитета. Экспериментальные и клинические исследования предыдущих лет показали, что повреждение органов и клеток иммунной системы происходит преимущественно за счет окислительного стресса [17]. По сравнению с контролем, у работников конвертерного цеха выявлено снижение абсолютного количества лимфоцитов за счет зрелых Т-лимфоцитов (CD3+) в популяциях Т-хелперов (CD4+) и Т-цитотоксических лимфоцитов (CD8+).

Таблица 1

Результаты изучения носительства пневмококка и генов устойчивости к антибиотикам

Показатель	Конвертерный цех (n = 44)	Коксохимический цех (n = 40)	Контрольная группа (n = 52)
ДНК <i>Streptococcus pneumoniae</i>	9 % (4)	23 % (9)	2 % (1)
ДНК <i>Streptococcus</i> spp.	100 % (44)	100 % (40)	100 % (52)
Ген Mef	100 % (44)	100 % (40)	94 % (49)
Ген ErmB	80 % (35)	87,5 % (35)	63 % (33)

Таблица 2

Показатель коэффициента репликации ДНК детерминант устойчивости к антибиотикам у работников обследованных групп в зависимости от выделения *Streptococcus pneumoniae*

Показатель Ст	Конвертерный цех <i>M ± m</i>		Коксохимический цех <i>M ± m</i>		Контроль n = 52 <i>M ± m</i>
	<i>S.pneum.</i> + n = 4	<i>S.pneum.</i> - n = 40	<i>S.pneum.</i> + n = 9	<i>S.pneum.</i> - n = 31	
Ген Mef	19,2 ± 1,7*	21,1 ± 4,5	20 ± 2,7	21,2 ± 2,6	25,9 ± 3,2
Ген ErmB	25,5 ± 3,3	28,6 ± 3,5	27 ± 2,7	29 ± 2,8	30,3 ± 3,4

Примечание: * $p \leq 0,05$ между работниками конвертерного цеха с + *S.pneum.* и контролем.

Таблица 3

Показатели иммунного статуса у работников с + *Streptococcus pneumoniae* и - *Streptococcus pneumoniae*

Показатели иммунного статуса	Конвертерный цех <i>M ± m</i>		Коксохимический цех <i>M ± m</i>		Контроль n = 52 <i>M ± m</i>	Референсн. значения
	<i>S.pneum.</i> + n = 4	<i>S.pneum.</i> - n = 40	<i>S.pneum.</i> + n = 9	<i>S.pneum.</i> - n = 31		
Лейкоциты, 10^9 /л	5,4 ± 0,28	6,5 ± 0,28	7,9 ± 0,51	6,7 ± 1,96	6,7 ± 0,14	4,0–9,0
Лимф., %	29,9 ± 1,27*	29,5 ± 1,25*	27,9 ± 0,28*	31,4 ± 1,02	32,6 ± 0,68	19–37
Лимф., 10^9 /л	1,6 ± 0,07*	1,8 ± 0,08*	2,1 ± 0,11*	2,06 ± 0,08	1,96 ± 0,49	1,33–2,59
IgA, г/л	3,1 ± 0,51	2,8 ± 0,16	3,53 ± 0,39	2,9 ± 0,06	2,8 ± 0,08	0,9–4,5
IgM, г/л	0,88 ± 0,46*	1,37 ± 0,23	1,57 ± 0,27	1,2 ± 0,96	1,4 ± 0,09	0,6–2,8
IgG, г/л	18,2 ± 2,83*	16,8 ± 0,99	24,9 ± 1,74* ^{o@}	17,2 ± 0,97*	15,9 ± 0,51	8,6–19
IgA секр., мг/л	233,9 ± 106,3	204,5 ± 24,1	219,4 ± 59,1	230,2 ± 21,7	220,6 ± 11,7	115,3–299,7
CD3+, %	70,7 ± 4,31	70,2 ± 1,23	72,7 ± 1,87	73,01 ± 1,36	70,6 ± 0,72	55,0–83,0
CD3+, мм ³	1121 ± 111,5*	1287,8 ± 53*	1527,8 ± 77	1519,3 ± 75,1	1515,7 ± 42	700–2100
CD4+, %	45,9 ± 4,6	40,2 ± 1,2	44,7 ± 2,7	42,6 ± 1,4	43,9 ± 3,71	28,0–57,0
CD4+, мм ³	729 ± 101,3*	737,8 ± 35,1*	959 ± 59,4	881,9 ± 48,3	863,5 ± 25,3	300–1400
CD8+, %	19,6 ± 1,02*	24,8 ± 1,28	23,4 ± 1,71	24,6 ± 1,32	24,5 ± 0,66	10,0–39,0
CD8+, мм ³	309,5 ± 25,1*	451,1 ± 24,8*	498,8 ± 45,1	439,9 ± 36,8	528,6 ± 21,6	200–900
CD19+, %	8,6 ± 1,11*	10,2 ± 0,64	10,7 ± 1,25	10,9 ± 0,66	10,4 ± 0,34	6,0–19,0
CD19+, мм ³	146,8 ± 34,3*	187,5 ± 13,5*	230,1 ± 33,8	223,8 ± 14,8	223,6 ± 9,34	100–500
HCT, %	4,01 ± 3,5*	7,6 ± 8,7	6,2 ± 3,8	3,9 ± 3,3*	14,5 ± 8,9	6,0–12,0

Примечание: * – $p \leq 0,05$ между основными группами и контролем; ° – $p \leq 0,05$ между группой с положительным *Streptococcus pneumoniae* и контролем; @ – $p \leq 0,05$ между группой с положительным *Streptococcus pneumoniae* и референсным значением.

Как показано в литературе, иммуносупрессия Т-клеточного звена и снижение лимфоцитов в крови приводит к нарушению механизма пополнения пула тканевых лимфоцитов, что снижает эффективность защиты от респираторных инфекций и провоцирует длительную персистенцию стрептококков на слизистой оболочке дыхательных путей [18]. Z. Zhang экспериментально доказал возможность повторной колонизации слизистой оболочки верхних дыхательных путей *Streptococcus pneumoniae* у лабораторных мышей с дефицитом CD4⁺ лимфоцитов [19]. В гуморальном звене выявлены изменения только в

группе с положительным *Streptococcus pneumoniae*. В сравнении с контролем у них снижены абсолютное и относительное количество В-лимфоцитов (CD19⁺), снижены IgM, повышены IgG и снижена бактерицидность нейтрофилов. Наблюдаемый ответ возможен из-за истощения пула В-лимфоцитов в органах иммунной системы в результате одновременного воздействия двух факторов (пневмококков и токсических факторов производственной среды). Содержание IgM снижалось у носителей *Streptococcus pneumoniae* в конвертерном цехе, возможно, это связано с переключением синтеза IgM на IgG, что

подтверждается повышением последнего по сравнению с контролем. IgG сохраняют память об антигенах на протяжении длительного времени и обеспечивают более высокую напряженность иммунного ответа [20]. Снижение бактерицидной активности нейтрофилов в НСТ-тесте выявлено у работников конвертерного цеха с положительным *Streptococcus pneumoniae* при сравнении с контролем.

У обследованных рабочих коксохимического производства по сравнению с контролем повышение IgG выявлено как в случае положительного, так и в случае отрицательного *Streptococcus pneumoniae*. При сравнении с референсными значениями IgG у носителей был достоверно выше. Стимуляция В-лимфоцитов может быть связана с активацией арилуглеводородного рецептора в иммунокомпетентных клетках, как показано в литературе, ароматические углеводороды, которые входят в состав аэрозоля на данном производстве, выступают в качестве лиганда для него. Эффект стимуляции В-лимфоцитов через арилуглеводородный рецептор был показан ранее в ходе клинического изучения патогенетической роли ароматических углеводородов в развитии аутоиммунных заболеваний соединительной ткани [21]. Не только химические факторы влияют на образование антител. Появление условно-патогенной флоры приводит к увеличению синтеза IgG, что подтверждается достоверно более высоким его уровнем у работников коксохимического производства с положительным *Streptococcus pneumoniae* по сравнению с отрицательным. Механизм повышения уровня IgG у работников коксохимического производства без *Streptococcus pneumoniae* может быть связан со снижением функции нейтрофильного фагоцитоза, замедляющей выведение из организма химических гаптенных, провоцирующих усиление аутоиммунизации и сенсибилизации [22]. Длительная персистенция в организме пневмококков, по данным медицинской литературы, часто обусловлена супрессией фагоцитарной функции нейтрофилов [23, 24].

Выводы:

1. У работников конвертерного цеха, подвергающихся воздействию аэрозолей, содержащих железо, оксид ванадия (V), марганец, а также их соединения, и рабочих коксохимического производства, условия труда которых характеризуются воздействием аэрозолей, содержащих ароматические углево-

дороды, с уровнем воздействия выше предельно допустимого, в 2,5–3 раза достоверно выше частота носительства *Streptococcus pneumoniae* и бактериальная нагрузка *Streptococcus* spp. (по показателю Ct), по сравнению с контролем.

2. У работников конвертерного цеха, в том числе с + *Streptococcus pneumoniae*, уровень нагрузки детерминантами резистентности к макролидам (ген *Mef*) по показателю Ct достоверно превышает уровень нагрузки в контрольной группе. Носительство сопровождается снижением иммунологической реактивности, что подтверждается достоверным снижением абсолютного количества зрелых Т-лимфоцитов (CD3+), Т-хелперов (CD4+), Т-супрессоров / цитотоксических (CD8+), снижением относительного и абсолютного количества В-лимфоцитов (CD19+), переключением синтеза IgM на IgG, снижением бактерицидной активности нейтрофилов по показателю НСТ, при сравнении с контрольной группой.

3. У работников коксохимического производства не получено данных, подтверждающих участие иммунологической реактивности в формировании носительства *Streptococcus pneumoniae*, за исключением повышения уровня IgG по сравнению с контролем и референсными значениями.

4. Полученные результаты о состоянии иммунного ответа и наличии генов резистентности к макролидам будут полезными при выборе схемы специфической профилактики или лечения пневмококковой инфекции.

Представленное исследование имеет некоторые ограничения, связанные с небольшой выборкой, в которой проводили анализ распространенности носительства *Streptococcus pneumoniae*. Несмотря на эпидемиологические особенности микроорганизма, частота носительства которого в популяции взрослого населения составляет 5–10 %, изучение распространенности среди работающего населения представляет определенный интерес, является этапом развития инвазивных и неинвазивных пневмококковых заболеваний.

Финансирование. Работа не имела спонсорской поддержки, никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Occupational exposure to dust and to fumes, work as a welder and invasive pneumococcal disease risk / K. Torén, P.D. Blanc, R.N. Naidoo, N. Murgia, I. Qvarfordt, O. Aspevall, A. Dahlman-Hoglund, L. Schioler // Occup. Environ. Med. – 2020. – Vol. 77, № 2. – P. 57–63. DOI: 10.1136/oemed-2019-106175
2. Cumulative occupational exposure to inorganic dust and fumes and invasive pneumococcal disease with pneumonia / K. Torén, P.D. Blanc, R. Naidoo, N. Murgia, L. Stockfelt, L. Schiöler // Int. Arch. Occup. Environ. Health. – 2022. – Vol. 95, № 8. – P. 1797–1804. DOI: 10.1007/s00420-022-01848-6
3. Environmental pollutants and the immune response / T. Suzuki, T. Hidaka, Y. Kumagai, M. Yamamoto // Nat. Immunol. – 2020. – Vol. 21, № 12. – P. 1486–1495. DOI: 10.1038/s41590-020-0802-6
4. Ищенко О.В. Влияние аэротоксикантов на выброс цитокинов лейкоцитами при хронических обструктивных заболеваниях легких // Медицинская иммунология. – 2022. – Т. 24, № 6. – С. 1237–1248. DOI: 10.15789/1563-0625-EOT-2390

5. Season and size of urban particulate matter differentially affect cytotoxicity and human immune responses to *Mycobacterium tuberculosis* / S. Sarkar, C.E. Rivas-Santiago, O.A. Ibrionke, C. Carranza, Q. Meng, A. Osornio-Vargas, J. Zhang, M. Torres [et al.] // *PLoS One*. – 2019. – Vol. 14, № 7. – P. e0219122. DOI: 10.1371/journal.pone.0219122
6. Efflux pump inhibitors in controlling antibiotic resistance: Outlook under a heavy metal contamination context / T.H.T. Nguyen, H.D. Nguyen, M.H. Le, T.T.H. Nguyen, T.D. Nguyen, D.L. Nguyen, Q.H. Nguyen, T.K.O. Nguyen [et al.] // *Molecules*. – 2023. – Vol. 28, № 7. – P. 2912. DOI: 10.3390/molecules28072912
7. Механизмы бактерицидного действия в реализации общих антибактериальных эффектов катионов металлов в культуре *Streptococcus pyogenes* / С.Б. Чекнев, Е.И. Вострова, С.В. Кисиль, М.А. Сарычева, А.В. Востров // *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. – 2018. – Т. 95, № 2. – С. 3–9. DOI: 10.36233/0372-9311-2018-2-3-9
8. Multicentric analysis of erythromycin resistance determinants in invasive *Streptococcus pneumoniae*; associated serotypes and sequence types in India / R. Varghese, J.L. Daniel, A. Neeravi, P. Baskar, A. Manoharan, B. Sundaram, V. Man-chanda, K. Saigal [et al.] // *Curr. Microbiol.* – 2021. – Vol. 78, № 8. – P. 3239–3245. DOI: 10.1007/s00284-021-02594-7
9. Особенности формирования местного иммунитета верхних дыхательных путей у рабочих чёрной металлургии / Т.В. Бушуева, Н.А. Рослая, А.Н. Вараксин, Е.П. Карпова, М.С. Ведерникова, А.К. Лабзова, Ю.В. Грибова, Р.Р. Сахатудинова [и др.] // *Гигиена и санитария*. – 2022. – Т. 101, № 12. – С. 1499–1504. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-12-1499-1504
10. Potential role of polycyclic aromatic hydrocarbons in air pollution-induced non-malignant respiratory diseases / M. Låg, J. Øvrevik, M. Refsnes, J.A. Holme // *Respir. Res.* – 2020. – Vol. 21, № 1. – P. 299. DOI: 10.1186/s12931-020-01563-1
11. Evidence of selective activation of aryl hydrocarbon receptor nongenomic calcium signaling by pyrene / B.C. Brinckmann, E. Le Ferrec, W.H. Bisson, N. Pouchard, H.S. Huitfeldt, I. Gallais, O. Sergeant, J.A. Holme [et al.] // *Biochem. Pharmacol.* – 2018. – Vol. 158. – P. 1–12. DOI: 10.1016/j.bcp.2018.09.023
12. Overview on the role of heavy metals tolerance on developing antibiotic resistance in both Gram-negative and Gram-positive bacteria / R. Biswas, U. Halder, A. Kabiraj, A. Mondal, R. Bandyopadhyay // *Arch. Microbiol.* – 2021. – Vol. 203, № 6. – P. 2761–2770. DOI: 10.1007/s00203-021-02275-w
13. Влияние поллютантов на распространение генов устойчивости к антибиотикам в окружающей среде / Т.Н. Ажогина, С.Г. Скугорева, А.А.К. Аль-Раммахи, Н.В. Гненная, М.А. Сазыкина, И.С. Сазыкин // *Теоретическая и прикладная экология*. – 2020. – № 3. – С. 6–14. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-3-006-014
14. Распространение и механизмы устойчивости к макролидам *Streptococcus pyogenes*, выделенных у детей / Л.К. Катосова, А.В. Лазарева, Т.А. Хохлова, О.А. Пономаренко, Н.М. Алябьева // *Антибиотики и химиотерапия*. – 2016. – Т. 61, № 3–4. – С. 23–29.
15. Семенов С.А., Хасанова Г.Р. Факторы риска формирования резистентности *Streptococcus pneumoniae* к антибиотикам // *Практическая медицина*. – 2020. – Т. 18, № 6. – С. 113–118. DOI: 10.32000/2072-1757-2020-6-113-118
16. Effects of lead and cadmium on the immune system and cancer progression / M. Ebrahimi, N. Khalili, S. Razi, M. Keshavarz-Fathi, N. Khalili, N. Rezaei // *J. Environ. Health Sci. Eng.* – 2020. – Vol. 18, № 1. – P. 335–343. DOI: 10.1007/s40201-020-00455-2
17. Exposure to welding fumes and lower airway infection with *Streptococcus pneumoniae* / R. Suri, J. Periseleris, S. Lanone, P.C. Zeidler-Erdely, G. Melton, K.T. Palmer, P. Andujar, J.M. Antonini [et al.] // *J. Allergy Clin. Immunol.* – 2016. – Vol. 137, № 2. – P. 527–534.e7. DOI: 10.1016/j.jaci.2015.06.033
18. Antibiotic resistance surveillance systems: A review / O.O. Diallo, S.A. Baron, C. Abat, P. Colson, H. Chaudet, J.-M. Rolain // *J. Glob. Antimicrob. Resist.* – 2020. – Vol. 23. – P. 430–438. DOI: 10.1016/j.jgar.2020.10.009
19. Zhang Z., Clarke T.B., Weiser J.N. Cellular effectors mediating Th17-dependent clearance of pneumococcal colonization in mice // *J. Clin. Invest.* – 2009. – Vol. 119, № 7. – P. 1899–1909. DOI: 10.1172/JCI36731
20. Polycyclic aromatic hydrocarbons affect rheumatoid arthritis pathogenesis via aryl hydrocarbon receptor / X. Xi, Q. Ye, D. Fan, X. Cao, Q. Wang, X. Wang, M. Zhang, Y. Xu, C. Xiao // *Front. Immunol.* – 2022. – Vol. 13. – P. 797815. DOI: 10.3389/fimmu.2022.797815
21. Шубелко Р.В., Зуйкова И.Н., Шульженко А.Е. Мукозальный иммунитет верхних дыхательных путей // *Иммунология*. – 2018. – Т. 39, № 1. – С. 81–88. DOI: 10.18821/0206-4952-2018-39-1-81-88
22. Зайцева Н.В., Долгих О.В., Дианова Д.Г. Особенности иммунологических и генетических нарушений человека в условиях дестабилизации среды обитания: монография. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2016. – 300 с.
23. Эффективность пневмококковой вакцины у иммунокомпетентных и иммунокомпроментированных пациентов / М.П. Костинов, А.М. Костинов, Д.В. Пахомов, В.Б. Полищук, А.М. Костинова, А.Д. Шмитько, А.А. Тарасова // *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. – 2019. – № 5. – С. 72–83. DOI: 10.36233/0372-9311-2019-5-72-83
24. Взаимодействие бактериальных внеклеточных микровезикул и эукариотических клеток / Д.С. Шлыкова, В.М. Писарев, А.М. Гапонов, А.В. Тутельян // *Медицинская иммунология*. – 2020. – Т. 22, № 6. – С. 1065–1084. DOI: 10.15789/1563-0625-IOB-2079

Состояние иммунного ответа и формирование носительства Streptococcus pneumoniae как факторы риска здоровья работников коксохимического и конвертерного производства / Т.В. Бушуева, Е.П. Карпова, Н.А. Рослая, В.Б. Гурвич, А.К. Лабзова, Ю.В. Грибова // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 4. – С. 116–123. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.11



IMMUNE RESPONSE STATUS AND DEVELOPMENT OF *STREPTOCOCCUS PNEUMONIAE* CARRIAGE AS HEALTH RISK FACTORS FOR WORKERS ENGAGED IN COKE PRODUCTION AND BASIC OXYGEN STEELMAKING

T.V. Bushueva¹, E.P. Karpova¹, N.A. Roslaya², V.B. Gurvich¹, A.K. Labzova¹, Yu.V. Gribova¹

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

²Ural State Medical University, 3 Repin St., Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

Occupational hazards affect immunological reactivity and increase the risk of infection with respiratory pathogens.

The purpose of our work was to study the mechanisms and causes of developing carriage of streptococci possessing genetic determinants of resistance to antibiotics as health risk factors for workers engaged in coke production and basic oxygen steelmaking.

We examined 136 workers of a ferrous metals industry and compared the prevalence of the carriage of Streptococcus pneumoniae, Streptococcus spp. and macrolide resistance genes (Mef, ErmB) in those engaged in coke production and basic oxygen steelmaking. We also collated the results of immunological examination of the carriers and non-carriers of S. pneumoniae. The control cohort was formed of engineering and technical personnel.

We established that, compared with the controls, Streptococcus pneumoniae was a more frequent finding in the workers engaged in coke production and basic oxygen steelmaking ($p < 0.05$). The cycle threshold value of Streptococcus spp. in them was also statistically higher. The Mef gene was more abundant in the steelmakers, including those carrying Streptococcus pneumoniae ($p < 0.05$), and a change in immunological reactivity was detected in the cases carrying Streptococcus pneumoniae. In those engaged in basic oxygen steelmaking, significant changes were detected at the cellular level expressed by a reduced absolute number of mature T-lymphocytes (CD3+), T-helpers (CD4+), and T-suppressor/cytotoxic cells (CD8+) ($p \leq 0.05$). At the humoral level, both the relative and absolute number of B-lymphocytes (CD19+) and the level of IgM were reduced, while that of IgG was, on the opposite, increased ($p \leq 0.05$). In the coke plant workers carrying Streptococcus pneumoniae, the level of IgG was significantly higher than the control and reference values.

We conclude that Streptococcus pneumoniae carriage in the steelmakers as a health risk factor was accompanied by a change in immunological reactivity and higher abundance of the Mef gene compared to the controls while in the coke production workers the related differences were detected only in the IgG level.

Keywords: immunity, ferrous metallurgy, industrial aerosols, Streptococcus pneumoniae, pneumococcal disease, antibiotic resistance genes, immune status, bactericidal activity.

References

1. Torén K., Blanc P.D., Naidoo R.N., Murgia N., Qvarfordt I., Aspevall O., Dahlman-Hoglund A., Schiöler L. Occupational exposure to dust and to fumes, work as a welder and invasive pneumococcal disease risk. *Occup. Environ. Med.*, 2020, vol. 77, no. 2, pp. 57–63. DOI: 10.1136/oemed-2019-106175
2. Torén K., Blanc P.D., Naidoo R., Murgia N., Stockfelt L., Schiöler L. Cumulative occupational exposure to inorganic dust and fumes and invasive pneumococcal disease with pneumonia. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 2022, vol. 95, no. 8, pp. 1797–1804. DOI: 10.1007/s00420-022-01848-6

© Bushueva T.V., Karpova E.P., Roslaya N.A., Gurvich V.B., Labzova A.K., Gribova Yu.V., 2023

Tatiana V. Bushueva – Candidate of Medical Sciences, Head of the Research and Production Department “Laboratory and Diagnostic Technologies” (e-mail: bushueva@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 253-14-58; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5872-2001>).

Elizaveta P. Karpova – Junior Researcher at the Research and Production Department “Laboratory and Diagnostic Technologies” (e-mail: karpovaep@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 253-14-58; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0125-0063>).

Natalia A. Roslaya – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor at the Department of Public Health and Healthcare (e-mail: naroslaya@gmail.com; tel.: +7 (343) 214-86-61; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9076-9742>).

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>).

Alla K. Labzova – Researcher at the Research and Production Department “Laboratory and Diagnostic Technologies” (e-mail: labzovaak@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 253-14-58; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8517-2607>).

Yulia V. Gribova – doctor of clinical laboratory diagnostics at the Research and Production Department “Laboratory and Diagnostic Technologies” (e-mail: gribova@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 253-14-58; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1159-6527>).

3. Suzuki T., Hidaka T., Kumagai Y., Yamamoto M. Environmental pollutants and the immune response. *Nat. Immunol.*, 2020, vol. 21, no. 12, pp. 1486–1495. DOI: 10.1038/s41590-020-0802-6
4. Ishchanka A.U. Effect of toxic air pollutants on the cytokine release by leukocytes in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Meditinskaya immunologiya*, 2022, vol. 24, no. 6, pp. 1237–1248. DOI: 10.15789/1563-0625-EOT-2390 (in Russian).
5. Sarkar S., Rivas-Santiago C.E., Ibironke O.A., Carranza C., Meng Q., Osornio-Vargas A., Zhang J., Torres M. [et al.]. Season and size of urban particulate matter differentially affect cytotoxicity and human immune responses to *Mycobacterium tuberculosis*. *PLoS One*, 2019, vol. 14, no. 7, pp. e0219122. DOI: 10.1371/journal.pone.0219122
6. Nguyen T.H.T., Nguyen H.D., Le M.H., Nguyen T.T.H., Nguyen T.D., Nguyen D.L., Nguyen Q.H., Nguyen T.K.O. [et al.]. Efflux pump inhibitors in controlling antibiotic resistance: Outlook under a heavy metal contamination context. *Molecules*, 2023, vol. 28, no. 7, pp. 2912. DOI: 10.3390/molecules28072912
7. Cheknev S.B., Vostrova E.I., Kisil S.V., Sarycheva M.A., Vostrov A.V. The mechanisms of bactericidal action impact in common antibacterial effects of metal cations in culture of *Streptococcus pyogenes*. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*, 2018, vol. 95, no. 2, pp. 3–9. DOI: 10.36233/0372-9311-2018-2-3-9 (in Russian).
8. Varghese R., Daniel J.L., Neeravi A., Baskar P., Manoharan A., Sundaram B., Manchanda V., Saigal K. [et al.]. Multicentric analysis of erythromycin resistance determinants in invasive *Streptococcus pneumoniae*; associated serotypes and sequence types in India. *Curr. Microbiol.*, 2021, vol. 78, no. 8, pp. 3239–3245. DOI: 10.1007/s00284-021-02594-7
9. Bushueva T.V., Roslaya N.A., Varaksin A.N., Karpova E.P., Vedernikova M.S., Labzova A.K., Gribova Yu.V., Sakhaudina R.R. [et al.]. Features of the development of the mucosal immune system of the upper respiratory tract in ferrous metallurgy workers. *Gigiena i sanitariya*, 2022, vol. 101, no. 12, pp. 1499–1504. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-12-1499-1504 (in Russian).
10. Låg M., Øvreivik J., Refsnes M., Holme J.A. Potential role of polycyclic aromatic hydrocarbons in air pollution-induced non-malignant respiratory diseases. *Respir. Res.*, 2020, vol. 21, no. 1, pp. 299. DOI: 10.1186/s12931-020-01563-1
11. Brinckmann B.C., Le Ferrec E., Bisson W.H., Podechard N., Huitfeldt H.S., Gallais I., Sergent O., Holme J.A. [et al.]. Evidence of selective activation of aryl hydrocarbon receptor nongenomic calcium signaling by pyrene. *Biochem. Pharmacol.*, 2018, vol. 158, pp. 1–12. DOI: 10.1016/j.bcp.2018.09.023
12. Biswas R., Halder U., Kabiraj A., Mondal A., Bandopadhyay R. Overview on the role of heavy metals tolerance on developing antibiotic resistance in both Gram-negative and Gram-positive bacteria. *Arch. Microbiol.*, 2021, vol. 203, no. 6, pp. 2761–2770. DOI: 10.1007/s00203-021-02275-w
13. Azhogina T.N., Skugoreva S.G., Al-Rammahi A.A.K., Gnennaya N.V., Sazykina M.A., Sazykin I.S. Influence of pollutants on the spread of antibiotic resistance genes in the environment. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*, 2020, no. 3, pp. 6–14. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-3-006-014 (in Russian).
14. Katosova L.K., Lazareva A.V., Khokhlova T.A., Ponomarenko O.A., Alyabieva N.M. Macrolide resistance and its molecular genetic mechanisms in *Streptococcus pyogenes* isolated from children. *Antibiotiki i khimioterapiya*, 2016, vol. 61, no. 3–4, pp. 23–29 (in Russian).
15. Semenov S.A., Khasanova G.R. Risk factors for development of *Streptococcus pneumoniae* resistance to antibiotics. *Prakticheskaya meditsina*, 2020, vol. 18, no. 6, pp. 113–118. DOI: 10.32000/2072-1757-2020-6-113-118 (in Russian).
16. Ebrahimi M., Khalili N., Razi S., Keshavarz-Fathi M., Khalili N., Rezaei N. Effects of lead and cadmium on the immune system and cancer progression. *J. Environ. Health Sci. Eng.*, 2020, vol. 18, no. 1, pp. 335–343. DOI: 10.1007/s40201-020-00455-2
17. Suri R., Periselmanis J., Lanone S., Zeidler-Erdely P.C., Melton G., Palmer K.T., Andujar P., Antonini J.M. [et al.]. Exposure to welding fumes and lower airway infection with *Streptococcus pneumoniae*. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 2016, vol. 137, no. 2, pp. 527–534.e7. DOI: 10.1016/j.jaci.2015.06.033
18. Diallo O.O., Baron S.A., Abat C., Colson P., Chaudet H., Rolain J.-M. Antibiotic resistance surveillance systems: A review. *J. Glob. Antimicrob. Resist.*, 2020, vol. 23, pp. 430–438. DOI: 10.1016/j.jgar.2020.10.009
19. Zhang Z., Clarke T.B., Weiser J.N. Cellular effectors mediating Th17-dependent clearance of pneumococcal colonization in mice. *J. Clin. Invest.*, 2009, vol. 119, no. 7, pp. 1899–1909. DOI: 10.1172/JCI36731
20. Xi X., Ye Q., Fan D., Cao X., Wang Q., Wang X., Zhang M., Xu Y., Xiao C. Polycyclic aromatic hydrocarbons affect rheumatoid arthritis pathogenesis via aryl hydrocarbon receptor. *Front. Immunol.*, 2022, vol. 13, pp. 797815. DOI: 10.3389/fimmu.2022.797815
21. Shchubelko R.V., Zuikova I.N., Shuljenko A.E. Mucosal immunity of the upper respiratory tract. *Immunologiya*, 2018, vol. 39, no. 1, pp. 81–88. DOI: 10.18821/0206-4952-2018-39-1-81-88 (in Russian).
22. Zaitseva N.V., Dolgikh O.V., Dianova D.G. Osobennosti immunologicheskikh i geneticheskikh narushenii cheloveka v usloviyakh destabilizatsii sredi obitaniya [Features of Human Immunological and Genetic Disorders in Conditions of Environmental Destabilization]: monograph. Perm, PNRPU Publ., 2016, 300 p. (in Russian).
23. Kostinov M.P., Kostinov A.M., Pakhomov D.V., Polishchuk V.B., Kostinova A.M., Shmitko A.D., Tarasova A.A. Efficacy of pneumococcal vaccine in immunocompetent and immunocompromised patients. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*, 2019, no. 5, pp. 72–83. DOI: 10.36233/0372-9311-2019-5-72-83 (in Russian).
24. Shlykova D.S., Pisarev V.M., Gaponov A.M., Tutelyan A.V. Interaction of bacterial extracellular microvesicles with eukaryotic cells. *Meditinskaya immunologiya*, 2020, vol. 22, no. 6, pp. 1065–1084. DOI: 10.15789/1563-0625-IOB-2079 (in Russian).

*Bushueva T.V., Karpova E.P., Roslaya N.A., Gurvich V.B., Labzova A.K., Gribova Yu.V. Immune response status and development of *Streptococcus pneumoniae* carriage as health risk factors for workers engaged in coke production and basic oxygen steelmaking. Health Risk Analysis, 2023, no. 4, pp. 116–123. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.11.eng*

Получена: 04.09.2023

Одобрена: 15.12.2023

Принята к публикации: 23.12.2023

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ РИСКА

УДК 613.632.2; 546.562; 615.916
DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.12



Читать
онлайн

Научная статья

ОЦЕНКА ОСОБЕННОСТЕЙ БИОНАКОПЛЕНИЯ И ТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА МЕДИ (II) НА ОРГАНЫ ДЫХАНИЯ ПРИ ИНГАЛЯЦИОННОМ ПОСТУПЛЕНИИ В ОРГАНИЗМ В СРАВНЕНИИ С МИКРОРАЗМЕРНЫМ ХИМИЧЕСКИМ АНАЛОГОМ ДЛЯ ЗАДАЧ ПРОФИЛАКТИКИ

М.С. Степанков

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

В настоящее время актуальным является уточнение параметров и особенностей негативных эффектов действия наночастиц оксида меди (НЧ CuO) на органы дыхания при ингаляционном пути поступления в организм для разработки эффективных профилактических мер.

Осуществлена оценка особенностей бионакопления и характера токсического действия НЧ CuO на органы дыхания в сравнении с микроразмерным химическим аналогом при экспериментальном моделировании ингаляционной экспозиции для задач профилактики.

Определены значения физических параметров тестируемых материалов. Экспериментальное исследование проведено на крысах линии Wistar. Животных подвергали однократной ингаляционной экспозиции в течение 4 ч в концентрации ~4 мг/м³; субхронической ингаляционной экспозиции в концентрации 1,2–1,4 мг/м³; однократной интратрахеальной экспозиции в дозе 0,005 г на крысу. Изучены особенности бионакопления НЧ, их влияния на состав клеточной популяции жидкости бронхоальвеолярного лаважа (БАЛЖ), развития патоморфологических нарушений в тканях и массу легких в сравнении с микрочастицами (МЧ). НЧ CuO в сравнении с МЧ обладают меньшим размером, гидродинамическим диаметром, большей удельной площадью поверхности и суммарным объемом пор, что обуславливает большую проникающую способность НЧ. Бионакопление в легких при однократной ингаляционной экспозиции сопоставимо между НЧ и МЧ. При многократной экспозиции НЧ проявляют большую степень бионакопления. Однократное интратрахеальное воздействие вызывает более выраженные изменения состава клеточной популяции в жидкости БАЛЖ. При экспозиции НЧ в легких наблюдается эмфизема, отек и экссудация эритроцитов, не выявленные при экспозиции МЧ.

Таким образом, НЧ CuO при однократной интратрахеальной (0,005 г на крысу) и субхронической ингаляционной экспозиции (1,2 мг/м³) обладают большей степенью бионакопления и токсического действия на органы дыхания (легкие) в сравнении с микроразмерным химическим аналогом. Полученные результаты необходимо учитывать при разработке мер, направленных на профилактику развития негативных эффектов со стороны органов дыхания при ингаляционной экспозиции изучаемым наноматериалом.

Ключевые слова: оксид меди (II), наночастицы, микрочастицы, ингаляционная экспозиция, бионакопление, негативные эффекты, клеточно-фагоцитарная активность, крысы линии Wistar.

В настоящее время в различных сферах хозяйственной деятельности человека актуален вопрос повышения качества продукции с одновременным снижением затрат на ее производство. Одним из путей решения данной задачи является внедрение металлических наночастиц (НЧ) в состав продукции и технологические процессы ее производства [1].

НЧ представляют собой объекты различных форм, размер которых хотя бы в одном измерении соответствует диапазону 1–100 нм. Малый диаметр НЧ обуславливает возникновение квантово-размерных эффектов, благодаря чему наноматериалы обладают адсорбционной активностью, реакционной способностью, электрическими, оптическими, магнитными

© Степанков М.С., 2023

Степанков Марк Сергеевич – младший научный сотрудник лаборатории биохимической и наносенсорной диагностики (e-mail: stepankov@fcrisk.ru; тел: 8 (342) 237-18-15; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7226-7682>).

ми, механическими и термодинамическими свойствами, не характерными для микроразмерных химических аналогов [2–5].

Одним из таких наноматериалов являются НЧ оксида меди (II) (CuO). Согласно результатам анализа Research and Markets, мировой рынок НЧ CuO в 2021 г. оценивается в 122,77 млн долларов США. При совокупном среднегодовом темпе роста 25,8 % к 2027 г. прогнозируют увеличение мирового рынка примерно в 4 раза (до 486,62 млн долларов США) [6]. Основным фактором увеличения является активное внедрение НЧ CuO в электроприборостроение из-за их уникальных проводящих свойств, обеспечивающих высокую производительность полупроводниковых устройств, аккумуляторов, компьютерной техники [6]. Кроме этого, НЧ CuO используют в медицине в составе биоцидных и противораковых препаратов [7]; косметологии – в продуктах личной гигиены [8]; сельском хозяйстве – в качестве компонента удобрений и пестицидов [9, 10]; аэрокосмической отрасли – в роли катализатора горения топлива [11] и в составе структурных элементов летательных аппаратов [12].

Согласно результатам исследований, представленных в научной литературе, НЧ CuO характеризуются токсическими свойствами, обуславливающими потенциальную опасность для здоровья человека. В экспериментах на биологических моделях доказана их способность инициировать процессы свободнорадикального окисления [13], изменяющие экспрессию белков, что приводит к нарушениям метаболических процессов в клетке [14], функций и морфологии тканей органов [15]. При этом оказываемые НЧ негативные эффекты, как правило, более выражены в сравнении с микроразмерными химическими аналогами.

Активное использование потенциально опасных НЧ CuO в различных сферах хозяйственной деятельности человека обуславливает вероятность их поступления в объекты окружающей среды, в первую очередь в атмосферный воздух, что формирует риск негативного воздействия на здоровье человека при аэрогенной экспозиции. Согласно информации, представленной в Р 2.1.10.1920-04, при остром и хроническом ингаляционном воздействии микроразмерного CuO критическими являются органы дыхания¹. Это позволяет предположить, что при ингаляционной экспозиции НЧ органы дыхания также будут являться органами-мишенями. Принимая во внимание вышесказанное, актуальным является уточнение параметров и особенностей негативных эффектов действия

НЧ CuO на органы дыхания при ингаляционном пути поступления в организм в сравнении с микроразмерным химическим аналогом для разработки эффективных профилактических мер.

Цель исследования – оценка особенностей бионакопления и характера токсического действия НЧ CuO на органы дыхания в сравнении с микроразмерным химическим аналогом при экспериментальном моделировании ингаляционной экспозиции для задач профилактики.

Материалы и методы. В исследовании тестировали коммерческие образцы порошков НЧ и микрочастиц CuO (МЧ) производства компании Sigma Aldrich (США). У частиц тестируемых материалов изучали физические свойства: размер в составе порошка, гидродинамический диаметр в водной суспензии, удельную площадь поверхности и суммарный объем пор. Размер определяли методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) с помощью электронного микроскопа JSM-63090LV (JEOL, Япония); гидродинамический диаметр – методом динамического лазерного светорассеяния на анализаторах Horiba LB-550 (Horiba, Япония) и Microtrac S3500 (Microtrac, США); удельную площадь поверхности и суммарный объем пор – на анализаторе ASAP 2020 (Micromeritics, США) методами Брунауэра, Эммета и Теллера и Баррета, Джойнера и Халенды соответственно².

Оценку бионакопления и негативных эффектов тестируемых материалов на органы дыхания проводили в серии экспериментов. Экспериментальные исследования проводили на крысах линии Wistar массой $185 \pm 20,4$ г. Крыс содержали в помещении вивария в полиэтиленовых клетках при температуре около 23 °С, относительной влажности воздуха ~ 47 %, сменяемой световой и темновой фазе раз в 12 ч. Для крыс организовали свободный доступ к комбинированному корму и чистой воде, кроме часов проведения экспозиций. Проведение эксперимента одобрено этическим комитетом Федерального научного центра медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения. Выполнено моделирование острого и субхронического ингаляционного поступления НЧ и МЧ CuO в организм. Целенаправленное действие данных веществ на легкие исследовали при однократном интратрахеальном введении. Для каждого эксперимента формировали три группы: опытная группа подвергалась экспозиции НЧ CuO, группа сравнения – МЧ CuO, контрольная группа содержалась в аналогичных условиях без воздействия тестируемых веществ.

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

² Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость: монография / пер. с англ. А.П. Карнаухова. – М.: Мир, 1984. – 310 с.; Barrett E.P., Joyner L.G., Halenda P.P. The determination of pore volume and area distributions in porous substances. I. Computations from nitrogen isotherms // Journal of American Chemical Society. – 1951. – Vol. 73, № 1. – P. 373–380. DOI: 10.1021/ja01145a126

Моделирование ингаляционной экспозиции НЧ и МЧ проводили в камере для воздействия на все тело (TSE Systems GmbH, Германия). Аэрозоль генерировали подачей водных суспензий НЧ и МЧ CuO в концентрации 125 мг/см³ в форсунку ингаляционной системы. На протяжении всех экспериментов циркуляцию воздуха в экспозиционной камере обеспечивали входящим и исходящими потоками со скоростью 10 дм³/мин, что позволило обеспечить полное обновление воздуха за 10 мин. Фактическую концентрацию тестируемых материалов определяли с помощью анализатора аэрозоля DustTrack 8533 (TSI Inc, США), отбирая образцы воздуха из камеры со скоростью 2 дм³/мин в течение 5 мин перед началом экспозиций, через 2 и 4 ч.

Моделирование острой ингаляционной токсичности выполняли в соответствии с ГОСТ 32646-2014³. Выборка каждой экспериментальной группы включала 6 особей. Полученные суспензии подавали в ингаляционную систему со скоростью 0,4 см³/мин, что позволило достичь максимально возможной концентрации тестируемых материалов в камере, составившей ~ 4 мг/м³. Экспозицию проводили однократно в течение 4 ч.

Субхроническую ингаляционную экспозицию осуществляли в соответствии с МУ 1.2.2635-10⁴. Каждую экспериментальную группу формировали из 10 крыс. Суспензии подавали в камеру со скоростью 0,1 см³/мин для достижения концентрации НЧ и МЧ CuO на уровне ~ 1/4 от максимально возможной (1,2–1,4 мг/м³). Длительность экспозиции составила 28 суток по 6 ч в сутки.

За крысами, экспонированными однократно, для установления гибели и отложенных токсических эффектов наблюдали в течение 14 суток. По окончании периода наблюдения животных эвтанировали цервикальной дислокацией с последующей немедленной декапитацией и изъятием легких. Аналогичная процедура осуществлена с крысами, подвергнутыми многократному воздействию, через 24 ч после окончания последней экспозиции. Массу изъятых легких определяли с помощью лабораторных весов EW-1500i (AND, Япония). Сравнительный анализ бионакопления НЧ и МЧ проводили, измеряя концентрацию меди методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрофотометре AAnalyst 400 (PerkinElmer, США).

Патоморфологические изменения тканей легких при многократной ингаляционной экспозиции выявляли с помощью светоптического микроскопа AxioLab A1 (CarlZeiss, Германия) на препаратах из

срезов легких толщиной 3–4 мкм, окрашенных гематоксилином и эозином.

Эксперимент по изучению клеточно-фагоцитарной активности при целенаправленном воздействии НЧ и МЧ CuO на органы дыхания выполнен при однократном интратрахеальном введении в соответствии с МР № 01-19/24-17⁵. Каждую экспериментальную группу формировали из 10 особей. Суспензии на основе 0,9 % стерильного изотонического раствора натрия хлорида (0,9 % NaCl), содержащие тестируемые материалы в концентрации 0,013 г/см³, вводили крысам однократно интратрахеально в объеме 0,4 см³ на крысу. Количество введенного вещества одной особи составило 0,005 г. Через 24 ч после экспозиции крыс эвтанировали и проводили отбор жидкости бронхоальвеолярного лаважа (БАЛЖ). Мазки для исследования состава клеточной популяции отобранной жидкости готовили по общепринятой методике. Подсчет клеток осуществляли при микроскопировании иммерсионной системой с увеличением 900х.

Статистическую обработку результатов исследования для выявления различий между экспериментальными группами осуществляли по U-критерию Манна – Уитни, рассчитанному в программе Statistica 10. Различия полученных результатов считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение. По результатам исследования физических свойств размер НЧ CuO составил 45,86 нм, что меньше микродисперсного химического аналога в 304,99 раза (13 987 нм) (рис. 1). Средний гидродинамический диаметр НЧ CuO в водной среде соответствовал 307,40 нм, что в 106,60 раза меньше изучаемого показателя у МЧ CuO (32 770 нм) (рис. 2). Удельная площадь поверхности НЧ больше, чем у МЧ CuO, в 9,61 раза и составила 17,70 против 1,84 м²/г. Суммарный объем пор НЧ CuO равен 0,056 см³/г, что в 9,33 раза больше, чем у МЧ CuO (0,006 см³/г).

На протяжении однократной экспозиции и в период наблюдения не наблюдается видимого ухудшения общего состояния и гибели крыс, вызванных токсическим действием тестируемых материалов. Бионакопление НЧ и МЧ CuO в ткани легких сопоставимо (увеличение концентрации меди ~ в 1,4 раза относительно контрольных данных) без статистически значимых различий между группами опыта и сравнения (табл. 1).

Клеточно-фагоцитарная активность дыхательных путей крыс через 24 ч после экспозиции НЧ CuO, в отличие от контрольных данных, характеризуется

³ ГОСТ 32646-2014. Методы испытания по воздействию химической продукции на организм человека. Острая ингаляционная токсичность – метод определения класса острой токсичности (метод АТС). – М.: Стандартинформ, 2019. – 28 с.

⁴ МУ 1.2.2635-10. Медико-биологическая оценка безопасности наноматериалов: методические указания. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. – 122 с.

⁵ МР № 01-19/24-17. Методические рекомендации по использованию клеточных систем *in vitro* и *in vivo* для ускорения гигиенической регламентации малорастворимых промышленных аэрозолей. – Екатеринбург, 1995. – 28 с.

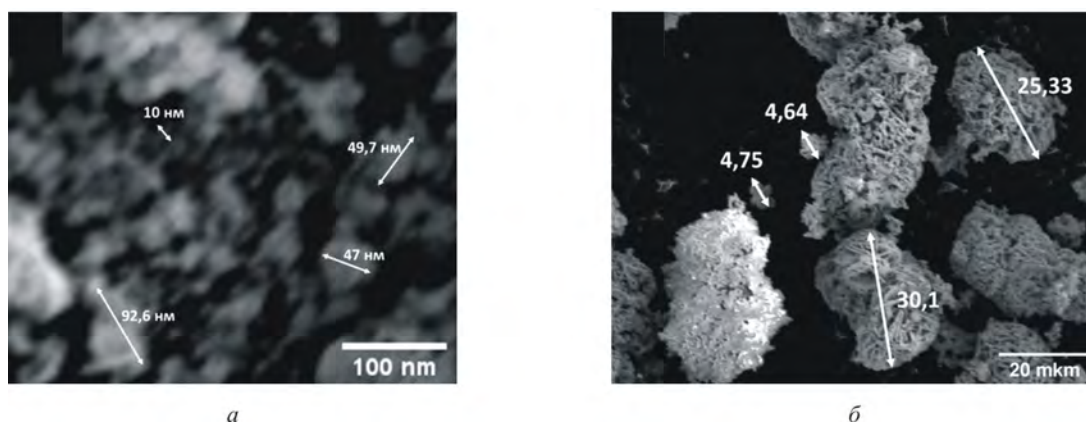


Рис. 1. Изображение частиц CuO методом РЭМ: а – наночастицы, б – микрочастицы

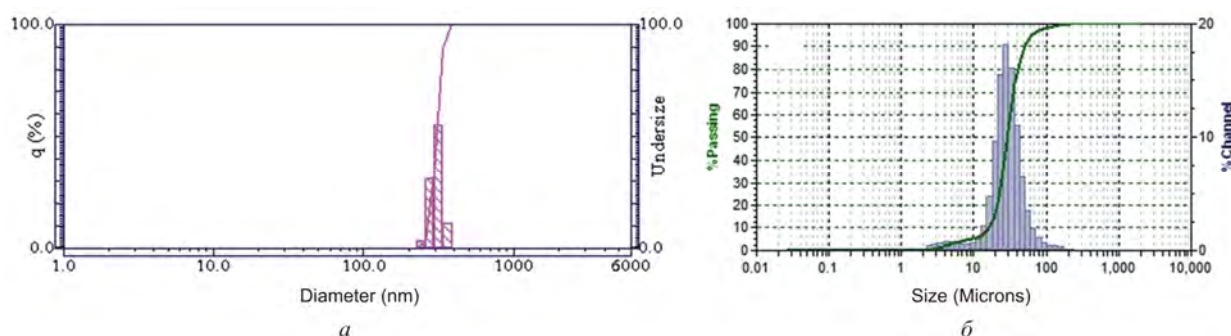


Рис. 2. Результаты измерения гидродинамического диаметра частиц CuO в водной среде: а – наночастицы, б – микрочастицы

Таблица 1

Концентрация меди в органах крыс при однократной ингаляционной экспозиции НЧ и МЧ CuO, $p \leq 0,05$

Эксперимент	Концентрация меди в легких, $M \pm m$, мкг/г		
	Экспозиция НЧ	Экспозиция МЧ	Контрольная группа
Однократная ингаляционная экспозиция	$15,93 \pm 3,69^*$	$16,55 \pm 4,31^*$	$11,50 \pm 2,53$
Многократная ингаляционная экспозиция	$17,10 \pm 1,99^{*^{\wedge}}$	$11,64 \pm 0,30^*$	$9,70 \pm 0,56$

Примечание: * – статистически значимое отличие от контрольной группы, ^ – от группы сравнения.

увеличением содержания сегментоядерных нейтрофилов в 2,51 раза ($p < 0,001$), альвеолярных макрофагов – в 4,11 раза ($p < 0,001$); снижением моноцитов – в 6,00 раза ($p < 0,001$), лимфоцитов – в 10,68 раза ($p < 0,001$), соотношения сегментоядерных нейтрофилов к альвеолярным макрофагам – в 1,79 раза ($p < 0,01$). Состав клеточной популяции при экспозиции МЧ CuO отличался от контрольных данных повышенным относительным числом сегментоядерных нейтрофилов в 2,51 раза ($p < 0,001$), альвеолярных макрофагов – в 1,59 раза ($p < 0,01$); сниженным числом моноцитов – в 2,59 раза ($p < 0,001$), лимфоцитов – в 4,65 раза ($p < 0,001$). Сравнительный анализ показал, что клеточно-фагоцитарная активность при экспозиции НЧ отличается от эффекта, вызванного МЧ, большим относительным числом альвеолярных макрофагов в 2,58 раза ($p < 0,001$), меньшим числом моноцитов – в 2,31 раза ($p < 0,001$), лимфоцитов – в 2,30 раза ($p < 0,001$) и соотношением сегментоядерных нейтрофилов к альвеолярным макрофагам – в 2,52

раза ($p < 0,001$). Результаты исследования клеточно-фагоцитарной активности представлены в табл. 2.

При субхронической экспозиции не установлено ухудшения состояния животных или их гибели. При воздействии НЧ CuO выявлено увеличение концентрации меди в легких в 1,76 раза ($p < 0,05$), МЧ – в 1,20 раза ($p < 0,05$) относительно контрольных данных. Содержание меди при воздействии НЧ выше в 1,45 раза ($p < 0,05$) относительно данного показателя при экспозиции МЧ (табл. 1). Согласно результатам гистологического исследования в легких крыс при воздействии НЧ CuO зафиксирована гиперплазия лимфоидной ткани в стенках бронхов, острая воспалительная реакция бронхов, очаги воспаления интерстиция, распространенные васкулиты, коричневая пигментация макрофагов, очаги эмфиземы и экссудация эритроцитов в просвет альвеол и отек. При аналогичном воздействии МЧ CuO отсутствует эмфизема, отек и скопления эритроцитов в альвеолах (рис. 3).

Таблица 2

Состав клеточной популяции в 100 клетках мазка бронхоальвеолярных смывов крыс через 24 ч после интратрахеальной инстиляции водных суспензий НЧ и МЧ CuO, $p \leq 0,05$

Параметр	Состав клеточной популяции, $M \pm m$		
	Экспозиция НЧ	Экспозиция МЧ	Контроль
Сегментоядерные нейтрофилы, %	$75,6 \pm 0,45^*$	$75,5 \pm 0,37^*$	$30,1 \pm 2,82$
Моноциты, %	$3,2 \pm 0,25^{*\wedge}$	$7,4 \pm 0,58^*$	$19,2 \pm 1,67$
Альвеолярные макрофаги, %	$15,2 \pm 0,93^{*\wedge}$	$5,9 \pm 0,32^*$	$3,7 \pm 0,40$
Лимфоциты, %	$4,4 \pm 0,54^{*\wedge}$	$10,1 \pm 0,35^*$	$47,0 \pm 0,86$
Отношение сегментоядерные нейтрофилы / альвеолярные макрофаги, усл. ед.	$5,21 \pm 0,44^{*\wedge}$	$13,13 \pm 0,69$	$9,34 \pm 1,49$

Примечание: * – статистически значимое отличие от контрольной группы, ^ – от группы сравнения.

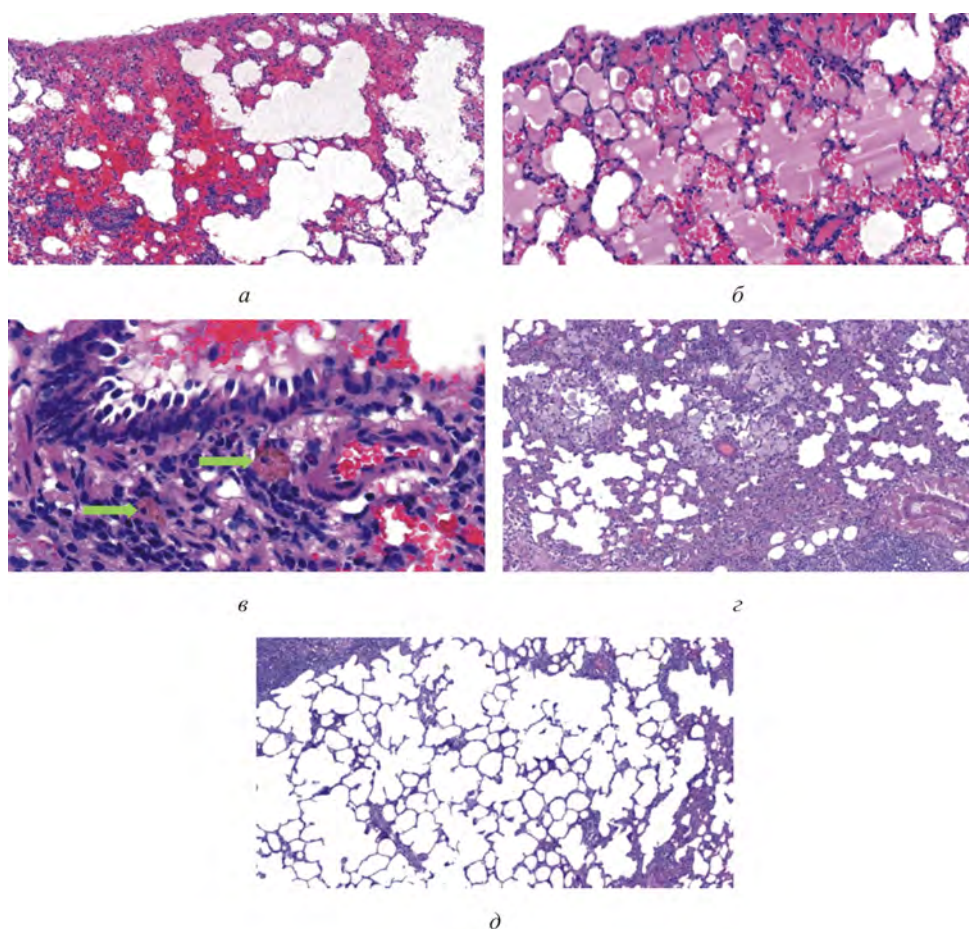


Рис. 3. Микрофотографии гистологических препаратов легких крыс, подвергнутых многократной ингаляционной экспозиции НЧ и МЧ CuO, окраска гематоксилином и эозином: а – опытная группа, участки эмфиземы и кровоизлияний, увеличение 100х; б – опытная группа, альвеолярный отек, увеличение 200х; в – опытная группа, на зеленой стрелке макрофаги с коричневым пигментом в стенке бронха, увеличение 400х; г – группа сравнения, увеличение 100х; д – контрольная группа, увеличение 100х

Патоморфологические изменения тканей легких при многократной ингаляционной экспозиции тестируемыми материалами сопровождаются снижением массы органа. При воздействии НЧ масса легких снижена в 1,6 раза ($p < 0,05$) ($2,1 \pm 0,1$ г), МЧ – в 1,9 раза ($p < 0,05$) ($1,8 \pm 0,1$ г) относительно контрольных данных без статистически значимых различий между группами опыта и сравнения.

Анализ и обобщение полученных результатов проведенных исследований показал, что тестируемый образец CuO по показателям размера, удельной площади поверхности и суммарного объема пор является наноматериалом с выраженным отличием физических свойств от микроразмерного химического аналога. Известно, что стабильность наноразмерной фазы НЧ CuO напрямую зависит от электро-

статического отталкивания, возникающего между частицами и уменьшающегося по мере приближения pH среды к 6 [16]. Предположительно, электростатическое отталкивание в водной среде с pH = 7 ослаблено, что способствует притягиванию и агрегации НЧ друг с другом. Это подтверждается результатами измерения гидродинамического диаметра методом динамического рассеяния света (ДРС), согласно которым размер НЧ CuO в водной среде выше в 6,70 раза относительно значения данного показателя в составе нативного порошка, полученного методом РЭМ. Совокупность физических особенностей НЧ CuO позволяет предположить их большую проникающую способность, а следовательно, более выраженную степень бионакопления и токсические свойства в сравнении с МЧ.

Степень бионакопления НЧ и МЧ CuO при однократной ингаляционной экспозиции по увеличению концентрации меди в легких крыс сопоставима, что, вероятно, обусловлено недостаточным временем экспозиции. Подтверждением этого являются результаты исследования бионакопления при многократной экспозиции. Продemonстрировано повышенное содержание меди в легких при экспозиции НЧ в сравнении с микроразмерным химическим аналогом. Схожие изменения наблюдаются в исследовании, проведенном другими авторами, на мышах. В эксперименте зафиксировано увеличение концентрации изучаемого химического элемента в легких на протяжении воздействия НЧ CuO [17]. Поступившие в легкие НЧ способны путем транзитоза преодолевать эпителий дыхательных путей, проникая в интерстиций и получая доступ к кровообращению напрямую или через лимфатические сосуды, что позволяет им распространяться к различным органам и тканям организма [18]. В связи с этим можно предположить, что НЧ CuO обладают большей степенью токсичности относительно МЧ. Это подтверждается целенаправленным воздействием на легкие при интратрахеальном введении веществ, по результатам которого НЧ CuO оказывают большее влияние на состав клеточной популяции в сравнении с МЧ, что проявляется в большем относительном числе альвеолярных макрофагов и меньшем числе моноцитов и лимфоцитов. В целом увеличение содержания альвеолярных макрофагов и сегментоядерных нейтрофилов, наблюдаемое при экспозиции НЧ, характерно для развития нейтрофильного варианта острой воспалительной реакции⁶ [19, 20]. Это может спровоцировать развитие воспаления тканей легких и бронхов при многократной ингаляционной экспозиции в виде пневмонии, бронхита и васкулитов. Предположительно, механизм развития воспалительной реакции связан

с окислительным стрессом, инициированным воздействием внутриклеточных свободных радикалов, генерации которых способствуют НЧ CuO [13, 21, 22]. Результатом данного процесса является увеличение активности провоспалительных цитокинов, запускающих воспалительную реакцию [23]. Воспалительный процесс в легких сопровождается гиперплазией лимфоидной ткани [24, 25]. В составе клеточной популяции жидкости бронхоальвеолярного лаважа при воздействии НЧ CuO наблюдается более выраженное уменьшение соотношения сегментоядерных нейтрофилов к альвеолярным макрофагам по сравнению с воздействием микроразмерного химического аналога. Данное отличие обусловлено возрастающим относительным числом альвеолярных макрофагов при одинаковой доле нейтрофилов. Известно, что число альвеолярных макрофагов зависит от количества попавших в легкие частиц, и при равной дозе оно тем выше, чем меньше диаметр частиц⁷. В связи с этим при поступлении в легкие меньших по размеру НЧ организму необходимо повысить эффективность механизма клиренса, что происходит за счет усиленной мобилизации альвеолярных макрофагов и нейтрофилов. Кроме этого, увеличение числа данных клеток позволяет распределить цитотоксическую нагрузку за счет снижения числа поглощенных частиц одной клеткой⁷.

Большая степень токсичности НЧ CuO в сравнении с МЧ подтверждается при многократной ингаляционной экспозиции. В легких крыс, экспонированных наноматериалом, отмечено развитие эмфиземы, скопления эритроцитов в просвете альвеол и отек, не обнаруженные при воздействии микроматериала. Выявление эмфиземы согласуется с результатами исследования, проведенного ранее на крысах другим коллективом авторов, в ходе которого животных подвергали ингаляционному воздействию исследуемого наноматериала только через нос [26]. Развитие данной патологии характерно при повышенной активности альвеолярных макрофагов и нейтрофилов в ткани легких [27, 28]. Из азурофильных гранул нейтрофила во внеклеточное пространство высвобождаются сериновые протеазы, в том числе нейтрофильная эластаза и протеиназа 3, которые вызывают повреждение тканей [28]. Альвеолярный отек, сопровождающийся экссудацией крови в просвет альвеол, может являться результатом нарушения нормальной циркуляции крови [29], вызванного ухудшением проходимости сосудов, обусловленным изменением метаболических процессов [30]. Выявленные патоморфологические изменения сопровождаются снижением массы легких. В источниках научной литературы не обнаружено информации о влиянии НЧ CuO на массу органов при ин-

⁶ Hawkins E.C., DeNicola D.B., Kuehn N.F. Bronchoalveolar lavage in the evaluation of pulmonary disease in the dog and cat. State of the art // J. Vet. Intern. Med. – 1990. – Vol. 4, № 5. – P. 267–274. DOI: 10.1111/j.1939-1676.1990.tb03120.x

⁷ Пневмокониозы: патогенез и биологическая профилактика / Б.А. Кацнельсон, О.Г. Алексеева, Л.И. Привалова, Е.В. Ползик. – Екатеринбург: УрО РАН, 1995. – 328 с.

галяционном пути поступления, однако данный аспект изучен при многократной пероральной экспозиции крыс. По результатам исследования [31] масса легких, подверженных воспалительным изменениям, снижается относительно контрольных значений параметра.

Выводы. Согласно результатам выполненных исследований, НЧ CuO при острой и субхронической ингаляционной экспозиции в концентрациях ~ 4 и 1,2–1,4 мг/м³ соответственно накапливаются в легких. При однократном поступлении в организм НЧ и МЧ обладают сопоставимой степенью бионакопления, что, вероятно, обусловлено недостаточным временем воздействия. Это подтверждено субхронической ингаляционной экспозицией, при которой НЧ проявляют большую степень бионакопления в легких в сравнении с МЧ, что отмечено по большему содержанию меди в 1,45 раза. НЧ CuO обладают большей степенью токсичности для органов

дыхания относительно МЧ. Доказательством этого является более выраженное развитие воспалительной реакции, установленное по изменению состава клеточной популяции в жидкости БАЛЖ. Более выраженное токсическое действие НЧ CuO на ткань легких подтверждается появлением эмфиземы, отека, скоплением эритроцитов в альвеолах при субхронической ингаляционной экспозиции, что нехарактерно при воздействии МЧ. Полученные результаты необходимо учитывать при разработке мер, направленных на профилактику развития негативных эффектов со стороны органов дыхания (легкие) при ингаляционной экспозиции изучаемым наноматериалом.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Автор данной статьи сообщает об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Mobasser S., Firoozi A.A. Review of nanotechnology applications in science and engineering // J. Civil Eng. Urban. – 2017. – Vol. 6, № 4. – P. 84–93.
2. Khan I., Saeed K., Khan I. Nanoparticles: Properties, applications and toxicities // Arabian Journal of Chemistry. – 2019. – Vol. 12, № 7. – P. 908–931. DOI: 10.1016/j.arabjc.2017.05.011
3. Зайцева Н.В., Землянова М.А. Гигиеническая индикация последствий для здоровья при внешнесредовой экспозиции химических факторов: монография / под ред. Г.Г. Онищенко. – Пермь: Книжный формат, 2011. – 532 с.
4. Золина Л.И., Грачёва К.О. Физико-химические и биохимические свойства металлических наночастиц и их применение // Industrial Processes and Technologies. – 2022. – Т. 2, № 1. – С. 29–38. DOI: 10.37816/2713-0789-2022-2-1-29-38
5. Ковалёва Н.Ю., Раевская Е.Г., Рошин А.В. Проблемы безопасности наноматериалов: нанобезопасность, нанотоксикология, наноинформатика // Химическая безопасность. – 2017. – Т. 1, № 2. – С. 44–87. DOI: 10.25514/CHS.2017.2.10982
6. Global nano copper oxide market report 2022 to 2027: industry trends, share, size, growth, opportunities and forecasts [Электронный ресурс] // Research and Markets. – URL: <https://www.globenewswire.com/news-release/2022/12/23/2579082/0/en/Global-Nano-Copper-Oxide-Market-Report-2022-to-2027-Industry-Trends-Share-Size-Growth-Opportunities-and-Forecasts.html> (дата обращения: 30.08.2023).
7. Synthesis, biomedical applications, and toxicity of CuO nanoparticles / S. Naz, A. Gul, M. Zia, R. Javed // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2023. – Vol. 107. – P. 1039–1061. DOI: 10.1007/s00253-023-12364-z
8. Vats M., Bhardwaj S., Chhabra A. Green synthesis of copper oxide nanoparticles using *Cucumis sativus* (Cucumber) extracts and their bio-physical and biochemical characterization for cosmetic and dermatologic applications // Endocrine, Metabolic & Immune Disorders Drug Targets. – 2021. – Vol. 21, № 4. – P. 726–733. DOI: 10.2174/1871530320666200705212107
9. Copper oxide nanoparticle effects on root growth and hydraulic conductivity of two vegetable crops / A.J. Margenot, D.A. Ripper, M.R. Dumlao, S. Nezami, P.G. Green, S.J. Parikh, A.J. McElrone // Plant Soil. – 2018. – Vol. 431. – P. 333–345. DOI: 10.1007/s11104-018-3741-3
10. Larvicidal and antifeedant effects of copper nano-pesticides against *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) and its immunological response / A. Rahman, S. Pittarate, V. Perumal, J. Rajula, M. Thungrabeab, S. Mekchay, P. Krutmuang // Insects. – 2022. – Vol. 13, № 11. – P. 1030. DOI: 10.3390/insects13111030
11. Nano-sized copper oxide enhancing the combustion of aluminum/kerosene-based nanofluid fuel droplets / W. Chen, B. Zhu, Y. Sun, P. Guo, J. Liu // Combustion and Flame. – 2022. – Vol. 240. – P. 112028. DOI: 10.1016/j.combustflame.2022.112028
12. Rita A., Sivakumar A., Martin Britto Dhas S.A. Influence of shock waves on structural and morphological properties of copper oxide NPs for aerospace applications // J. Nanostruct. Chem. – 2019. – Vol. 9. – P. 225–230. DOI: 10.1007/s40097-019-00313-0
13. Nano-copper induces oxidative stress and apoptosis in kidney via both extrinsic and intrinsic pathways / A. Sarkar, J. Das, P. Manna, P.C. Sil // Toxicology. – 2011. – Vol. 290, № 2–3. – P. 208–217. DOI: 10.1016/j.tox.2011.09.086
14. SILAC-based quantitative proteomic analysis of human lung cell response to copper oxide nanoparticles / M.J. Edelmann, L.A. Shack, C.D. Naske, K.B. Walters, B. Nanduri // PLoS One. – 2014. – Vol. 9, № 12. – P. e114390. DOI: 10.1371/journal.pone.0114390
15. Copper oxide nanoparticles: In vitro and in vivo toxicity, mechanisms of action and factors influencing their toxicology / H. Sajjad, A. Sajjad, R.T. Haya, M.M. Khan, M. Zia // Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol. Pharmacol. – 2023. – Vol. 271. – P. 109682. DOI: 10.1016/j.cbpc.2023.109682
16. Transformation of CuO nanoparticles in the aquatic environment: influence of pH, electrolytes and natural organic matter / C. Peng, C. Shen, S. Zheng, W. Yang, H. Hu, J. Liu, J. Shi // Nanomaterials (Basel). – 2017. – Vol. 7, № 10. – P. 326. DOI: 10.3390/nano7100326
17. Time course of pulmonary inflammation and trace element biodistribution during and after sub-acute inhalation exposure to copper oxide nanoparticles in a murine model / S. Arecheewakul, A. Adamcakova-Dodd, E. Haque, X. Jing, D.K. Meyerholz, P.T. O'Shaughnessy, P.S. Thorne, A.K. Salem // Part. Fibre Toxicol. – 2022. – Vol. 19, № 1. – P. 40. DOI: 10.1186/s12989-022-00480-z
18. Oberdoster G., Oberdoster E., Oberdoster J. Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles // Environ. Health Perspect. – 2005. – Vol. 113, № 7. – P. 823–839. DOI: 10.1289/ehp.7339

19. Назаренко Г.И., Кишкун А.А. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований. – М.: Медицина, 2006. – 544 с.
20. Stanzel F. Bronchoalveolar Lavage // In book: Principles and Practice of Interventional Pulmonology / ed. by A. Ernst, F.J.F. Herth. – New York: Springer, 2013. – P. 165–176. DOI: 10.1007/978-1-4614-4292-9_16
21. Anreddy R.N.R. Copper oxide nanoparticles induces oxidative stress and liver toxicity in rats following oral exposure // Toxicol. Rep. – 2018. – Vol. 5. – P. 903–904. DOI: 10.1016/j.toxrep.2018.08.022
22. Hormesis Effects of Nano- and Micro-sized Copper Oxide / M. Keshavarzi, F. Khodaei, A. Siavashpour, A. Saeedi, A. Mohammadi-Bardbori // Iran. J. Pharm. Res. – 2019. – Vol. 18, № 4. – P. 2042–2054. DOI: 10.22037/ijpr.2019.13971.12030
23. Mitochondrial reactive oxygen species promote production of proinflammatory cytokines and are elevated in TNFR1-associated periodic syndrome (TRAPS) / A.C. Bulua, A. Simon, R. Maddipati, M. Pelletier, H. Park, K.-Y. Kim, M.N. Sack, D.L. Kastner, R.M. Siegel // J. Exp. Med. – 2011. – Vol. 208, № 3. – P. 519–533. DOI: 10.1084/jem.20102049
24. Khatami M. Developmental phases of inflammation-induced massive lymphoid hyperplasia and extensive changes in epithelium is an experimental model of allergy: implications for a direct link between inflammation and carcinogenesis // Am. J. Ther. – 2005. – Vol. 12, № 2. – P. 117–126. DOI: 10.1097/01.mjt.0000143699.91156.21
25. Самсонова М.В., Черняев А.Л. Первичные лимфоидные поражения лёгких // Практическая пульмонология. – 2016. – № 3. – С. 71–75.
26. Organ burden and pulmonary toxicity of nano-sized copper (II) oxide particles after short-term inhalation exposure / I. Gosens, F.R. Cassee, M. Zanella, L. Manodori, A. Brunelli, A.L. Costa, B.G.H. Bokkers, W.H. de Jong [et al.] // Nanotoxicology. – 2016. – Vol. 10, № 8. – P. 1084–1095. DOI: 10.3109/17435390.2016.1172678
27. Goldklang M., Stockley R. Pathophysiology of Emphysema and Implications // Chronic Obstr. Pulm. Dis. – 2016. – Vol. 3, № 1. – P. 454–458. DOI: 10.15326/jcopdf.3.1.2015.0175
28. Understanding the role of neutrophils in chronic inflammatory airway disease / A.E. Jasper, W.J. McIver, E. Sapey, G.M. Walton // F1000 Res. – 2019. – Vol. 8. – P. 557. DOI: 10.12688/f1000research.18411.1
29. Pulmonary infarction in acute pulmonary embolism / F.H.J. Kaptein, L.J.M. Kroft, G. Hammerschlag, M.K. Ninamber, M.P. Bauer, M.V. Huisman, F.A. Klok // Thromb. Res. – 2021. – Vol. 202. – P. 162–169. DOI: 10.1016/j.thromres.2021.03.022
30. Pulmonary vascular dysfunction in metabolic syndrome / C. Willson, M. Watanabe, A. Tsuji-Hosokawa, A. Makino // J. Physiol. – 2019. – Vol. 597, № 4. – P. 1121–1141. DOI: 10.1113/JP275856
31. Features of Bioaccumulation and Toxic Effects of Copper (II) Oxide Nanoparticles Under Repeated Oral Exposure in Rats / M.S. Stepankov, M.A. Zemlyanova, N.V. Zaitseva, A.M. Ignatova, A.E. Nikolaeva // Pharm. Nanotechnol. – 2021. – Vol. 9, № 4. – P. 288–297. DOI: 10.2174/2211738509666210728163901

Степанков М.С. Оценка особенностей бионакопления и токсического действия наночастиц оксида меди (II) на органы дыхания при ингаляционном поступлении в организм в сравнении с микроразмерным химическим аналогом для задач профилактики // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 4. – С. 124–133. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.12

UDC 613.632.2; 546.562; 615.916
DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.12.eng



Research article

PECULIARITIES OF BIOACCUMULATION AND TOXIC EFFECTS PRODUCED BY COPPER OXIDE (II) NANOPARTICLES ON THE RESPIRATORY ORGANS UNDER INHALATION EXPOSURE AS OPPOSED TO THEIR MICRO-SIZED CHEMICAL ANALOGUE: ASSESSMENT FOR PREVENTION PURPOSES

M.S. Stepankov

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

At present, it is quite relevant to get better insight into parameters and peculiarities of deleterious effects produced by copper oxide nanoparticles (CuO NPs) on the respiratory organs under inhalation exposure. This will help develop more effective prevention measures.

© Stepankov M.S., 2023

Mark S. Stepankov – Junior Researcher at the Laboratory of Biochemical and Nanosensor Diagnostics (e-mail: stepankov@ferisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-15; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7226-7682>).

The aim of this study was to assess peculiarities of bioaccumulation and toxic effects produced by CuO NPs on the respiratory organs as opposed to their micro-sized analogue in experimental modeling of inhalation exposure for prevention purposes.

We established physical properties of the tested materials. Experimental studies were accomplished on Wistar rats. The experimental animals underwent a single 4-hour inhalation exposure to a concentration of $\sim 4 \text{ mg/m}^3$; a subchronic inhalation exposure to a concentration of $1.2\text{--}1.4 \text{ mg/m}^3$; a single intratracheal exposure to a dose of 0.005 grams per one rat. We examined peculiarities of NPs bioaccumulation, their influence on the cellular population of the bronchoalveolar lavage fluid (BALF), development of pathomorphological disorders in tissues, and the lung mass in comparison with the micro-sized analogue.

CuO NPs, as opposed to their micro-sized analogue, are smaller in size, have smaller hydrodynamic diameters, greater specific surface area and greater total pore volume; these properties determine their greater permeability. Bioaccumulation in the lungs, which was identified for NPs and MPs, is comparable under a single inhalation exposure. Under chronic exposure, NPs tend to bioaccumulate more intensively. A single intratracheal exposure induces more apparent changes in the BALF cellular population. Exposure to NPs causes emphysema, edema, and erythrocyte exudation in the lungs whereas these effects are not identified under exposure to MPs.

Therefore, CuO NPs tend to accumulate more intensively and have more deleterious toxic effects on the respiratory organs (the lungs) than their micro-sized chemical analogue under a single intratracheal exposure (0.005 grams per one rat) and subchronic inhalation exposure (1.2 mg/m^3). The study results should be considered when developing activities aimed at preventing negative health outcomes in the respiratory organs under inhalation exposure to the analyzed nanomaterial.

Keywords: copper (II) oxide, nanoparticles, microparticles, inhalation exposure, bioaccumulation, toxic effect, cellular phagocytic activity, Wistar rats.

References

1. Mobasser S., Firoozi A.A. Review of nanotechnology applications in science and engineering. *J. Civil Eng. Urban.*, 2017, vol. 6, no. 4, pp. 84–93.
2. Khan I., Saeed K., Khan I. Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arabian Journal of Chemistry*, 2019, vol. 12, no. 7, pp. 908–931. DOI: 10.1016/j.arabjc.2017.05.011
3. Zaitseva N.V., Zemlyanova M.A. Identification of health effects caused by environmental chemical exposure. In: G.G. Onishchenko ed. Perm, Knizhnyi format, 2011, 532 p. (in Russian).
4. Zolina L.I., Gracheva K.O. Physicochemical and biochemical properties of metallic nanoparticles and their applications. *Industrial Processes and Technologies*, 2022, vol. 2, no. 1, pp. 29–38. DOI: 10.37816/2713-0789-2022-2-1-29-38 (in Russian).
5. Kovaleva N.Yu., Raevskaya E.G., Roshchin A.V. Aspects of nanomaterial safety: nanosafety, nanotoxicology, nanoinformatics. *Khimicheskaya bezopasnost'*, 2017, vol. 1, no. 2, pp. 44–87. DOI: 10.25514/CHS.2017.2.10982 (in Russian).
6. Global nano copper oxide market report 2022 to 2027: industry trends, share, size, growth, opportunities and forecasts. *Research and Markets*. Available at: <https://www.globenewswire.com/news-release/2022/12/23/2579082/0/en/Global-Nano-Copper-Oxide-Market-Report-2022-to-2027-Industry-Trends-Share-Size-Growth-Opportunities-and-Forecasts.html> (August 30, 2023).
7. Naz S., Gul A., Zia M., Javed R. Synthesis, biomedical applications, and toxicity of CuO nanoparticles. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2023, vol. 107, pp. 1039–1061. DOI: 10.1007/s00253-023-12364-z
8. Vats M., Bhardwaj S., Chhabra A. Green synthesis of copper oxide nanoparticles using *Cucumis sativus* (Cucumber) extracts and their bio-physical and biochemical characterization for cosmetic and dermatologic applications. *Endocrine, Metabolic & Immune Disorders Drug Targets*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 726–733. DOI: 10.2174/1871530320666200705212107
9. Margenot A.J., Rippner D.A., Dumlaio M.R., Nezami S., Green P.G., Parikh S.J., McElrone A.J. Copper oxide nanoparticle effects on root growth and hydraulic conductivity of two vegetable crops. *Plant Soil*, 2018, vol. 431, pp. 333–345. DOI: 10.1007/s11104-018-3741-3
10. Rahman A., Pittarate S., Perumal V., Rajula J., Thungrabeab M., Mekchay S., Krutmuang P. Larvicidal and antifeedant effects of copper nano-pesticides against *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) and its immunological response. *Insects*, 2022, vol. 13, no. 11, pp. 1030. DOI: 10.3390/insects13111030
11. Chen W., Zhu B., Sun Y., Guo P., Liu J. Nano-sized copper oxide enhancing the combustion of aluminum/kerosene-based nanofluid fuel droplets. *Combustion and Flame*, 2022, vol. 240, pp. 112028. DOI: 10.1016/j.combustflame.2022.112028
12. Rita A., Sivakumar A., Martin Britto Dhas S.A. Influence of shock waves on structural and morphological properties of copper oxide NPs for aerospace applications. *J. Nanostruct. Chem.*, 2019, vol. 9, pp. 225–230. DOI: 10.1007/s40097-019-00313-0
13. Sarkar A., Das J., Manna P., Sil P.C. Nano-copper induces oxidative stress and apoptosis in kidney via both extrinsic and intrinsic pathways. *Toxicology*, 2011, vol. 290, no. 2–3, pp. 208–217. DOI: 10.1016/j.tox.2011.09.086
14. Edelmann M.J., Shack L.A., Naske C.D., Walters K.B., Nanduri B. SILAC-based quantitative proteomic analysis of human lung cell response to copper oxide nanoparticles. *PLoS One*, 2014, vol. 9, no. 12, pp. e114390. DOI: 10.1371/journal.pone.0114390
15. Sajjad H., Sajjad A., Haya R.T., Khan M.M., Zia M. Copper oxide nanoparticles: In vitro and in vivo toxicity, mechanisms of action and factors influencing their toxicology. *Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol. Pharmacol.*, 2023, vol. 271, pp. 109682. DOI: 10.1016/j.cbpc.2023.109682
16. Peng C., Shen C., Zheng S., Yang W., Hu H., Liu J., Shi J. Transformation of CuO nanoparticles in the aquatic environment: influence of pH, electrolytes and natural organic matter. *Nanomaterials (Basel)*, 2017, vol. 7, no. 10, pp. 326. DOI: 10.3390/nano7100326

17. Areecheewakul S., Adamcakova-Dodd A., Haque E., Jing X., Meyerholz D.K., O'Shaughnessy P.T., Thorne P.S., Salem A.K. Time course of pulmonary inflammation and trace element biodistribution during and after sub-acute inhalation exposure to copper oxide nanoparticles in a murine model. *Part. Fibre Toxicol.*, 2022, vol. 19, no. 1, pp. 40. DOI: 10.1186/s12989-022-00480-z
18. Oberdoster G., Oberdoster E., Oberdoster J. Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. *Environ. Health Perspect.*, 2005, vol. 113, no. 7, pp. 823–839. DOI: 10.1289/ehp.7339
19. Nazarenko G.I., Kishkun A.A. Klinicheskaya otsenka rezul'tatov laboratornykh issledovaniy [Clinical estimation of laboratory results]. Moscow, Meditsina, 2006, 544 p. (in Russian).
20. Stanzel F. Bronchoalveolar Lavage. In book: Principles and Practice of Interventional Pulmonology. In: A. Ernst, F.J.F. Herth eds. New York, Springer, 2013, pp. 165–176. DOI: 10.1007/978-1-4614-4292-9_16
21. Anreddy R.N.R. Copper oxide nanoparticles induces oxidative stress and liver toxicity in rats following oral exposure. *Toxicol. Rep.*, 2018, no. 5, pp. 903–904. DOI: 10.1016/j.toxrep.2018.08.022
22. Keshavarzi M., Khodaei F., Siavashpour A., Saeedi A., Mohammadi-Bardbori A. Hormesis Effects of Nano- and Micro-sized Copper Oxide. *Iran. J. Pharm. Res.*, 2019, vol. 18, no. 4, pp. 2042–2054. DOI: 10.22037/ijpr.2019.13971.12030
23. Bulua A.C., Simon A., Maddipati R., Pelletier M., Park H., Kim K.-Y., Sack M.N., Kastner D.L., Siegel R.M. Mitochondrial reactive oxygen species promote production of proinflammatory cytokines and are elevated in TNFR1-associated periodic syndrome (TRAPS). *J. Exp. Med.*, 2011, vol. 208, no. 3, pp. 519–533. DOI: 10.1084/jem.20102049
24. Khatami M. Developmental phases of inflammation-induced massive lymphoid hyperplasia and extensive changes in epithelium is an experimental model of allergy: implications for a direct link between inflammation and carcinogenesis. *Am. J. Ther.*, 2005, vol. 12, no. 2, pp. 117–126. DOI: 10.1097/01.mjt.0000143699.91156.21
25. Samsonova M.V., Chernyaev A.L. Primary lymphoid lung lesions. *Prakticheskaya pul'monologiya*, 2016, no. 3, pp. 71–75 (in Russian).
26. Gosens I., Cassee F.R., Zanella M., Manodori L., Brunelli A., Costa A.L., Bokkers B.G.H., de Jong W.H. [et al.]. Organ burden and pulmonary toxicity of nano-sized copper (II) oxide particles after short-term inhalation exposure. *Nanotoxicology*, 2016, vol. 10, no. 8, pp. 1084–1095. DOI: 10.3109/17435390.2016.1172678
27. Goldklang M., Stockley R. Pathophysiology of Emphysema and Implications. *Chronic Obstr. Pulm. Dis.*, 2016, vol. 3, no. 1, pp. 454–458. DOI: 10.15326/jcopdf.3.1.2015.0175
28. Jasper A.E., McIver W.J., Sapcey E., Walton G.M. Understanding the role of neutrophils in chronic inflammatory airway disease. *F1000 Res.*, 2019, vol. 8, pp. 557. DOI: 10.12688/f1000research.18411.1
29. Kaptein F.H.J., Kroft L.J.M., Hammerschlag G., Ninamber M.K., Bauer M.P., Huisman M.V., Klok F.A. Pulmonary infarction in acute pulmonary embolism. *Thromb. Res.*, 2021, vol. 202, pp. 162–169. DOI: 10.1016/j.thromres.2021.03.022
30. Willson C., Watanabe M., Tsuji-Hosokawa A., Makino A. Pulmonary vascular dysfunction in metabolic syndrome. *J. Physiol.*, 2019, vol. 597, no. 4, pp. 1121–1141. DOI: 10.1113/JP275856
31. Stepankov M.S., Zemlyanova M.A., Zaitseva N.V., Ignatova A.M., Nikolaeva A.E. Features of Bioaccumulation and Toxic Effects of Copper (II) Oxide Nanoparticles Under Repeated Oral Exposure in Rats. *Pharm. Nanotechnol.*, 2021, vol. 9, no. 4, pp. 288–297. DOI: 10.2174/22117385096662107281639011

Stepankov M.S. Peculiarities of bioaccumulation and toxic effects produced by copper oxide (II) nanoparticles on the respiratory organs under inhalation exposure as opposed to their micro-sized chemical analogue: assessment for prevention purposes. Health Risk Analysis, 2023, no. 4, pp. 124–133. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.12.eng

Получена: 20.08.2023

Одобрена: 23.10.2023

Принята к публикации: 20.12.2023



Научная статья

ПРОГНОЗ РИСКА РАЗВИТИЯ ОПУХОЛИ С УЧЕТОМ РЕГУЛЯТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА И ПРОЦЕССА АНГИОГЕНЕЗА

П.В. Трусов^{1,2}, Н.В. Зайцева¹, В.М. Чигвинцев^{1,2}¹Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Российская Федерация, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82²Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Российская Федерация, 614990, г. Пермь, ул. Комсомольский проспект, 29

Негативные факторы среды обитания и образа жизни оказывают значительное влияние на возникновение раковых опухолей как напрямую, так и опосредованно – через снижение функциональности защитных механизмов организма. Изучение их воздействия имеет важное практическое значение для оценки рисков и создания эффективных стратегий по предотвращению рака. Одним из методов, позволяющих учесть сложный многокомпонентный процесс взаимодействия элементов различных систем при росте опухоли, является математическое моделирование.

Представлен подход к оценке риска развития раковой опухоли с помощью построенной прогнозной модели, описывающей динамику аномальных клеток с учетом механизмов регуляции и ангиогенеза. Применяется эволюционный подход к оценке накопления функциональных нарушений иммунной системы, вызванных естественным старением и воздействием химических факторов среды обитания. Для оценки возможного исхода возникновения раковой опухоли при различных возможных характеристиках аномальных клеток применяется метод Монте-Карло.

Приведены результаты проведенных вычислительных экспериментов по описанию динамики изменения характеристик клеточных популяций в рассматриваемой ткани органа. Показано развитие системы кровеносных сосудов при различном воздействии наиболее значимых факторов. Проведен анализ результатов расчетов для нескольких сценариев, описывающих динамику роста раковой опухоли с учетом механизмов ангиогенеза при различных параметрах функциональной поврежденности иммунной системы и характеристиках аномальных клеток. Выполнена оценка риска развития опухоли с учетом параметров, определяющих состояние организма (иммунной системы), и характеристик аномальных клеток.

Использование данного подхода позволяет разработать систему профилактических и санитарно-гигиенических мероприятий на территориях с неблагоприятным состоянием среды обитания в целях снижения онкологической заболеваемости.

Ключевые слова: математическое моделирование, эволюция функциональных нарушений, ангиогенез, иммунная система, нейроэндокринная регуляция, развитие опухоли, факторы риска, метод Монте-Карло.

В последние десятилетия противодействие смертности от онкологических заболеваний в развитых странах стало одним из приоритетов в сфере медицины и биомедицинских исследований [1, 2]. Изучение воздействия негативных факторов среды обитания и образа жизни на возникновение раковых опухолей является неотъемлемой частью онкологических исследований. Это направление науки имеет огромное значение в свете все возрастающего числа случаев раковых заболеваний по всему миру. Негативные факторы среды и образа

жизни могут значительно увеличивать риск возникновения рака, и поэтому изучение их воздействия имеет важное практическое значение для создания эффективных стратегий по предотвращению и лечению рака.

Научные исследования показывают, что загрязнение окружающей среды токсичными веществами, тяжелыми металлами и прочими химическими соединениями может значительно увеличить риск развития рака у людей. К одному из таких факторов можно отнести алюминий, широко используемый

© Трусов П.В., Зайцева Н.В., Чигвинцев В.М., 2023

Трусов Петр Валентинович – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник; заведующий кафедрой математического моделирования систем и процессов (e-mail: tpv@matmod.pstu.ac.ru; тел.: 8 (342) 239-16-07; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8997-5493>).

Зайцева Нина Владимировна – академик Российской академии наук, 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>).

Чигвинцев Владимир Михайлович – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник отдела математического моделирования систем и процессов (e-mail: cvm@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0345-3895>).

металл в различных отраслях промышленности, который попадает в окружающую среду через производственные процессы, утилизацию отходов и продукты повседневного использования. В частности, исследователи рассматривают потенциальную роль алюминия в модуляции молекулярных путей, участвующих в прогрессировании рака толстой кишки, таких как эпителиально-мезенхимальный переход и апоптоз [3]. В исследованиях сообщалось о способности биоаккумуляции алюминия потенциально индуцировать канцерогенез молочной железы, вызывая нестабильность генома [4].

Негативные факторы среды обитания и образа жизни оказывают существенное влияние на возникновение раковых опухолей как напрямую, так и опосредованно – через снижение функциональности защитных механизмов организма. Нарастание уровня алюминия в организме человека приводит к нарушениям структуры и функции костной и нервной тканей, репродуктивной системы, системы кроветворения, а также в системе иммунного ответа.

Одним из ключевых аспектов изучения воздействия негативных факторов на развитие рака является определение механизмов, через которые эти факторы воздействуют на клетки организма и организм в целом и вызывают изменения, приводящие к развитию опухолей. Это включает в себя изучение генетических аспектов, эпигенетических механизмов, влияния окружающей среды на метаболические процессы и др.

Техногенные факторы среды обитания могут привести к патоморфозу, ухудшить течение и исход онкологического заболевания [5]. Испытывают влияние указанных факторов и регуляторные (иммунная и нейроэндокринная) системы; проведенные исследования показывают, что техногенные химические факторы оказывают негативное воздействие на функционирование данных систем [6–8].

Иммунитет играет определяющую роль в процессах развития новообразования. В организме человека в течение его жизнедеятельности возникают аномальные клетки, которые в ходе дальнейшего роста могут образовывать раковые опухоли, но благодаря работе иммунной системы в большинстве случаев они прекращают свой рост. Показано, что функциональные нарушения иммунной системы являются одной из главных причин высокого уровня заболеваемости злокачественными новообразованиями [9, 10].

В экспериментах *in vitro* и *in vivo* трудно понять взаимосвязь между влияющими факторами, поэтому сложно объяснить механизм онкогенеза с учетом взаимодействия элементов иммунитета при изменении поступления питательных веществ за счет ангиогенеза. Применение методов математического моделирования позволяет исследовать как внутренние связи различных элементов, так и взаимодействия между элементами системы в целом [11–13]. Основная проблема математического моде-

лирования роста опухоли с учетом ангиогенеза заключается в многомасштабности и многофакторности этого процесса.

Целью исследования является оценка риска развития раковой опухоли с использованием прогностической математической модели для описания динамики аномальных клеток ткани с учетом влияния механизмов ангиогенеза и реакции иммунной системы в условиях воздействия химических факторов среды обитания.

Материалы и методы. Динамика прогрессирования опухоли обусловлена результатами соперничества между субпопуляциями за доступ к глюкозе, которая является ключевым источником энергии и основным строительным материалом опухолевых клеток. В контексте механизмов защиты организма от неконтролируемого роста аномальных клеток рассматривается воздействие комплекса элементов иммунной системы с учетом регулирующего влияния эндокринной системы. В качестве основных характеристик клеток, существенных для описания механизмов образования опухолей, выделяются скорость деления, продолжительность жизни клеток, максимальная плотность образуемой ткани, антигенность и уровень потребления глюкозы.

Из-за сложности процессов иммунного ответа, учитывая нейроэндокринную регуляцию, в работе используется ряд гипотез и предположений. Одной из основных гипотез является идея о равномерном распределении клеточных популяций в представительной области ткани органа в любой момент времени [14]. Кроме того, предполагается, что изменения любой переменной модели зависят от текущих значений всех переменных, что означает, что последние содержат информацию об истории процесса.

Принимается предположение о регуляции иммунного ответа сигнальными белками, находящимися в трех основных тканевых объемах: головном мозге (гипофизе, гипоталамусе), брюшной полости (надпочечниках) и в органе-мишени. Взаимодействие между пространственно удаленными органами учитывается с помощью введения временного запаздывания. Регуляторное воздействие иммунной и нейроэндокринной систем имеет отсроченный характер, поскольку требуется время на передачу сигналов от органов-источников к целевому органу.

Защитные механизмы активируются после контакта макрофагов и опухолевых клеток, порожденных мутацией нормальных клеток. Процесс устранения аномальных мутировавших клеток сопровождается синтезом информационных молекул, таких как цитокин интерлейкин-1 [15].

Изменение уровня интерлейкина-1 приводит к изменению скорости образования интерлейкина-2 Т-хелперами, что вызывает изменения в скорости синтеза гормона кортиколиберина путем воздействия на гипоталамус. Кортиколиберин воздействует на переднюю долю гипофиза, что приводит к изме-

нению скорости секреции адренокортикотропного гормона (АКТГ). АКТГ, циркулируя в крови, в свою очередь, влияет на активность надпочечников, регулируя выделение кортизола. Изменение уровня кортизола вызывает обратную реакцию в секреции АКТГ и интерлейкина-1 [16].

Интерлейкин-2 оказывает стимулирующее воздействие на процесс производства НК-клеток [17], цитотоксических Т-лимфоцитов [18] и В-клеток [19, 20]. НК-клетки производятся костным мозгом и осуществляют механизм уничтожения аномальных клеток в начальной стадии иммунной борьбы с раковыми образованиями. НК-клетки неспецифичны по отношению к аномальным клеткам, и для их работы используется механизм распознавания «свой – чужой».

Большая часть возникающих аномальных клеток подвергается нейтрализации на начальной стадии защиты организма без активации специфического иммунного ответа. В разрабатываемой модели учтено подавляющее воздействие кортизола [21, 22] и стимулирующее влияние интерлейкина-2 на интенсивность производства НК-клеток [23]. Специфический адаптивный иммунитет в основном связан с производством антител В-клетками, которые блокируют жизнедеятельность аномальных клеток, а также с уничтожением аномальных клеток цитотоксическими Т-лимфоцитами [23, 24]. Указанные иммунные клетки начинают активное размножение после получения сигнала о наличии популяции аномальных клеток за счет стимулирующего влияния интерлейкина-2. Когда специфические клетки достигают определенной численности, начинается производство антител В-клетками [25] и выход цитотоксических Т-лимфоцитов в кровеносную и лимфатическую системы. Способность иммунных клеток бороться с аномальными клетками подавляется кортизолом [26]. Наличие постоянного стрессора (кортизола) приводит к снижению активности натуральных киллеров, замедлению размножения Т-лим-

фоцитов, предназначенных для уничтожения аномальных клеток, и препятствует нормальному производству антител.

Система кровеносных сосудов играет основную роль для поступления питательных веществ (углеводов), необходимых для поддержания жизнедеятельности всех тканей в организме человека. В результате ангиогенеза происходит формирование новых сосудов, которые постепенно распространяются, создавая новую местную кровеносную систему. В онкологической медицине активно исследуется использование антиангиогенной терапии [27, 28], которая приводит к уменьшению поступления питательных веществ в опухоль и замедлению ее роста. Недавние исследования показывают, что на процесс ангиогенеза могут влиять различные факторы [29], приводя к структурным изменениям сети кровеносных сосудов.

Поступление питания от артериол к клеткам происходит за счет диффузии питательных веществ сквозь межклеточное пространство. При недостатке питательных веществ клетки органа начинают выделять фактор роста эндотелия сосудов (VEGF), который стимулирует рост капилляров от артериол [30, 31]. Наличие капилляров в ткани значительно увеличивает ее проницаемость для питательных веществ и позволяет восполнить недостаток. В модели рост капилляров описывается за счет локального изменения пористости ткани.

Графическое представление, отображающее основные взаимосвязи между переменными модели, включает комплекс взаимосвязанных элементов иммунной, нейроэндокринной систем и клеток органа, составляющих систему кровеносных сосудов, приведено на рис. 1.

Исходя из представленной выше схемы взаимодействия, математическую модель можно представить в виде системы из 19 обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка с запаздывающим аргументом.

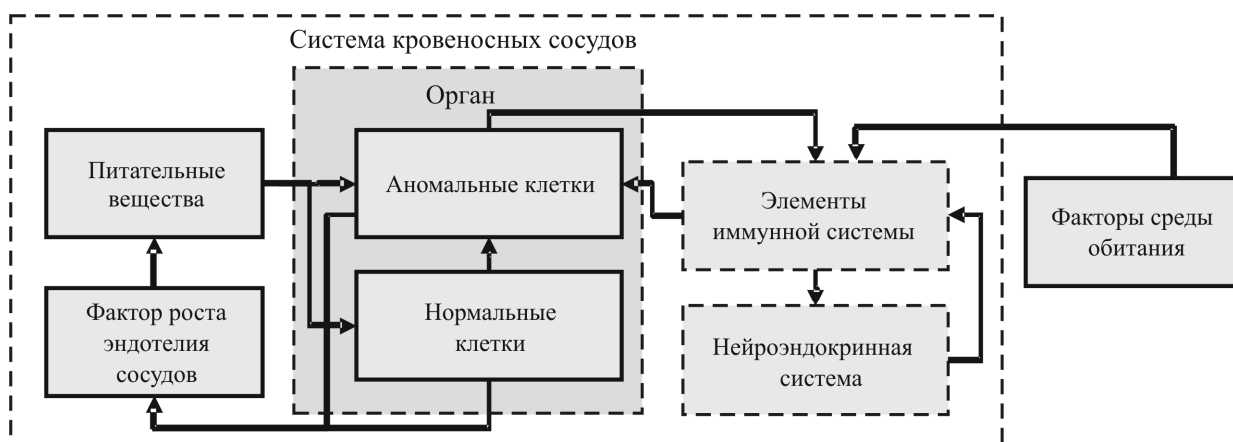


Рис. 1. Схема функционирования иммунной и нейроэндокринной систем при развитии раковой опухоли

Для описания изменения концентрации аномальных клеток с учетом иммунной регуляции используется следующее уравнение, при этом учитывается параметр антигенности, их видимость для различных клеток иммунитета (коэффициенты уравнений определяются при идентификации модели с использованием данных экспериментов *in vivo* и / или *in vitro*):

$$\begin{aligned} \frac{dC_c^m}{dt} = & k_1^m (C_c^m + \tilde{C}_c^m) \left(1 - \frac{\rho}{k_2^m + \rho} \right) - \\ & - k_3 C_c^m C_M H(S^m - k_4) - \\ & - k_5 C_A C_c^m H(S^m - k_6) - k_7^m C_c^m - \\ & - k_8 C_{NK} C_c^m \left(1 - k_9 \frac{C_K(t-T)}{1 + C_K(t-T)} \right) H(S^m - k_{10}) - \\ & - k_{11} C_{CTL} C_c^m \left(1 - k_{12} \frac{C_K(t-T)}{1 + C_K(t-T)} \right) H(S^m - k_{13}) - \\ & - k_{14} \langle C_P^{Nm} - C_P \rangle, \end{aligned} \quad (1)$$

где ρ – совокупная плотность клеток органа, клеток/мл;

\tilde{C}_c^m – концентрация аномальных клеток органа

в окрестности расчетной точки, клеток/мл;

S^m – видимость для элементов иммунной системы (антигенность) аномальных клеток органа (нулевое значение соответствует характеристике нормальной клетки), б/р;

C_M – концентрация макрофагов (моноцитов), клеток/мл;

C_A – концентрация антител, мМЕ/мл;

C_{NK} – концентрация NK-клеток (естественные киллеры), клеток/мл;

C_K – концентрация кортизола, нанограмм/мл;

C_{CTL} – концентрация цитотоксических Т-лимфоцитов, клеток/мл;

C_P – концентрация питательных веществ, мг/мл.

Для описания образования новых аномальных клеток используется первое слагаемое. При этом для установления верхней границы деления аномальных клеток вводится дополнительная характеристика – максимальная плотность образуемой ткани. Второе слагаемое описывает уничтожение аномальных клеток макрофагами, при этом выделяется сигнальный белок интерлейкин-1. Для описания процесса нейтрализации аномальных клеток специфическими антителами используется третье слагаемое.

Четвертое слагаемое характеризует естественную смерть аномальных клеток, значение коэффициента определяется из значения продолжительности жизни аномальной клетки. Пятое слагаемое представляет собой описание уничтожения аномальных клеток органа-мишени при помощи NK-клеток. Уничтожение происходит при контакте инфицированной клетки с NK-клеткой. Кортизол оказывает подавляющее воздействие на активность NK-

клеток, и его воздействие имеет запаздывающий характер из-за времени, необходимого для доставки из надпочечников к органу-мишени.

Для описания уничтожения аномальных клеток цитотоксическими Т-лимфоцитами используется шестое слагаемое в правой части уравнения. Уничтожение происходит после контакта аномальной клетки с цитотоксическим Т-лимфоцитом. Кортизол также оказывает угнетающее действие на работу цитотоксических Т-лимфоцитов. Для описания эффекта накопления данного типа клеток в лимфатических узлах до достижения определенного уровня используется функция Хевисайда. Последнее слагаемое описывает смерть аномальных клеток при недостатке питательных веществ.

Описание изменения иммунологических и нейроэндокринных элементов выполнено с помощью балансовых уравнений вида:

$$\frac{dC_x}{dt} = \sum_i k_{x,i}^+ C_{y,i} - \sum_j k_{x,j}^- C_{y,j}, \quad (2)$$

где $k_{x,i}^+ C_{y,i}$ – слагаемое, описывающее увеличение скорости изменения концентрации показателя C_x за счет воздействия влияющих факторов $C_{y,i}$;

$k_{x,j}^- C_{y,j}$ – слагаемое, описывающее уменьшение скорости изменения концентрации показателя C_x за счет воздействия влияющих факторов $C_{y,j}$.

Вид уравнений (2) и значения их параметров приведены в статье, описывающей рост опухоли с учетом регуляторных систем [32].

Для описания изменения концентрации питательных веществ используется следующее уравнение, соотношение учитывает уменьшение концентрации за счет поглощения питательных веществ аномальными и здоровыми клетками:

$$\frac{dC_P}{dt} = -k_{15} C_C^m - k_{16} C_{ST}, \quad (3)$$

где C_{ST} – концентрация здоровых клеток органа, клеток/мл;

C_C^m – концентрация аномальных клеток органов в окрестности расчетной точки, клеток/мл.

Изменение концентрации фактора роста эндотелия сосудов (VEGF) описывается соотношением, учитывающим выработку белка аномальными и здоровыми клетками органа при недостатке питательных веществ, а также механизм естественного клиренса:

$$\begin{aligned} \frac{dC_{VEGF}}{dt} = & k_{17} C_C^m \langle C_P^{Nm} - C_P \rangle - \\ & - k_{18} C_{ST} \langle C_P^N - C_P \rangle - k_{19} C_{VEGF}, \end{aligned} \quad (4)$$

где C_C^m – концентрация аномальных клеток органов в окрестности расчетной точки, клеток/мл;

C_{ST} – концентрация здоровых клеток органа, клеток/мл;

C_p – концентрация питательных веществ, мг/мл;

C_p^N – граничная концентрация питательных веществ необходимых для поддержания жизнедеятельности клеток, мг/мл.

Изменение пористости ткани, моделирующее рост капилляров под действием фактора роста эндотелия, характеризуется следующим уравнением: соотношение описывает стимуляцию роста фактором роста эндотелия сосудов и естественную деградацию сети капилляров:

$$\frac{dD}{dt} = k_{20}C_{VEGF} - k_{21}, \quad \tilde{D} > D_N, \quad (5)$$

где C_{VEGF} – концентрация фактора роста эндотелия сосудов VEGF, МЕ/мл;

D – пористость ткани, связанная с наличием капилляров в ткани и тканевой жидкостью, б/р;

D_N – пористость ткани, выше которой можно говорить о наличии капиллярной сети, и которая может послужить началом роста новых капилляров, б/р;

\tilde{D} – пористость ткани в окрестности расчетной точки, б/р.

Скорость изменения концентрации аномальных клеток, обусловленная делением, в произвольной точке органа можно описать диффузионным уравнением следующего вида, основное направление роста ориентировано на область с наименьшей плотностью ткани:

$$\frac{dC_c^m}{dt} = -k_{22}D \frac{\partial C_c^m}{\partial x}, \quad (6)$$

где C_c^m – концентрация аномальных клеток органа в окрестности расчетной точки, клеток/мл.

Диффузия глюкозы в ткани описывается следующим дифференциальным уравнением в частных производных, при описании учитываются механизмы перемещения при растворении в тканевой жидкости и с помощью капиллярной сети:

$$\frac{dC_p}{dt} = -k_{23}D \frac{\partial C_p}{\partial x}, \quad (7)$$

где C_p – концентрация питательных веществ, мг/мл.

Факторы роста эндотелия сосудов имеют тенденцию диффундировать от области с более высокой концентрацией к области с более низкой концентрацией. Проницаемость тканей играет важную роль в диффузии VEGF. Диффузия концентрации факторов роста эндотелия сосудов определяется следующим уравнением, описывающим движение белка VEGF от клеток с недостаточным питанием до стенок капилляров с целью стимуляции их роста:

$$\frac{dC_{VEGF}}{dt} = -k_{24}D \frac{\partial C_{VEGF}}{\partial x}, \quad (8)$$

где C_{VEGF} – концентрация фактора роста эндотелия сосудов VEGF, МЕ/мл.

Идентификация модели выполнена с использованием имеющихся в литературе экспериментальных данных, полученных при исследовании процесса возникновения и роста аномальных клеток в тканях почек, значения параметров модели приведены в таблице.

Параметры математической модели динамики роста аномальных клеток ткани с учетом влияния механизмов ангиогенеза и реакции иммунной системы

Параметр	Значение	Источник
k_1	$2,35 \cdot 10^{-11}$ (1/клеток·день)	[33]
k_2	$1,2 \cdot 10^7$ (клеток/мл)	–
k_3	10^{-14} (мл/клеток·день)	–
k_4	0,85 (б/р)	–
k_5	$8,6 \cdot 10^{-10}$ (мл/МЕ·день)	[34]
k_6	0,7 (б/р)	–
k_7	0,0043 (1/клеток·день)	[35]
k_8	$2,5 \cdot 10^{-17}$ (мл/клеток·день)	[36]
k_9	0,5 (б/р)	–
k_{10}	0,5 (б/р)	–
k_{11}	$6,6 \cdot 10^{-18}$ (мл/клеток·день)	[36]
k_{12}	0,5 (б/р)	–
k_{13}	0,8 (б/р)	–
k_{14}	0,046 (мл·клеток/мг·день)	[37]
k_{15}	$3,6 \cdot 10^{-3}$ (мг/клеток·день)	[37]
k_{16}	$1,5 \cdot 10^{-3}$ (мг/клеток·день)	[37]
k_{17}	$8,3 \cdot 10^{-7}$ (мл·МЕ/клеток·мг·день)	[38]
k_{18}	$6,5 \cdot 10^{-7}$ (мл·МЕ/клеток·мг·день)	[38]
k_{19}	0,0019 (1/день)	[38]
k_{20}	0,0135 (мл/МЕ·день)	[38]
k_{21}	$7,13 \cdot 10^{-3}$ (1/день)	[38]
k_{22}	0,02 (мм/день)	–
k_{23}	0,83 (мм/день)	–
k_{24}	1,2 (мм/день)	[39]

Для использования модели при описании онкогенеза в других органах необходимо определить значения указанных коэффициентов на основе эмпирических данных, отражающих специфику клеток данного органа.

Взаимодействие между популяциями клеток и информационными молекулами организма основано на клонально-селективной теории, законе действующих масс, а также использовании характеристик взаимодействия и марковских процессов рождения и гибели.

Нарушения функционального состояния иммунной системы рассматриваются на примере производящего иммунные элементы костного мозга, изменения в работе которого происходят в связи с химической контаминацией алюминием.

Изменение функциональности костного мозга влияет на скорость продукции различных клеток врожденного и приобретенного иммунитета, что впоследствии приводит как к количественным (изменение количества иммунных и вспомогательных клеток иммунной системы), так и качественным изменениям

в состоянии иммунитета (снижение функциональной активности). Эволюция функциональных нарушений иммунной системы описывается уравнением, исходя из принятой гипотезы об аддитивности скоростей изменения функциональности систем от химических факторов, и записывается следующим образом:

$$\frac{dF}{dt} = aF + b \left\langle \frac{x}{x^N} - 1 \right\rangle, \quad (9)$$

где a – коэффициент, отражающий скорость роста нарушения функциональности иммунной системы F за счет естественных механизмов, 1/год;

b – коэффициент, описывающий интенсивность воздействия негативного фактора (алюминия) на нарушение иммунной системы F , 1/год;

x – доза алюминия, поступающего в организм человека;

x^N – нормативное (предельно допустимое) значение негативного фактора (алюминия);

$\langle x \rangle$ – скобки Маколея (Macaulay brackets):
 $\langle x \rangle = \max(x, 0)$.

Уравнение (9) дает возможность приближенного описания эволюции функциональных нарушений и учитывает процессы макроуровня – естественное старение, восстановление, накопление нарушений продуцирующей функции за счет ненормативных потоков веществ. Пример использования эволюционного подхода для учета влияния оксида алюминия на накопление функциональных нарушений иммунной системы приведен в статьях [40, 41].

Для решения поставленной задачи Коши используется неявный численный метод Рунге – Кутты третьего порядка (РадонА); данный алгоритм принадлежит к группе алгоритмов, используемых для решения жестких систем дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом. Так как скоростные характеристики изменения описываемых показателей отличаются порядком величин, для оптимизации процесс расчета разбит на три разновременных этапа в порядке увеличения скоростных характеристик: эволюция системы кровеносных сосудов, возникновение новых аномальных клеток, процесс регуляции иммунной и нейроэндокринной систем. Область моделирования была разбита на 1000×1000 ячеек.

Численное моделирование проведено в двумерной постановке на тестовом образце почечной ткани. Почки являются одним из органов накопления алюминия, после костной и нервной ткани, и основным – для выведения его из организма. Алюминий повреждает не только структуры клеток, но и сами клетки, обладая прямой цитотоксичностью, вызывая некроз эпителиальных клеток почечных канальцев. Снижение выделительной функции почек ведет к увеличению концентраций алюминия в организме и усилению его негативного влияния на иммунную систему.

Для количественной оценки риска развития раковой опухоли используется метод Монте-Карло. Для выбранных значений функциональной поврежденности иммунной системы проведена серия численных расчетов, в ходе которых случайным образом задавались следующие параметры, характеризующие свойства аномальных клеток: скорость деления, время жизни, максимальная плотность образуемой ткани, антигенность и потребление глюкозы.

Результаты и их обсуждение. Динамика изменения численности аномальных клеток во многом определяется случайным процессом возникновения и свойствами образовавшихся в результате мутации аномальных клеток. Из анализа результатов проведенных исследований следует, что процесс развития может протекать по различным сценариям. Представленная модель позволяет описать динамику различного типа онкогенеза с учетом ангиогенеза, например, опухоли с различной скоростной характеристикой деления аномальных клеток. На рис. 2 показана динамика изменения концентрации раковых клеток при «солидном» виде опухоли с низкой скоростью деления аномальных клеток.

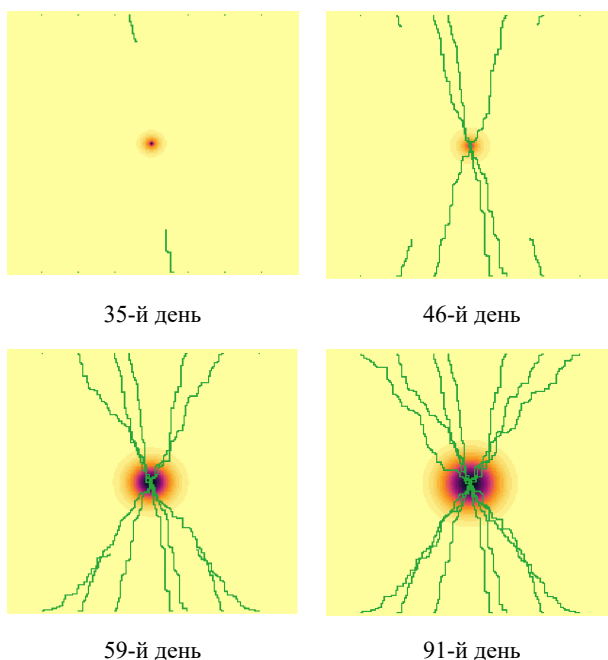


Рис. 2. Динамика роста «солидной» опухоли с низким параметром скорости деления

Модель позволяет учитывать особенности ангиогенеза при быстром росте опухоли. В данном случае из-за значительного недостатка питательных веществ происходит значительное выделение белка роста, что ведет к хаотическому росту сосудов. Результаты моделирования для «солидной» быстрорастущей опухоли представлены на рис. 3.

Модель позволяет также исследовать особенности динамики роста опухоли с учетом различной функциональности иммунной системы. На рис. 4 и 5

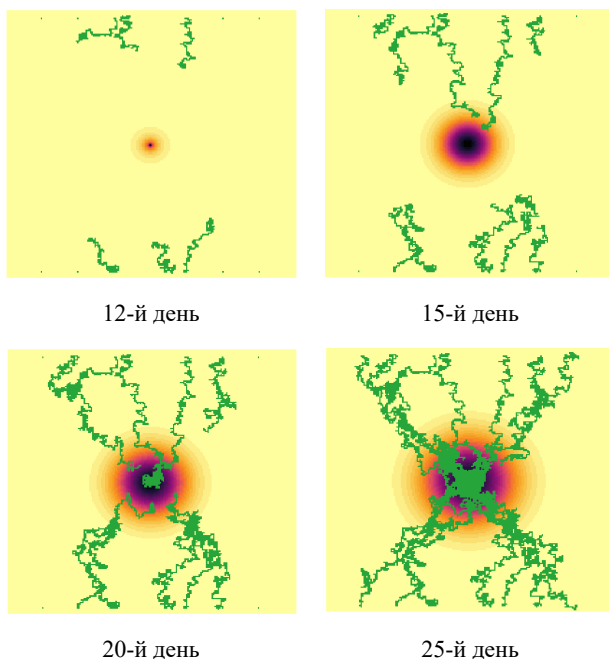


Рис. 3. Динамика роста «солидной» опухоли с высоким параметром скорости деления

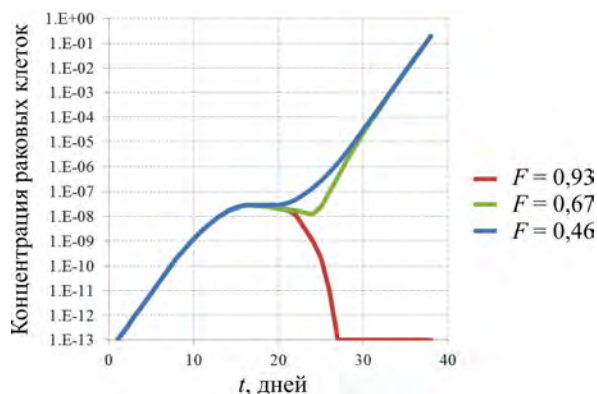


Рис. 4. Динамика роста опухоли с высоким параметром скорости деления с учетом функциональности иммунной системы

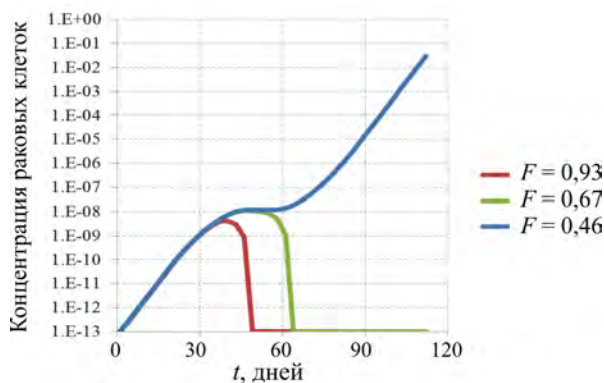


Рис. 5. Динамика роста опухоли с малым параметром скорости деления с учетом функциональности иммунной системы

представлены результаты расчетов роста быстрой и медленной опухоли с учетом различной функциональности иммунной системы. Функциональность для сценарного расчета определялась из решения эволюционного уравнения (формула (9)), рассматривался срез значений функциональности в возрасте 40 лет при различной пожизненной экспозиции алюминием. При суточной дозе 0,4 мг/кг в сутки функциональность иммунной системы составила $F = 0,93$. Функциональность $F = 0,67$ и $F = 0,46$ достигается при дозе 4 и 40 мг/кг в сутки соответственно.

Исходя из полученных результатов, при минимальном повреждении иммунной системы $F = 0,93$ в обоих сценариях происходит уничтожение раковых клеток без явных проявлений симптомов заболевания. При среднем уровне повреждения иммунной системы $F = 0,67$ и тех же начальных условиях динамика изменения концентрации аномальных клеток в первом сценарии приводит к образованию опухоли; во втором сценарии медленное развитие раковой опухоли позволяет вовремя выработать нужное количество иммунных элементов. При значительном поражении иммунной системы $F = 0,46$ происходит неограниченное деление аномальных клеток, которое приводит к достижению опухоли критических размеров, т.е. образование выходит за границы органа, и можно говорить о наступлении стадии метастазирования.

С использованием имитационного моделирования на основе метода Монте-Карло проведено 500 численных экспериментов, в результате которых набрана статистика, позволяющая оценить риск развития раковой опухоли. Результаты моделирования показаны на рис. 6; анализируя график, можно увидеть, что при функциональности иммунной системы меньше $F = 0,4$ риск возникновения опухоли равен 0,495, что может привести к смертельному исходу в случае, если не будет оказано медицинское вмешательство. Таким образом, даже при полной дееспособности иммунной системы $F = 1$ риск возникновения опухоли с данным набором параметров отличен от нуля, и вероятен негативный исход.

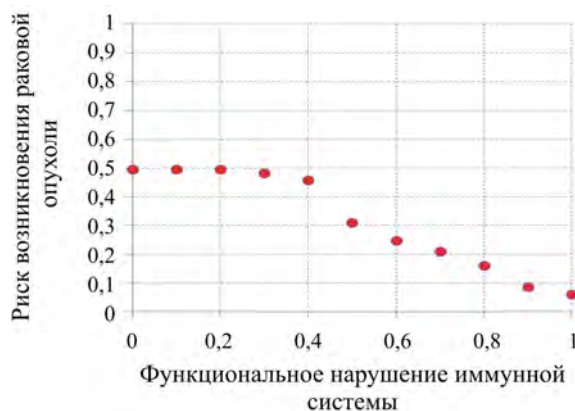


Рис. 6. Результаты моделирования исходов динамики роста раковой опухоли с учетом влияния функциональности иммунной системы

Выводы. Предложенная прогностическая математическая модель позволяет качественно описать процесс возникновения и изменения количества аномальных клеток с учетом механизма ангиогенеза, быстрые и медленные процессы образования и роста опухолей. Предложен подход для оценки влияния химических факторов среды обитания на динамику онкологической опухоли. Проведена оценка влияния параметров, определяющих состояние организма (иммунной системы), и характеристик аномальных клеток на течение и исход онкологического заболевания. Использование данного подхода позволяет определить элементы, функциональность которых в первую очередь определяет ход онкологического процесса. Приведенная модель представляет собой упрощенное описание сложных взаимодействий многочисленных регуляторных систем, происходящих при формировании опухоли и процессах ее развития. Однако она дает возможность анализа взаимодействия множества регуляторных систем, связанных с данными процессами. В отличие от лабораторных наблюдений за образцами, которые позволяют уви-

деть только опухолевые структуры на момент отбора тканевых образцов, математическое моделирование позволяет определить принципы динамической эволюции опухоли и условия формирования каждой культуры аномальных клеток.

Изучение воздействия негативных факторов среды обитания на возникновение раковых опухолей имеет важное социально-экономическое значение. Это позволяет прогнозировать распространение раковых заболеваний, а также разрабатывать эффективные меры по предотвращению этих заболеваний и улучшению качества жизни населения, проживающего на территориях с неблагоприятным состоянием среды обитания.

Финансирование. Результаты получены при выполнении государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации на выполнение фундаментальных научных исследований (проект FSNM-2023-0003).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Cancer statistics for the year 2020: An overview / J. Ferlay, M. Colombet, I. Soerjomataram, D.M. Parkin, M. Piñeros, A. Znaor, F. Bray // *Int. J. Cancer*. – 2021. – Vol. 149, № 4. – P. 778–789. DOI: 10.1002/ijc.33588
2. Soerjomataram I., Bray F. Planning for tomorrow: global cancer incidence and the role of prevention 2020–2070 // *Nat. Rev. Clin. Oncol.* – 2021. – Vol. 18, № 10. – P. 663–672. DOI: 10.1038/s41571-021-00514-z
3. Aluminium bioaccumulation in colon cancer, impinging on epithelial-mesenchymal-transition and cell death / R. Bonfiglio, R. Sisto, S. Casciardi, V. Palumbo, M.P. Scioli, E. Giacobbi, F. Servadei, G. Melino [et al.] // *Sci. Total Environ.* – 2023. – Vol. 908. – P. 168335. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.168335
4. Allam M.F. Breast cancer and deodorants/antiperspirants: a systematic review // *Cent. Eur. J. Public Health*. – 2016. – Vol. 24, № 3. – P. 245–247. DOI: 10.21101/cejph.a4475
5. Carcinogenicity assessment: Addressing the challenges of cancer and chemicals in the environment / F. Madia, A. Worth, M. Whelan, R. Corvi // *Environ. Int.* – 2019. – Vol. 128. – P. 417–429. DOI: 10.1016/j.envint.2019.04.067
6. Air pollution and its effects on the immune system / D.A. Glencross, T.-R. Ho, N. Camina, C.M. Hawrylowicz, P.E. Pfeffer // *Free Radic. Biol. Med.* – 2020. – Vol. 151. – P. 56–68. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2020.01.179
7. Влияние загрязнения воздуха на распространенность аллергопатологии у жителей экологически неблагоприятных районов России: обзор / И.П. Крайнюков, Ф.М. Ивашиненко, Р.Р. Евсиенко, Р.Т. Велибеков // *Общество, образование, наука в современных парадигмах развития: сб. трудов по материалам Национальной научно-практической конференции / под общ. ред. Е.П. Масюткина*. – 2020. – С. 227–230.
8. Кожин А.А., Жуков В.В., Попова В.А. Нейроэндокринные нарушения онтогенеза человека экологической этиологии и их восстановительная терапия (обзор литературы) // *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. – 2021. – № 1. – С. 83–91. DOI: 10.24412/2075-4094-2021-1-3-1
9. Crosstalk between cancer and immune cells: Role of tumor-associated macrophages in the tumor microenvironment / J. Wang, D. Li, H. Cang, B. Guo // *Cancer Med.* – 2019. – Vol. 8, № 10. – P. 4709–4721. DOI: 10.1002/cam4.2327
10. Основы иммуноонкологии и иммунотерапии в онкологии / Е.Н. Логинова, Е.А. Лялюкова, Е.В. Надей, Е.В. Семенова // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. – 2022. – № 9 (205). – С. 129–139. DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-205-9-129-139
11. Мезенцева Л.В., Перцов С.С. Математическое моделирование в биомедицине // *Вестник новых медицинских технологий*. – 2013. – Т. 20, № 1. – С. 11–13.
12. Walpole J., Papin J.A., Peirce S.M. Multiscale computational models of complex biological systems // *Annu. Rev. Biomed. Eng.* – 2013. – Vol. 15. – P. 137–154. DOI: 10.1146/annurev-bioeng-071811-150104
13. Регуляция противовирусного иммунного ответа организма: математическая модель, качественный анализ, результаты / П.В. Трусков, Н.В. Зайцева, В.М. Чигвинцев, Д.В. Ланин // *Математическая биология и биоинформатика*. – 2018. – Т. 13, № 2. – С. 402–425. DOI: 10.17537/2018.13.402
14. A mathematical model of the immune and neuroendocrine systems mutual regulation under the technogenic chemical factors impact / N.V. Zaitseva, D.A. Kiryanov, D.V. Lanin, V.M. Chigvintsev // *Comput. Math. Methods Med.* – 2014. – Vol. 2014. – P. 492489. DOI: 10.1155/2014/492489
15. The interleukin-1 cytokine family members: Role in cancer pathogenesis and potential therapeutic applications in cancer immunotherapy / B. Boersma, W. Jiskoot, P. Lowe, C. Bourquin // *Cytokine Growth Factor Rev.* – 2021. – Vol. 62. – P. 1–14. DOI: 10.1016/j.cytogfr.2021.09.004

16. Bairagi N., Chatterjee S., Chattopadhyay J. Variability in the secretion of corticotropin-releasing hormone, adrenocorticotrophic hormone and cortisol and understandability of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis dynamics – a mathematical study based on clinical evidence // *Math. Med. Biol.* – 2008. – Vol. 25, № 1. – P. 37–63. DOI: 10.1093/imammb/dqn003
17. Kerdiles Y., Ugolini S., Vivier E. T cell regulation of natural killer cells // *J. Exp. Med.* – 2013. – Vol. 210, № 6. – P. 1065–1068. DOI: 10.1084/jem.20130960
18. T cell exhaustion and Interleukin 2 downregulation / M.Y. Balkhi, Q. Ma, S. Ahmad, R.P. Junghans // *Cytokine.* – 2015. – Vol. 71, № 2. – P. 339–347. DOI: 10.1016/j.cyto.2014.11.024
19. Boyman O., Sprent J. The role of interleukin-2 during homeostasis and activation of the immune system // *Nat. Rev. Immunol.* – 2012. – Vol. 12, № 3. – P. 180–190. DOI: 10.1038/nri3156
20. Effects of interleukin-2 in immunostimulation and immunosuppression / J.G. Pol, P. Caudana, J. Paillet, E. Piaggio, G. Kroemer // *J. Exp. Med.* – 2020. – Vol. 217, № 1. – P. e20191247. DOI: 10.1084/jem.20191247
21. Demas G.E., Adamo S.A., French S.S. Neuroendocrine-immune crosstalk in vertebrates and invertebrates: Implications for host defence // *Functional Ecology.* – 2011. – Vol. 25. – P. 29–39. DOI: 10.1111/j.1365-2435.2010.01738.x
22. Haus E., Smolensky M.H. Biologic rhythms in the immune system // *Chronobiol. Int.* – 1999. – Vol. 16, № 5. – P. 581–622. DOI: 10.3109/07420529908998730
23. Mathematical model of antiviral immune response. I. Data analysis, generalized picture construction and parameters evaluation for hepatitis B / G.I. Marchuk, R.V. Petrov, A.A. Romanyukha, G.A. Bocharov // *J. Theor. Biol.* – 1991. – Vol. 151, № 1. – P. 1–40. DOI: 10.1016/S0022-5193(05)80142-0
24. Farhood B., Najafi M., Mortezaei K. CD8+ cytotoxic T lymphocytes in cancer immunotherapy: A review // *J. Cell. Physiol.* – 2019. – Vol. 234, № 6. – P. 8509–8521. DOI: 10.1002/jcp.27782
25. B cells, plasma cells and antibody repertoires in the tumour microenvironment / G.V. Sharonov, E.O. Serebrovskaya, D.V. Yuzhakova, O.V. Britanova, D.M. Chudakov // *Nat. Rev. Immunol.* – 2020. – Vol. 20, № 5. – P. 294–307. DOI: 10.1038/s41577-019-0257-x
26. Oh P.J., Jang E. Effects of psychosocial interventions on cortisol and immune parameters in patients with cancer: A meta-analysis // *J. Korean Acad. Nurs.* – 2014. – Vol. 44, № 4. – P. 446–457. DOI: 10.4040/jkan.2014.44.4.446
27. Recent advancements of nanomedicine towards antiangiogenic therapy in cancer / A. Mukherjee, V.S. Madamsetty, M.K. Paul, S. Mukherjee // *Int. J. Mol. Sci.* – 2020. – Vol. 21, № 2. – P. 455. DOI: 10.3390/ijms21020455
28. Anti-angiogenic therapy: current challenges and future perspectives / F. Lopes-Coelho, F. Martins, S.A. Pereira, J. Serpa // *Int. J. Mol. Sci.* – 2021. – Vol. 22, № 7. – P. 3765. DOI: 10.3390/ijms22073765
29. The role of microenvironment in tumor angiogenesis / X. Jiang, J. Wang, X. Deng, F. Xiong, S. Zhang, Z. Gong, X. Li, K. Cao [et al.] // *J. Exp. Clin. Cancer Res.* – 2020. – Vol. 39, № 1. – P. 204. DOI: 10.1186/s13046-020-01709-5
30. Vascular endothelial growth factor (VEGF) – key factor in normal and pathological angiogenesis / C.S. Melincovici, A.B. Boşca, S. Şuşman, M. Mărginean, C. Mişu, M. Istrate, I.M. Moldovan, A.L. Roman, C.M. Mişu // *Rom. J. Morphol. Embryol.* – 2018. – Vol. 59, № 2. – P. 455–467.
31. Bates D.O. Vascular endothelial growth factors and vascular permeability // *Cardiovasc. Res.* – 2010. – Vol. 87, № 2. – P. 262–271. DOI: 10.1093/cvr/cvq105
32. Chigvintsev V., Trusov P., Zaitseva N. Mathematical model of antitumor immune response of organism regulation // *AIP Conf. Proc.: 29th Russian Conference on Mathematical Modeling in Natural Sciences.* – 2021. – Vol. 2371. – P. 060001. DOI: 10.1063/5.0059532
33. Age-Associated Loss in Renal Nestin-Positive Progenitor Cells / M.I. Buyan, N.V. Andrianova, V.A. Popkov, L.D. Zorova, I.B. Pevzner, D.N. Silachev, D.B. Zorov, E.Y. Plotnikov // *Int. J. Mol. Sci.* – 2022. – Vol. 23, № 19. – P. 11015. DOI: 10.3390/ijms231911015
34. Vollmers H.P., Brändlein S. Natural antibodies and cancer // *N. Biotechnol.* – 2009. – Vol. 25, № 5. – P. 294–298. DOI: 10.1016/j.nbt.2009.03.016
35. Perl A.J., Schuh M.P., Kopan R. Regulation of nephron progenitor cell lifespan and nephron endowment // *Nat. Rev. Nephrol.* – 2022. – Vol. 18, № 11. – P. 683–695. DOI: 10.1038/s41581-022-00620-w
36. Mathematical model of tumor-immune surveillance / K.J. Mahasa, R. Ouifki, A. Eladdadi, L. de Pillis // *J. Theor. Biol.* – 2016. – Vol. 404. – P. 312–330. DOI: 10.1016/j.jtbi.2016.06.012
37. A mathematical model for the glucose-lactate metabolism of in vitro cancer cells / B. Mendoza-Juez, A. Martínez-González, G.F. Calvo, V.M. Pérez-García // *Bull. Math. Biol.* – 2012. – Vol. 74, № 5. – P. 1125–1142. DOI: 10.1007/s11538-011-9711-z
38. Plank M.J., Sleeman B.D., Jones P.F. A mathematical model of tumour angiogenesis, regulated by vascular endothelial growth factor and the angiopoietins // *J. Theor. Biol.* – 2004. – Vol. 229, № 4. – P. 435–454. DOI: 10.1016/j.jtbi.2004.04.012
39. Vilanova G., Colominas I., Gomez H. A mathematical model of tumour angiogenesis: growth, regression and re-growth // *J.R. Soc. Interface.* – 2017. – Vol. 14, № 126. – P. 20160918. DOI: 10.1098/rsif.2016.0918
40. Камалтдинов М.Р., Кирьянов Д.А. Применение рекуррентных соотношений для оценки интегрального риска здоровью населения // *Здоровье семьи – 21 век.* – 2011. – № 3. – С. 6.
41. Трусов П.В., Зайцева Н.В., Чигвинцев В.М. Оценка риска неблагоприятного течения и исхода инфекционного заболевания при воздействии факторов среды обитания на основные элементы иммунной системы (на примере оксида алюминия) // *Анализ риска здоровью.* – 2019. – № 1. – С. 17–29. DOI: 10.21668/health.risk/2019.1.02

Трусов П.В., Зайцева Н.В., Чигвинцев В.М. Прогноз риска развития опухоли с учетом регуляторных механизмов организма человека и процесса ангиогенеза // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 4. – С. 134–145. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.13

PREDICTING A RISK OF TUMOR EVOLUTION CONSIDERING REGULATORY MECHANISMS OF THE BODY AND ANGIOGENESIS**P.V. Trusov^{1,2}, N.V. Zaitseva¹, V.M. Chigvintsev^{1,2}**¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya St., Perm, 614045, Russian Federation²Perm National Research Polytechnic University, 29 Komsomolskii Av., Perm, 614990, Russian Federation

Adverse environmental and lifestyle factors produce considerable effects on occurrence of cancerous tumors, both directly and indirectly through impaired functionality of the body protection mechanisms. Investigation of these effects has practical significance for risk assessment and development of effective cancer preventive strategies. Mathematical modeling is an eligible method for considering complex multicomponent interactions between elements of various systems involved in tumor growth.

This article presents an approach to assessing risks of cancerous tumors by using a created predictive model that describes dynamics of abnormal cells considering regulatory mechanisms and angiogenesis. An evolution approach is applied to estimate accumulated functional disorders of the immune system due to natural ageing and chemical environmental exposures. The Monte Carlo simulation is employed to estimate a likely outcome of cancerous tumor evolution given different possible properties of abnormal cells.

The article provides the results of accomplished computation experiments aimed at describing dynamics of changes in cell population properties in an analyzed organ tissue. Development of a vessel system is described considering different effects of the most significant factors. Computation results are analyzed within various scenarios that describe cancerous tumor growth in dynamics considering how angiogenesis develops under different parameters of the immune system dysfunction and different properties of abnormal cells. Risks of tumor development are assessed considering parameters that determine the overall state of the body (the immune system) and properties of abnormal cells.

This approach makes it possible to develop a system of preventive and sanitary-hygienic activities in areas where environmental conditions are unfavorable in order to reduce cancer incidence.

Keywords: mathematical modeling, evolution of functional disorders, angiogenesis, immune system, neuroendocrine regulation, tumor development, risk factors, Monte Carlo simulation.

References

1. Ferlay J., Colombet M., Soerjomataram I., Parkin D.M., Piñeros M., Znaor A., Bray F. Cancer statistics for the year 2020: An overview. *Int. J. Cancer*, 2021, vol. 149, no. 4, pp. 778–789. DOI: 10.1002/ijc.33588
2. Soerjomataram I., Bray F. Planning for tomorrow: global cancer incidence and the role of prevention 2020–2070. *Nat. Rev. Clin. Oncol.*, 2021, vol. 18, no. 10, pp. 663–672. DOI: 10.1038/s41571-021-00514-z
3. Bonfiglio R., Sisto R., Casciardi S., Palumbo V., Scioli M.P., Giacobbi E., Servadei F., Melino G. [et al.]. Aluminium bioaccumulation in colon cancer, impinging on epithelial-mesenchymal-transition and cell death. *Sci. Total Environ.*, 2023, vol. 908, pp. 168335. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.168335
4. Allam M.F. Breast cancer and deodorants/antiperspirants: a systematic review. *Cent. Eur. J. Public Health*, 2016, vol. 24, no. 3, pp. 245–247. DOI: 10.21101/cejph.a4475
5. Madia F., Worth A., Whelan M., Corvi R. Carcinogenicity assessment: Addressing the challenges of cancer and chemicals in the environment. *Environ. Int.*, 2019, vol. 128, pp. 417–429. DOI: 10.1016/j.envint.2019.04.067
6. Glencross D.A., Ho T.-R., Camina N., Hawrylowicz C.M., Pfeffer P.E. Air pollution and its effects on the immune system. *Free Radic. Biol. Med.*, 2020, vol. 151, pp. 56–68. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2020.01.179

© Trusov P.V., Zaitseva N.V., Chigvintsev V.M., 2023

Petr V. Trusov – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Chief Researcher; Head of Mathematic Modeling of Systems and Processes Department (e-mail: tpv@matmod.pstu.ac.ru; tel.: +7 (342) 239-16-07; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8997-5493>).

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>).

Vladimir M. Chigvintsev – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Researcher at Mathematic Modeling of Systems and Processes Department (e-mail: cvm@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0345-3895>).

7. Krainyukov I.P., Ivashinenko F.M., Evsienko R.R., Velibekov R.T. Vliyanie zagryazneniya vozdukha na rasprostranennost' allergopatologii u zhitelei ekologicheski neblagopriyatnykh raionov Rossii: obzor [The influence of air pollution on the prevalence of allergopathology in residents of environmentally unfavorable regions of Russia: a review]. *Obshchestvo, obrazovanie, nauka v sovremennykh paradigmatkh razvitiya: sb. trudov po materialam Natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. In: E.P. Masyutkin ed., 2020, pp. 227–230 (in Russian).
8. Kozhin A.A., Zhukov V.V., Popova V.A. Neuroendocrine disorders in human ontogenesis of ecological etiology and their restorative treatment (literature review). *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. Elektronnoe izdanie*, 2021, no. 1, pp. 83–91. DOI: 10.24412/2075-4094-2021-1-3-1 (in Russian).
9. Wang J., Li D., Cang H., Guo B. Crosstalk between cancer and immune cells: Role of tumor-associated macrophages in the tumor microenvironment. *Cancer Med.*, 2019, vol. 8, no. 10, pp. 4709–4721. DOI: 10.1002/cam4.2327
10. Loginova E.N., Lyalyukova E.A., Nadey E.V., Semenova E.V. Basics of immunooncology and immunotherapy in oncology. *Eksperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya*, 2022, no. 9 (205), pp. 129–139. DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-205-9-190-195 (in Russian).
11. Mezentsева L.V., Pertsov S.S. Mathematical modeling in biomedicine. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii*, 2013, vol. 20, no. 1, pp. 11–13 (in Russian).
12. Walpole J., Papin J.A., Peirce S.M. Multiscale computational models of complex biological systems. *Annu. Rev. Biomed. Eng.*, 2013, vol. 15, pp. 137–154. DOI: 10.1146/annurev-bioeng-071811-150104
13. Trusov P.V., Zaitseva N.V., Chigvintsev V.M., Lanin D.V. Regulation of organism's antiviral immune response: mathematical model, qualitative analysis, results. *Matematicheskaya biologiya i bioinformatika*, 2018, vol. 13, no. 2, pp. 402–425. DOI: 10.17537/2018.13.402 (in Russian).
14. Zaitseva N.V., Kiryanov D.A., Lanin D.V., Chigvintsev V.M. A mathematical model of the immune and neuroendocrine systems mutual regulation under the technogenic chemical factors impact. *Comput. Math. Methods Med.*, 2014, vol. 2014, pp. 492489. DOI: 10.1155/2014/492489
15. Boersma B., Jiskoot W., Lowe P., Bourquin C. The interleukin-1 cytokine family members: Role in cancer pathogenesis and potential therapeutic applications in cancer immunotherapy. *Cytokine Growth Factor Rev.*, 2021, vol. 62, pp. 1–14. DOI: 10.1016/j.cytogfr.2021.09.004
16. Bairagi N., Chatterjee S., Chattopadhyay J. Variability in the secretion of corticotropin-releasing hormone, adrenocorticotrophic hormone and cortisol and understandability of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis dynamics – a mathematical study based on clinical evidence. *Math. Med. Biol.*, 2008, vol. 25, no. 1, pp. 37–63. DOI: 10.1093/imammb/dqn003
17. Kerdiles Y., Ugolini S., Vivier E. T cell regulation of natural killer cells. *J. Exp. Med.*, 2013, vol. 210, no. 6, pp. 1065–1068. DOI: 10.1084/jem.20130960
18. Balkhi M.Y., Ma Q., Ahmad S., Junghans R.P. T cell exhaustion and Interleukin 2 downregulation. *Cytokine*, 2015, vol. 71, no. 2, pp. 339–347. DOI: 10.1016/j.cyto.2014.11.024
19. Boyman O., Sprent J. The role of interleukin-2 during homeostasis and activation of the immune system. *Nat. Rev. Immunol.*, 2012, vol. 12, no. 3, pp. 180–190. DOI: 10.1038/nri3156
20. Pol J.G., Caudana P., Paillet J., Piaggio E., Kroemer G. Effects of interleukin-2 in immunostimulation and immunosuppression. *J. Exp. Med.*, 2020, vol. 217, no. 1, pp. e20191247. DOI: 10.1084/jem.20191247
21. Demas G.E., Adamo S.A., French S.S. Neuroendocrine-immune crosstalk in vertebrates and invertebrates: Implications for host defence. *Functional Ecology*, 2011, vol. 25, pp. 29–39. DOI: 10.1111/j.1365-2435.2010.01738.x
22. Haus E., Smolensky M.H. Biologic rhythms in the immune system. *Chronobiol. Int.*, 1999, vol. 16, no. 5, pp. 581–622. DOI: 10.3109/07420529908998730
23. Marchuk G.I., Petrov R.V., Romanyukha A.A., Bocharov G.A. Mathematical model of antiviral immune response. I. Data analysis, generalized picture construction and parameters evaluation for hepatitis B. *J. Theor. Biol.*, 1991, vol. 151, no. 1, pp. 1–40. DOI: 10.1016/S0022-5193(05)80142-0
24. Farhood B., Najafi M., Mortezaee K. CD8+ cytotoxic T lymphocytes in cancer immunotherapy: A review. *J. Cell. Physiol.*, 2019, vol. 234, no. 6, pp. 8509–8521. DOI: 10.1002/jcp.27782
25. Sharonov G.V., Serebrovskaya E.O., Yuzhakova D.V., Britanova O.V., Chudakov D.M. B cells, plasma cells and antibody repertoires in the tumour microenvironment. *Nat. Rev. Immunol.*, 2020, vol. 20, no. 5, pp. 294–307. DOI: 10.1038/s41577-019-0257-x
26. Oh P.J., Jang E. Effects of psychosocial interventions on cortisol and immune parameters in patients with cancer: A meta-analysis. *J. Korean Acad. Nurs.*, 2014, vol. 44, no. 4, pp. 446–457. DOI: 10.4040/jkan.2014.44.4.446 (in Korean).
27. Mukherjee A., Madamsetty V.S., Paul M.K., Mukherjee S. Recent advancements of nanomedicine towards antiangiogenic therapy in cancer. *Int. J. Mol. Sci.*, 2020, vol. 21, no. 2, pp. 455. DOI: 10.3390/ijms21020455
28. Lopes-Coelho F., Martins F., Pereira S.A., Serpa J. Anti-angiogenic therapy: current challenges and future perspectives. *Int. J. Mol. Sci.*, 2021, vol. 22, no. 7, pp. 3765. DOI: 10.3390/ijms22073765
29. Jiang X., Wang J., Deng X., Xiong F., Zhang S., Gong Z., Li X., Cao K. [et al.]. The role of microenvironment in tumor angiogenesis. *J. Exp. Clin. Cancer Res.*, 2020, vol. 39, no. 1, pp. 204. DOI: 10.1186/s13046-020-01709-5
30. Melincovici C.S., Boşca A.B., Şuşman S., Mărginean M., Mişu C., Istrate M., Moldovan I.M., Roman A.L., Mişu C.M. Vascular endothelial growth factor (VEGF) – key factor in normal and pathological angiogenesis. *Rom. J. Morphol. Embryol.*, 2018, vol. 59, no. 2, pp. 455–467.
31. Bates D.O. Vascular endothelial growth factors and vascular permeability. *Cardiovasc. Res.*, 2010, vol. 87, no. 2, pp. 262–271. DOI: 10.1093/cvr/cvq105
32. Chigvintsev V., Trusov P., Zaitseva N. Mathematical model of antitumor immune response of organism regulation. *AIP Conf. Proc.: 29th Russian Conference on Mathematical Modeling in Natural Sciences*, 2021, vol. 2371, pp. 060001. DOI: 10.1063/5.0059532

33. Buyan M.I., Andrianova N.V., Popkov V.A., Zorova L.D., Pevzner I.B., Silachev D.N., Zorov D.B., Plotnikov E.Y. Age-Associated Loss in Renal Nestin-Positive Progenitor Cells. *Int. J. Mol. Sci.*, 2022, vol. 23, no. 19, pp. 11015. DOI: 10.3390/ijms231911015
34. Vollmers H.P., Brändlein S. Natural antibodies and cancer. *N. Biotechnol.*, 2009, vol. 25, no. 5, pp. 294–298. DOI: 10.1016/j.nbt.2009.03.016
35. Perl A.J., Schuh M.P., Kopan R. Regulation of nephron progenitor cell lifespan and nephron endowment. *Nat. Rev. Nephrol.*, 2022, vol. 18, no. 11, pp. 683–695. DOI: 10.1038/s41581-022-00620-w
36. Mahasa K.J., Ouifki R., Eladdadi A., de Pillis L. Mathematical model of tumor-immune surveillance. *J. Theor. Biol.*, 2016, vol. 404, pp. 312–330. DOI: 10.1016/j.jtbi.2016.06.012
37. Mendoza-Juez B., Martínez-González A., Calvo G.F., Pérez-García V.M. A mathematical model for the glucose-lactate metabolism of in vitro cancer cells. *Bull. Math. Biol.*, 2012, vol. 74, no. 5, pp. 1125–1142. DOI: 10.1007/s11538-011-9711-z
38. Plank M.J., Sleeman B.D., Jones P.F. A mathematical model of tumour angiogenesis, regulated by vascular endothelial growth factor and the angiopoietins. *J. Theor. Biol.*, 2004, vol. 229, no. 4, pp. 435–454. DOI: 10.1016/j.jtbi.2004.04.012
39. Vilanova G., Colominas I., Gomez H. A mathematical model of tumour angiogenesis: growth, regression and re-growth. *J. R. Soc. Interface*, 2017, vol. 14, no. 126, pp. 20160918. DOI: 10.1098/rsif.2016.0918
40. Kamaltdinov M.R., Kiryanov D.A. The application of recurrent relations for integrated health risk assessment. *Zdorov'e sem'i – 21 vek*, 2011, no. 3, pp. 6 (in Russian).
41. Trusov P.V., Zaitseva N.V., Chigvintsev V.M. Assessing risks of adverse clinical course and outcome of an infectious disease with mathematical modeling of exposure to environmental factors on the example of aluminum oxide. *Health Risk Analysis*, 2019, no. 1, pp. 17–29. DOI: 10.21668/health.risk/2019.1.02.eng

Trusov P.V., Zaitseva N.V., Chigvintsev V.M. Predicting a risk of tumor evolution considering regulatory mechanisms of the body and angiogenesis. Health Risk Analysis, 2023, no. 4, pp. 134–145. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.13.eng

Получена: 30.09.2023

Одобрена: 06.12.2023

Принята к публикации: 20.12.2023

Обзорная статья

АЛЬТЕРНАРИАТОКСИНЫ КАК ФАКТОР РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

И.В. Аксенов¹, И.Б. Седова¹, З.А. Чалый¹, В.А. Тутельян^{1,2}

¹Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, Российская Федерация, 109240, г. Москва, Устьинский проезд, 2/14

²Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Российская Федерация, 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2

Альтернариатоксины представляют собой токсичные метаболиты широко распространенных в природе плесневых грибов рода *Alternaria*. Целью обзора являлась характеристика альтернариатоксинов, наиболее часто обнаруживаемых в пищевых продуктах и представляющих реальную угрозу для здоровья населения: альтернариола (АОН) и его метилового эфира (АМЕ), альтенуена (ALT), тентоксина (TEN) и тенуазоновой кислоты (TeA). Существующих токсикологических данных недостаточно для установления величины условно переносимого поступления альтернариатоксинов. На основании химической структуры определен суточный порог токсического воздействия: TeA и TEN – 1500 нг/кг массы тела; АОН и АМЕ (с учетом их генотоксичности) – 2,5 нг/кг массы тела. В настоящее время содержание альтернариатоксинов в пищевых продуктах не регламентируется на национальном или международном уровнях. Наиболее предпочтительным методом идентификации и количественного определения альтернариатоксинов является жидкостная хроматография в сочетании с масс-спектрометрическим детектированием. Результаты исследований свидетельствуют о значительной контаминации альтернариатоксинами продовольственного сырья и продуктов его переработки (в том числе зерновых и масличных культур; овощей и фруктов, специй, детского питания). Переработка загрязненного альтернариатоксинами сырья способствует, как правило, снижению их содержания в готовом к употреблению продукте, однако не позволяет добиться полной элиминации токсинов. Категорией населения с наибольшей нагрузкой альтернариатоксинами являются дети первых трех лет жизни. При этом величина поступления альтернариатоксинов с рационом может превышать порог токсического воздействия и представлять реальную опасность для здоровья. Представленные в обзоре данные характеризуют альтернариатоксины как значимый фактор риска для здоровья населения. Для управления соответствующим риском, в том числе путем гигиенического регламентирования, необходимо проведение дополнительных исследований содержания приоритетных альтернариатоксинов (АОН, АМЕ, TeA, TEN, ALT) в пищевых продуктах, а также уточнение дозозависимых эффектов их токсического действия в целях минимизации неблагоприятного влияния альтернариатоксинов на здоровье населения Российской Федерации.

Ключевые слова: микотоксины, грибы *Alternaria*, альтернариол, метиловый эфир альтернариола, альтенуен, тентоксин, тенуазоновая кислота, контаминация пищевых продуктов, токсическое действие, оценка нагрузки.

Микотоксины, являющиеся природными контаминантами пищевых продуктов, давно находятся в центре внимания специалистов в области гигиены питания [1]. Проведенные ранее исследования позволили установить гигиенические регламенты содержания отдельных микотоксинов (афлатоксина В₁,

охратоксина А, дезоксиниваленола и др.) в пищевой продукции. В настоящее время особое внимание исследователей направлено на изучение нерегулируемых потенциально опасных для здоровья человека токсинов широко распространенных в природе плесневых грибов, в частности, метаболитов грибов рода

© Аксенов И.В., Седова И.Б., Чалый З.А., Тутельян В.А., 2023

Аксенов Илья Владимирович – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории энзимологии питания (e-mail: ilyaaksenoff@yandex.ru; тел.: 8 (495) 698-53-65; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4567-9347>).

Седова Ирина Борисовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории энзимологии питания (e-mail: isedova1977@mail.ru; тел.: 8 (495) 698-53-65; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6011-4515>).

Чалый Захар Андреевич – младший научный сотрудник лаборатории энзимологии питания (e-mail: tokka66@bk.ru; тел.: 8 (495) 698-53-65; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9371-8163>).

Тутельян Виктор Александрович – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией энзимологии питания, научный руководитель (e-mail: tutelyan@ion.ru; тел.: 8 (495) 698-53-46; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4164-8992>).

Alternaria – альтернариатоксинов. Несмотря на то, что данные об их продуцентах, структуре и токсичности были получены уже в середине XX в., только в течение последних 20 лет было показано широкое присутствие альтернариатоксинов в разных видах продовольственного сырья и продуктах его переработки, в том числе произведенных в Российской Федерации, что связано, в первую очередь, с совершенствованием аналитических методов идентификации микотоксинов. При этом было установлено, что поступление альтернариатоксинов с рационом может превышать порог токсического воздействия, в особенности для детей раннего возраста.

Проведен анализ научных данных с целью характеристики альтернариатоксинов, наиболее часто обнаруживаемых в пищевых продуктах и представляющих реальную угрозу для здоровья населения: альтернариола (АОН) и его метилового эфира (АМЕ), альтенуена (АЛТ), тентоксина (ТЕН) и тенуазоновой кислоты (ТеА).

Физико-химические свойства. По химической структуре АОН (CAS № 641-38-3), АМЕ (CAS № 23452-05-3) и АЛТ (CAS № 29752-43-0) относятся к дибензо- α -пиронам; ТеА (CAS № 610-88-8) – к производным тетрамовой кислоты, ТЕН (CAS № 28540-82-1) – к циклическим пептидам (рисунок).

АОН, АЛТ и ТЕН представляют собой порошки белого, АМЕ – бледно-розового цвета; ТеА – бесцветную вязкую субстанцию. Соединения хорошо растворимы в органических растворителях, в меньшей степени – в воде.

Грибы-продуценты. Основными продуцентами альтернариатоксинов являются микроскопические грибы рода *Alternaria* (*A. alternata*, *A. tenuissima*, *A. solani* и др.) – одни из наиболее распространенных компонентов микрофлоры почвы, приводящие к порче сельскохозяйственных культур как в процессе созревания, так и при перевозке и хранении [2]. Грибы рода *Alternaria* способны поражать злаковые (пшеница, ячмень и др.) и масличные (в том числе подсолнечник и рапс) растения, овощи (томаты и др.) и фрукты (яблоки, цитрусовые и др.) [3]. Значимым продуцентом ТеА являются также плесневые грибы *Epicoccum sorghinum* (прежнее название *Phoma sorghina*), поражающие зерновые культуры, в особенности сорго, преимущественно в тропическом климате [4]. Под действием выделяемых грибами ферментов проис-

ходит разрушение тканей растения в месте инфицирования с последующей колонизацией и синтезом альтернариатоксинов [5].

Токсикокинетика. После употребления ТеА практически полностью усваивается организмом. У добровольцев, получивших 30 мкг ТеА в составе естественным образом загрязненного цельнозернового детского питания на основе сорго или томатного сока, в моче через 6 ч обнаруживали 54–81 % токсина; через 24 ч – 87–93 % [6]. Существуют различия в токсикокинетике ТеА у разных видов животных. Так, усвоение ($t_{\max} = 0,32$ ч) и выведение ($t_{1/2} = 0,55$ ч) токсина после перорального введения в дозе 0,05 мг/кг массы тела (м.т.) было быстрее у свиней, чем у цыплят-бройлеров ($t_{\max} = 2,6$ ч; $t_{1/2} = 2,45$ ч) [7].

АОН обладает существенно меньшей биодоступностью. При введении мышам токсина в дозе 200 и 1000 мг/кг м.т. с мочой выделяется не более 9 %, а с калом – около 90 % от исходного количества [8].

Токсические эффекты. Превалирующий объем токсикологических данных по альтернариатоксинам получен для АОН, АМЕ и ТеА. Наиболее выраженная острая токсичность показана для ТеА. При хроническом поступлении особую опасность представляют АОН и АМЕ, обладающие генотоксическим действием [3] за счет ингибирования топоизомеразы ДНК и нарушения целостности ДНК [9]. Контаминацию альтернариатоксинами пищевых продуктов рассматривают как возможную причину высокой заболеваемости раком пищевода в провинции Хэнань (Китай) [10].

При изучении острой токсичности на самках мышей внутрибрюшинное введение АОН в дозе 400 мг/кг м.т. приводило к гибели 3 из 10 животных; АМЕ (400 мг/кг м.т.) – 1 из 10; АЛТ (50 мг/кг м.т.) – 1 из 3. Употребление в течение 21 дня загрязненного альтернариатоксинами рациона (АМЕ – 24; АОН – 39; АЛТ – 10 мг/кг корма) не оказывало токсического действия на крыс. Негативное влияние на развитие плода показано для АМЕ (однократное внутрибрюшинное введение хомякам на 8-й день беременности в дозе 200 мг/кг м.т. (50 и 100 мг/кг м.т. – без эффекта)) и АОН (подкожные инъекции мышам в течение 9–12-го дня беременности в дозе 100 мг/кг м.т., при этом в дозе 50 мг/кг м.т. не установлено отрицательного воздействия на развитие плода) [3]. Механизм фетотоксического действия может быть обусловлен способностью АОН и АМЕ стимулировать выработку эстрогена и прогестерона [11].

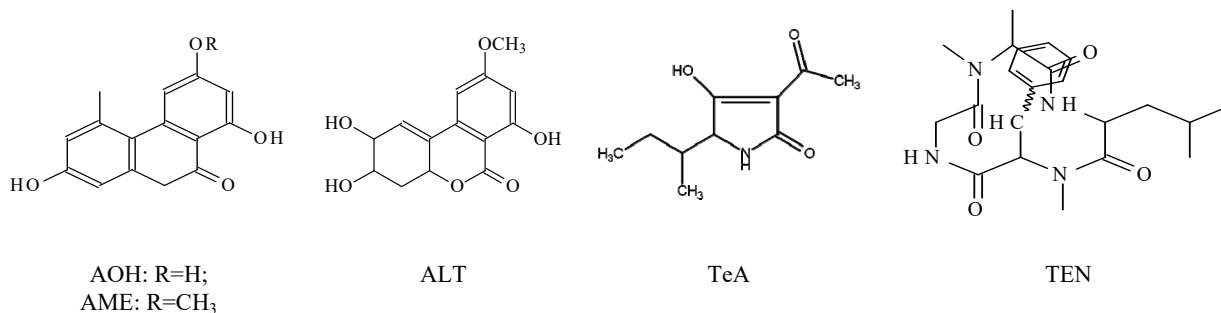


Рис. Химическая структура альтернариатоксинов

Для TEN показано фитотоксическое действие, опосредованное подавлением фотофосфорилирования [12].

ТеА обладает антибактериальным и фитотоксическим эффектом, оказывает токсическое действие на животных и рассматривается в качестве возможной причины эндемичного заболевания у человека [3, 10]. Основным механизмом действия ТеА является, как полагают, ингибирование синтеза белка на рибосомах. В экспериментах на мышах LD₅₀ при пероральном введении ТеА самцам – 186–225 мг/кг м.т., самкам – 81 мг/кг м.т.; при внутривенном – 125–162 мг/кг м.т. и 115 мг/кг м.т. соответственно; для самцов при внутрибрюшинном – 150 мг/кг м.т. и подкожном – 145 мг/кг м.т. У крыс LD₅₀ при внутривенном введении натриевой соли ТеА составило для самцов 146 мг/кг м.т., для самок – 157 мг/кг м.т.; при пероральном введении LD₅₀ – 180 мг/кг м.т. и 168 мг/кг м.т. соответственно. Для однодневных цыплят LD₅₀ при пероральном введении равнялось 37,5 мг/кг м.т. У куриных эмбрионов LD₅₀ составило 548 мкг/яйцо. Введение ТеА двум собакам породы бигль перорально в дозе 10 мг/кг м.т. в сутки (желатиновые капсулы, 4 отдельные дозы по 2,5 мг/кг м.т.) сопровождалось рвотой и диареей и приводило на 8-й и 9-й день к смерти животных. При морфологическом исследовании были выявлены кровоизлияния в желудочно-кишечном тракте, пучковой зоне коры надпочечников, легких, а также дегенеративные изменения в печени. Две обезьяны получали ТеА перорально в суточной дозе 22,4 мг/кг м.т. в течение трех недель. Из-за отсутствия неблагоприятных эффектов с четвертой недели доза была увеличена до 48,8 мг/кг м.т., а с пятой недели – до 89,6 мг/кг м.т., что приводило к возникновению рвоты. У одного из животных двукратное введение ТеА в дозе 89,6 мг/кг сопровождалось диареей с кровавыми выделениями с последующей гибелью. На вскрытии было установлено наличие геморрагической гастроэнтеропатии. У трехнедельных цыплят-бройлеров поступление ТеА в составе рациона (10 мг/кг корма) или при внутрижелудочном введении (1,25 и 2,5 мг/кг м.т. в сутки) в течение трех недель приводило к снижению прибавки массы тела, поражению селезенки (увеличение и пятнистость), кровоизлиянию в просвет кишечника и мышцу бедра. В исследовании на бактериях не было установлено мутагенного действия ТеА [13]. Предраковые изменения были выявлены в слизистой пищевода мышей, получавших ТеА в суточной дозе 25 мг/кг м.т. с питьевой водой в течение 10 месяцев [14].

Внимание исследователей к ТеА связано и с ее возможным участием в развитии оньялаи (*onyalai*; *purpura thrombopenica tropica acuta*; острая тропическая тромбоцитопеническая пурпура) – тяжелого заболевания, встречающегося в странах Африки к югу от

пустыни Сахара [10]. Болезнь характеризуется повышением температуры до 38–39 °С, ознобом, болью в суставах, костях и мышцах, обильной петехиальной сыпью на коже туловища и конечностей, тромбоцитопенией¹. На слизистой оболочке полости рта, носа и языка наряду с петехиями возникают пузыри, наполненные серозно-кровянистой жидкостью. Возможны профузные кровотечения из внутренних органов. Заболевание нередко заканчивается летальным исходом.

Следует отметить, что сочетанное поступление токсинов *Alternaria* может оказывать более выраженное негативное влияние на здоровье по сравнению с токсическими эффектами отдельных альтернариатоксинов [15]. Сочетанное введение мышам АМЕ и АОН в дозе 25 мг/кг м.т. обладало более выраженным фитотоксическим действием относительно результатов раздельного использования токсинов [3].

Существующих в настоящее время токсикологических данных недостаточно для установления величины условно переносимого поступления альтернариатоксинов. Установленный на основании химической структуры суточный порог токсического воздействия для ТеА и TEN составляет 1500 нг/кг м.т.; для АОН и АМЕ (с учетом их генотоксичности) – 2,5 нг/кг м.т. [3].

Гигиеническое регламентирование. В настоящее время не установлено национальных или международных регламентов содержания альтернариатоксинов в пищевой продукции. Наряду с этим в странах ЕС введены ориентировочные уровни для альтернариатоксинов, превышение которых служит основанием для проведения дополнительных исследований по установлению путей и причин контаминации (табл. 1). В Германии (Бавария) содержание ТеА в детском питании на зерновой основе (сorgho и просо) не должно быть более 500 мкг/кг [16].

Таблица 1

Ориентировочные уровни для альтернариатоксинов, превышение которых служит основанием для проведения дополнительных исследований по установлению путей и причин контаминации, мкг/кг (в странах ЕС)²

Пищевой продукт	АОН	АМЕ	ТеА
Продукты переработки томатов	10	5	500
Паприка (порошок)	-	-	10 000
Кунжут (семена)	30	30	100
Подсолнечник (семена)	30	30	1000
Масло подсолнечное	10	10	100
Орехи (древесные)	-	-	100
Инжир (сушеный)	-	-	1000
Пищевые продукты на зерновой основе для детей раннего возраста	2	2	500

¹ Задорожный Б.А., Петров Б.Р. Справочник по дерматовенерологии. – Киев: Изд-во «Здоров'я», 1996. – 476 с.

² COMMISSION RECOMMENDATION (EU) 2022/553 of 5 April 2022 on monitoring the presence of *Alternaria* toxins in food [Электронный ресурс] // EFTA. – URL: <https://www.efta.int/eca-lex/32022H0553> (дата обращения: 17.09.2023).

Методы определения. Для определения альтернариатоксинов в пищевых продуктах разработаны методы тонкослойной хроматографии, иммуноферментного анализа, газовой и жидкостной хроматографии [3, 17, 18]. Жидкостная хроматография в сочетании с tandemной масс-спектрометрией является наиболее предпочтительным аналитическим подходом, принимая во внимание высокую селективность и чувствительность метода.

Содержание в пищевых продуктах. Совершенствование аналитических подходов к идентификации и количественному определению альтернариатоксинов послужило в XXI в. методической основой для систематического изучения их содержания в продовольственном сырье и пищевых продуктах. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о широком распространении альтернариатоксинов в продовольственном сырье и продуктах его переработки: в том числе зерновых и масличных культурах, овощах и фруктах, орехах, специях и детском питании (табл. 2). При этом характерно обнаружение в одном образце сразу нескольких разновидностей альтернариатоксинов.

Высокое содержание АОН выявлено в томатном пюре (13 % образцов; ≤ 8756 мкг/кг) [36], зерне ячменя (≤ 81 %; ≤ 1689 мкг/кг) [18], яблоках (100 %; ≤ 585 мкг/кг) [39], семенах подсолнечника (8 %; ≤ 246 мкг/кг) [33], порошке перца чили (80 %; ≤ 153 мкг/кг) [20].

Значительное загрязнение АМЕ установлено в зерне ячменя (≤ 15 %; ≤ 6812 мкг/кг) [18], томатном пюре (54 %; ≤ 1734 мкг/кг) [36]; семенах кунжута (≤ 80 %; ≤ 311 мкг/кг) [28], яблоках (88 %; ≤ 254 мкг/кг) [39], семенах подсолнечника (11 %; ≤ 197 мкг/кг) [33].

Большое количество ALT обнаружено в яблоках (38 %; ≤ 372 мкг/кг) [39], порошке перца чили (10 %; ≤ 129 мкг/кг) [45], томатном пюре (≤ 8 %; ≤ 94 мкг/кг) [38], порошке имбиря (19 %; ≤ 24 мкг/кг) и паприки (6 %; ≤ 16 мкг/кг) [45].

Существенная контаминация TEN выявлена в зерне овса (67 %; ≤ 2160 мкг/кг) [25], сушеных ягодах годжи (63 %; ≤ 1033 мкг/кг) [41], семенах подсолнечника (91 %; ≤ 800 мкг/кг) [31], зерне пшеницы и муке из него (≤ 100 %; ≤ 197 мкг/кг) [21, 26], грушевой пасте (24 %; ≤ 74 мкг/кг) [40].

Высокий уровень TeA установлен в зерне пшеницы и продуктах его помола (отруби, мука) (≤ 100 %; ≤ 92002 мкг/кг) [19, 22], сушеных томатах (100 %; ≤ 81592 мкг/кг) [34], порошке перца чили (100 %; ≤ 20478 мкг/кг) и паприки (100 %; ≤ 18856 мкг/кг) [20], семенах подсолнечника (51 %; ≤ 6260 мкг/кг) [33].

Особое внимание привлекают данные о загрязнении альтернариатоксинами продуктов детского питания (ДП). В ДП на основе яблок выявлен АОН (35 %; ≤ 14 мкг/кг), АМЕ (100 %; ≤ 15 мкг/кг), TEN

(95 %; ≤ 92 мкг/кг) и TeA (70 %; ≤ 226 мкг/кг) [16]. В ДП на зерновой основе установлено наличие АОН (≤ 67 %; $\leq 7,2$ мкг/кг), АМЕ (≤ 100 %; $\leq 1,1$ мкг/кг), TEN (≤ 100 %; $\leq 2,2$ мкг/кг) и TeA (≤ 100 %; ≤ 221 мкг/кг) [46, 47]. Во всех образцах чая фенхеля обнаружен TeA (в количестве до 18 мкг/дм³) [48].

Следует отметить, что альтернариатоксины могут присутствовать в пищевых продуктах не только в свободном, но и в связанном состоянии, например, в виде гликозидов и сульфатов (АОН-3-гликозид, АОН-9-гликозид, АОН-3-сульфат, АМЕ-3-сульфат и др.). При поступлении в организм возможен метаболизм таких «замаскированных» альтернариатоксинов с их высвобождением и токсическим эффектом [37, 49].

Стабильность альтернариатоксинов в процессе переработки сырья и хранения. Содержание АОН и АМЕ в яблочном соке существенно не изменялось за 20 дней хранения при комнатной температуре или при 80 °C в течение 20 мин [50].

Процессы переработки загрязненного альтернариатоксинами сырья, как правило, приводят к снижению их содержания в готовом к употреблению продукте, однако не позволяют добиться полной элиминации токсинов.

При помоле пшеницы часть альтернариатоксинов переходит в отруби: АОН – 56–84 %, TeA – 50–66 %, АМЕ – 23–43 % [51].

Используемая при производстве томатной пасты термическая обработка в течение 90 мин при 80 – 90 °C не оказывала значимого влияния на концентрацию АОН, при 100 – 110 °C приводила к уменьшению содержания токсина до 56 % от исходного значения. При этом не было выявлено существенного воздействия нагревания на количество АМЕ [52]. Выдерживание контаминированной альтернариатоксинами муки подсолнечника при температуре 100 °C в течение 90 мин не оказывало влияния на концентрацию АОН и АМЕ, однако приводило к снижению уровня TeA до 50 % от исходного. В условиях автоклава повышение температуры (до 121 °C) и давления (до $0,1$ МПа) в течение 60 мин способствовало полному разрушению АМЕ и уменьшению содержания АОН и TeA на 75 и 67 % соответственно [53]. Значимое воздействие на термическую стабильность альтернариатоксинов при температурах свыше 200 °C может оказывать наличие в матриксе воды. При нагревании загрязненной пшеничной муки, в которую была добавлена вода (одна часть муки на две части воды), до 170 – 230 °C в течение 60 мин не было отмечено существенной деградации АОН, АМЕ и ALT. В сухих образцах (без внесения воды) при 170 °C также практически не было выявлено изменений, однако при 230 °C содержание альтернариатоксинов значительно снижалось: АМЕ – примерно на 50 %, АОН – на 70 %, ALT – на 90 % от первоначального уровня [54].

Таблица 2

Содержание альтернатиоксинов в пищевых продуктах

Объект исследования (количество образцов)	Диапазон частоты обнаружения и содержания в контаминированных образцах, мкг/кг					Источник
	АОН	АМЕ	АЛТ	ТЕН	ТеА	
Продовольственное сырье и продукты переработки зерновых и масличных культур						
Пшеница (494)	Н/о – 33 %; < ПКО – 102	Н/о – 38 %; < ПКО – 59	Н/о	Н/о – 100 %; < ПКО – 197	57–100 %; < ПКО – 92002	[19–25]
Пшеничная мука (301)	Н/о – 37 %; < ПКО – 99	Н/о – 91 %; 0,3 – 62	Н/о	20–97 %; 2,7–129	10–99 %; < ПКО – 17719	[19, 23, 26–28]
Отруби пшеничные (21)	Н/о	Н/о	-	-	67 %, < ПКО – 82609	[19]
Рожь (28)	Н/о – 33 %; 5	Н/о – 33 %; < ПКО	-	15 – 66 %; 4–34	-	[21, 25]
Хлеб (119)	Н/о – 100 %; 0,4–10	44 – 76 %; 0,2–6,5	-	82 – 100 %; 2,5 – 32	98 – 100 %; 2 – 46	[26, 29]
Рис (81)	Н/о – 8 %; 1,1	Н/о – 8 %; 1,5	Н/о	Н/о	Н/о – 83 %; 1,3 – 758	[20, 27, 28]
Овес (33)	20–100 %; < ПКО – 53	50 %; < ПКО – 22	Н/о	67 – 100 %; 2–2160	100 %; 164–1579	[21, 22, 25]
Ячмень (199)	Н/о – 81 %; < ПКО – 1689	Н/о – 20 %; 0,4–6812	Н/о	Н/о – 87 %; < ПКО – 38	12 – 100 %; 2,5–3678	[18, 20–22, 25, 28, 30]
Просо (71)	16 – 50 %; 1 – 3,5	Н/о – 4 %; ≤ 3,2	Н/о	Н/о	50 – 78 %; 186–788	[20, 27]
Кунжут (12)	14 – 80 %; 1,4 – 95	57 – 80 %; 3,1 – 311	14 – 80 %; 1,1 – 11	Н/о	71 – 100 %; 10 – 912	[28]
Подсолнечник (180)	Н/о – 55 %; < ПКО – 246	Н/о – 64 %; < ПКО – 197	Н/о–9 %; < ПКО	20 – 91 %; < ПКО – 800	51 – 100 %; < ПКО – 6260	[28, 31–33]
Растительное масло (19)	47 %; < ПКО – 6	84 %; < ПКО – 14	Н/о	47 %; < ПКО – 11	21 %; < ПКО – 15	[31]
Продовольственное сырье и продукты переработки овощей и фруктов						
Томаты (67)	Н/о – 71 %; < ПКО – 25	Н/о – 38 %; < ПКО – 18	Н/о	Н/о – 26 %; < ПКО – 36	Н/о – 100 %; < ПКО – 4560	[28, 31, 32, 34]
Продукты переработки томатов:						
• сушеные томаты (43)	3 – 33 %; 13 – 22	Н/о – 40 %; 1,3 – 42	Н/о	Н/о – 10 %; 38	13 – 100 %; 6–81592	[20, 34, 35]
• концентрат / паста / пюре (121)	13–85 %; < ПКО – 8756	Н/о – 67 %; < ПКО – 1734	Н/о – 20 %; 19 – 94	Н/о – 37 %; < ПКО – 8,9	14 – 100 %; < ПКО – 4021	[20, 28, 36–38]
• соус / кетчуп (118)	Н/о; < ПКО – 85	Н/о – 78 %; 35	Н/о – 32 %; < ПКО – 12	Н/о – 21 %; < ПКО – 2,2	85 – 100 %; 5,2 – 887	[20, 28, 32, 35, 37]
• сок (63)	23 – 71 %; < ПКО – 27	Н/о – 54 %; < ПКО – 5	Н/о – 50 %; < ПКО – 6,1	Н/о–64 %; < ПКО	40 –100 %; 3,7–340	[28, 35, 37]
Яблоки (24)	Н/о – 100 %; < ПКО – 585	Н/о – 88 %; 0,1 – 254	Н/о – 38 %; 98 – 372	Н/о	Н/о – 20 %; 5,7	[28, 32, 39]
Грушевая паста (76)	36 %; < ПКО – 32	8 %; < ПКО – 15	Н/о	24 %; < ПКО – 74	67 %; < ПКО – 105	[40]
Курага (67)	Н/о	Н/о–5 %; 0,5–2,1	Н/о	Н/о–7 %; 2,7–28	38–100 %; 10–1232	[20, 41, 42]
Инжир сушеный (31)	Н/о – 33 %; 0,7–106	Н/о – 70 %; 1,6–34	Н/о	Н/о	100 %; 25–2345	[32, 42, 43]
Финики сушеные (53)	Н/о	Н/о	Н/о	13,2 %; 1,4–11	34 %; 9,6–4411	[41]
Изюм (100)	Н/о – 7 %; 3,5–16	Н/о – 19 %; 0,3–14	Н/о	Н/о – 11 %; < ПКО	35 – 50 %; 6,9–594	[20, 41–43]
Вино (30)	20–93 %; 0,7–11	Н/о – 93 %; 0,8–1,5	Н/о	Н/о – 71 %; 1,0–1,5	60 – 100 %; < ПКО – 60	[32, 44]
Орехи						
Миндаль (5)	Н/о	Н/о	Н/о	Н/о	Н/о	[20]
Фундук (3)	67 %; 3,1 и 3,8	33 %; 3,5	Н/о	Н/о	67 %; 40 и 62	[20]
Фисташки (2)	50 %; 6,4	Н/о	Н/о	Н/о	50 %; 44	[20]

Объект исследования (количество образцов)	Диапазон частоты обнаружения и содержания в контаминированных образцах, мкг/кг					Источник
	АОН	АМЕ	ALT	TEN	TeA	
Специи						
Перец чили (26)	19–80 %; 7,4 – 153	14 – 80 %; 10 – 66	Н/о – 10 %; 16–129	57 – 60 %; 1,9–33	100 %; 4510–20478	[20, 45]
Паприка (25)	Н/о – 88 %; 21–121	6 – 75 %; 9 – 74	Н/о – 6 %; 16	41 – 100 %; 0,8 – 73	100 %; 7356–18856	[20, 45]
Имбирь (16)	Н/о	25 %; 31–56	19 %; 15–24	6 %; 2,1	-	[45]
Детское питание						
На зерновой основе:						
• пшеницы (10)	Н/о–25 %; < ПКО	Н/о – 75 %; < ПКО – 0,4	Н/о	17 – 75 %; < ПКО – 1,3	Н/о – 75 %; < ПКО – 10	[46, 47]
• риса (10)	Н/о–50 %; < ПКО	25 – 100 %; < ПКО – 0,6	Н/о	38 – 100 %; < ПКО – 2,2	38 – 100 %; < ПКО – 109	[46, 47]
• овса (8)	Н/о	50 – 100 %; < ПКО–1,1	Н/о	67 – 100 %; < ПКО – 1,5	17 – 100 %; < ПКО–22	[46, 47]
• проса (7)	Н/о – 50 %; < ПКО	20 – 100 %; < ПКО – 0,9	Н/о	20 – 100 %; 0,3 – 1,0	80 – 100 %; < ПКО–221	[46, 47]
• спельты (8)	Н/о – 67 %; < ПКО – 7,2	Н/о – 100 %; < ПКО – 0,3	Н/о	60 – 100 %; < ПКО – 1,0	60 – 100 %; < ПКО – 102	[46, 47]
На основе яблок (20)	35 %; < ПКО–14	100 %; 4,4–15	Н/о	95 %; 4,1–92	70 %; 6,5–226	[16]

Примечание: Н/о – менее предела обнаружения метода; ПКО – предел количественного определения; «-» – не исследовалось.

Расчетная величина нагрузки на население.

В результате проведенных в странах ЕС исследований показано, что величина поступления альтернариатоксинов с рационом может превышать порог токсического воздействия. Категорией населения с наибольшей среднесуточной нагрузкой альтернариатоксинами являлись дети первых трех лет жизни: АОН ≤ 271 нг/кг м.т.; АМЕ ≤ 97 нг/кг м.т.; TEN ≤ 54 нг/кг м.т.; TeA ≤ 3603 нг/кг м.т. [55]. При этом основной вклад в поступление альтернариатоксинов вносили продукты переработки фруктов и томатов, ягоды, зерновые продукты и растительное масло. В Китайской Народной Республике расчетная максимальная суточная нагрузка микотоксинами с зерновыми продуктами для детей в возрасте до 3 лет составляла для АОН – 155 нг/кг м.т.; АМЕ – 36 нг/кг м.т.; TeA – 3505 нг/кг м.т., преимущественно за счет продукции из риса, пшеницы и проса [27].

Выводы. Представленные в обзоре данные свидетельствуют о достаточно частом и существенном загрязнении альтернариатоксинами продовольственного сырья и пищевых продуктов и служат

доказательством их токсического действия *in vitro* и *in vivo*, что характеризует альтернариатоксины как значимый фактор риска для здоровья населения. Для управления соответствующим риском, в том числе путем гигиенического регламентирования, необходимо проведение дополнительных исследований содержания приоритетных альтернариатоксинов (АОН, АМЕ, ALT, TEN, TeA) в пищевых продуктах, а также уточнение дозозависимых эффектов их токсического действия в целях минимизации неблагоприятного влияния токсичных метаболитов грибов *Alternaria* на здоровье населения Российской Федерации.

Благодарность. Авторы выражают глубокую признательность ведущему научному сотруднику лаборатории энзимологии питания ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», кандидату медицинских наук Л.В. Кравченко за помощь в подготовке рукописи.

Финансирование. Поисково-аналитическая работа проведена за счет средств субсидии Минобрнауки России (на выполнение государственного задания № FGMP-2023-0006).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Кравченко Л.В., Тутельян В.А. Биобезопасность. Микотоксины – природные контаминанты пищи // Вопросы питания. – 2005. – Т. 74, № 3. – С. 3–13.
2. Ганнибал Ф.Б. Изучение факторов, влияющих на развитие альтернариоза зерна у злаков, возделываемых в европейской части России // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53, № 3. – С. 605–615. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.3.605rus.
3. EFSA on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion on the risks for animal and public health related to the presence of *Alternaria* toxins in feed and food // EFSA Journal. – 2011. – Vol. 9, № 10. – P. 2407. DOI: 10.2903/j.efsa.2011.2407

4. De Oliveira R.C., Carnielli-Queiroz L., Correa B. *Epicoccum sorghinum* in food: occurrence, genetic aspects and tenuazonic acid production // *Current Opinion in Food Science*. – 2018. – Vol. 23. – P. 44–48. DOI: 10.1016/j.cofs.2018.05.011
5. Thomma B.P.H.J. *Alternaria spp.*: from general saprophyte to specific parasite // *Mol. Plant Pathol.* – 2003. – Vol. 4, № 4. – P. 225–236. DOI: 10.1046/j.1364-3703.2003.00173.x
6. Asam S., Habler K., Rychlik M. Determination of tenuazonic acid in human urine by means of a stable isotope dilution assay // *Anal. Bioanal. Chem.* – 2013. – Vol. 405, № 12. – P. 4149–4158. DOI: 10.1007/s00216-013-6793-5
7. Quantitative Determination of Tenuazonic Acid in Pig and Broiler Chicken Plasma by LC-MS/MS and Its Comparative Toxicokinetics / S. Fraeyman, M. Devreese, N. Broekaert, T. De Mil, G. Antonissen, S. De Baere, P. De Backer, M. Rychlik, S. Croubels // *J. Agric. Food Chem.* – 2015. – Vol. 63, № 38. – P. 8560–8567. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b02828
8. Schuchardt S., Ziemann C., Hansen T. Combined toxicokinetic and in vivo genotoxicity study on *Alternaria* toxins // *EFSA supporting publications*. – 2014. – Vol. 11, № 11. – P. EN-679. DOI: 10.2903/sp.efsa.2014.EN-672
9. Alternariol acts as a topoisomerase poison, preferentially affecting the IIa isoform / M. Fehr, G. Pahlke, J. Fritz, M.O. Christensen, F. Boege, M. Altemöller, J. Podlech, D. Marko // *Mol. Nutr. Food Res.* – 2009. – Vol. 53, № 4. – P. 441–451. DOI: 10.1002/mnfr.200700379
10. *Alternaria* Mycotoxins: An Overview of Toxicity, Metabolism, and Analysis in Food / A. Chen, X. Mao, Q. Sun, Z. Wei, J. Li, Y. You, J. Zhao, G. Jiang [et al.] // *J. Agric. Food Chem.* – 2021. – Vol. 69, № 28. – P. 7817–7830. DOI: 10.1021/acs.jafc.1c03007
11. An in vitro investigation of endocrine disrupting effects of the mycotoxin alternariol / C. Frizzell, D. Ndossi, S. Kalayou, G.S. Eriksen, S. Verhaegen, M. Sørlic, C.T. Elliott, E. Ropstad, L. Connolly // *Toxicol. Appl. Pharmacol.* – 2013. – Vol. 271, № 1. – P. 64–71. DOI: 10.1016/j.taap.2013.05.002
12. Liu Y., Rychlik M. Development of a stable isotope dilution LC-MS/MS method for the *Alternaria* toxins tentoxin, dihydrotentoxin, and isotentoxin // *J. Agric. Food Chem.* – 2013. – Vol. 61, № 12. – P. 2970–2978. DOI: 10.1021/jf305111w
13. Further examination of the effects of nitrosylation on *Alternaria alternata* mycotoxin mutagenicity in vitro / T.J. Schrader, W. Cherry, K. Soper, I. Langlois // *Mutat. Res.* – 2006. – Vol. 606, № 1–2. – P. 61–71. DOI: 10.1016/j.mrgentox.2006.02.008
14. Analysis of toxic effects of *Alternaria* toxins on esophagus of mice by light and electron microscopy / H. Yekeler, K. Bitmis, N. Özcelik, M.Z. Doymaz, M. Calta // *Toxicol. Pathol.* – 2001. – Vol. 29, № 4. – P. 492–497. DOI: 10.1080/01926230152499980
15. Co-Occurrence and Combinatory Effects of *Alternaria* Mycotoxins and other Xenobiotics of Food Origin: Current Scenario and Future Perspectives / F. Crudo, E. Varga, G. Aichinger, G. Galaverna, D. Marko, C. Dall'Asta, L. Dellafiora // *Toxins (Basel)*. – 2019. – Vol. 11, № 11. – P. 640. DOI: 10.3390/toxins11110640
16. Natural Occurrence, Exposure Assessment & Risk Characterization of *Alternaria* Mycotoxins in Apple By-Products in Argentina / M.A. Pavicich, M. De Boevre, A. Vidal, H. Mikula, B. Warth, D. Marko, S. De Saeger, A. Patriarca // *Expo Health*. – 2023. DOI: 10.1007/s12403-023-00544-1
17. Enzyme Immunoassay for Tenuazonic Acid in Apple and Tomato Products / M. Gross, V. Curtui, Y. Ackermann, H. Latif, E. Usleber // *J. Agric. Food Chem.* – 2011. – Vol. 59, № 23. – P. 12317–12322. DOI: 10.1021/jf203540y
18. Natural occurrence of *Alternaria* mycotoxins in malting barley grains in the main producing region of Argentina / E. Castañares, M.A. Pavicich, M.I. Dinolfo, F. Moreyra, S.A. Stenglein, A. Patriarca // *J. Sci. Food Agric.* – 2020. – Vol. 100, № 3. – P. 1004–1011. DOI: 10.1002/jsfa.10101
19. *Alternaria* toxins in Argentinean wheat, bran, and flour / R.Á.R. Bernal, C.M. Reynoso, G.V.A. Londoño, L.E. Broggi, S.L. Resnik // *Food Addit. Contam. Part B Surveill.* – 2019. – Vol. 12, № 1. – P. 24–30. DOI: 10.1080/19393210.2018.1509900
20. Levels of *Alternaria* Toxins in Selected Food Commodities Including Green Coffee / C. Mujahid, M.-C. Savoy, Q. Baslé, P.M. Woo, E.C.Y. Ee, P. Mottier, T. Bessaire // *Toxins (Basel)*. – 2020. – Vol. 12, № 9. – P. 595. DOI: 10.3390/toxins12090595
21. Анализ продовольственного зерна в Российской Федерации на загрязненность широким спектром микотоксинов (на примере урожая 2018 года) / М.Г. Киселева, И.Б. Седова, З.А. Чалый, Л.П. Захарова, Т.В. Аристархова, В.А. Тутьельян // *Сельскохозяйственная биология*. – 2021. – Т. 56, № 3. – С. 559–577. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.3.559rus
22. Контаминация зерна в Западной Сибири грибами *Alternaria* и их микотоксинами / А.С. Орина, О.П. Гаврилова, Т.Ю. Гагкаева, Н.Н. Гогина // *Вестник защиты растений*. – 2021. – Т. 104, № 3. – С. 153–162. DOI: 10.31993/2308-6459-2021-104-3-15019
23. Natural occurrence of *Alternaria* mycotoxins in wheat and potential of reducing associated risks using magnolol / D. Jiang, D. Wei, H. Li, L. Wang, N. Jiang, Y. Li, M. Wang // *J. Sci. Food Agric.* – 2021. – Vol. 101, № 7. – P. 3071–3077. DOI: 10.1002/jsfa.10901
24. Occurrence and Determination of *Alternaria* Mycotoxins Alternariol, Alternariol Monomethyl Ether, and Tentoxin in Wheat Grains by QuEChERS Method / N. Puvaca, G. Avantiaggiato, J. Merkuri, G. Vukovic, V. Bursic, M. Cara // *Toxins (Basel)*. – 2022. – Vol. 14, № 11. – P. 791. DOI: 10.3390/toxins14110791
25. Анализ загрязнения продовольственного зерна урожая 2020 года различными микотоксинами в Российской Федерации / И.Б. Седова, Л.П. Захарова, З.А. Чалый, В.А. Тутьельян // *Иммунопатология, Аллергология, Инфектология*. – 2023. – № 2. – С. 77–85. DOI: 10.14427/jipai.2023.2.77
26. Natural occurrence of *Alternaria* toxins in wheat-based products and their dietary exposure in China / K. Zhao, B. Shao, D. Yang, F. Li, J. Zhu // *PLoS One*. – 2015. – Vol. 10, № 6. – P. e0132019. DOI: 10.1371/journal.pone.0132019
27. Probabilistic Risk Assessment of Combined Exposure to Deoxynivalenol and Emerging *Alternaria* Toxins in Cereal-Based Food Products for Infants and Young Children in China / X. Ji, Y. Xiao, W. Lyu, M. Li, W. Wang, B. Tang, X. Wang, H. Yang // *Toxins (Basel)*. – 2022. – Vol. 14, № 8. – P. 509. DOI: 10.3390/toxins14080509
28. Natural Occurrence of *Alternaria* Toxins in Agricultural Products and Processed Foods Marketed in South Korea by LC-MS/MS / S.Y. Woo, S.Y. Lee, T.K. Jeong, S.M. Park, J.H. Auh, H.-S. Shin, H.S. Chun // *Toxins (Basel)*. – 2022. – Vol. 14, № 12. – P. 824. DOI: 10.3390/toxins14120824
29. *Alternaria* toxins alternariol and alternariol monomethyl ether in grain foods in Canada / P.M. Scott, W. Zhao, S. Feng, P.-Y. Benjamin // *Mycotoxin Res.* – 2012. – Vol. 28, № 4. – P. 261–266. DOI: 10.1007/s12550-012-0141-z

30. Development of analytical methods to study the effect of malting on levels of free and modified forms of *Alternaria* mycotoxins in barley / S. Scheilbenzuber, F. Dick, M. Brettr ger, M. Gastl, S. Asam, M. Rychlik // *Mycotoxin Res.* – 2022. – Vol. 38, № 2. – P. 137–146. DOI: 10.1007/s12550-022-00455-1
31. Survey of *Alternaria* toxin contamination in food from the German market, using a rapid HPLC-MS/MS approach / S. Hickert, M. Bergmann, S. Ersen, B. Cramer, H.-U. Humpf // *Mycotoxin Res.* – 2016. – Vol. 32, № 1. – P. 7–18. DOI: 10.1007/s12550-015-0233-7
32. Occurrence of *Alternaria* toxins in food products in The Netherlands / P. Lopez, D. Venema, T. de Rijk, A. de Kok, J.M. Scholten, H.G.J. Mol, M. de Nijs // *Food Control.* – 2016. – Vol. 60. – P. 196–204. DOI: 10.1016/j.foodcont.2015.07.032
33. *Alternaria* toxins in South African sunflower seeds: cooperative study / S. Hickert, L. Hermes, L.M.M. Marques, C. Focke, B. Cramer, N.P. Lopes, B. Flett, H.-U. Humpf // *Mycotoxin Res.* – 2017. – Vol. 33, № 4. – P. 309–321. DOI: 10.1007/s12550-017-0290-1
34. Contamination of fresh and dried tomato by *Alternaria* toxins in southern Italy / S.M. Sanzani, T. Gallone, F. Garganese, A.G. Caruso, M. Amenduni, A. Ippolito // *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.* – 2019. – Vol. 36, № 5. – P. 789–799. DOI: 10.1080/19440049.2019.1588998
35. Emerging *Alternaria* and *Fusarium* mycotoxins in tomatoes and derived tomato products from the China market: Occurrence, methods of determination, and risk evaluation / X. Ji, T. Deng, Y. Xiao, C. Jin, W. Lyu, Z. Wu, W. Wang, X. Wang [et al.] // *Food Control.* – 2023. – Vol. 145. – P. 109464. DOI: 10.1016/j.foodcont.2022.109464
36. Occurrence of alternariol, alternariol monomethyl ether and tenuazonic acid in Argentinean tomato puree / L. Terminiello, A. Patriarca, G. Pose, V. Fernandez Pinto // *Mycotoxin Res.* – 2006. – Vol. 22, № 4. – P. 236–240. DOI: 10.1007/BF02946748
37. Validated UPLC-MS/MS Methods To Quantitate Free and Conjugated *Alternaria* Toxins in Commercially Available Tomato Products and Fruit and Vegetable Juices in Belgium / J. Walravens, H. Mikula, M. Rychlik, S. Asam, T. Devos, E. Njumbe Ediage, J.D. Di Mavungu, L. Jacxsens [et al.] // *J. Agric. Food Chem.* – 2016. – Vol. 64, № 24. – P. 5101–5109. DOI: 10.1021/acs.jafc.6b01029
38. *Alternaria* toxins in tomato products from the Argentinean market / M.L. Maldonado Haro, G. Cabrera, V. Fernandez Pinto, A. Patriarca // *Food Control.* – 2023. – Vol. 147, № 11. – P. 109607. DOI: 10.1016/j.foodcont.2023.109607
39. Determination of Multi-Class Mycotoxins in Apples and Tomatoes by Combined Use of QuEChERS Method and Ultra-High-Performance Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry / Y. Tang, L. Mu, J. Cheng, Z. Du, Y. Yang // *Food Analytical Methods.* – 2020. – Vol. 13. – P. 1381–1390. DOI: 10.1007/s12161-020-01753-z
40. Saturated brine dissolution and liquid-liquid extraction combined with UPLC-MS/MS for the detection of typical *Alternaria* toxins in pear paste / F. Lan, F. Jiang, H. Zang, Z. Wang // *J. Sci. Food Agric.* – 2023. – Vol. 103, № 14. – P. 6861–6870. DOI: 10.1002/jsfa.12770
41. Survey of *Alternaria* Toxins and Other Mycotoxins in Dried Fruits in China / D. Wei, Y. Wang, D. Jiang, X. Feng, J. Li, M. Wang // *Toxins (Basel).* – 2017. – Vol. 9, № 7. – P. 200. DOI: 10.3390/toxins9070200
42. Изучение контаминации сухофруктов микотоксинами / З.А. Чалый, М.Г. Киселева, И.Б. Седова, Л.П. Минаяева, С.А. Шевелева, В.А. Тутельян // *Вопросы питания.* – 2021. – Т. 90, № 1 (533). – С. 33–39. DOI: 10.33029/0042-8833-2021-90-1-33-39
43. Multi-mycotoxin exposure and risk assessment for Chinese consumption of nuts and dried fruits / Y. Wang, J.-Y. Nie, Z. Yan, Z. Li, Y. Cheng, S. Farooq // *Journal of Integrative Agriculture.* – 2018. – Vol. 17, № 7. – P. 1676–1690. DOI: 10.1016/S2095-3119(18)61966-5
44. Development of a high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry based analysis for the simultaneous quantification of various *Alternaria* toxins in wine, vegetable juices and fruit juices / T. Zwickel, H. Klaffke, K. Richards, M. Rychlik // *J. Chromatogr. A.* – 2016. – Vol. 1455. – P. 74–85. DOI: 10.1016/j.chroma.2016.04.066
45. Микотоксины в специях, потребляемых в России / З.А. Чалый, М.Г. Киселева, И.Б. Седова, В.А. Тутельян // *Вопросы питания.* – 2023. – Т. 92, № 2 (546). – С. 26–34. DOI: 10.33029/0042-8833-2023-92-2-26-34
46. Quantitation of Six *Alternaria* Toxins in Infant Foods Applying Stable Isotope Labeled Standards / M. Gotthardt, S. Asam, K. Gunkel, A.F. Moghaddam, E. Baumann, R. Kietz, M. Rychlik // *Front. Microbiol.* – 2019. – Vol. 10. – P. 109. DOI: 10.3389/fmicb.2019.00109
47. Natural contaminants in infant food: The case of regulated and emerging mycotoxins / D. Braun, M. Eiser, H. Puntcher, D. Marko, B. Warth // *Food Control.* – 2020. – Vol. 123. – P. 107676. DOI: 10.1016/j.foodcont.2020.107676
48. Asam S., Rychlik M. Potential health hazards due to the occurrence of the mycotoxin tenuazonic acid in infant food // *Eur. Food Res. Technol.* – 2013. – Vol. 236. – P. 491–497. DOI: 10.1007/s00217-012-1901-x
49. Tracking emerging mycotoxins in food: Development of an LC-MS/MS method for free and modified *Alternaria* toxins / H. Puntcher, M.-L. K tt, P. Skrinjar, H. Mikula, J. Podlech, J. Fröhlich, D. Marko, B. Warth // *Anal. Bioanal. Chem.* – 2018. – Vol. 410, № 18. – P. 4481–4494. DOI: 10.1007/s00216-018-1105-8
50. Scott P., Kanhere S. Stability of *Alternaria* toxins in fruit juices and wine // *Mycotoxin Res.* – 2001. – Vol. 17, № 1. – P. 9–14. DOI: 10.1007/BF02946112
51. Effect of Wheat Milling Process on the Distribution of *Alternaria* Toxins / E.J. Hajnal, J. Mastilovic, F. Bagi, D. Orcic, D. Budakov, J. Kos, Z. Savic // *Toxins (Basel).* – 2019. – Vol. 11, № 3. – P. 139. DOI: 10.3390/toxins11030139
52. Stability of alternariol and alternariol monomethyl ether during food processing of tomato products / N. Estiarte, A. Crespo-Sempere, S. Marín, A.J. Ramos, R.W. Worobo // *Food Chem.* – 2018. – Vol. 245. – P. 951–957. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.11.078
53. Effect of heat treatments on stability of alternariol, alternariol monomethyl ether and tenuazonic acid in sunflower flour / M. Combina, A. Dalcero, E. Varsavsky, A. Torres, M. Etcheverry, M. Rodriguez, Q.H. Gonzalez // *Mycotoxin Res.* – 1999. – Vol. 15, № 1. – P. 33–38. DOI: 10.1007/BF02945212

54. Degradation of the *Alternaria* mycotoxins alternariol, alternariol monomethyl ether, and altenuene upon bread baking / D. Siegel, M. Feist, M. Proske, M. Koch, I. Nehls // J. Agric. Food Chem. – 2010. – Vol. 58, № 17. – P. 9622–9630. DOI: 10.1021/jf102156w

55. Arcella D., Eskola M., Gomez Ruiz J.A. Dietary exposure assessment to *Alternaria* toxins in the European population, EFSA report // EFSA Journal. – 2016. – Vol. 14, № 12. – P. 4654. DOI: 10.2903/j.efsa.2016.4654

Альтернариатоксины как фактор риска для здоровья населения / И.В. Аксенов, И.Б. Седова, З.А. Чалый, В.А. Тутельян // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 4. – С. 146–157. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.14

UDC 613.2.099

DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.14.eng



Review

ALTERNARIA TOXINS AS A RISK FACTOR FOR POPULATION HEALTH

I.V. Aksenov¹, I.B. Sedova¹, Z.A. Chalyy¹, V.A. Tutelyan^{1,2}

¹Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 2/14 Ust'inskii proezd, Moscow, 109240, Russian Federation

²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, 8 Trubetskaya St., bldg 2, Moscow, 119991, Russian Federation

Alternaria toxins are toxic metabolites of mold fungi of the genus *Alternaria*, which are widespread in nature. The purpose of the review was to characterize *Alternaria* toxins most frequently found in food products and posing a real threat to public health: alternariol (AOH) and its monomethyl ether (AME), altenuene (ALT), tentoxin (TEN), and tenuazonic acid (TeA). The existing toxicological data are insufficient to establish a value of provisional tolerable intake of *Alternaria* toxins. Based on the chemical structure the daily threshold of toxicological concern was determined: TeA and TEN, 1500 ng/kg b.w.; AOH and AME (taking into account their genotoxicity), 2.5 ng/kg b.w. Currently, the content of *Alternaria* toxins in food products is not regulated at the national or international levels. Liquid chromatography coupled to (tandem) mass spectrometry is the most preferred method of identification and quantification of *Alternaria* toxins. Research results indicate significant contamination with *Alternaria* toxins of food raw materials and products of their processing (including cereals and oilseeds crops; vegetables and fruits, spices, and baby food). Processing of raw materials contaminated with *Alternaria* toxins contributes, as a rule, to reducing their content in the ready-to-eat product, but does not allow for complete elimination of toxins.

Children of the first three years of life are a population group under the greatest exposure to *Alternaria* toxins. At the same time, an intake of *Alternaria* toxins with a diet may exceed the threshold of toxicological concern and pose a real threat to health. The data presented in the review characterize *Alternaria* toxins as a significant risk factor for public health. To manage the corresponding risk, including through hygienic regulation, it is necessary to conduct additional research on the content of priority *Alternaria* toxins (AOH, AME, TeA, TEN, ALT) in food products, as well as clarify dose-dependent effects of their toxic action in order to minimize any possible adverse effects of *Alternaria* toxins on public health in the Russian Federation.

Keywords: mycotoxins, *Alternaria* fungi, alternariol, alternariol monomethyl ether, altenuene, tentoxin, tenuazonic acid, food contamination, toxic effect, exposure assessment.

© Aksenov I.V., Sedova I.B., Chalyy Z.A., Tutelyan V.A., 2023

Ilya V. Aksenov – Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Nutrition Enzymology (e-mail: ilyaaksenoff@yandex.ru; tel.: +7 (495) 698-53-65; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4567-9347>).

Irina B. Sedova – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Nutrition Enzymology (e-mail: isedova1977@mail.ru; tel.: +7 (495) 698-53-65; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6011-4515>).

Zakhar A. Chalyy – Junior Researcher at the Laboratory of Nutrition Enzymology (e-mail: tokka66@bk.ru; tel.: +7 (495) 698-53-65; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9371-8163>).

Viktor A. Tutelyan – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Nutrition Enzymology, Scientific Supervisor (e-mail: tutelyan@ion.ru; tel.: +7 (495) 698-53-46; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4164-8992>).

References

1. Kravchenko L.V., Tutelyan V.A. Biosafety. Natural contaminants of food mycotoxin. *Voprosy pitaniya*, 2005, vol. 74, no. 3, pp. 3–13 (in Russian).
2. Gannibal Ph.B. Factors affecting *Alternaria* appearance in grains in European Russia. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2018, vol. 53, no. 3, pp. 605–615. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.3.605eng
3. EFSA on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion on the risks for animal and public health related to the presence of *Alternaria* toxins in feed and food. *EFSA Journal*, 2011, vol. 9, no. 10, pp. 2407. DOI: 10.2903/j.efsa.2011.2407
4. De Oliveira R.C., Carnielli-Queiroz L., Correa B. *Epicoccum sorghinum* in food: occurrence, genetic aspects and tenuazonic acid production. *Current Opinion in Food Science*, 2018, vol. 23, pp. 44–48. DOI: 10.1016/j.cofs.2018.05.011
5. Thomma B.P.H.J. *Alternaria* spp.: from general saprophyte to specific parasite. *Mol. Plant Pathol.*, 2003, vol. 4, no. 4, pp. 225–236. DOI: 10.1046/j.1364-3703.2003.00173.x
6. Asam S., Habler K., Rychlik M. Determination of tenuazonic acid in human urine by means of a stable isotope dilution assay. *Anal. Bioanal. Chem.*, 2013, vol. 405, no. 12, pp. 4149–4158. DOI: 10.1007/s00216-013-6793-5
7. Fraeyman S., Devreese M., Broekaert N., De Mil T., Antonissen G., De Baere S., De Backer P., Rychlik M., Croubels S. Quantitative Determination of Tenuazonic Acid in Pig and Broiler Chicken Plasma by LC-MS/MS and Its Comparative Toxicokinetics. *J. Agric. Food Chem.*, 2015, vol. 63, no. 38, pp. 8560–8567. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b02828
8. Schuchardt S., Ziemann C., Hansen T. Combined toxicokinetic and *in vivo* genotoxicity study on *Alternaria* toxins. *EFSA supporting publications*, 2014, vol. 11, no. 11, pp. EN-679. DOI: 10.2903/sp.efsa.2014.EN-672
9. Fehr M., Pahlke G., Fritz J., Christensen M.O., Boege F., Altemöller M., Podlech J., Marko D. Alternariol acts as a topoisomerase poison, preferentially affecting the Iia isoform. *Mol. Nutr. Food Res.*, 2009, vol. 53, no. 4, pp. 441–451. DOI: 10.1002/mnfr.200700379
10. Chen A., Mao X., Sun Q., Wei Z., Li J., You Y., Zhao J., Jiang G. [et al.]. *Alternaria* Mycotoxins: An Overview of Toxicity, Metabolism, and Analysis in Food. *J. Agric. Food Chem.*, 2021, vol. 69, no. 28, pp. 7817–7830. DOI: 10.1021/acs.jafc.1c03007
11. Frizzell C., Ndossi D., Kalayou S., Eriksen G.S., Verhaegen S., Sørlie M., Elliott C.T., Ropstad E., Connolly L. An *in vitro* investigation of endocrine disrupting effects of the mycotoxin alternariol. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 2013, vol. 271, no. 1, pp. 64–71. DOI: 10.1016/j.taap.2013.05.002
12. Liu Y., Rychlik M. Development of a stable isotope dilution LC-MS/MS method for the *Alternaria* toxins tentoxin, dihydrotentoxin, and isotentoxin. *J. Agric. Food Chem.*, 2013, vol. 61, no. 12, pp. 2970–2978. DOI: 10.1021/jf305111w
13. Schrader T.J., Cherry W., Soper K., Langlois I. Further examination of the effects of nitrosylation on *Alternaria alternata* mycotoxin mutagenicity *in vitro*. *Mutat. Res.*, 2006, vol. 606, no. 1–2, pp. 61–71. DOI: 10.1016/j.mrgentox.2006.02.008
14. Yekeler H., Bitmis K., Ozelcik N., Doymaz M.Z., Calta M. Analysis of toxic effects of *Alternaria* toxins on esophagus of mice by light and electron microscopy. *Toxicol. Pathol.*, 2001, vol. 29, no. 4, pp. 492–497. DOI: 10.1080/01926230152499980
15. Crudo F., Varga E., Aichinger G., Galaverna G., Marko D., Dall'Asta C., Dellafiora L. Co-Occurrence and Combinatory Effects of *Alternaria* Mycotoxins and other Xenobiotics of Food Origin: Current Scenario and Future Perspectives. *Toxins (Basel)*, 2019, vol. 11, no. 11, pp. 640. DOI: 10.3390/toxins11110640
16. Pavicich M.A., De Boevre M., Vidal A., Mikula H., Warth B., Marko D., De Saeger S., Patriarca A. Natural Occurrence, Exposure Assessment & Risk Characterization of *Alternaria* Mycotoxins in Apple By-Products in Argentina. *Expo Health*, 2023. DOI: 10.1007/s12403-023-00544-1
17. Gross M., Curtui V., Ackermann Y., Latif H., Usleber E. Enzyme Immunoassay for Tenuazonic Acid in Apple and Tomato Products. *J. Agric. Food Chem.*, 2011, vol. 59, no. 23, pp. 12317–12322. DOI: 10.1021/jf203540y
18. Castañares E., Pavicich M.A., Dinolfo M.I., Moreyra F., Stenglein S.A., Patriarca A. Natural occurrence of *Alternaria* mycotoxins in malting barley grains in the main producing region of Argentina. *J. Sci. Food Agric.*, 2020, vol. 100, no. 3, pp. 1004–1011. DOI: 10.1002/jsfa.10101
19. Bernal A.R.R., Reynoso C.M., Garcia Londoño V.A., Broggi L.E., Resnik S.L. *Alternaria* toxins in Argentinean wheat, bran, and flour. *Food Addit. Contam. Part B Surveill.*, 2019, vol. 12, no. 1, pp. 24–30. DOI: 10.1080/19393210.2018.1509900
20. Mujahid C., Savoy M.-C., Baslé Q., Woo P.M., Ee E.C.Y., Mottier P., Bessaïre T. Levels of *Alternaria* Toxins in Selected Food Commodities Including Green Coffee. *Toxins (Basel)*, 2020, vol. 12, no. 9, pp. 595. DOI: 10.3390/toxins12090595
21. Kiseleva M.G., Sedova I.B., Chalyy Z.A., Zakharova L.P., Aristarkhova T.V., Tutelyan V.A. Multi-mycotoxin screening of food grain produced in Russia in 2018. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2021, vol. 56, no. 3, pp. 559–577. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.3.559eng
22. Orina A.S., Gavrilova O.P., Gagkaeva T.Yu., Gogina N.N. Contamination of grain in West Siberia by *Alternaria* fungi and their mycotoxins. *Vestnik zashchity rastenii*, 2021, vol. 104, no. 3, pp. 153–162. DOI: 10.31993/2308-6459-2021-104-3-15019 (in Russian).
23. Jiang D., Wei D., Li H., Wang L., Jiang N., Li Y., Wang M. Natural occurrence of *Alternaria* mycotoxins in wheat and potential of reducing associated risks using magnolol. *J. Sci. Food Agric.*, 2021, vol. 101, no. 7, pp. 3071–3077. DOI: 10.1002/jsfa.10901
24. Puvaca N., Avantaggiato G., Merkuri J., Vukovic G., Bursic V., Cara M. Occurrence and Determination of *Alternaria* Mycotoxins Alternariol, Alternariol Monomethyl Ether, and Tentoxin in Wheat Grains by QuEChERS Method. *Toxins (Basel)*, 2022, vol. 14, no. 11, pp. 791. DOI: 10.3390/toxins14110791
25. Sedova I.B., Zakharova L.P., Chalyy Z.A., Tutelyan V.A. Mycotoxin screening in food grain produced in the Russian Federation in 2020. *Immunopathology, allergology, infectology*, 2023, no. 2, pp. 77–85. DOI: 10.14427/jipai.2023.2.77 (in Russian).

26. Zhao K., Shao B., Yang D., Li F., Zhu J. Natural occurrence of *Alternaria* toxins in wheat-based products and their dietary exposure in China. *PLoS One*, 2015, vol. 10, no. 6, pp. e0132019. DOI: 10.1371/journal.pone.0132019
27. Ji X., Xiao Y., Lyu W., Li M., Wang W., Tang B., Wang X., Yang H. Probabilistic Risk Assessment of Combined Exposure to Deoxynivalenol and Emerging *Alternaria* Toxins in Cereal-Based Food Products for Infants and Young Children in China. *Toxins (Basel)*, 2022, vol. 14, no. 8, pp. 509. DOI: 10.3390/toxins14080509
28. Woo S.Y., Lee S.Y., Jeong T.K., Park S.M., Auh J.H., Shin H.-S., Chun H.S. Natural Occurrence of *Alternaria* Toxins in Agricultural Products and Processed Foods Marketed in South Korea by LC–MS/MS. *Toxins (Basel)*, 2022, vol. 14, no. 12, pp. 824. DOI: 10.3390/toxins14120824
29. Scott P.M., Zhao W., Feng S., Benjamin P.-Y. *Alternaria* toxins alternariol and alternariol monomethyl ether in grain foods in Canada. *Mycotoxin Res.*, 2012, vol. 28, no. 4, pp. 261–266. DOI: 10.1007/s12550-012-0141-z
30. Scheilbenzuber S., Dick F., Bretträger M., Gastl M., Asam S., Rychlik M. Development of analytical methods to study the effect of malting on levels of free and modified forms of *Alternaria* mycotoxins in barley. *Mycotoxin Res.*, 2022, vol. 38, no. 2, pp. 137–146. DOI: 10.1007/s12550-022-00455-1
31. Hickert S., Bergmann M., Ersen S., Cramer B., Humpf H.-U. Survey of *Alternaria* toxin contamination in food from the German market, using a rapid HPLC-MS/MS approach. *Mycotoxin Res.*, 2016, vol. 32, no. 1, pp. 7–18. DOI: 10.1007/s12550-015-0233-7
32. Lopez P., Venema D., de Rijk T., de Kok A., Scholten J.M., Mol H.G.J., de Nijs M. Occurrence of *Alternaria* toxins in food products in The Netherlands. *Food Control*, 2016, vol. 60, pp. 196–204. DOI: 10.1016/j.foodcont.2015.07.032
33. Hickert S., Hermes L., Marques L.M.M., Focke C., Cramer B., Lopes N.P., Flett B., Humpf H.-U. *Alternaria* toxins in South African sunflower seeds: cooperative study. *Mycotoxin Res.*, 2017, vol. 33, no. 4, pp. 309–321. DOI: 10.1007/s12550-017-0290-1
34. Sanzani S.M., Gallone T., Garganese F., Caruso A.G., Amenduni M., Ippolito A. Contamination of fresh and dried tomato by *Alternaria* toxins in southern Italy. *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.*, 2019, vol. 36, no. 5, pp. 789–799. DOI: 10.1080/19440049.2019.1588998
35. Ji X., Deng T., Xiao Y., Jin C., Lyu W., Wu Z., Wang W., Wang X. [et al.]. Emerging *Alternaria* and *Fusarium* mycotoxins in tomatoes and derived tomato products from the China market: Occurrence, methods of determination, and risk evaluation. *Food Control*, 2023, vol. 145, pp. 109464. DOI: 10.1016/j.foodcont.2022.109464
36. Terminiello L., Patriarca A., Pose G., Fernandez Pinto V. Occurrence of alternariol, alternariol monomethyl ether and tenuazonic acid in Argentinean tomato puree. *Mycotoxin Res.*, 2006, vol. 22, no. 4, pp. 236–240. DOI: 10.1007/BF02946748
37. Walravens J., Mikula H., Rychlik M., Asam S., Devos T., Njumbe Ediage E., Di Mavungu J.D., Jacxsens L. [et al.]. Validated UPLC-MS/MS Methods To Quantitate Free and Conjugated *Alternaria* Toxins in Commercially Available Tomato Products and Fruit and Vegetable Juices in Belgium. *J. Agric. Food Chem.*, 2016, vol. 64, no. 24, pp. 5101–5109. DOI: 10.1021/acs.jafc.6b01029
38. Maldonado Haro M.L., Cabrera G., Fernandez Pinto V., Patriarca A. *Alternaria* toxins in tomato products from the Argentinean market. *Food Control*, 2023, vol. 147, no. 11, pp. 109607. DOI: 10.1016/j.foodcont.2023.109607
39. Tang Y., Mu L., Cheng J., Du Z., Yang Y. Determination of Multi-Class Mycotoxins in Apples and Tomatoes by Combined Use of QuEChERS Method and Ultra-High-Performance Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry. *Food Analytical Methods*, 2020, vol. 13, pp. 1381–1390. DOI: 10.1007/s12161-020-01753-z
40. Lan F., Jiang F., Zang H., Wang Z. Saturated brine dissolution and liquid-liquid extraction combined with UPLC-MS/MS for the detection of typical *Alternaria* toxins in pear paste. *J. Sci. Food Agric.*, 2023, vol. 103, no. 14, pp. 6861–6870. DOI: 10.1002/jsfa.12770
41. Wei D., Wang Y., Jiang D., Feng X., Li J., Wang M. Survey of *Alternaria* Toxins and Other Mycotoxins in Dried Fruits in China. *Toxins (Basel)*, 2017, vol. 9, no. 7, pp. 200. DOI: 10.3390/toxins9070200
42. Chalyy Z.A., Kiseleva M.G., Sedova I.B., Minaeva L.P., Sheveleva S.A., Tutelyan V.A. Dried fruits marketed in Russia: multi-mycotoxin contamination. *Voprosy pitaniya*, 2021, vol. 90, no. 1 (533), pp. 33–39. DOI: 10.33029/0042-8833-2021-90-1-33-39 (in Russian)
43. Wang Y., Nie J.-Y., Yan Z., Li Z., Cheng Y., Farooq S. Multi-mycotoxin exposure and risk assessment for Chinese consumption of nuts and dried fruits. *Journal of Integrative Agriculture*, 2018, vol. 17, no. 7, pp. 1676–1690. DOI: 10.1016/S2095-3119(18)61966-5
44. Zwickel T., Klaffke H., Richards K., Rychlik M. Development of a high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry based analysis for the simultaneous quantification of various *Alternaria* toxins in wine, vegetable juices and fruit juices. *J. Chromatogr. A*, 2016, vol. 1455, pp. 74–85. DOI: 10.1016/j.chroma.2016.04.066
45. Chalyy Z.A., Kiseleva M.G., Sedova I.B., Tutelyan V.A. Mycotoxins in spices consumed in Russia. *Voprosy pitaniya*, 2023, vol. 92, no. 2 (546), pp. 26–34. DOI: 10.33029/0042-8833-2023-92-2-26-34 (in Russian).
46. Gotthardt M., Asam S., Gunkel K., Moghaddam A.F., Baumann E., Kietz R., Rychlik M. Quantitation of Six *Alternaria* Toxins in Infant Foods Applying Stable Isotope Labeled Standards. *Front. Microbiol.*, 2019, vol. 10, pp. 109. DOI: 10.3389/fmicb.2019.00109
47. Braun D., Eiser M., Puntischer H., Marko D., Warth B. Natural contaminants in infant food: The case of regulated and emerging mycotoxins. *Food Control*, 2020, vol. 123, pp. 107676. DOI: 10.1016/j.foodcont.2020.107676
48. Asam S., Rychlik M. Potential health hazards due to the occurrence of the mycotoxin tenuazonic acid in infant food. *Eur. Food Res. Technol.*, 2013, vol. 236, pp. 491–497. DOI: 10.1007/s00217-012-1901-x
49. Puntischer H., Kütt M.-L., Skrinjar P., Mikula H., Podlech J., Fröhlich J., Marko D., Warth B. Tracking emerging mycotoxins in food: Development of an LC-MS/MS method for free and modified *Alternaria* toxins. *Anal. Bioanal. Chem.*, 2018, vol. 410, no. 18, pp. 4481–4494. DOI: 10.1007/s00216-018-1105-8

50. Scott P., Kanhere S. Stability of *Alternaria* toxins in fruit juices and wine. *Mycotoxin Res.*, 2001, vol. 17, no. 1, pp. 9–14. DOI: 10.1007/BF02946112
51. Hajnal E.J., Mastilovic J., Bagi F., Orcic D., Budakov D., Kos J., Savic Z. Effect of Wheat Milling Process on the Distribution of *Alternaria* Toxins. *Toxins (Basel)*, 2019, vol. 11, no. 3, pp. 139. DOI: 10.3390/toxins11030139
52. Estiarte N., Crespo-Sempere A., Marín S., Ramos A.J., Worobo R.W. Stability of alternariol and alternariol monomethyl ether during food processing of tomato products. *Food Chem.*, 2018, vol. 245, pp. 951–957. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.11.078
53. Combina M., Dalcero A., Varsavsky E., Torres A., Etcheverry M., Rodriguez M., Gonzalez Q.H. Effect of heat treatments on stability of alternariol, alternariol monomethyl ether and tenuazonic acid in sunflower flour. *Mycotoxin Res.*, 1999, vol. 15, no. 1, pp. 33–38. DOI: 10.1007/BF02945212.
54. Siegel D., Feist M., Proske M., Koch M., Nehls I. Degradation of the *Alternaria* mycotoxins alternariol, alternariol monomethyl ether, and altenuene upon bread baking. *J. Agric. Food Chem.*, 2010, vol. 58, no. 17, pp. 9622–9630. DOI: 10.1021/jf102156w
55. Arcella D., Eskola M., Gomez Ruiz J.A. Dietary exposure assessment to *Alternaria* toxins in the European population, EFSA report. *EFSA Journal*, 2016, vol. 14, no. 12, pp. 4654. DOI: 10.2903/j.efsa.2016.4654

Aksenov I.V., Sedova I.B., Chalyy Z.A., Tutelyan V.A. *Alternaria* toxins as a risk factor for population health. *Health Risk Analysis*, 2023, no. 4, pp. 146–157. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.14.eng

Получена: 09.10.2023

Одобрена: 10.11.2023

Принята к публикации: 20.12.2023



Обзорная статья

ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ КАК СРЕДСТВО УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ: КОМПОНЕНТЫ И ФАКТОРЫ. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Джи Канг, Росалам Че Ме, Хайрул Манамы Камарудин, Рухайзин Сулайман

Университет Путры Малайзия, Малайзия, 43400, г. Серданг

Формирование здорового образа жизни населения является стратегической задачей в сфере здоровья и здоровьесбережения всех стран мира. Доминирующий вклад неинфекционных заболеваний в преждевременную смертность населения и сокращение ожидаемой продолжительности жизни актуализирует вопрос поиска эффективных способов профилактики, действенных технологий приобщения граждан к здоровьесохранным практикам.

Предложен обзор подходов к определению, структурированию и эмпирическому изучению приверженности населения здоровому образу жизни. Обоснована целесообразность включения в структуру здорового образа жизни практик заботы о физическом, ментальном и социальном здоровье. Обсуждается применимость шкалы *Health-Promoting Lifestyle Profile (HPLP II)* для анализа поведения в сфере здоровья, в том числе в азиатских странах. На основе шкалы *HPLP II* выделены структурные компоненты здорового образа жизни.

Проведен анализ базовых моделей, объясняющих поведение человека в сфере здоровья. На основе данных моделей систематизированы факторы, влияющие на приверженность здоровому образу жизни. Показан вклад социально-демографических и когнитивных факторов. Обоснована целесообразность учета таких факторов, как самоэффективность и субъективно воспринимаемый статус здоровья, при разработке индивидуальных профилактических программ.

В качестве перспективного направления исследования выделена разработка технологий, направленных на формирование здорового образа жизни, учитывающих достижения в различных областях, в том числе в сфере дизайна.

Ключевые слова: здоровый образ жизни, поведение в сфере здоровья, поведенческие теории, факторы здорового образа жизни, укрепление здоровья, *Health-Promoting Lifestyle Profile*, самоэффективность, профилактические программы.

Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 г., принятая Генеральной Ассамблеей ООН в сентябре 2015 г., предусматривает в качестве стратегической глобальной цели уменьшение на треть преждевременной смертности от неинфекционных заболеваний¹, основным фактором риска развития которых является человеческое поведение. В сентябре 2022 г. на сессии Европейского регионального комитета Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) была принята Европейская региональная рамочная основа для действий в области ана-

лиза поведенческих и культурных факторов в интересах здоровья на 2022–2027 гг., отметившая, что 60 % всех факторов, определяющих здоровье людей, составляют поведение индивида и его социальные обстоятельства, и предусматривающая проведение систематических исследований индивидуальных и контекстуальных факторов, влияющих на поведение людей в сфере здоровья, в странах Европейского региона². В 2023 г. Западно-Тихоокеанское бюро ВОЗ приняло Региональную рамочную программу действий по профилактике неинфекционных заболеваний

© Джи Канг, Росалам Че Ме, Хайрул Манамы Камарудин, Рухайзин Сулайман, 2023

Джи Канг – кандидат наук, кафедра дизайна и архитектуры (e-mail: GS57190@gmail.com; тел.: +601-1280-81244; ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8456-6768>).

Росалам Че Ме – доктор наук, специалист по технологиям, старший преподаватель кафедры дизайна и архитектуры (e-mail: rosalam@upm.edu.my; тел.: +601-9219-0522; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9507-6056>).

Хайрул Манамы Камарудин – доктор наук, специалист по технологиям, старший преподаватель кафедры дизайна и архитектуры (e-mail: manami@upm.edu.my; тел.: +601-8327-5910; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5940-7046>).

Рухайзин Сулайман – доктор наук, доцент кафедры промышленного дизайна (e-mail: ruhaizin@upm.edu.my).

¹ Преобразование нашего мира: повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года: декларация Генеральной ассамблеи ООН от 25 сентября 2015 года [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/420355765> (дата обращения: 17.06.2023).

² Европейская региональная рамочная основа для действий в области анализа поведенческих и культурных факторов в интересах здоровья на 2022–2027 гг. [Электронный ресурс] // ВОЗ, Европейский региональный комитет. – Израиль, 12–14 сентября 2022 г. – URL: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/360901/72wd06r-rev1-RegActionFramework-BCI-220516.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата обращения: 17.06.2023).

и борьбе с ними, ориентированную на распространение и закрепление среди населения практик ответственного поведения в сфере здоровья [1]. Подобные решения подтверждают значимость вклада здоровьесохранного поведения, здорового стиля жизни в сокращение заболеваемости и смертности населения, увеличение продолжительности жизни во всем мире. Научные исследования показывают, что здоровый образ жизни (healthy lifestyle) снижает риски обострения хронических заболеваний [2], выступает эффективным способом профилактики онкологической [3, 4] и сердечно-сосудистой патологии [5], диабета [6], ожирения [7] и ментальных нарушений (например, болезни Альцгеймера [8]).

Под здоровым образом (стилем) жизни понимаются обычно индивидуально-повседневные привычки и поведенческие практики, способствующие сохранению и укреплению физического и ментального здоровья [9]. ВОЗ определяет здоровый образ жизни шире – как «состояние, при котором человек демонстрирует набор относительно здоровых физических, умственных и социальных реакций при определенных социальных, культурных и внешнесредовых условиях, и данные реакции оцениваются как благоприятные для здоровья во всех вышеупомянутых условиях» [10]. Здоровый образ жизни может трактоваться как один из «стилей поведения в сфере здоровья» (health lifestyles), обобщающих «совокупность моделей поведения в отношении здоровья, подкрепленных идентичностью и нормами на уровне группы, которые имеют важное значение для здоровья и благополучия» [11]. Важно, что приверженность тому или иному стилю не может восприниматься исключительно как осознанный выбор человека, поскольку во многом является социально и культурно детерминированной [12], что позволяет говорить о здоровом образе жизни не только как об индивидуальном, но и как о групповом феномене.

Дуальная природа здорового образа жизни детерминирует сложности его эмпирического анализа, требующего, во-первых, определения структурных характеристик здорового образа жизни на групповом и индивидуальном уровнях, во-вторых, установления индикаторов как отдельных поведенческих практик, так и норм и субъективных смыслов, лежащих в основе этого поведения.

Цель исследования – систематизация подходов к структурированию категории «здоровый образ жизни» на индивидуальном уровне для задач эмпирического анализа и определение факторов, детерминирующих приверженность здоровому образу жизни как средству управления рисками для здоровья.

Подходы к определению и структурированию здорового образа жизни. В англоязычной литературе фигурирует как минимум три термина, описывающих здоровый образ жизни: healthy life style («здоровый образ жизни»), health-promoting life style («образ жизни, направленный на укрепление здоровья») и healthy lifestyle behavior («поведение,

соответствующее принципам здорового образа жизни»). Общим для них является ориентация на индивидуально выработанный набор моделей поведения, нацеленных на обеспечение физического, ментального и социального здоровья [13] (вариант – улучшение здоровья и благополучия) [14]. Например, R.A. Abdou и H.A. Helal определяют здоровый образ жизни как комплексное и многомерное поведение, включающее в себя шесть основных областей: духовное развитие, межличностные взаимоотношения, питание, физическую активность, ответственность за собственное здоровье и управление стрессом [15]. В работе американских специалистов T.C. Lewallen, H. Hunt et al. здоровый образ жизни трактуется на основе таких четырех измерений, как ответственность за здоровье, здоровая диета, грамотность в вопросах здоровья и управление стрессом, предполагается, что здоровый образ жизни помогает предотвратить заболевания и улучшает здоровье индивида [16]. В работе других американских исследователей, D.C. Grossman, K. Bibbins-Domingo et al., выделяется пять основных аспектов здорового образа жизни: здоровое поведение (разумная диета, физические нагрузки, адекватный сон); безопасное поведение (надлежащее использование неотложной помощи); превентивное поведение (регулярные медицинские осмотры); поведение, смягчающее влияние факторов риска (в первую очередь – внешнесредовых); устранение поведения, вредного для здоровья (курение, употребление алкоголя и прочие вредные привычки) [17].

В исследовании влияния образа жизни на ментальное здоровье здоровый образ жизни разделяется на практики питания (диета, благоприятная для «здоровья мозга»), когнитивную деятельность, физическую нагрузку, отказ от курения и умеренное потребление алкоголя [18]. При оценке влияния здорового образа жизни на риски развития сердечно-сосудистой патологии говорится о регулярной физической активности, отказе от курения, умеренном потреблении алкоголя и «здоровом» индексе массы тела [19]. При изучении влияния на развитие диабета – об отказе от курения («никогда не курил или бросил курить свыше 10 лет назад»), низком уровне потребления алкоголя («женщины – от 1 до 14 г этанола в день, мужчины – от 1 до 28 г»), достаточной двигательной активности и рациональной диете (определяемым в зависимости от статуса здоровья) и обхвате талии [20]. В целом тенденция интерпретировать здоровый образ жизни с позиций его влияния на физическое здоровье характерна для социально-гигиенических и социологических исследований. При этом в современном мире появляются новые угрозы здоровью, связанные с интенсивной урбанизацией, цифровизацией, развитием технологий, медикализацией и фармакологизацией общества, которые требуют пересмотра традиционных подходов к трактовке здорового образа жизни – например, учета в качестве одной из составляющей

«экранного времени» (количества часов в день, которые человек проводит перед экраном цифрового устройства (смартфона, компьютера, телевизора и пр.)) [21] или практик использования лекарственных препаратов, в частности, антибиотиков [22]. Так, в работе иранского ученого D. Farhud здоровый образ жизни предлагается рассматривать сквозь призму питания (diet), физической активности (exercise), сна (sleep), сексуального поведения (sexual behavior), использования психоактивных веществ и курения, в том числе кальянов (substance abuse), применения лекарственных препаратов (medication abuse), использования современных технологий (application of modern technologies), отдыха (recreation) и обучения (study) [23]. Всемирная организация здравоохранения в своих рекомендациях по ведению здорового образа жизни ориентирует население на отказ от приема антибиотиков без рецепта, регулярное прохождение медицинских осмотров с профилактической целью (check-ups) и поддержание социальных контактов с близкими людьми [24].

Эмпирический анализ здорового образа жизни. Для оценки того, является ли образ жизни того или иного индивидуума здоровым, в каждом конкретном случае требуются определенные показатели. Начиная с 1980-х гг. разработано несколько десятков инструментов, предлагающих использование различных эмпирических показателей здорового образа жизни. Например, в 1983 г. канадский ученый Douglas M.C. Wilson и его коллеги представили опросник для изучения стиля жизни (FANTASTIC Lifestyle questionnaire – FLQ), включавший 28 переменных по девяти направлениям – семья и друзья, активность и ассоциативность, питание, употребление табака, употребление алкоголя и других веществ, сон и стрессы, тип личности, самоанализ, контроль здоровья³. Опросник имеет несколько модификаций и активно используется современными исследователями [25]. В 2014 г. европейские ученые предложили опросник для изучения приверженности здоровому образу жизни и самоконтроля The Healthy Lifestyle and Personal Control Questionnaire (HLPCQ), включавший 26 переменных по пяти направлениям – здоровая диета (dietary healthy choices), избегание «вредных» продуктов (dietary harm avoidance), распорядок дня (daily routine), физические упражнения (organized physical exercise),

социальный и психический баланс (social and mental balance) [26]. В 2008 г. группа польских ученых разработала опросник для оценки позитивно ориентированного поведения в сфере здоровья (Positive health behaviours scale – PHBS), модифицированный в 2018 г. Опросник состоит из 29 переменных, описывающих четыре аспекта поведения – питание, физическую активность, отдых и поведение в сфере сохранения ментального здоровья, профилактическое поведение [27].

В 1987 г. группа американских ученых под руководством Susan N. Walker разработала опросник по изучению профиля образа жизни (Health-Promoting Lifestyle Profile – HPLP)⁴. Опросник имеет несколько версий (например, испаноязычную⁵, итальяноязычную [28], русскоязычную [29]) и модификаций (в 1995 г. вышла обновленная версия опросника – HPLP II)⁶. Актуальная редакция опросника выполнена в количественной традиции и предполагает измерение образа жизни по шести направлениям – духовное развитие, межличностные взаимоотношения, питание, физическая активность, ответственность за здоровье и управление стрессом. Респонденту предлагается выразить свое отношение к 52 утверждениям, используя порядковую шкалу «никогда», «иногда», «часто», «обычно» (табл. 1). Общее количество баллов подсчитывается в соответствии с выбранными вариантами ответа, и таким образом определяется, насколько здоровым является образ жизни респондента.

В 1997 г. опросник HPLP II был переведен на китайский язык⁷, а в 2011 г. предложена упрощенная версия опросника (The Simplified Chinese Version of the 40-item Health-Promoting Lifestyles Profile (HPLP-C)) [30] (табл. 2), успешно апробированная в 2012 г. специалистами университета г. Сиань (провинция Шэньси, Китай) на выборке пожилого населения материкового Китая [31]. Обе версии опросника активно используются в современных исследованиях на выборках в странах Азии [32, 33].

На основе показателей здорового образа жизни, используемых в различных модификациях опросника HPLP, можно предложить структуру здорового образа жизни.

В основе выделения структурных элементов лежит их направленность на сохранение физического, ментального или социального здоровья. Так,

³ Wilson D.M.C., Nielsen E., Ciliska D. Lifestyle Assessment: Testing the FANTASTIC Instrument // Can. Fam. Physician. – 1984. – Vol. 30. – P. 1863–1866.

⁴ Walker S.N., Sechrist K.R., Pender N.J. The Health-Promoting Lifestyle Profile: Development and psychometric characteristics // Nurs. Res. – 1987. – Vol. 36, № 2. – P. 76–81. DOI: 10.1097/00006199-198703000-00002

⁵ A Spanish language version of the Health-Promoting Lifestyle Profile / S.N. Walker, M.J. Kerr, N.J. Pender, K.R. Sechrist // Nurs. Res. – 1990. – Vol. 39, № 5. – P. 268–273.

⁶ Walker S.N., Sechrist K.R., Pender N.J. Health Promotion Model-Instruments to Measure Health Promoting Lifestyle: Health-Promoting Lifestyle Profile [HPLP II] (Adult Version). – 1995.

⁷ Huang Y.H., Chiou C.J. Assessment of the health-promoting lifestyle profile on reliability and validity // Kaohsiung J. Med. Sci. – 1996. – Vol. 12, № 9. – P. 529–537; The development of Chinese version health promoting lifestyle profile / M.Y. Chen, C.C. Chou, H.S. Huang, E.K. Wang, H.J. Chiou [et al.] // Chang Gung Nursing. – 1997. – Vol. 8. – P. 14–24.

к практикам сохранения физического здоровья относится физическая активность (измеряемая на эмпирическом уровне через тип активности, ее интенсивность, длительность и частоту занятий физической культурой и спортом), питание (измеряемое через режим и рацион питания, существующие пищевые привычки) и поведение, связанное с ответственностью за здоровье (оцениваемое через условия проживания, соблюдение рекомендаций врача, внимание к информации о здоровье, привычки в области личной гигиены и вредные привычки). Практики сохранения ментального здоровья включают духовное развитие и управление стрессом. Первое эмпирически проявляется через здоровое отношение к жизни, осознание важности здоровья, веру в достижение целей и психическое (психоэмоциональное) состояние, второе – через отношение к давлению, модель декомпрессии, способность контролировать эмоции и продолжительность и качество сна. Наконец, забота о социальном здоровье посредством здорового образа жизни предполагает поддержание устойчивых межличностных отношений, что может быть измерено через коммуникационные навыки, установку на сотрудничество и понимание, а также уровень социального участия.

При определении структуры здорового образа жизни на основе HPLP II был скорректирован компонент «питание» – специфические компоненты диеты были учтены в рамках структуры питания, шаблона питания и пищевых привычек. Элементы физических нагрузок были классифицированы как типы упражнений, интенсивность, продолжительность и частота занятий спортом. Некоторые из вредных привычек, такие как употребление алкоголя и курение, были интегрированы в структурный компонент, связанный с ответственностью за здоровье. Продолжительность и качество сна после корректировки вошли в состав показателя «управление стрессом». Наконец, содержание показателя, описывающего социальную активность, было более тесно увязано с показателями межличностных взаимоотношений.

Формирование и поддержание здорового образа жизни требуют индивидуальных, технологических и социальных усилий, направленных на повышение уровня осведомленности населения, а также предоставление рекомендаций, как поддерживать надлежащие поведенческие практики.

Факторы, влияющие на приверженность здоровому образу жизни. Определение факторов, влияющих на приверженность здоровому образу жизни,

может базироваться на теоретических моделях человеческого поведения, разработанных в рамках социальной психологии и социологии. Так, модель «Знание, социальная установка, убеждение и практика» (Knowledge, Attitude, Belief and Practice – KABP), разработанная в 1986 г. С.А. Kallgren и W. Wood⁸, предполагает, что знание определяет убеждения и социальные установки и, следовательно, влияет на поведение. Предложенная американскими учеными в середине XX в. модель убеждений в сфере здоровья (Health Belief Model – HBM) подчеркивает значимость социально-демографических факторов и факторов восприятия для изменения поведения⁹. Модель HBM является расширением модели КАВР, поскольку социально-демографические факторы включают в себя факторы знания, упомянутые в модели КАВР. Помимо этого, модель HBM подчеркивает значимость результатов поведения для социальной среды. Социально-когнитивная модель личности (Social Cognitive Theory – SCT) рассматривает самоэффективность, когнитивные и внешнесредовые факторы в качестве основ изменения поведения [34]. Теория самодетерминации (Self-determination theory – SDT) E.L. Deci и R.M. Ryan [35] называет самоэффективность и социальное воздействие ключевыми компонентами, определяющими поведение. Этот постулат был подтвержден в рамках модели «Процедура – Действие» (PROCEDE-PROCEED Model – PPM)¹⁰, являющейся развитием теории затрат и выгод, предложенной в 1974 г. L.W. Green для оценки потребностей в сфере здоровья и благополучия. Таким образом, знания, убеждения, социальные установки, ценности и самоэффективность являются факторами, влияющими на поведение. Социально-демографические факторы определяют знания и способности людей, что влияет на уровень их самоэффективности в терминах уверенности, убеждений и когнитивных способностей. На рисунке представлены результаты систематизации факторов, определяющих поведение в сфере здоровья, и, следовательно, приверженность здоровому образу жизни.

Остановимся подробнее на некоторых факторах, действие которых важно учитывать при разработке рекомендаций по ведению здорового образа жизни.

Возраст. Научные исследования показывают, что образ жизни и поведение людей в сфере здоровья меняются с возрастом. Согласно данным M. Sellami et al., люди старшего возраста менее склонны к регулярной физической активности и чаще питаются неправильно по сравнению с представителями более

⁸ Kallgren C.A., Wood W. Access to attitude-relevant information in memory as a determinant of attitude-behavior consistency // Journal of Experimental Social Psychology. – 1986. – Vol. 22, № 4. – P. 328–338. DOI: 10.1016/0022-1031(86)90018-1

⁹ Rosenstock I.M. The health belief model and preventive health behavior // Health Educ. Behav. – 1974. – Vol. 2. – P. 354–386. DOI: 10.1177/109019817400200405

¹⁰ Green L.W. Toward Cost-Benefit Evaluations of Health Education: Some Concepts, Methods, and Examples // Health Education Monographs. – 1974. – Vol. 2, Suppl. 1. – P. 34–64. DOI: 10.1177/10901981740020S106



Рис. Систематизация факторов, влияющих на приверженность здоровому образу жизни

молодых возрастных групп. Отсутствие физической активности и неправильное питание являются основными катализаторами хронических заболеваний, включая болезни сердца, диабет и определенные виды рака [36]. Сравнительное исследование британских ученых под руководством L.E. Graves, в котором принимали участие люди молодого и пожилого возраста, вовлеченные в программу тренировок Wii Fit (йога, укрепление мышц, баланс и аэробика) и занимающиеся энергичной ходьбой и пробежками на беговой дорожке, выявило, что молодые люди занимались с большей вовлеченностью, чем более пожилые участники [37]. С другой стороны, опрос 1333 работников нескольких итальянских компаний показал, что наименьший уровень приверженности принципам здорового образа жизни наблюдался среди самой молодой (30 лет и младше) группы респондентов [38]. Исследование на выборке из 180 японцев, принимавших участие в профилактических осмотрах в 2004 и 2005 гг. показало, что наибольшее влияние на образ жизни оказывал не возраст, а субъективная обеспокоенность вопросами здоровья [39]. В целом взаимосвязь между возрастом и ведением здорового образа жизни сложная и динамичная. Люди старшего возраста, как правило, вынуждены иметь дело с ухудшением их физического состояния, что неизбежно влияет на паттерны поведения. Однако они располагают большими временными ресурсами для деятельности, укрепляющей здоровье, что, несомненно, может привести к положительным эффектам.

Пол. Пол является ключевым фактором в системе «поведение в сфере здоровья – последствия для здоровья»; следовательно, половые различия влияют на общее состояние здоровья и благосостояние индивида. Обобщение данных 15 волн национальных ис-

следований в Австралии (2005–2019 гг.) показало, что мужчинам свойственно поведение, связанное с риском для здоровья (курение и чрезмерное потребление алкоголя), а женщины, наоборот, более склонны к практикам здорового поведения (регулярная физическая активность и здоровое питание) [40]. Различия, лежащие в основе поведения людей разных полов, приводят к возникновению неодинаковых последствий, в частности, большей склонности мужчин к хроническим заболеваниям (сердечно-сосудистым заболеваниям и определенным формам рака). Помимо этого, женщины более склонны соблюдать гигиену и обращаться за медицинской помощью. Систематический обзор M.S. Lipsky et al. на тему различий в здоровье полости рта между мужчинами и женщинами выявил, что мужчины недостаточно внимания уделяют гигиене полости рта и не имеют сформировавшихся привычек по уходу за ней, а женщины более склонны к визитам к дантисту и обладали достаточными знаниями о необходимой гигиене полости рта [41]. Исследование J.G. van Uffelen et al. на выборке австралийцев в возрасте от 60 до 67 лет обнаружило влияние пола на уровни физической активности: мужчины более охотно принимают участие в соревновательных видах спорта, в то время как женщины более склонны к рекреационным видам [42]. Подобным же образом культурные нормы относительно диеты и питания могут быть разными у мужчин и женщин, и у последних отмечается большая склонность к здоровому питанию и контролю над весом [43]. Причина гендерных различий в образе жизни может быть связана с гендерными стереотипами, особенностями социализации и принятыми культурными нормами [44].

Образование. Для изучения взаимосвязи между образованием и здоровым образом жизни K. Friis et al. использовали данные национального исследования, проведенного среди населения Дании в возрасте 25 лет и старше в 2013 г. ($n = 29\,473$) [45]. Было обнаружено, что более низкий уровень образования выступает достоверным предиктором курения, недостаточной физической активности, несбалансированного рациона и режима питания и ожирения. Кроме того, уровень образования связан с медицинской грамотностью и способностью воспринимать информацию по вопросам здоровья. Согласно работе R.A. Hahn и B.I. Truman, люди с более низким уровнем образования более склонны к нездоровому поведению. По мнению исследователей, членам общества следует предлагать соответствующие программы для восполнения пробелов в образовании и поддерживать равенство в вопросах здоровья вслед за осознанием важности образования в данной сфере [46]. Однако не всегда только низкий уровень образования приводит к проблемам со здоровьем. В публикации Y.Y. Chan et al. указывается, например, что мужчины с высшим образованием часто имеют избыточный вес или страдают от ожирения, что может являться результатом более высокооплачиваемой,

но сидячей работы, и, как следствие, отсутствия физической активности [47].

Доход. Во многих исследованиях отмечается взаимосвязь между уровнем дохода и поведением в сфере здоровья, а доход считается одним из ключевых факторов формирования здорового образа жизни. Однозначной интерпретации причинно-следственной связи между социально-экономическим статусом и состоянием здоровья при этом не предложено [48]. В работе J. Bor et al. отмечается, что в США люди с низким уровнем дохода неразрывно связаны с плохим здоровьем вследствие неравенства доходов [49]. Люди с низким уровнем дохода чаще имеют вредные привычки и более подвержены определенным заболеваниям. И, наоборот, люди с более высокими доходами чаще занимаются укреплением здоровья, что ведет к оптимальным результатам. В исследовании S.A. French et al. отмечается, что люди с высокими доходами отдавали предпочтение питательности продуктов, в то время как люди с низкими доходами приобретали менее здоровую пищу, что является свидетельством социальной обусловленности индивидуальных паттернов поведения в сфере здоровья [50]. Результаты опросов, проведенных в Корее в 2019 и 2020 гг., показали, что женщины из групп с более низким уровнем дохода чаще привержены «нездоровым» практикам, чем представительницы более высокодоходных групп [51].

Люди с более высоким уровнем дохода имеют больше доступа к ресурсам и возможностям для поддержания здорового образа жизни, выбора более качественного спортивного оборудования, более здоровой пищи. Тем не менее своевременные изменения в нежелательных поведенческих привычках могли бы привести к ожидаемым положительным результатам для здоровья, несмотря на все трудности, с которыми сталкиваются люди с низким уровнем дохода.

Самооценка здоровья. Важную роль в детерминации приверженности здоровому образу жизни играет самооценка здоровья (субъективно воспринимаемый статус здоровья). В работе E. Singer et al. даже доказывается, что самооценка здоровья более значима для выбора того или иного стиля жизни, чем результаты объективных оценок здоровья¹¹. Многочисленные исследования на студенческих выборках показывают, что люди, воспринимающие свое здоровье как неудовлетворительное, были менее склонны к здоровьесберегающему поведению, например, здоровому питанию и физической активности [52]. Исследование D. Wang et al. с участием студентов колледжей в Китае было направлено на выявление распространенности здоровьесохранного поведения. Обнаружено статистически значимое различие в сумме баллов, отра-

жающих приверженность здоровому образу жизни, между студентами с различным восприятием состояния своего здоровья [53]: студенты, воспринимающие состояние своего здоровья как хорошее, имели самые высокие балльные оценки. В обзорной публикации об особенностях поведения в сфере здоровья взрослого населения показано, что люди, регулярно занимавшиеся спортом, считали, что находятся в хорошей физической форме, а свое здоровье они воспринимали лучше, чем участники с отсутствием регулярных упражнений в своей повседневной жизни [54]. Эти результаты указывают на положительную ассоциацию между здоровым поведением и воспринимаемым состоянием здоровья. В то же самое время Y.C. Lin et al. выявили положительное влияние восприятия своего физического здоровья как хорошего на психическое здоровье [55]: люди с избыточным весом склонны испытывать депрессию относительно своей внешности. Это является фактором риска, способным нанести вред психологическому состоянию, но он же может мотивировать к снижению веса.

В целом во всех вышеупомянутых исследованиях подчеркивается положительная взаимосвязь между приверженностью здоровому образу жизни и воспринимаемым состоянием здоровья. Перспективным направлением может стать изучение сложной корреляции между поведением в сфере здоровья и его самооценкой. Люди, воспринимающие свое здоровье как хорошее, как правило, пользуются всеми выгодами активного и здорового образа жизни, который усиливает их уверенность в правильности выбора именно такого стереотипа поведения.

Самоэффективность. Самоэффективность трактуется как предиктор здорового образа жизни в силу того, что для реализации какого-либо поведения требуется внутренняя мотивация и уверенность в получении желаемого результата – человек, не чувствующий контроля над личными и ситуативными факторами, с меньшей вероятностью будет действовать [56]. Доказана связь самоэффективности с уровнем вовлеченности в физическую активность среди представителей различных социальных групп – людей среднего возраста [57] и пожилых [58], студентов [59], людей с ограниченными возможностями здоровья [60]. Самоэффективность влияет на отказ от курения [61] и потребления алкоголя [62], повышает комплаентность пациентов [63]. Исследование, проведенное в начале 2020 г. в Китае, показало, что у взрослых респондентов высокий уровень самоэффективности достоверно коррелирует с более активными копинг-стратегиями и меньшей выраженностью проблем с психическим здоровьем

¹¹ Mortality and mental health: evidence from the Midtown Manhattan Restudy / E. Singer, R. Garfinkel, S.M. Cohen, L. Srole // Soc. Sci. Med. (1967). – 1976. – Vol. 10, № 11–12. – P. 517–525. DOI: 10.1016/0037-7856(76)90019-6

[64]. Опрос 200 сотрудниц учреждений здравоохранения в г. Ухань (Китай) выявил отрицательную связь самоэффективности с уровнем тревожности [65]. Самоэффективность положительно связана с переходом на более здоровые практики питания [66] и реализацию профилактических мер, направленных на предотвращение заболеваний [67].

Важно, что самоэффективность определяет не только приверженность принципам здорового образа жизни, но и готовность человека изменить свой стиль жизни, отказаться от вредных привычек, перейти к более здоровьесохранной модели поведения в сфере здоровья.

Знания и установки в сфере здоровья. Влияние когнитивных факторов (установок, убеждений, верований, знаний) на поведение в сфере здоровья выступает предметом изучения психологии здоровья и поведенческой медицины [68]. Иногда к числу когнитивных факторов, оказывающих влияние на приверженность тому или иному образу жизни, относят и самоэффективность [69].

Исследование, проведенное на выборке жителей Лапинлахти (Финляндия), было направлено на исследование двух когнитивных факторов: 1) недооценка риска и негативное отношение к укреплению здоровья; 2) беспомощность и пессимизм в отношении изменения поведения в сфере здоровья. Установлено, что люди с недооценкой риска и выраженным пессимизмом в отношении поведенческих изменений имеют низкий потенциал трансформации образа жизни в направлении более здорового [70].

Для изучения влияния когнитивных факторов на поведение в сфере здоровья часто применяют специальную шкалу убеждений в отношении здорового образа жизни – Healthy Lifestyle Beliefs Scale (HLB) [71]. Исследование, проведенное с использованием данной шкалы среди турецких подростков, показало, что убеждения в отношении здорового образа жизни выступают значимым предиктором приверженности практикам здорового питания, физической активности, а также влияют на самоэффективность, связанную с лишним весом [72].

Результаты фокус-групп, проведенных в Финляндии с 46 взрослыми мигрантами из России и стран Азии, показали влияние культурных факторов на установки и знания в сфере здоровья, а также значимость разработки программ по пропаганде

здорового образа жизни, учитывающих культурную, национальную и языковую специфику [73].

Заключение. Проведенный анализ показал целесообразность анализа приверженности населения здоровому образу жизни с учетом воздействия факторов различной природы: социально-демографических, социокультурных, социально-психологических. Эффективным способом измерения следования здоровому образу жизни на эмпирическом уровне может быть шкала HPLP II, позволяющая проводить сравнительный анализ и оценку измерений по специфическим показателям здорового образа жизни.

Возраст, пол, уровень образования, уровень дохода и другие социально-демографические факторы оказывают определенное влияние на формирование здорового образа жизни, согласно изученным литературным источникам. Тем не менее, в каждой конкретной ситуации речь идет об определенной группе населения и программе исследования. Было установлено, что воспринимаемый статус здоровья, самоэффективность, установки и знания в сфере здоровья имеют положительную взаимосвязь со здоровым образом жизни.

Формирование здорового образа жизни населения выступает важной задачей на уровне правительств всех стран мира и регионов. Эффективность программ в данной области определяется учетом всех факторов, влияющих на степень приверженности населения принципам здоровьесбережения. Важно понимать, что информирование о здоровом образе жизни не является достаточным мероприятием, следует принимать во внимание вклад социального окружения, социальной поддержки, личностных факторов, ориентироваться на максимальную персонализацию действий по изменению человеческого поведения.

Перспективным направлением исследования может являться разработка технологий, позволяющих менять поведение людей в сфере здоровья, в том числе инструментов, связанных с дизайном различных продуктов. Мы предполагаем, что дизайн, побуждающий к действию (persuasive design), может стать эффективным способом приобщения населения к здоровому образу жизни в XXI в.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Regional Action Framework for Noncommunicable Disease Prevention and Control in the Western Pacific [Электронный ресурс] // WHO. – 2023. – URL: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/369695/9789290620044-eng.pdf?sequence=1> (дата обращения: 17.06.2023).
2. Healthy lifestyles reduce the incidence of chronic diseases and dementia: evidence from the Caerphilly cohort study / P. Elwood, J. Galante, J. Pickering, S. Palmer, A. Bayer, Y. Ben-Shlomo, M. Longley, J. Gallacher // PLoS One. – 2013. – Vol. 8, № 12. – P. e81877. DOI: 10.1371/journal.pone.0081877

3. Healthy lifestyle, endoscopic screening, and colorectal cancer incidence and mortality in the United States: A nationwide cohort study / K. Wang, W. Ma, K. Wu, S. Ogino, A.T. Chan, E.L. Giovannucci, M. Song // *PLoS Med.* – 2021. – Vol. 18, № 2. – P. e1003522. DOI: 10.1371/journal.pmed.1003522
4. The power of a healthy lifestyle for cancer prevention: the example of colorectal cancer / X. Chen, J. Ding, H. Li, P.R. Carr, M. Hoffmeister, H. Brenner // *Cancer. Biol. Med.* – 2022. – Vol. 19, № 11. – P. 1586–1597. DOI: 10.20892/j.issn.2095-3941.2022.0397
5. Comparison of four healthy lifestyle scores for predicting cardiovascular events in a national cohort study / M.-C. Tsai, T.-L. Yeh, H.-Y. Hsu, L.-Y. Hsu, C.-C. Lee, P.-J. Tseng, K.-L. Chien // *Sci. Rep.* – 2021. – Vol. 11, № 1. – P. 22146. DOI: 10.1038/s41598-021-01213-6
6. Impact of healthy lifestyle on the risk of type 2 diabetes mellitus in southwest China: A prospective cohort study / Y. Wu, X. He, J. Zhou, Y. Wang, L. Yu, X. Li, T. Liu, J. Luo // *J. Diabetes Investig.* – 2022. – Vol. 13, № 12. – P. 2091–2100. DOI: 10.1111/jdi.13909
7. Association of Healthy Lifestyle Factors and Obesity-Related Diseases in Adults in the UK / N. Rassy, A. Van Straaten, C. Carette, M. Hamer, C. Rives-Lange, S. Czernichow // *JAMA Netw. Open.* – 2023. – Vol. 6, № 5. – P. e2314741. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2023.14741
8. Healthy lifestyle and the risk of Alzheimer dementia: Findings from 2 longitudinal studies / K. Dhana, D.A. Evans, K.B. Ravan, D.A. Bennett, M.C. Morris // *Neurology.* – 2020. – Vol. 95, № 4. – P. e374–e383. DOI: 10.1212/WNL.0000000000009816
9. Garcia-Castillo F., Ramos I., García del Castillo J.A. Concept, Dimensions and Perception of Healthy Lifestyle // *Psychol. Psychology Res. Int. J.* – 2023. – Vol. 8, № 3. – P. 1–8. DOI: 10.23880/pprij-16000347
10. Здоровье для всех в двадцать первом столетии [Электронный ресурс] // ВОЗ. – URL: https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA51/ra5.pdf (дата обращения: 21.06.2023).
11. Mollborn S., Lawrence E.M., Saint Onge J.M. Contributions and Challenges in Health Lifestyles Research // *J. Health Soc. Behav.* – 2021. – Vol. 62, № 3. – P. 388–403. DOI: 10.1177/0022146521997813
12. Cockerham W.C. Health lifestyle theory and the convergence of agency and structure // *J. Health Soc. Behav.* – 2005. – Vol. 46, № 1. – P. 51–67. DOI: 10.1177/002214650504600105
13. Narrative Review and Analysis of the Use of "Lifestyle" in Health Psychology / F. Brivio, A. Viganò, A. Paterna, N. Palena, A. Greco // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2023. – Vol. 20, № 5. – P. 4427. DOI: 10.3390/ijerph20054427
14. Paweł F., Nowak P.F., Blukacz M. The relationship between spirituality, health-related behavior, and psychological well-being // *Front. Psychol.* – 2020. – Vol. 11. – P. 1997. DOI: 10.3389/fpsyg.2020.01997
15. Abdou R.A., Helal H.A. Health promoting lifestyle, perceived health competence, barriers and benefits among nursing students in Alexandria // *Journal of Education and Practice.* – 2018. – Vol. 9, № 16. – P. 50–62.
16. The Whole School, Whole Community, Whole Child model: a new approach for improving educational attainment and healthy development for students / T.C. Lewallen, H. Hunt, W. Potts-Datema, S. Zaza, W. Giles // *J. Sch. Health.* – 2015. – Vol. 85, № 11. – P. 729–739. DOI: 10.1111/josh.12310
17. Behavioural counseling to promote a healthful diet and physical activity for cardiovascular disease prevention in adults without cardiovascular risk factors: US Preventive Services Task Force recommendation statement / US Preventive Services Task Force, D.C. Grossman, K. Bibbins-Domingo, S.J. Curry, M.J. Barry, K.W. Davidson, C.A. Doubeni, J.W. Epling Jr. [et al.] // *JAMA.* – 2017. – Vol. 318, № 2. – P. 167–174. DOI: 10.1001/jama.2017.7171
18. Healthy lifestyle and life expectancy with and without Alzheimer's dementia: population based cohort study / K. Dhana, O.H. Franco, E.M. Ritz, C.N. Ford, P. Desai, K.R. Krueger, T.M. Holland, A. Dhana [et al.] // *BMJ.* – 2022. – Vol. 377. – P. e068390. DOI: 10.1136/bmj-2021-068390
19. Healthy Lifestyle and Cardiac Vagal Modulation Over 10 Years: Whitehall II Cohort Study / V.K. Jandackova, S. Scholes, A. Britton, A. Steptoe // *J. Am. Heart Assoc.* – 2019. – Vol. 8, № 19. – P. e012420. DOI: 10.1161/JAHA.119.012420
20. Associations of Combined Healthy Lifestyle Factors with Risks of Diabetes, Cardiovascular Disease, Cancer, and Mortality Among Adults with Prediabetes: Four Prospective Cohort Studies in China, the United Kingdom, and the United States / Z.-Z. Tu, Q. Lu, Y.-B. Zhang, Z. Shu, Y.-W. Lai, M.-N. Ma, P.-F. Xia, T.-T. Geng [et al.] // *Engineering.* – 2023. – Vol. 22, № 3. – P. 141–148. DOI: 10.1016/j.eng.2022.04.010
21. Stiglic N., Viner R.M. Effects of screentime on the health and well-being of children and adolescents: a systematic review of reviews // *BMJ Open.* – 2019. – Vol. 9, № 1. – P. e023191. DOI: 10.1136/bmjopen-2018-023191
22. The drivers of antibiotic use and misuse: the development and investigation of a theory driven community measure / M.K. Byrne, S. Miellet, A. McGlinn, J. Fish, S. Meedya, N. Reynolds, A.M. van Oijen // *BMC Public Health.* – 2019. – Vol. 19, № 1. – P. 1425. DOI: 10.1186/s12889-019-7796-8
23. Farhud D.D. Impact of Lifestyle on Health // *Iran. J. Public Health.* – 2015. – Vol. 44, № 11. – P. 1442–1444.
24. 20 health tips for 2020 [Электронный ресурс] // WHO. – 2019. – URL: <https://www.who.int/philippines/news/feature-stories/detail/20-health-tips-for-2020> (дата обращения: 18.06.2023).
25. FANTASTIC lifestyle questionnaire from 1983 until 2022: A review / P. Batista, J. Neves-Amado, A. Pereira, J. Amado // *Health Promot. Perspect.* – 2023. – Vol. 13, № 2. – P. 88–98. DOI: 10.34172/hpp.2023.11
26. The Healthy Lifestyle and Personal Control Questionnaire (HLPCQ): a novel tool for assessing self-empowerment through a constellation of daily activities / C. Darviri, E.C. Alexopoulos, A.K. Artemiadis, X. Tigani, C. Kraniotou, P. Darviri, G.P. Chrousos // *BMC Public Health.* – 2014. – Vol. 14. – P. 995. DOI: 10.1186/1471-2458-14-995
27. Validation of the positive health behaviours scale: a nationwide survey of nurses in Poland / M. Woynarowska-Soldan, M. Panczyk, L. Iwanow, A. Zarzeka, J. Gotlib // *Int. J. Occup. Saf. Ergon.* – 2019. – Vol. 25, № 1. – P. 76–85. DOI: 10.1080/10803548.2018.1436124
28. Italian Psychometric Validation of the Multidimensional Students' Health-Promoting Lifestyle Profile Scale / G. Savarese, L. Carpinelli, P. Cavallo, M. Vitale // *Health.* – 2018. – Vol. 10, № 11. – P. 1554–1575. DOI: 10.4236/health.2018.1011118

29. Петраш М.Д., Стрижикская О.Ю., Муртазина И.Р. Валидизация опросника «Профиль здорового образа жизни» на российской выборке // Консультативная психология и психотерапия. – 2018. – Т. 26, № 3. – С. 164–190. DOI: 10.17759/cpp.2018260309
30. Chang L.C. Health literacy, self-reported status and health promoting behaviors for adolescents in Taiwan // J. Clin. Nurs. – 2011. – Vol. 20, № 1–2. – P. 190–196. DOI: 10.1111/j.1365-2702.2009.03181.x
31. Factor analysis of a health-promoting lifestyle profile (HPLP): application to older adults in Mainland China / W.-J. Cao, C.-S. Chen, Y. Hua, Y.-M. Li, Y.-Y. Xu, Q.-Z. Hua // Arch. Gerontol. Geriatr. – 2012. – Vol. 55, № 3. – P. 632–638. DOI: 10.1016/j.archger.2012.07.003
32. Teng H.L., Yen M., Fetzter S. Health promotion lifestyle profile-II: Chinese version short form // J. Adv. Nurs. – 2010. – Vol. 66, № 8. – P. 1864–1873. DOI: 10.1111/j.1365-2648.2010.05353.x
33. How to make more people adopt healthy behaviors? Assessing health literacy, health promoting lifestyle and their association of community residents in Shenzhen, China / L. Zhang, J. Liao, X. Pan, D. Liang, J. Zeng, M. Sun, X. Luo, X. Ma [et al.] // Front. Public Health. – 2022. – Vol. 10. – P. 900883. DOI: 10.3389/fpubh.2022.900883
34. Bandura A. Toward a Psychology of Human Agency // Perspect. Psychol. Sci. – 2006. – Vol. 1, № 2. – P. 164–180. DOI: 10.1111/j.1745-6916.2006.00011.x
35. Ryan R.M., Deci E.L. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being // Am. Psychol. – 2000. – Vol. 55, № 1. – P. 68–78. DOI: 10.1037/0003-066X.55.1.68
36. Effects of Acute and Chronic Exercise on Immunological Parameters in the Elderly Aged: Can Physical Activity Counteract the Effects of Aging? / M. Sellami, M. Gasmi, J. Denham, L.D. Hayes, D. Stratton, J. Padulo, N. Bragazzi // Front. Immunol. – 2018. – Vol. 9. – P. 2187. DOI: 10.3389/fimmu.2018.02187
37. The physiological cost and enjoyment of Wii Fit in adolescents, young adults, and older adults / L.E. Graves, N.D. Ridgers, K. Williams, G. Stratton, G. Atkinson, N.T. Cable // J. Phys. Act. Health. – 2010. – Vol. 7, № 3. – P. 393–401. DOI: 10.1123/jpah.7.3.393
38. Age Influences on Lifestyle and Stress Perception in the Working Population / D. Lucini, E. Pagani, F. Capria, M. Galiano, M. Marchese, S. Cribellati, G. Parati // Nutrients. – 2023. – Vol. 15, № 2. – P. 399. DOI: 10.3390/nu15020399
39. Nagai M. Relationships among Lifestyle Awareness, Age, and Lifestyle-related Diseases in Healthy Japanese Community Residents // Asian Pac. Isl. Nurs. J. – 2020. – Vol. 5, № 2. – P. 103–110. DOI: 10.31372/20200502.1092
40. Hailemariam A., Yew S.L., Appau S. Gender health gaps: the role of risky addictive behaviors // Journal of Economic Behavior and Organization. – 2021. – Vol. 191. – P. 639–660. DOI: 10.1016/j.jebo.2021.09.026
41. Men and Oral Health: A Review of Sex and Gender Differences / M.S. Lipsky, S. Su, C.J. Crespo, M. Hung // Am. J. Mens Health. – 2021. – Vol. 15, № 3. – P. 15579883211016361. DOI: 10.1177/15579883211016361
42. van Uffelen J.G.Z., Khan A., Burton N.W. Gender differences in physical activity motivators and context preferences: a population-based study in people in their sixties // BMC Public Health. – 2017. – Vol. 17, № 1. – P. 624. DOI: 10.1186/s12889-017-4540-0
43. Munt A.E., Partridge S.R., Allman-Farinelli M. The barriers and enablers of healthy eating among young adults: a missing piece of the obesity puzzle: A scoping review // Obes. Rev. – 2017. – Vol. 18, № 1. – P. 1–17. DOI: 10.1111/obr.12472
44. Gender-related differences in lifestyle may affect health status / R. Vari, B. Scazzocchio, A. D'Amore, C. Giovannini, S. Gessani, R. Masella // Ann. Ist. Super. Sanita. – 2016. – Vol. 52, № 2. – P. 158–166. DOI: 10.4415/ANN_16_02_06
45. Health Literacy Mediates the Relationship Between Educational Attainment and Health Behavior: A Danish Population-Based Study / K. Friis, M. Lasgaard, G. Rowlands, R.H. Osborne, H.T. Maindal // J. Health Commun. – 2016. – Vol. 21, Suppl. 2. – P. 54–60. DOI: 10.1080/10810730.2016.1201175
46. Hahn R.A., Truman B.I. Education Improves Public Health and Promotes Health Equity // Int. J. Health Serv. – 2015. – Vol. 45, № 4. – P. 657–678. DOI: 10.1177/0020731415585986
47. Physical activity and overweight/obesity among Malaysian adults: findings from the 2015 National Health and morbidity survey (NHMS) / Y.Y. Chan, K.K. Lim, K.H. Lim, C.H. Teh, C.C. Kee, S.M. Cheong, Y.Y. Khoo, A. Baharudin [et al.] // BMC Public Health. – 2017. – Vol. 17, № 1. – P. 733. DOI: 10.1186/s12889-017-4772-z
48. Socioeconomic status, health inequalities and non-communicable diseases: a systematic review / S. Lago, D. Cantarero, B. Rivera, M. Pascual, C. Blázquez-Fernández, B. Casal, F. Reyes // Z. Gesundh. Wiss. – 2018. – Vol. 26, № 1. – P. 1–14. DOI: 10.1007/s10389-017-0850-z
49. Bor J., Cohen G.H., Galea S. Population health in an era of rising income inequality: USA, 1980–2015 // Lancet. – 2017. – Vol. 389, № 10077. – P. 1475–1490. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)30571-8
50. Nutrition quality of food purchases varies by household income: the SHoPPER study / S.A. French, C.C. Tangney, M.M. Crane, Y. Wang, B.M. Appelhans // BMC Public Health. – 2019. – Vol. 19, № 1. – P. 231. DOI: 10.1186/s12889-019-6546-2
51. Lee H., Lee B.G., La I.S. Differential patterns of lifestyle behaviors among low- and high-income postmenopausal women in Korea: a latent class analysis // BMC Womens Health. – 2023. – Vol. 23, № 1. – P. 617. DOI: 10.1186/s12905-023-02767-5
52. Ahn Y.-C., Park H.-S., Ra G.-W. Perceived Health Status and Health Promoting Behaviors among University Students // J. Korean Med. – 2014. – Vol. 35, № 4. – P. 52–64. DOI: 10.13048/jkm.14043
53. Wang D., Xing X.-H., Wu X.-B. Healthy lifestyles of university students in China and influential factors // Scientific World Journal. – 2013. – Vol. 2013. – P. 412950. DOI: 10.1155/2013/412950
54. Physical activity and healthy ageing: A systematic review and meta-analysis of longitudinal cohort studies / C. Daskalopoulou, B. Stubbs, C. Kralj, A. Koukounari, M. Prince, A.M. Prina // Ageing Res. Rev. – 2017. – Vol. 38. – P. 6–17. DOI: 10.1016/j.arr.2017.06.003

55. Poor Health and Experiences of Being Bullied in Adolescents: Self-Perceived Overweight and Frustration with Appearance Matter / Y.-C. Lin, J.D. Latner, X.C.C. Fung, C.-Y. Lin // *Obesity (Silver Spring)*. – 2018. – Vol. 26, № 2. – P. 397–404. DOI: 10.1002/oby.22041
56. Ram T., Laxmi. Health-related Self-efficacy of Indian Female Employees // *Asia-Pacific Journal of Management Research and Innovation*. – 2016. – Vol. 12, № 2. – P. 169–176. DOI: 10.1177/2319510X16680657
57. Chen N., Zhang J., Wang Z. Effects of middle-aged and elderly people's self-efficacy on health promotion behaviors: Mediating effects of sports participation // *Front. Psychol.* – 2023. – Vol. 13. – P. 889063. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.889063
58. Self-efficacy: Implications for Physical Activity, Function, and Functional Limitations in Older Adults / E. McAuley, A. Szabo, N. Gothe, E.A. Olson // *Am. J. Lifestyle Med.* – 2011. – Vol. 5, № 4. DOI: 10.1177/1559827610392704
59. Allison K.R., Dwyer J.J., Makin S. Self-efficacy and participation in vigorous physical activity by high school students // *Health Educ. Behav.* – 1999. – Vol. 26, № 1. – P. 12–24. DOI: 10.1177/109019819902600103
60. Haegele J.A., Kirk T.N., Zhu X. Self-efficacy and physical activity among adults with visual impairments // *Disabil. Health J.* – 2018. – Vol. 11, № 2. – P. 324–329. DOI: 10.1016/j.dhjo.2017.10.012
61. Rajani N.B., Mastellos N., Filippidis F.T. Self-Efficacy and Motivation to Quit of Smokers Seeking to Quit: Quantitative Assessment of Smoking Cessation Mobile Apps // *JMIR Mhealth Uhealth*. – 2021. – Vol. 9, № 4. – P. e25030. DOI: 10.2196/25030
62. DiBello A.M., Miller M.B., Carey K.B. Self-Efficacy to Limit Drinking Mediates the Association between Attitudes and Alcohol-Related Outcomes // *Subst. Use Misuse*. – 2019. – Vol. 54, № 14. – P. 2400–2408. DOI: 10.1080/10826084.2019.1653322
63. The Effect of Self-Administration of Medication During Hospitalization on Patient's Self-Efficacy and Medication Adherence After Discharge / L.J.M. van Herpen-Meeuwissen, H.A.W. van Onzenoort, P.M.L.A. van den Bermt, B. Maat, B.J.F. van den Bermt // *Patient Prefer. Adherence*. – 2022. – Vol. 16. – P. 2683–2693. DOI: 10.2147/PPA.S375295
64. Self-efficacy and mental health problems during COVID-19 pandemic: A multiple mediation model based on the Health Belief Model / C. Zhou, X.D. Yue, X. Zhang, F. Shangguan, X.Y. Zhang // *Pers. Individ. Dif.* – 2021. – Vol. 179. – P. 110893. DOI: 10.1016/j.paid.2021.110893
65. Anxiety of Nurses to support Wuhan in fighting against COVID-19 Epidemic and its Correlation With Work Stress and Self-efficacy / Y. Mo, L. Deng, L. Zhang, Q. Lang, H. Pang, C. Liao, N. Wang, P. Tao, H. Huang // *J. Clin. Nurs.* – 2021. – Vol. 30, № 3–4. – P. 397–405. DOI: 10.1111/jocn.15549
66. Influence of Self-Efficacy and Motivation to Follow a Healthy Diet on Life Satisfaction of Patients with Cardiovascular Disease: A Longitudinal Study / R. Castillo-Mayén, C. Cano-Espejo, B. Luque, E. Cuadrado, T. Gutiérrez-Domingo, A. Arenas, S.J. Rubio, J. Delgado-Lista [et al.] // *Nutrients*. – 2020. – Vol. 12, № 7. – P. 1903. DOI: 10.3390/nu12071903
67. Kusol K., Kaewpawong P. Perceived Self-Efficacy, Preventive Health Behaviors and Quality of Life Among Nursing Students in Nakhon Si Thammarat Province, Thailand During the COVID-19 Pandemic // *Patient Prefer. Adherence*. – 2023. – Vol. 17. – P. 1989–1997. DOI: 10.2147/PPA.S424611
68. Montgomery G.H. Cognitive factors in health psychology and behavioral medicine // *J. Clin. Psychol.* – 2004. – Vol. 60, № 4. – P. 405–413. DOI: 10.1002/jclp.10254
69. Conner M., Norman P. Predicting Health Behaviour: Research and Practice with Social Cognition Models. – 2nd ed. – Maidenhead: Open University Press, 2005. – 385 p.
70. Mäntyselkä P., Kautiainen H., Miettola J. Beliefs and attitudes towards lifestyle change and risks in primary care – a community-based study // *BMC Public Health*. – 2019. – Vol. 19, № 1. – P. 1049. DOI: 10.1186/s12889-019-7377-x
71. Melnyk B.M., Kelly S., Tan A. Psychometric Properties of the Healthy Lifestyle Beliefs Scale for Adolescents // *J. Pediatr. Health Care*. – 2021. – Vol. 35, № 3. – P. 285–291. DOI: 10.1016/j.pedhc.2020.11.002
72. Predicting the effect of healthy lifestyle belief on attitude toward nutrition, exercise, physical activity, and weight-related self-efficacy in Turkish adolescents / A. Akdeniz Kudubes, D. Ayar, İ. Bektas, M. Bektas // *Arch. Pediatr.* – 2022. – Vol. 29, № 1. – P. 44–50. DOI: 10.1016/j.arcped.2021.11.001
73. Immigrants' perspectives on healthy life and healthy lifestyle counseling: a focus group study / M.N.M. Langari, J. Lindström, P. Absetz, T. Laatikainen, J. Pihlajamäki, T. Tilles-Tirkkonen, H. Turunen // *Scand. J. Public Health*. – 2023. – Vol. 51, № 3. – P. 371–380. DOI: 10.1177/14034948221075021

Здоровый образ жизни как средство управления рисками для здоровья: компоненты и факторы. Аналитический обзор / Джи Канг, Росалам Че Ме, Хайрул Манами Камарудин, Рухайзин Сулайман // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 4. – С. 158–171. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.15

**HEALTHY LIFESTYLE AS A WAY TO MANAGE HEALTH RISKS:
COMPONENTS AND FACTORS. ANALYTICAL REVIEW****Ji Kang, Rosalam Che Me, Khairul Manami Kamarudin, Ruhaizin Sulaiman**

University Putra Malaysia, Selangor, 43400, Malaysia

Healthy lifestyle promotion is a strategic task within health protection and healthcare worldwide. A prevailing contribution made by non-communicable diseases into premature death and a decrease in life expectancy makes it necessary to search for effective prevention and technologies able to persuade people to adhere to health protection behavior.

The review concentrates on approaches to defining, structuring and empirical study of persuasive design of healthy lifestyle. Substantiation is provided for including physical, mental and social health protection into healthy lifestyle. The review also discusses a possibility to use the Health-Promoting Lifestyle Profile (HPLP II) scale to analyze health behavior, including Asian countries. Structural components of healthy lifestyle are identified on the basis of the HPLP II scale.

Additionally, several mainstream health behavior theories and models have been selected and analyzed, which explain people's health behavior. They provide a theoretical basis for exploring influential factors of a healthy lifestyle. Contributions made by sociodemographic and cognitive factors have also been outlined and substantiation has been provided for the necessity to consider such factors as self-efficacy and subjective health perception when developing individual prevention.

This research holds valuable reference and guiding significance for the design and implementation of strategies aimed at influencing people's healthy lifestyles in related fields.

Keywords: healthy lifestyle, health behavior, behavioral theories, healthy lifestyle factors, Health-Promoting Lifestyle Profile, self-efficacy, preventive programs.

References

1. Regional Action Framework for Noncommunicable Disease Prevention and Control in the Western Pacific. WHO, 2023. Available at: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/369695/9789290620044-eng.pdf?sequence=1> (June 17, 2023).
2. Elwood P., Galante J., Pickering J., Palmer S., Bayer A., Ben-Shlomo Y., Longley M., Gallacher J. Healthy lifestyles reduce the incidence of chronic diseases and dementia: evidence from the Caerphilly cohort study. *PLoS One*, 2013, vol. 8, no. 12, pp. e81877. DOI: 10.1371/journal.pone.0081877
3. Wang K., Ma W., Wu K., Ogino S., Chan A.T., Giovannucci E.L., Song M. Healthy lifestyle, endoscopic screening, and colorectal cancer incidence and mortality in the United States: A nationwide cohort study. *PLoS Med.*, 2021, vol. 18, no. 2, pp. e1003522. DOI: 10.1371/journal.pmed.1003522
4. Chen X., Ding J., Li H., Carr P.R., Hoffmeister M., Brenner H. The power of a healthy lifestyle for cancer prevention: the example of colorectal cancer. *Cancer. Biol. Med.*, 2022, vol. 19, no. 11, pp. 1586–1597. DOI: 10.20892/j.issn.2095-3941.2022.0397
5. Tsai M.-C., Yeh T.-L., Hsu H.-Y., Hsu L.-Y., Lee C.-C., Tseng P.-J., Chien K.-L. Comparison of four healthy lifestyle scores for predicting cardiovascular events in a national cohort study. *Sci. Rep.*, 2021, vol. 11, no. 1, pp. 22146. DOI: 10.1038/s41598-021-01213-6
6. Wu Y., He X., Zhou J., Wang Y., Yu L., Li X., Liu T., Luo J. Impact of healthy lifestyle on the risk of type 2 diabetes mellitus in southwest China: A prospective cohort study. *J. Diabetes Investig.*, 2022, vol. 13, no. 12, pp. 2091–2100. DOI: 10.1111/jdi.13909
7. Rassy N., Van Straaten A., Carette C., Hamer M., Rives-Lange C., Czernichow S. Association of Healthy Lifestyle Factors and Obesity-Related Diseases in Adults in the UK. *JAMA Netw. Open*, 2023, vol. 6, no. 5, pp. e2314741. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2023.14741
8. Dhana K., Evans D.A., Rajan K.B., Bennett D.A., Morris M.C. Healthy lifestyle and the risk of Alzheimer dementia: Findings from 2 longitudinal studies. *Neurology*, 2020, vol. 95, no. 4, pp. e374–e383. DOI: 10.1212/WNL.0000000000009816

© Ji Kang, Rosalam Che Me, Khairul Manami Kamarudin, Ruhaizin Sulaiman, 2023

Ji Kang – Candidate of Sciences, Faculty of Design and Architecture (e-mail: GS57190@gmail.com; tel.: +601-1280-81244; ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8456-6768>).

Rosalam Che Me – Doctor of Sciences, Professional Technologists, Senior Lecturer at the Faculty of Design and Architecture (e-mail: rosalam@upm.edu.my; tel.: +601-9219-0522; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9507-6056>).

Khairul Manami Kamarudin – Doctor of Sciences, Professional Technologist, Senior Lecturer at the Faculty of Design and Architecture (e-mail: manami@upm.edu.my; tel.: +601-8327-5910; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5940-7046>).

Ruhaizin Sulaiman – Doctor of Sciences, Associate Professor at the Industrial Design Department (e-mail: ruhaizin@upm.edu.my).

9. Garcia-Castillo F., Ramos I., García del Castillo J.A. Concept, Dimensions and Perception of Healthy Lifestyle. *Psychol. Psychology Res. Int. J.*, 2023, vol. 8, no. 3, pp. 1–8. DOI: 10.23880/pprij-16000347
10. Health for all in the twenty-first century. *WHO*. Available at: https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA51/ra5.pdf (June 21, 2023) (in Russian).
11. Mollborn S., Lawrence E.M., Saint Onge J.M. Contributions and Challenges in Health Lifestyles Research. *J. Health Soc. Behav.*, 2021, vol. 62, no. 3, pp. 388–403. DOI: 10.1177/0022146521997813
12. Cockerham W.C. Health lifestyle theory and the convergence of agency and structure. *J. Health Soc. Behav.*, 2005, vol. 46, no. 1, pp. 51–67. DOI: 10.1177/002214650504600105
13. Brivio F., Viganò A., Paterna A., Palena N., Greco A. Narrative Review and Analysis of the Use of "Lifestyle" in Health Psychology. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2023, vol. 20, no. 5, pp. 4427. DOI: 10.3390/ijerph20054427
14. Paweł F., Nowak P.F., Blukacz M. The relationship between spirituality, health-related behavior, and psychological well-being. *Front. Psychol.*, 2020, vol. 11, pp. 1997. DOI: 10.3389/fpsyg.2020.01997
15. Abdou R.A., Helal H.A. Health promoting lifestyle, perceived health competence, barriers and benefits among nursing students in Alexandria. *Journal of Education and Practice*, 2018, vol. 9, no. 16, pp. 50–62.
16. Lewallen T.C., Hunt H., Potts-Datema W., Zaza S., Giles W. The Whole School, Whole Community, Whole Child model: a new approach for improving educational attainment and healthy development for students. *J. Sch. Health*, 2015, vol. 85, no. 11, pp. 729–739. DOI: 10.1111/josh.12310
17. US Preventive Services Task Force, Grossman D.C., Bibbins-Domingo K., Curry S.J., Barry M.J., Davidson K.W., Doubeni C.A., Epling J.W. Jr. [et al.]. Behavioural counseling to promote a healthful diet and physical activity for cardiovascular disease prevention in adults without cardiovascular risk factors: US Preventive Services Task Force recommendation statement. *JAMA*, 2017, vol. 318, no. 2, pp. 167–174. DOI: 10.1001/jama.2017.7171
18. Dhana K., Franco O.H., Ritz E.M., Ford C.N., Desai P., Krueger K.R., Holland T.M., Dhana A. [et al.]. Healthy lifestyle and life expectancy with and without Alzheimer's dementia: population based cohort study. *BMJ*, 2022, vol. 377, pp. e068390. DOI: 10.1136/bmj-2021-068390
19. Jandackova V.K., Scholes S., Britton A., Steptoe A. Healthy Lifestyle and Cardiac Vagal Modulation Over 10 Years: Whitehall II Cohort Study. *J. Am. Heart Assoc.*, 2019, vol. 8, no. 19, pp. e012420. DOI: 10.1161/JAHA.119.012420
20. Tu Z.-Z., Lu Q., Zhang Y.-B., Shu Z., Lai Y.-W., Ma M.-N., Xia P.-F., Geng T.-T. [et al.]. Associations of Combined Healthy Lifestyle Factors with Risks of Diabetes, Cardiovascular Disease, Cancer, and Mortality Among Adults with Prediabetes: Four Prospective Cohort Studies in China, the United Kingdom, and the United States. *Engineering*, 2023, vol. 22, no. 3, pp. 141–148. DOI: 10.1016/j.eng.2022.04.010
21. Stiglic N., Viner R.M. Effects of screentime on the health and well-being of children and adolescents: a systematic review of reviews. *BMJ Open*, 2019, vol. 9, no. 1, pp. e023191. DOI: 10.1136/bmjopen-2018-023191
22. Byrne M.K., Miellet S., McGlinn A., Fish J., Meedya S., Reynolds N., van Oijen A.M. The drivers of antibiotic use and misuse: the development and investigation of a theory driven community measure. *BMC Public Health*, 2019, vol. 19, no. 1, pp. 1425. DOI: 10.1186/s12889-019-7796-8
23. Farhud D.D. Impact of Lifestyle on Health. *Iran. J. Public Health*, 2015, vol. 44, no. 11, pp. 1442–1444.
24. 20 health tips for 2020. *WHO*, 2019. Available at: <https://www.who.int/philippines/news/feature-stories/detail/20-health-tips-for-2020> (June 18, 2023).
25. Batista P., Neves-Amado J., Pereira A., Amado J. FANTASTIC lifestyle questionnaire from 1983 until 2022: A review. *Health Promot. Perspect.*, 2023, vol. 13, no. 2, pp. 88–98. DOI: 10.34172/hpp.2023.11
26. Darviri C., Alexopoulos E.C., Artemiadis A.K., Tigani X., Kraniotou C., Darviri P., Chrousos G.P. The Healthy Lifestyle and Personal Control Questionnaire (HLPCQ): a novel tool for assessing self-empowerment through a constellation of daily activities. *BMC Public Health*, 2014, vol. 14, pp. 995. DOI: 10.1186/1471-2458-14-995
27. Woynarowska-Soldan M., Panczyk M., Iwanow L., Zarzeka A., Gotlib J. Validation of the positive health behaviours scale: a nationwide survey of nurses in Poland. *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, 2019, vol. 25, no. 1, pp. 76–85. DOI: 10.1080/10803548.2018.1436124
28. Savarese G., Carpinelli L., Cavallo P., Vitale M. Italian Psychometric Validation of the Multidimensional Students' Health-Promoting Lifestyle Profile Scale. *Health*, 2018, vol. 10, no. 11, pp. 1554–1575. DOI: 10.4236/health.2018.101118
29. Petrash M.D., Strizhitskaya O.Y., Murtazina I.R. Validation of the Questionnaire «Health-Promoting Lifestyle Profile» in the Russian Sample. *Konsul'tativnaya psikhologiya i psikhoterapiya*, 2018, vol. 26, no. 3, pp. 164–190. DOI: 10.17759/cpp.2018260309 (in Russian).
30. Chang L.C. Health literacy, self-reported status and health promoting behaviors for adolescents in Taiwan. *J. Clin. Nurs.*, 2011, vol. 20, no. 1–2, pp. 190–196. DOI: 10.1111/j.1365-2702.2009.03181.x
31. Cao W.-J., Chen C.-S., Hua Y., Li Y.-M., Xu Y.-Y., Hua Q.-Z. Factor analysis of a health-promoting lifestyle profile (HPLP): application to older adults in Mainland China. *Arch. Gerontol. Geriatr.*, 2012, vol. 55, no. 3, pp. 632–638. DOI: 10.1016/j.archger.2012.07.003
32. Teng H.L., Yen M., Fetzer S. Health promotion lifestyle profile-II: Chinese version short form. *J. Adv. Nurs.*, 2010, vol. 66, no. 8, pp. 1864–1873. DOI: 10.1111/j.1365-2648.2010.05353.x
33. Zhang L., Liao J., Pan X., Liang D., Zeng J., Sun M., Luo X., Ma X. [et al.]. How to make more people adopt healthy behaviors? Assessing health literacy, health promoting lifestyle and their association of community residents in Shenzhen, China. *Front. Public Health*, 2022, vol. 10, pp. 900883. DOI: 10.3389/fpubh.2022.900883
34. Bandura A. Toward a Psychology of Human Agency. *Perspect. Psychol. Sci.*, 2006, vol. 1, no. 2, pp. 164–180. DOI: 10.1111/j.1745-6916.2006.00011.x
35. Ryan R.M., Deci E.L. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *Am. Psychol.*, 2000, vol. 55, no. 1, pp. 68–78. DOI: 10.1037/0003-066X.55.1.68

36. Sellami M., Gasmi M., Denham J., Hayes L.D., Stratton D., Padulo J., Bragazzi N. Effects of Acute and Chronic Exercise on Immunological Parameters in the Elderly Aged: Can Physical Activity Counteract the Effects of Aging? *Front. Immunol.*, 2018, vol. 9, pp. 2187. DOI: 10.3389/fimmu.2018.02187
37. Graves L.E., Ridgers N.D., Williams K., Stratton G., Atkinson G., Cable N.T. The physiological cost and enjoyment of Wii Fit in adolescents, young adults, and older adults. *J. Phys. Act. Health*, 2010, vol. 7, no. 3, pp. 393–401. DOI: 10.1123/jpah.7.3.393
38. Lucini D., Pagani E., Capria F., Galiano M., Marchese M., Cribellati S., Parati G. Age Influences on Lifestyle and Stress Perception in the Working Population. *Nutrients*, 2023, vol. 15, no. 2, pp. 399. DOI: 10.3390/nu15020399
39. Nagai M. Relationships among Lifestyle Awareness, Age, and Lifestyle-related Diseases in Healthy Japanese Community Residents. *Asian Pac. Isl. Nurs. J.*, 2020, vol. 5, no. 2, pp. 103–110. DOI: 10.31372/20200502.1092
40. Hailemariam A., Yew S.L., Appau S. Gender health gaps: the role of risky addictive behaviors. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 2021, vol. 191, pp. 639–660. DOI: 10.1016/j.jebo.2021.09.026
41. Lipsky M.S., Su S., Crespo C.J., Hung M. Men and Oral Health: A Review of Sex and Gender Differences. *Am. J. Mens Health*, 2021, vol. 15, no. 3, pp. 15579883211016361. DOI: 10.1177/15579883211016361
42. van Uffelen J.G.Z., Khan A., Burton N.W. Gender differences in physical activity motivators and context preferences: a population-based study in people in their sixties. *BMC Public Health*, 2017, vol. 17, no. 1, pp. 624. DOI: 10.1186/s12889-017-4540-0
43. Munt A.E., Partridge S.R., Allman-Farinelli M. The barriers and enablers of healthy eating among young adults: a missing piece of the obesity puzzle: A scoping review. *Obes. Rev.*, 2017, vol. 18, no. 1, pp. 1–17. DOI: 10.1111/obr.12472
44. Vari R., Scazzocchio B., D'Amore A., Giovannini C., Gessani S., Masella R. Gender-related differences in lifestyle may affect health status. *Ann. Ist. Super. Sanita*, 2016, vol. 52, no. 2, pp. 158–166. DOI: 10.4415/ANN_16_02_06
45. Friis K., Lasgaard M., Rowlands G., Osborne R.H., Maindal H.T. Health Literacy Mediates the Relationship Between Educational Attainment and Health Behavior: A Danish Population-Based Study. *J. Health Commun.*, 2016, vol. 21, suppl. 2, pp. 54–60. DOI: 10.1080/10810730.2016.1201175
46. Hahn R.A., Truman B.I. Education Improves Public Health and Promotes Health Equity. *Int. J. Health Serv.*, 2015, vol. 45, no. 4, pp. 657–678. DOI: 10.1177/0020731415585986
47. Chan Y.Y., Lim K.K., Lim K.H., Teh C.H., Kee C.C., Cheong S.M., Khoo Y.Y., Baharudin A. [et al.]. Physical activity and overweight/obesity among Malaysian adults: findings from the 2015 National Health and morbidity survey (NHMS). *BMC Public Health*, 2017, vol. 17, no. 1, pp. 733. DOI: 10.1186/s12889-017-4772-z
48. Lago S., Cantarero D., Rivera B., Pascual M., Blázquez-Fernández C., Casal B., Reyes F. Socioeconomic status, health inequalities and non-communicable diseases: a systematic review. *Z. Gesundh. Wiss.*, 2018, vol. 26, no. 1, pp. 1–14. DOI: 10.1007/s10389-017-0850-z
49. Bor J., Cohen G.H., Galea S. Population health in an era of rising income inequality: USA, 1980–2015. *Lancet*, 2017, vol. 389, no. 10077, pp. 1475–1490. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)30571-8
50. French S.A., Tangney C.C., Crane M.M., Wang Y., Appelhaus B.M. Nutrition quality of food purchases varies by household income: the SHoPPER study. *BMC Public Health*, 2019, vol. 19, no. 1, pp. 231. DOI: 10.1186/s12889-019-6546-2
51. Lee H., Lee B.G., La I.S. Differential patterns of lifestyle behaviors among low- and high-income postmenopausal women in Korea: a latent class analysis. *BMC Womens Health*, 2023, vol. 23, no. 1, pp. 617. DOI: 10.1186/s12905-023-02767-5
52. Ahn Y.-C., Park H.-S., Ra G.-W. Perceived Health Status and Health Promoting Behaviors among University Students. *J. Korean Med.*, 2014, vol. 35, no. 4, pp. 52–64. DOI: 10.13048/jkm.14043
53. Wang D., Xing X.-H., Wu X.-B. Healthy lifestyles of university students in China and influential factors. *Scientific World Journal*, 2013, pp. 412950. DOI: 10.1155/2013/412950
54. Daskalopoulou C., Stubbs B., Kralj C., Koukounari A., Prince M., Prina A.M. Physical activity and healthy ageing: A systematic review and meta-analysis of longitudinal cohort studies. *Ageing Res. Rev.*, 2017, vol. 38, pp. 6–17. DOI: 10.1016/j.arr.2017.06.003
55. Lin Y.-C., Latner J.D., Fung X.C.C., Lin C.-Y. Poor Health and Experiences of Being Bullied in Adolescents: Self-Perceived Overweight and Frustration with Appearance Matter. *Obesity (Silver Spring)*, 2018, vol. 26, no. 2, pp. 397–404. DOI: 10.1002/oby.22041
56. Ram T., Laxmi. Health-related Self-efficacy of Indian Female Employees. *Asia-Pacific Journal of Management Research and Innovation*, 2016, vol. 12, no. 2, pp. 169–176. DOI: 10.1177/2319510X16680657
57. Chen N., Zhang J., Wang Z. Effects of middle-aged and elderly people's self-efficacy on health promotion behaviors: Mediating effects of sports participation. *Front. Psychol.*, 2023, vol. 13, pp. 889063. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.889063
58. McAuley E., Szabo A., Gothe N., Olson E.A. Self-efficacy: Implications for Physical Activity, Function, and Functional Limitations in Older Adults. *Am. J. Lifestyle Med.*, 2011, vol. 5, no. 4. DOI: 10.1177/1559827610392704
59. Allison K.R., Dwyer J.J., Makin S. Self-efficacy and participation in vigorous physical activity by high school students. *Health Educ. Behav.*, 1999, vol. 26, no. 1, pp. 12–24. DOI: 10.1177/109019819902600103
60. Haegele J.A., Kirk T.N., Zhu X. Self-efficacy and physical activity among adults with visual impairments. *Disabil. Health J.*, 2018, vol. 11, no. 2, pp. 324–329. DOI: 10.1016/j.dhjo.2017.10.012
61. Rajani N.B., Mastellos N., Filippidis F.T. Self-Efficacy and Motivation to Quit of Smokers Seeking to Quit: Quantitative Assessment of Smoking Cessation Mobile Apps. *JMIR Mhealth Uhealth*, 2021, vol. 9, no. 4, pp. e25030. DOI: 10.2196/25030
62. DiBello A.M., Miller M.B., Carey K.B. Self-Efficacy to Limit Drinking Mediates the Association between Attitudes and Alcohol-Related Outcomes. *Subst. Use Misuse*, 2019, vol. 54, no. 14, pp. 2400–2408. DOI: 10.1080/10826084.2019.1653322
63. van Herpen-Meeuwissen L.J.M., van Onzenoort H.A.W., van den Bemt P.M.L.A., Maat B., van den Bemt B.J.F. The Effect of Self-Administration of Medication During Hospitalization on Patient's Self-Efficacy and Medication Adherence After Discharge. *Patient Prefer. Adherence*, 2022, vol. 16, pp. 2683–2693. DOI: 10.2147/PPA.S375295

64. Zhou C., Yue X.D., Zhang X., Shangguan F., Zhang X.Y. Self-efficacy and mental health problems during COVID-19 pandemic: A multiple mediation model based on the Health Belief Model. *Pers. Individ. Dif.*, 2021, vol. 179, pp. 110893. DOI: 10.1016/j.paid.2021.110893
65. Mo Y., Deng L., Zhang L., Lang Q., Pang H., Liao C., Wang N., Tao P., Huang H. Anxiety of Nurses to support Wuhan in fighting against COVID-19 Epidemic and its Correlation With Work Stress and Self-efficacy. *J. Clin. Nurs.*, 2021, vol. 30, no. 3–4, pp. 397–405. DOI: 10.1111/jocn.15549
66. Castillo-Mayén R., Cano-Espejo C., Luque B., Cuadrado E., Gutiérrez-Domingo T., Arenas A., Rubio S.J., Delgado-Lista J. [et al.]. Influence of Self-Efficacy and Motivation to Follow a Healthy Diet on Life Satisfaction of Patients with Cardiovascular Disease: A Longitudinal Study. *Nutrients*, 2020, vol. 12, no. 7, pp. 1903. DOI: 10.3390/nu12071903
67. Kusol K., Kaewpawong P. Perceived Self-Efficacy, Preventive Health Behaviors and Quality of Life Among Nursing Students in Nakhon Si Thammarat Province, Thailand During the COVID-19 Pandemic. *Patient Prefer. Adherence*, 2023, vol. 17, pp. 1989–1997. DOI: 10.2147/PPA.S424611
68. Montgomery G.H. Cognitive factors in health psychology and behavioral medicine. *J. Clin. Psychol.*, 2004, vol. 60, no. 4, pp. 405–413. DOI: 10.1002/jclp.10254
69. Conner M., Norman P. Predicting Health Behaviour: Research and Practice with Social Cognition Models, 2nd ed. Maidenhead, Open University Press, 2005, 385 p.
70. Mäntyselkä P., Kautiainen H., Miettola J. Beliefs and attitudes towards lifestyle change and risks in primary care – a community-based study. *BMC Public Health*, 2019, vol. 19, no. 1, pp. 1049. DOI: 10.1186/s12889-019-7377-x
71. Melnyk B.M., Kelly S., Tan A. Psychometric Properties of the Healthy Lifestyle Beliefs Scale for Adolescents. *J. Pediatr. Health Care*, 2021, vol. 35, no. 3, pp. 285–291. DOI: 10.1016/j.pedhc.2020.11.002
72. Akdeniz Kudubes A., Ayar D., Bektas İ., Bektas M. Predicting the effect of healthy lifestyle belief on attitude toward nutrition, exercise, physical activity, and weight-related self-efficacy in Turkish adolescents. *Arch. Pediatr.*, 2022, vol. 29, no. 1, pp. 44–50. DOI: 10.1016/j.arcped.2021.11.001
73. Langari M.N.M., Lindström J., Absetz P., Laatikainen T., Pihlajamäki J., Tilles-Tirkkonen T., Turunen H. Immigrants' perspectives on healthy life and healthy lifestyle counseling: a focus group study. *Scand. J. Public Health*, 2023, vol. 51, no. 3, pp. 371–380. DOI: 10.1177/14034948221075021

Ji Kang, Rosalam Che Me, Khairul Manami Kamarudin, Ruhaizin Sulaiman. Healthy lifestyle as a way to manage health risks: components and factors. Analytical review. Health Risk Analysis, 2023, no. 4, pp. 158–171. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.15.eng

Получена: 03.10.2023

Одобрена: 13.12.2023

Принята к публикации: 20.12.2023



АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И ФАКТОРОВ РИСКА В ПОСТРОЕНИИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ РОССИИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

**Н.Ю. Уруков^{1,2}, О.В. Рукодадный³, Ю.Н. Уруков², О.В. Шарапова^{4,5},
Л.И. Герасимова^{4,6}, Т.Л. Смирнова², Е.В. Барсукова⁷, Н.В. Журавлева²**

¹Республиканская стоматологическая поликлиника Минздрава Чувашии, Российская Федерация, 428018, г. Чебоксары, Московский проспект, 11 А

²Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, Российская Федерация, 428015, г. Чебоксары, Московский проспект, 15

³Российский университет дружбы народов (РУДН), Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

⁴Городская клиническая больница имени В.В. Виноградова, 117292, Российская Федерация, г. Москва, ул. Вавилова, 61, стр. 2

⁵Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Российская Федерация, 119435, г. Москва, ул. Большая Пироговская, 2, стр. 4

⁶Российский биотехнологический университет, Российская Федерация, 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11

⁷Республиканская клиническая больница № 1 Минздрава Чувашии, 428018, Российская Федерация, г. Чебоксары, Московский проспект, 9

В настоящее время важность предоставления эффективной квалифицированной помощи в области стоматологии не теряет актуальности. В доступной нам литературе указывается, что 70–90 % детского и 100 % взрослого населения России страдает различными видами заболевания в области стоматологии.

По данным отечественной литературы проведена аналитическая оценка организационно-управленческих решений и факторов риска в построении стоматологической службы России за период с 2010 г. по настоящее время.

Организацию оказания стоматологической помощи России обеспечивают Министерства здравоохранения РФ в соответствии с территориально-административной принадлежностью населения. В связи с переходом РФ к рыночной экономике снизился уровень бюджетного финансирования стоматологической отрасли, что привело к значительному росту заболеваемости и их осложнений.

© Уруков Н.Ю., Рукодадный О.В., Уруков Ю.Н., Шарапова О.В., Герасимова Л.И., Смирнова Т.Л., Барсукова Е.В., Журавлева Н.В., 2023

Уруков Николай Юрьевич – главный врач; ассистент кафедры ортопедической стоматологии (e-mail: 89276687339@mail.ru; тел.: 8 (8352) 58-64-09; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5472-2354>).

Рукодадный Олег Владимирович – кандидат медицинских наук, доцент кафедры организации здравоохранения, лекарственного обеспечения, медицинских технологий и гигиены факультета непрерывного медицинского образования (e-mail: rukodauny_ov@pfur.ru; тел.: 8 (916) 989-85-89; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9134-7189>).

Уруков Юрий Николаевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой ортопедической стоматологии и ортодонтии (e-mail: urukovyuri@yandex.ru; тел.: 8 (987) 125-38-13; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4220-7731>).

Шарапова Ольга Викторовна – доктор медицинских наук, профессор, главный врач; профессор кафедры акушерства и гинекологии Института клинической медицины (e-mail: sharapova-olga59@mail.ru; тел.: 8 (985) 760-85-35; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0384-1705>).

Герасимова Людмила Ивановна – доктор медицинских наук, профессор, заведующий учебно-методическим кабинетом; профессор кафедры акушерства и гинекологии медицинского института непрерывного образования (e-mail: profgera@mail.ru; тел.: 8 (902) 327-77-77; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3976-0934>).

Смирнова Татьяна Львовна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры акушерства и гинекологии (e-mail: tlsmr@mail.ru; тел.: 8 (927) 845-84-21; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8224-1515>).

Барсукова Елена Владимировна – кандидат медицинских наук, доцент, главный врач (e-mail: rkb@med.cap.ru; тел.: 8 (927) 668-52-51; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8441-9391>).

Журавлева Надежда Владимировна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры внутренних болезней (e-mail: zhuravlevanv@mail.ru; тел.: 8 (903) 358-71-78; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6470-7724>).

Актуальна разработка наиболее рациональных и подходящих вариантов управления стоматологической службой с учетом специфики каждого отдельного региона России. Данные варианты в обязательном порядке должны учитывать отличительные особенности социально-экономического развития отдельного региона страны, текущий уровень заболеваемости местного населения в области стоматологии и его основные тенденции, обеспеченность всеми необходимыми ресурсами, финансовую стабильность, а также социально-гигиенические факторы риска, которые оказывают непосредственное воздействие на общее состояние стоматологической помощи.

Ключевые слова: стоматологические инновационные технологии, организация стоматологической помощи, эффективность деятельности, стоматологическая служба, региональный мониторинг, факторы риска стоматологической заболеваемости.

В настоящее время важность предоставления эффективной квалифицированной помощи в области стоматологии не теряет актуальности.

Стоматологическая помощь населению страны является одним из наиболее массовых видов оказания помощи в области медицины. Данный аспект обуславливается тем, что порядка 70–90 % детского и порядка 100 % взрослого населения нашего государства страдает различными видами заболевания в области стоматологии [1]. По этой причине исследование вопросов и понимание факторов риска, связанных с организацией помощи в области стоматологии, приобретает особую актуальность, так как предоставляет уникальную возможность грамотно организовать планирование рассматриваемого вида медицинской помощи, обладающей массовым характером. Стоит отметить, что организация исследуемой помощи выступает в качестве составной части общей системы организации медицинской помощи на территории нашего государства. Государственная стоматологическая служба считается базовым звеном для предоставления населению страны квалифицированной помощи в области стоматологии. На долю упомянутой выше службы приходится большинство специализированных учреждений, квалифицированного медицинского персонала, а также и объема предоставляемой ими стоматологической помощи населению [2–5].

Цель исследования – на основании данных отечественной литературы дать аналитическую оценку организационно-управленческих решений и факторов риска в построении стоматологической службы России за период с 2010 г. по настоящее время.

Результаты и их обсуждение. На территории нашего государства стоматологическая помощь организуется, регулируется, а также планируется и контролируется непосредственно Минздравом России, Минздравом отдельных регионов (областей, краев), а также городскими и районными отделами, занимающимися вопросами здравоохранения. На всех существующих административных уровнях управления здравоохранением на должность главного специалиста по стоматологии назначается исключительно наиболее квалифицированный, опытный профессионал, знающий все факторы риска и тонкости организации предоставления помощи населению в области стоматологии.

В качестве основной структуры предоставления стоматологической помощи всё еще остаются

специализированные государственные муниципальные медицинские учреждения. Следует подчеркнуть, что, невзирая на довольно высокий уровень оттока квалифицированных специалистов из упомянутых учреждений в частные клиники, они и сейчас продолжают предоставлять наибольший объем помощи в области стоматологии [5].

В современной системе государственной и муниципальной служб городского здравоохранения выделяют три основных уровня предоставления квалифицированной медицинской помощи в области стоматологии.

Специализированные учреждения первого уровня. К подобным учреждениям относятся: стоматологические отделения, предоставляющие помощь в многопрофильных поликлиниках, в составе центральных районных больниц и т.д.; специализированные стоматологические кабинеты, реализующие свою деятельность на территории отдельных предприятий, школах, детских садах и т.д. [1, 3].

Специализированные учреждения второго уровня. К таким учреждениям относятся стоматологические поликлиники государственного и муниципального уровня, а также поликлиники, располагающиеся в административных районах города. На территории таких стоматологических учреждений осуществляется предоставление местному населению страны квалифицированной медицинской помощи в области стоматологии по следующим основным направлениям: терапевтическая стоматология с эндодонтией, хирургическая стоматология, зубное протезирование [6].

Специализированные учреждения третьего уровня. На этом уровне населению предоставляется соответствующая узкая квалифицированная помощь, как консультативно-диагностического характера, так и лечебного характера (например, пародонтология, эндодонтия, стоматоневрология, онкостоматология и т.д.) [7–9].

Актуальность квалифицированной стоматологической помощи обуславливается тем, что современное здравоохранение России направлено на снижение уровня ключевых показателей заболеваемости и смертности населения, а также повышение качества предоставляемой медицинской помощи и доступности получения первичной методико-санитарной помощи [10, 11].

Следует подчеркнуть, что формирование специализированных программ лечения и проведение

стоматологической профилактики с целью недопущения развития и (или) рецидива заболевания основывается на сведениях эпидемиологических обследований о потребности местного населения в получении соответствующего вида квалифицированной помощи в области медицины [9, 11–13].

Интенсификация развития экономики страны требует внесения соответствующих изменений как в методы хозяйствования в частности, так и в саму систему здравоохранения в целом. В условиях изменившейся экономической ситуации внутри страны, новых вызовов и рисков в сфере здравоохранения происходят некоторые существенные изменения, которые затрагивают и стоматологическое направление. Факторами риска являются: снижение уровня бюджетного финансирования, возникновение многоукладного стоматологического обслуживания населения, особенности организационно-функциональной модели обязательного медицинского страхования (ОМС). Помимо этого, снижение уровня доходов населения страны привело к уменьшению уровня их обращаемости в специализированные учреждения, а как следствие, к росту количества вторичных изменений в области зубочелюстной системы человека. Переход исследуемой службы к рыночным отношениям существенно изменил характер и уклад отношений, сформировавшийся между специализированными учреждениями в области стоматологии и пациентами. За последние несколько лет в рассматриваемом направлении значительно активизировался научный поиск, а также довольно четко обозначилась тенденция социально-экономических оценок эффективности научных стоматологических разработок [2, 4, 14].

В 2018 г. в соответствии с данными, полученными в рамках проведения эпидемиологических обследований населения нашей страны, выявлено, что распространённость кариеса зубов и его осложнений среди взрослого населения достигает порядка 99–100 %, то есть по данному направлению тенденции к снижению не наблюдается. Стоит отметить, что в результате проведения вышеуказанных исследований на территории отдельных регионов страны наблюдается довольно высокая потребность населения (70–95 %) в получении квалифицированной помощи в области стоматологии [15, 16].

Согласно данным ВОЗ, сегодня нет ни одной страны в мире, где местные граждане не имели бы проблем со стоматологическими болезнями (здоровье полости рта). При этом распространение упомянутых заболеваний обладает существенными отличиями между странами [2, 4, 15–17].

Следует отметить, что нарушение состояния здоровья полости рта является фактором риска ухудшения качества жизни человека. Это связано с тем, что наличие боли, проблемы с приемом пищи, повреждение отдельных зубов или вовсе их отсутствие являются теми факторами риска, которые крайне негативно отражаются на общем состоянии современного человека. Зубная боль способна резко и

существенно снизить привычную работоспособность человека, а также ухудшить его общее самочувствие и состояние в целом. В свою очередь отсутствие зубов у человека приводит к затруднению процесса жевания, а вместе с тем вызывает значимый дискомфорт психологического характера, который вызван отсутствием эстетики (например, человек не может улыбаться открыто, без стеснения). Стоит отметить, что довольно высокий уровень заболеваемости зубочелюстной системы человека и (или) крайне плачевное состояние зубов приводят к снижению и самооценки, и его восприятия окружающими людьми. Рассматриваемая проблема является актуальной как для развитых мировых стран, так и для стран со средним уровнем дохода населения [15, 18, 19].

Проведение обзоров по глобальной эпидемиологии кариеса, осуществляемых на постоянной основе, демонстрирует довольно высокую распространенность упомянутых заболеваний во всем мире.

Кариес зубов относится к предотвратимым заболеваниям полости рта. Это, в свою очередь, также подтверждается и довольно амбициозной задачей ВОЗ: к 2030 г. рассматриваемое стоматологическое заболевание должно быть полностью ликвидировано у детей. Стоит отметить, что, несмотря на то, что заболевания полости рта довольно легко поддаются масштабной профилактике, все же они являются широко распространенными в мире [20, 21].

За последние десятилетия наблюдаются существенные успехи в сфере профилактики кариеса, внедрения инновационных методов лечения заболеваний и программ предоставления квалифицированной помощи населению в области стоматологии. Однако, несмотря на указанные достижения, исследуемое заболевание не утратило актуальности и по-прежнему занимает позицию глобальной проблемы здравоохранения. Следовательно, можно сказать, что эффективность программ, реализованных в области предоставления стоматологической помощи населению, незначительна в плане снижения распространенности такого заболевания, как кариес зубов [14, 22–25].

В сложившихся условиях в нашей стране возникли крайне серьезные и существенные риски и проблемы в предоставлении помощи в области стоматологии наиболее уязвимым группам населения. Согласно имеющимся данным, стоматологическое обслуживание декретированных групп населения страны требует привлечения довольно большого числа ресурсов. Это обусловливается тем, что требуется организация и проведение довольно большого количества мероприятий в области стоматологии. Государственные расходы на проведение лечения и реабилитацию в исследуемой области ставят во главу такую проблему, как поиск новых социально-ориентированных, а также и экономически эффективных программ, направленных на профилактику заболеваний [10, 15, 26].

Анализ работ ведущих ученых свидетельствует о наличии довольно большого количества нерешенных и актуальных вопросов в области организации предоставления стоматологической помощи населению страны [27].

Государство является заинтересованным в существовании на территории страны бюджетной стоматологической службы. Это обуславливается тем аспектом, что именно упомянутая служба призвана оказывать населению страны соответствующую квалифицированную помощь массового характера. Однако, как показывает практика, бюджетная медицина довольно редко способна предоставить высокое качество обслуживания обратившимся больным. Довольно много организаций, прибывая в поиске дополнительных источников финансирования, перешли на хозрасчетный прием пациентов. Однако преимущественное большинство рассматриваемых организаций (до 40–60 %) осуществляет прием граждан по бюджетному обслуживанию. Следовательно, существенная часть населения нашей страны также может продолжить получать всю необходимую стоматологическую помощь на бесплатной основе. Данный аспект является в особенности значимым для граждан, относящихся к группе малоимущих. В современных условиях хозяйствования стоматологические поликлиники осуществляют свое функционирование на базе коллективного подряда и проведения финансовых взаиморасчетов, то есть рассматриваемое учреждение обладает возможностью формировать фонд оплаты труда сотрудников согласно определенному нормативу, а также оно может самостоятельно устанавливать общее количество сотрудников и требуемый уровень их профессиональной подготовки и опыта [3, 5].

Как было отмечено ранее, на текущий момент кариес зубов остается актуальной и довольно острой проблемой здоровья населения и системы здравоохранения в целом. В особенности это касается развивающихся стран, где уровень дохода местного населения пребывает на отметке ниже и выше среднего. Для тех государств, которые обладают развитой экономикой, проблема кариеса воспринимается не настолько остро, но при этом также является актуальной как для маргинализированных, так и социально незащищенных граждан. Формирование коммунальных программ, направленных на профилактику имеющихся стоматологических заболеваний, получило наибольшую значимость в результате распространения всемирной пандемии коронавируса COVID-19. Упомянутая пандемия привела к росту числа стоматологических заболеваний по причине ограниченности доступа населения к получению своевременной квалифицированной медицинской помощи, а также росту роли семьи в вопросах профилактики и устранения факторов риска возникновения кариеса зубов и болезней пародонта [6, 12, 19].

Проведение реформирования исследуемой службы реализуется посредством разгосударствле-

ния и приватизации действующих государственных медицинских учреждений, введения рыночной экономики, а также развития частного сектора и предпринимательства в целом. На сегодняшний день стоматологическая служба на территории нашего государства включает в себя как государственные учреждения, так и сеть частных стоматологических организаций [17, 28].

Научные труды, посвященные реорганизации и оптимизационной деятельности в сфере оказания стоматологической помощи гражданам нашей страны, можно разделить на следующие основные группы:

1. Профилактико-организационный аспект. Труды, которые направлены на развитие концепции семейного стоматологического обслуживания.

2. Клинический аспект. Научные труды, в которых исследуются вопросы стоматологического здоровья отдельно взятых групп местного населения страны, а также разработка совершенствующих мероприятий.

3. Экономический аспект. Публикации, которые содержат в себе экономическую сферу деятельности стоматологических поликлиник.

4. Инновационный аспект. Научные результаты, в которых обобщается опыт применения инновационных технологий и лекарственных средств (препаратов) в области медицины в целом и в области стоматологии в частности [29, 30].

Стремительное развитие стоматологической сферы за последние несколько десятилетий в большинстве своем обуславливается разработкой и последующим внедрением инновационных методов обследования, материалов и методов лечебного воздействия, а также применения новейших информационных технологий в современной клинической практике. Стоит отметить, что практическое применение инновационных средств и методов информатики предоставляет возможность применить в лечебно-диагностической деятельности новейшие технологии. В качестве примера можно привести следующие: компьютерная диагностика, комплексы лечебного оборудования с компьютерным управлением [21].

Многие исследователи подчеркивают потребность в систематическом проведении многофакторного анализа деятельности стоматологической службы региона, принимая во внимание ее структуру, организационно-правовой статус, ресурсное обеспечение, а также темпы развития и потребности местного населения в различных видах помощи в области стоматологии и возможности их удовлетворения.

Стоит отметить, что достижение наибольшей результативности и оперативности управления стоматологической службой на всех существующих уровнях требует соответствующей разработки и последующего внедрения систем информационного обеспечения оценки и управления рисками при оказании помощи в области стоматологии. Упомянутая помощь, в свою очередь, не может игнорировать

потребность в проведении мониторинга каждой из сторон своей профессиональной деятельности. Подчеркивается, что проблеме упомянутого выше информационного обеспечения посвящены труды различных исследователей, как отечественных, так и зарубежных [31].

В существующих условиях дефицита финансирования из средств бюджета страны в качестве одной из актуальных проблем выступает поиск наиболее эффективных мер, направленных на совершенствование работы стоматологической службы [5]. Особое значение приобретает разработка наиболее рациональных и подходящих вариантов управления исследуемой службой. Такие варианты в обязательном порядке должны учитывать специфические особенности социально-экономического развития отдельного региона страны, текущий уровень заболеваемости местного населения в области стоматологии и его основные тенденции, обеспеченность всеми необходимыми ресурсами, финансовую стабильность, а также и иные факторы социально-гигиенической направленности, которые имеют непосредственное воздействие на общее состояние стоматологической помощи [2, 4, 14].

Субъекты РФ на сегодняшний день наделены довольно обширным перечнем полномочий. Именно по этой причине деятельность специализированных учреждений здравоохранения между регионами может существенно отличаться [1, 2].

Стоматологическая служба России за последние десять лет характеризуется следующими основными аспектами:

- довольно обширная сеть специализированных учреждений, которые обладают разной формой управления и большой кадровой численностью;
- высокая ресурсоемкость;
- разработка и внедрение новых нормативно-правовых документов, которые регулируют их профессиональную деятельность, а также обеспечивают оказание квалифицированной помощи действующими специалистами, и предоставление качественного обслуживания в целом [23, 24].

Учитывая действующие нормативные документы РФ в исследуемой области и практику организации стоматологической помощи, сформированы универсальные методы и содержание работ основных структур системы здравоохранения в целом [14–16, 19, 24, 25, 28, 30].

Разработка и последующее принятие соответствующих управленческих решений в обязательном порядке должны осуществляться в зависимости от специфики каждого региона страны. Обос-

нованные решения должны приниматься на базе результатов, полученных в ходе проведения мониторинга стоматологической заболеваемости местного населения, применения единых методов и информационно-компьютерных технологий, а также рационального использования финансовых средств, выделяемых из бюджета. В настоящее время существует потребность в разработке совершенствующих мероприятий, направленных на изменение количества и содержания мероприятий лечебно-профилактической направленности, ресурсного обеспечения в целом, а также структурного изменения деятельности организаций, подконтрольных исследуемой службе, с учетом существующих рисков [3, 11, 15, 22].

Стоит отметить, что единый подход к вопросу организации формирования, внедрения и последующего использования информационно-коммуникационных технологий в деятельности специализированных учреждений здравоохранения сегодня отсутствует. Следовательно, в качестве одной из основных проблем в исследуемой сфере выступает отсутствие стандартизации программно-аппаратных платформ, которые применяются на практике и учитывают факторы риска и взаимосвязь следующих основных аспектов: заболеваемость местного населения в области стоматологии; текущее состояние и показатели работы службы, рациональность использования финансируемых бюджетных средств; обеспеченность всеми необходимыми ресурсами и качество оказываемой помощи гражданам [25].

Выводы. Таким образом, повышение текущей эффективности работы специализированных медицинских учреждений напрямую связано с организацией и принятием во внимание всех основных аспектов и факторов риска их деятельности, выполнением требований, предъявляемых со стороны уполномоченных надзорных органов, а также совершенствованием процессов и повышением результативности используемой системы. Как следствие, это является залогом повышения стабильности основных показателей деятельности стоматологических учреждений, качества и уровня оказываемых медицинских услуг населению, охраны здоровья действующих сотрудников, выполнения обязательных санитарно-эпидемиологических требований, социальной ответственности в целом [4, 5].

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Багинский А.Л. Организация и качество поликлинической стоматологической помощи населению Крайнего Севера Красноярского края // Здоровье и образование в XXI веке. – 2016. – Т. 18, № 2. – С. 327–331.
2. Леонтьев В.К. Административное и профессиональное управление в стоматологии (состояние и перспективы) // Институт стоматологии. – 2019. – № 3 (84). – С. 10–11.

3. О стратегии снижения заболеваемости кариесом зубов в России в условиях дефицита государственного финансирования стоматологии / В.К. Леонтьев, О.Г. Аврамова, А.Ю. Малый, Ю.С. Степанова // Институт стоматологии. – 2018. – № 1 (78). – С. 13–17.
4. Леус П.А. Что определяют индикаторы стоматологического здоровья? // Dental Forum. – 2016. – № 1. – С. 32–37.
5. Леус П.А., Кисельникова А.П., Терехова Т.Н. Выявление факторов риска кариеса зубов на основе сравнения индикаторов стоматологического здоровья у детей школьного возраста в Минске и Москве // Стоматология. – 2017. – Т. 96, № 4. – С. 52–57. DOI: 10.17116/stomat201796452-57
6. Булгакова А.И., Андреева Ю.В., Исламова Д.М. Оптимизация диагностики и лечения начального кариеса, ассоциированного с герпесвирусной инфекцией. – Чебоксары: Среда, 2020. – 89 с.
7. Гринин В.М., Еркарян И.М., Иванов С.Ю. Распространенность и факторы риска развития основных стоматологических заболеваний у беременных // Стоматология. – 2018. – Т. 97, № 4. – С. 19–22.
8. Гринин В.М., Ковалёва Л.С. Организация стоматологической помощи больным с различной соматической патологией // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2018. – Т. 26, № 2. – С. 115–118. DOI: 10.18821/0869-866X-2018-26-2-115-118
9. Объективная оценка эффективности кариеспрофилактических средств / Е.В. Екимов, Г.И. Скрипкина, А.А. Сметанин, А.П. Коршунов // Стоматология. – 2021. – Т. 100, № 5. – С. 15–18. DOI: 10.17116/stomat202110005115
10. Показатели стоматологического здоровья на фоне полиморбидной патологии в пожилом возрасте / В.В. Гушчин, М.В. Воробьев, М.В. Мосеева, В.А. Чайкин // Институт стоматологии. – 2021. – № 2 (91). – С. 24–25.
11. Модель профилактики кариеса зубов среди детей и подростков, проживающих в организованном детском коллективе / М.В. Короленкова, А.Г. Хачатрян, А.А. Побережная, М.С. Кречетова // Стоматология. – 2022. – Т. 101, № 4. – С. 61–67. DOI: 10.17116/stomat202210104161
12. Елисеева Н.Б., Белова Н.М. Применение новых технологий в профилактике кариеса и реминерализации твердых тканей зубов // Стоматология для всех. – 2015. – № 3. – С. 32–34.
13. Распространенность и клинко-морфологические особенности кариеса корня зуба у взрослого человека / А.К. Иорданишвили, О.Л. Пихур, М.С. Малина, С.Ю. Тытук // Стоматология. – 2019. – Т. 98, № 4. – С. 38–43. DOI: 10.17116/stomat20199804138
14. Эпидемиологическое обоснование коммунальных программ профилактики кариеса постоянных зубов для детей Самары / Л.Ш. Розакова, А.М. Хамадеева, О.Г. Аврамова, Г.В. Степанов, Н.В. Филатова // Стоматология. – 2020. – Т. 99, № 1. – С. 66–69. DOI: 10.17116/stomat20209901166
15. Наумова В.Н., Акулин И.М. Варианты междисциплинарного взаимодействия при стоматологическом лечении пациентов с социально значимыми соматическими заболеваниями // Институт стоматологии. – 2019. – № 4 (85). – С. 30–31.
16. Наумова В.Н., Маслак Е.Е. Медико-организационные подходы к обеспечению профилактики и раннего выявления соматических заболеваний на стоматологическом приеме // Институт стоматологии. – 2019. – № 3 (84). – С. 68–69.
17. Эффективность системы здравоохранения: способы повысить значимость количественной оценки как инструмента для руководителей и разработчиков политики [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. Серия: Политика здравоохранения. – 2018. – URL: <https://iris.who.int/handle/10665/332110?&locale-attribute=de> (дата обращения: 16.08.2023).
18. Критерии качества жизни как показатель эффективности стоматологического лечения / О.Н. Архарова, М.В. Пешкова, А.И. Хасянов, А.Б. Нимаев // Клиническая стоматология. – 2015. – № 4 (76). – С. 64–68.
19. Гигиенические аспекты эндо- и экзогенных методов профилактики кариеса и их эффективность в реминерализации эмали зубов / Ю.А. Ипполитов, Я.А. Плотнокова, П.В. Середин, Д.Л. Голощапов, М.В. Беркович // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97, № 8. – С. 710–713. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-8-710-713
20. Оценка пациентами медицинского обслуживания на амбулаторном уровне / И.Н. Денисов, А.Г. Резе, Л.В. Волнухин, Д.Ю. Азизова // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2019. – № 3 (27). – С. 243–247.
21. Оценка взаимосвязи физико-химических показателей слюны, типа питания и качества питьевой воды / Н.Г. Саркисян, Н.Н. Катаева, Д.А. Хохрякова, С.Г. Меликян // Врач. – 2022. – Т. 33, № 7. – С. 68–71. DOI: 10.29296/25877305-2022-07-14
22. Размахнина Е.М., Киселева Е.А. Обоснование методов профилактики кариеса у лиц молодого возраста на основе показателей кариесрезистентности // Стоматология. – 2018. – Т. 97, № 2. – С. 34–36. DOI: 10.17116/stomat201897234-36
23. Стоматологический статус пациентов, находящихся на лечении в многопрофильном стационаре / В.М. Гринин, Д.С. Кабак, В.Д. Вагнер С.А. Епифанов, В.А. Животов // Клиническая стоматология. – 2019. – № 3 (91). – С. 83–85. DOI: 10.37988/1811-153X_2019_3_83
24. Технологии профилактики и лечения кариеса зубов у детей / Л.П. Кисельникова, Т.Е. Зуева, А.Г. Седойкин, Л.Н. Дроботько. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. – 184 с.
25. Разработка способа оценки обобщенного стоматологического статуса / И.А. Меликян, Г.Д. Ахмедов, В.А. Топорков, Н.Г. Игнатов, К.Г. Гуревич // Институт стоматологии. – 2018. – № 2 (79). – С. 24–25.
26. Пародонтологическая помощь на амбулаторном стоматологическом приеме у пациентов пожилого возраста / В.В. Киреев, А.Е. Дорофеев, А.В. Севбитов, В.М. Гринин, А.В. Теплова // Пульс: медико-фармацевтический журнал. – 2023. – Т. 25, № 9. – С. 10–18.
27. Модель профилактики кариеса зубов среди детей и подростков, проживающих в организованном детском коллективе / М.В. Короленкова, А.Г. Хачатрян, А.А. Побережная, М.С. Кречетова // Стоматология. – 2022. – № 101 (4). – С. 61–67. DOI: 10.17116/stomat202210104161
28. Мингазова Э.Н., Ульянова Ю.А., Миргазизов М.З. Анализ преимуществ сетевых структур в стоматологии // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2018. – Т. 26, № 6. – С. 432–435.
29. Математико-картографическое моделирование и прогнозирование заболеваемости детей кариесом и острым апикальным периодонтитом / Н.М. Агарков, С.Н. Гонтарев, В.Д. Луценко, А.П. Яковлев, А.В. Иванов // Стоматология. – 2017. – Т. 96, № 6. – С. 48–55. DOI: 10.17116/stomat201796648-55

30. Большов И.Н. Проблемы организации и повышения качества стоматологической помощи (по материалам социологического опроса врачей-стоматологов) // Проблемы стоматологии. – 2016. – № 1. – С. 110–114. DOI: 10.18481/2077-7566-2016-12-1-110-114

31. Таирова Р.Т., Берсенева Е.А. Медико-социологический мониторинг как стратегический элемент менеджмента качества медицинской помощи // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2018. – № 2 (26). – С. 111–114. DOI: 10.18821/0869-866X-2018-22-2-111-114

Анализ организационно-управленческих решений и факторов риска в построении стоматологической службы России (обзор литературы) / Н.Ю. Уруков, О.В. Рукодайный, Ю.Н. Уруков, О.В. Шарапова, Л.И. Герасимова, Т.Л. Смирнова, Е.В. Барсукова, Н.В. Журавлева // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 4. – С. 172–180. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.16

UDC 614.2

DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.16.eng



Review

ASPECTS OF MANAGERIAL AND ORGANIZATIONAL DECISIONS IN BUILDING DENTAL SERVICES IN RUSSIA (LITERATURE REVIEW)

**N.Yu. Urukov^{1,2}, O.V. Rukodayny³, Yu.N. Urukov², O.V. Sharapova^{4,5},
L.I. Gerasimova^{4,6}, T.L. Smirnova², E.V. Barsukova⁷, N.V. Zhuravleva²**

¹‘Republican Dental Clinic’ of the Healthcare Ministry of the Chuvash Republic, 11a Moskovskii Av., Cheboksary, 428018, Russian Federation

²Chuvash State University named after. I.N. Ulyanov, 15 Moskovskii Av., Cheboksary, 428015, Russian Federation

³RUDN University, 6 Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russian Federation

⁴V.V. Vinogradov’s City Clinical Hospital, 61 Vavilova St., bldg 2, Moscow, 117292, Russian Federation

⁵Sechenov University, 2-4 Bolshaya Pirogovskaya St., Moscow, 119435, Russian Federation

⁶Russian Biotechnological University (BIOTEKH University), 11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation

⁷‘Republican Clinical Hospital № 1’ of the Healthcare Ministry of the Chuvash Republic, 9 Moskovskii Av., Cheboksary, 428018, Russian Federation

Nowadays, the importance of efficiency in providing qualified care in the field of dentistry is gaining relevance. The literature available to us indicates that 70–90 % of the child population and 100 % of the adult population of Russia suffer from various types of disease in the field of dentistry. The purpose of the study is analytical assessment of managerial and organizational decisions in building up the Russian dental service over the period from 2010 using data available in Russian literature.

© Urukov N.Yu., Rukodayny O.V., Urukov Yu.N., Sharapova O.V., Gerasimova L.I., Smirnova T.L., Barsukova E.V., Zhuravleva N.V. 2023

Nikolai Yu. Urukov – Chief Physician; Assistant of the Department of Orthopedic Dentistry (e-mail: 89276687339@mail.ru; tel.: +7 (8352) 58-64-09; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5472-2354>).

Oleg V. Rukodayny – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor (e-mail: rukodayny_ov@pfur.ru; tel.: +7 (916) 989-85-89; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9134-7189>).

Yuri N. Urukov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Orthopedic Dentistry and Orthodontics (e-mail: urukovyuri@yandex.ru; tel.: +7 (987) 125-38-13; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4220-7731>).

Olga V. Sharapova – Doctor of Medical Sciences, Professor, the Head Physician, professor of the Department of Obstetrics and Gynecology (e-mail: sharapova-olga59@mail.ru; tel.: +7 (985) 760-85-35; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0384-1705>).

Liudmila I. Gerasimova – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Educational and Methodical office; Professor of the Department of Obstetrics and Gynecology (e-mail: profgera@mail.ru; tel.: +7 (902) 327-77-77; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3976-0934>).

Tatyana L. Smirnova – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor at the Department of Obstetrics and Gynecology (e-mail: tsmr@mail.ru; tel.: +7 (927) 845-84-21; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8224-1515>).

Elena V. Barsukova – Candidate of Medical Sciences, Chief Physician, Associate Professor (e-mail: rkb@med.cap.ru; tel.: +7 (927) 668-52-51; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8441-9391>).

Nadezhda V. Zhuravleva – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Internal Medicine Department (e-mail: zhuravlevanv@mail.ru; tel.: +7 (903) 358-71-78; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6470-7724>).

The organization of dental care in Russia is provided by the Ministry of Health of the Russian Federation in accordance with the territorial-administrative affiliation of the population. In connection with the transition of the Russian Federation to a market economy, the level of budget financing of the dental industry has decreased, which has led to a significant increase in the incidence of diseases and their complications.

Thus, it is necessary to develop the most rational and appropriate options for the management of dental services at the level of each individual region of Russia and a specific situation in it taken into account. These options must necessarily consider the distinctive specific features of socio-economic development of a particular region, the current level of dental morbidity of the local population and its main trends, the provision of with all necessary resources, financial stability, as well as other socio-hygienic risk factors, which have a direct impact on the overall state of dental care.

Keywords: dental innovative technologies, organization of dental care, assessment of the effectiveness of the dental service, regional monitoring, risk factors of dental morbidity.

References

1. Baginsky A.L. Organization and quality of out-patient dental care far North Krasnoyarsk territory. *Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke*, 2016, vol. 18, no. 2, pp. 327–331 (in Russian).
2. Leontiev V.K. Administrative and professional management in dentistry (status and prospects). *The dental institute*, 2019, no. 3 (84), pp. 10–11 (in Russian).
3. Leontiev V.K., Avraamova O.G., Maly A.Y., Stepanova Y.S. On strategies of reducing the prevalence of dental caries in Russia under shortage of national financing in dentistry. *The dental institute*, 2018, no. 1 (78), pp. 13–17 (in Russian).
4. Leous P.A. The indicators for oral health: what they indicate. *Dental Forum*, 2016, no. 1, pp. 32–37 (in Russian).
5. Leus P.A., Kiselnikova A.P., Terekhova T.N. Identification of dental caries risk factors among school-age children by comparing EGOHID scores in Minsk and Moscow. *Stomatologiya*, 2017, vol. 96, no. 4, pp. 52–57. DOI: 10.17116/stomat201796452-57 (in Russian).
6. Bulgakova A.I., Andreeva Y.V., Islamova D.M. Optimization of Diagnosis and Treatment of Early Cavities Connected with Herpes Virus Infection. *Cheboksary, Sreda Publ.*, 2020, 89 p. DOI: 10.31483/a-10236 (in Russian).
7. Grinin V.M., Erkanyan I.M., Ivanov S.Yu. Incidence and risk factors of oral diseases in pregnant women. *Stomatologiya*, 2018, vol. 97, no. 4, pp. 19–22 (in Russian).
8. Grinin V.M., Kovalyova L.S. The organization of stomatological care to patients with various somatic pathology. *Problems of social hygiene, public health and history of medicine*, 2018, vol. 26, no. 2, pp. 115–118. DOI: 10.18821/0869-866X-2018-26-2-115-118 (in Russian).
9. Ekimov E.V., Skripkina G.I., Smetanin A.A., Korshunov A.P. Objective evaluation of the caries prevention efficiency. *Stomatologiya*, 2021, vol. 100, no. 5, pp. 15–18. DOI: 10.17116/stomat202110005115 (in Russian).
10. Gushchin V.V., Vorobyev M.V., Moseeva M.V., Chaikin V.A. Dental health indicators in the background on the polymorbid pathology in the elderly. *The dental institute*, 2021, no. 2 (91), pp. 24–25 (in Russian).
11. Korolenkova M.V., Khachatryan A.G., Poberezhnaya A.A., Krechetova M.S. Dental caries prevention program in children and adolescents living in residential institutions. *Stomatologiya*, 2022, vol. 101, no. 4, pp. 61–67. DOI: 10.17116/stomat202210104161
12. Yeliseyeva N.B., Belova N.M. New technologies in the prevention of dental caries and remineralization of dental hard tissues. *Stomatologiya dlya vsekh*, 2015, no. 3, pp. 32–34 (in Russian).
13. Iordanishvili A.K., Pikhur O.L., Malina M.S., Tytyuk S.Y. Prevalence, clinical and morphological features of tooth root caries in the adult human. *Stomatologiya*, 2019, vol. 98, no. 4, pp. 38–43. DOI: 10.17116/stomat20199804138 (in Russian).
14. Rozakova L.Sh., Hamadeeva A.M., Avraamova O.G., Stepanov G.V., Filatova N.V. Epidemiological rationale for community-based programs of caries prevention of permanent teeth for children of Samara city. *Stomatologiya*, 2020, vol. 99, no. 1, pp. 66–69. DOI: 10.17116/stomat20209901166 (in Russian).
15. Naumova V.N., Akulin I.M. Options of interdisciplinary interaction in dental treatment of patients with socially significant somatic diseases. *The dental institute*, 2019, no. 4 (85), pp. 30–31 (in Russian).
16. Naumova V.N., Maslak E.E. Medical and organizational approaches to the prevention and early detection of general diseases in dental patients. *The dental institute*, 2019, no. 3 (84), pp. 68–69 (in Russian).
17. Health system efficiency: how to make measurement matter for policy and management. *World Health Organization*, 2016. Available at: <https://iris.who.int/handle/10665/326305> (August 16, 2023).
18. Arkharova O.N., Peshkova M.V., Khasyanov A.I., Nimaev A.B. Quality of life criteria as efficiency indicator of dental treatment. *Clinical Dentistry*, 2015, no. 4 (76), pp. 64–68 (in Russian).
19. Ippolitov Yu.A., Plotnikova Ya.A., Seredin P.V., Goloshchapov D.L., Berkovich M.V. Hygienic aspects of endo- and exogenic methods of prevention of caries and their efficiency in the remineralization of teeth enamel. *Gigiena i sanitariya*, 2018, vol. 97, no. 8, pp. 710–713. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-8-710-713 (in Russian).
20. Denisov I.N., Reze A.G., Volnuhin A.V., Azizova D.Iu. The patients' evaluation of medical service at the out-patient level. *Problems of social hygiene, public health and history of medicine*, 2019, no. 3 (27), pp. 243–247 (in Russian).
21. Sarkisyan N.G., Kataeva N.N., Khokhryakova D.A., Melikyan S.G. Assessment of the relationship between the physicochemical parameters of saliva, the type of nutrition and the quality of drinking water. *Vrach*, 2022, vol. 33, no. 7, pp. 68–71 (in Russian).
22. Razmakhnina E.M., Kiseleva E.A. Rationale for caries prevention in young adults based on caries resistance rates. *Stomatologiya*, 2018, vol. 97, no. 2, pp. 34–36. DOI: 10.17116/stomat201897234-36 (in Russian).

23. Grinin V.M., Kabak D.S., Vagner V.D., Epifanov S.A., Zhivotov V.A. Assessment of dental status of patients undergoing treatment in a multidisciplinary hospital. *Clinical Dentistry*, 2019, vol. 91, no. 3, pp. 83–85. DOI: 10.37988/1811-153X_2019_3_83 (in Russian).
24. Kiselnikova L.P., Zueva T.E., Sedoykin A.G., Drobotko L.N. Tekhnologii profilaktiki i lecheniya kariesa zubov u de-tyey [Technologies for the prevention and treatment of dental caries in children]. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2021, 184 p. (in Russian).
25. Melikyan I.A., Akhmedov G.D., Toporkov V.A., Ignatov N.G., Gurevich K.G. Development of a way of assessment of the generalized stomatologic health of the patient. *The dental institute*, 2018, no. 2 (79), pp. 24–25 (in Russian).
26. Kireev V.V., Dorofeev A.E., Sevbitov A.V., Grinin V.M., Teplova A.V. Periodontal care at an outpatient dental ap-pointment in elderly patients. *Medical & pharmaceutical journal pulse*, 2023, vol. 25, no. 9, pp. 10–18 (in Russian).
27. Korolenkova M.V., Khachatryan A.G., Poberezhnaya A.A., Krechetova M.S. Dental caries prevention program in children and adolescents living in residential institutions. *Stomatologiya*, 2022, vol. 101, no. 4, pp. 61–67. DOI: 10.17116/stomat202210104161
28. Mingazova E.N., Uliyanov Yu.A., Mirgazizov M.Z. The analysis of advantages of network structures in stomatology. *Problems of social hygiene, public health and history of medicine*, 2018, vol. 26, no. 6, pp. 432–435 (in Russian).
29. Agarkov N.M., Gontarev S.N., Lutsenko V.D., Yakovlev A.P., Ivanov A.V. Mathematical-cartographic modeling and forecasting of caries and acute apical periodontitis incidence in pediatric population. *Stomatologiya*, 2017, vol. 96, no. 6, pp. 48–55. DOI: 10.17116/stomat201796648-55
30. Bolshov I.N. Problems of organizing and improving the quality of dental care (Based on the materials of social in-terview of dentists). *The actual problems in dentistry*, 2016, vol. 12, no. 1, pp. 110–114. DOI: 10.18481/2077-7566-2016-12-1-110-114 (in Russian).
31. Tairova R.T., Berseneva E.A. The medical sociological monitoring as a strategic element of management of medi-cal care quality. *Problems of social hygiene, public health and history of medicine*, 2018, vol. 26, no. 2, pp. 111–114. DOI: 10.18821/0869-866X-2018-22-2-111-114 (in Russian).

Urukov N.Yu., Rukodayny O.V., Urukov Yu.N., Sharapova O.V., Gerasimova L.I., Smirnova T.L., Barsukova E.V., Zhurav-leva N.V. Aspects of managerial and organizational decisions in building dental services in Russia (literature review). *Health Risk Analysis*, 2023, no. 4, pp. 172–180. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.16.eng

Получена: 16.10.2023

Одобрена: 10.11.2023

Принята к публикации: 05.12.2023



Обзорная статья

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОНТАКТНЫХ ДЕРМАТИТОВ

А.М. Амромина, Д.Р. Шаихова, И.А. Берёза

Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий, Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Попова, 30

Профессиональный контактный дерматит представляет собой актуальную и важную проблему гигиены труда, имеющую серьезные экономические и социальные последствия. Среди возможных факторов риска развития данного заболевания внимание исследователей уделяется генетической предрасположенности. Поиск и определение полиморфизмов, ассоциированных с профессиональной патологией, позволят специалистам выделять группы риска, проводить своевременные профилактические мероприятия и коррекцию лечения, руководствуясь персонализированным подходом в медицине.

Осуществлено обобщение накопленных результатов по изучению генетических факторов риска развития профессиональных контактных дерматитов. Тремя исследователями независимо друг от друга был проведен поиск и анализ научной литературы о генетической предрасположенности к развитию профессиональных дерматитов в базах данных PubMed, Google Scholar, eLibrary и «КиберЛенинка» с 1990 по 2023 г. Авторы проанализировали 88 научных публикаций, из которых в данный обзор были включены 32 статьи.

Поиск генетических факторов риска развития профессиональных контактных дерматитов чаще изучается на примере работников металлургического производства. Основное внимание исследователей сосредоточено на поиске возможных генов-кандидатов среди генов барьерной функции кожи, провоспалительных и противовоспалительных генов, генов биотрансформации ксенобиотиков. Наиболее убедительные данные для использования генетических полиморфизмов в качестве факторов риска развития данных кожных заболеваний продемонстрированы для гена филаггрина (FLG), участвующего в поддержании кожного барьера, и гена-фактора некроза опухоли (TNF-α), который участвует в защите организма и клеток от воспаления и апоптоза. Однако имеющихся данных недостаточно для использования генетических полиморфизмов как факторов риска развития профессиональных кожных патологий. Необходимы дальнейшие исследования, учитывающие механизм взаимодействия разных генов при формировании контактных дерматитов, возникающих в результате профессионального воздействия.

Ключевые слова: генетические факторы риска, генетическая предрасположенность, аллергический контактный дерматит, раздражающий контактный дерматит, профессиональные контактные дерматиты, полиморфизмы генов, гены-кандидаты.

Профессиональный контактный дерматит, регистрируемый врачами дерматологами в ходе периодических медицинских осмотров у работников различных отраслей промышленности, является важной и актуальной проблемой гигиены труда. В европейских странах доля профессиональных контактных дерматитов достигает 45 % от всех профессиональных заболеваний [1, 2]. При этом отечественные и зарубежные исследователи отмечают низкий процент выявляемости данной патологии в связи с желанием пациентов скрыть заболевание, а также со сложностями в постановке диагноза [3].

Профессиональные контактные дерматиты имеют серьезные экономические и социальные последствия, особенно для стран с развитой промышленностью. Значительные экономические потери складываются из оплаты пособий по причине временной утраты трудоспособности, лечения, компенсации и др. Также развитие этих патологий приводит к ухудшению качества жизни работников, снижению дохода и производительности [4].

Известно, что профессиональные контактные дерматиты возникают в результате воздействия на кожные покровы химических, физических или био-

© Амромина А.М., Шаихова Д.Р., Берёза И.А., 2023

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.boa@mail.ru; тел.: 8 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7029-3406>).

Берёза Иван Андреевич – научный сотрудник отдела молекулярной биологии и электронной микроскопии (e-mail: berezaia@ymrc.ru; тел.: 8 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4109-9268>).

логических агентов, с которыми контактируют рабочие в процессе трудовой деятельности. Однако, несмотря на сопоставимое воздействие аллергенов и раздражителей на кожу рабочих, заболевания развиваются только у части работников. Также существуют явные различия в манифестации заболевания и в проявлении тяжести его симптомов. Данные особенности могут свидетельствовать о наличии генетической предрасположенности у некоторых работников и их повышенной восприимчивости к развитию профессиональных контактных дерматитов.

Работы по поиску генетических биомаркеров восприимчивости к развитию профессиональных дерматитов ведутся специалистами в течение второго десятилетия [5–9]. Данные о генетических факторах риска развития дерматитов позволят установить механизмы возникновения заболевания и способы его профилактики еще до момента проявления симптоматики. Также поиск и определение полиморфизмов, ассоциированных с профессиональной патологией, предоставят возможность специалистам формировать группы риска среди работников предприятий, определять индивидуальный риск развития патологии, проводить своевременные профилактические мероприятия и коррекцию лечения, что в конечном счете позволит эффективно управлять профессиональными рисками.

Развитие генетической науки и доступность генетических технологий позволили проникнуть этой области знаний во все сферы медицины, в том числе в гигиену и медицину труда. Накопленные данные в этой области необходимы для развития персонализированного подхода в медицине с целью сохранения здоровья и повышения качества жизни населения трудоспособного возраста.

Цель исследования – обобщение накопленных результатов по изучению генетических факторов риска развития профессиональных контактных дерматитов.

Материалы и методы. Для данного обзора была проанализирована имеющаяся научная литература и результаты исследований генетической предрасположенности к профессиональным контактным дерматитам у работников различных сфер профессиональной деятельности. Систематический литературный поиск проводился тремя авторами независимо друга от друга в базах данных PubMed, Google Scholar, eLibrary и «КиберЛенинка» с 1990 по 2023 г. Для поиска необходимой литературы использовались следующие ключевые словосочетания и их английский перевод: «генетика контактного профессионального дерматита», «генетика профессионального аллергического контактного дерматита», «генетика профессионального раздражающего контактного дерматита», «генетическая предрасположенность к профессиональному дерматиту», «полиморфизм генов при профессиональном дерматите».

Критериями исключения статей из обзора было отсутствие информации о профессиональной этиологии заболевания или профессиональном воздейст-

вии контактного раздражителя или аллергена, отсутствие генетической части в исследовании, а также статьи обзорного характера. В ходе подготовки данного обзора было проанализировано 88 научных публикаций, из которых были исключены 56 статей по вышеупомянутым критериям. Из оставшихся 32 публикаций извлекли данные, используя программу Excel.

В данном обзоре применяется разделение профессиональных контактных дерматитов на основании механизмов возникновения кожных заболеваний, так как это имеет принципиальное значение для поиска генетических ассоциаций с заболеваниями и не соответствует классификации, принятой МКБ-10.

Результаты и их обсуждение. К профессиям, связанным с высоким риском возникновения и развития профессиональных контактных дерматитов, относят парикмахеров, строителей, сварщиков, стоматологов, медицинских работников и профессии, связанные с обработкой металлов [2]. Исследования генетической предрасположенности к их развитию, по данным нашего обзора, чаще изучались на рабочих, задействованных в металлургическом производстве (25 %), строительной промышленности (19 %) и в здравоохранении (16 %) (рис. 1).



Рис. 1. Распределение (%) генетических исследований, посвященных развитию профессиональных контактных дерматитов, для различных областей профессиональной деятельности

В профессиональных контактных дерматитах можно выделить две большие группы из-за принципиальных различий в механизмах возникновения патологий: аллергический контактный дерматит (АКД) и раздражающий контактный дерматит (РКД). Для АКД характерна предварительная сенсибилизация к аллергену, и развитие заболевания идет по типу замедленной гиперчувствительности. РКД, в свою очередь,

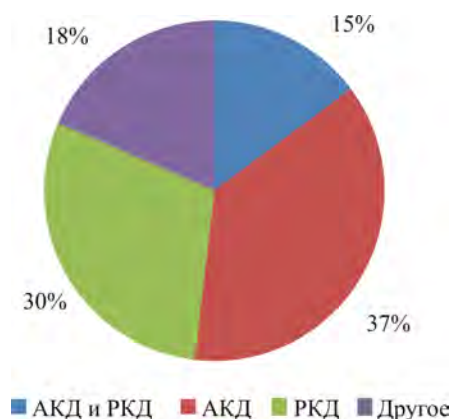


Рис. 2. Распределение (%) статей, изучающих генетическую предрасположенность к профессиональным контактным дерматитам по типам патологии

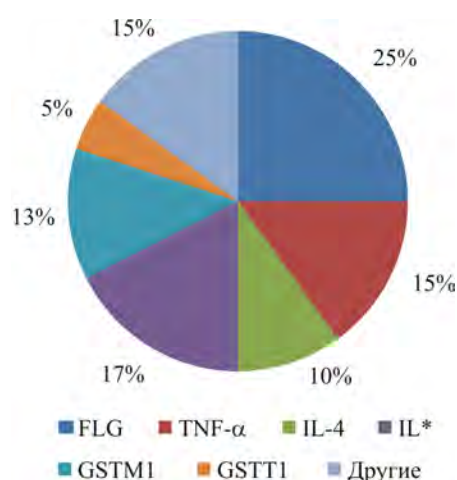


Рис. 3. Распределение (%) генов, исследуемых в качестве возможных предикторов развития профессиональных контактных дерматитов (IL* – гены интерлейкинов)

представляет собой воспалительную реакцию в результате прямого воздействия раздражающего вещества [1]. Результаты анализа научных публикаций показывают, что исследователи практически в равной степени интересуются генетической предрасположенностью к развитию профессионально-обусловленных АКД (37 %) и РКД (30 %) (рис. 2), однако стоит отметить, что значительный процент статей, посвященных

профессиональным АКД, принадлежит российским исследователям, тогда как зарубежные коллеги в большей степени фокусируют свои исследования на РКД. Данные различия, скорее всего, связаны с тем, что у зарубежных исследователей среди выявляемых контактных дерматитов, вызванных воздействием профессиональной среды, около 90 % составляет РКД, в то время как отечественные данные сообщают о значительном вкладе – около 50 % – АКД [1, 10].

На рис. 3 представлены гены, полиморфизмы которых изучают в связи с индивидуальной восприимчивостью к развитию профессиональных контактных дерматитов у рабочих. Среди них можно выделить три большие группы: гены барьерной функции кожи (FLG – 18 %), про- и противовоспалительные гены (IL – 17 %, TNF-α – 15 %) и гены детоксикации (GSTM1 – 15 %, GSTT1 – 5 %, CYP1A1, CYP3A4).

Из данных, представленных в таблице, можно сделать вывод, что гены, полиморфизмы которых рассматривают в качестве возможных предикторов к развитию профессиональных дерматитов, существенно не отличаются для АКД и РКД, за исключением того, что гены биотрансформации ксенобиотиков рассматриваются в рамках развития профессионального АКД, но не РКД.

Гены барьерной функции кожи. Среди генов барьерной функции кожи, предположительно вовлеченных в развитие контактных дерматитов, внимание уделяется полиморфизмам генов LCE3B и LCE3C, CLDN1, SPINK5 и FLG [6, 11, 12].

Ген FLG кодирует белок, который агрегирует кератиновые промежуточные филаменты в эпидермисе млекопитающих, являясь ключевым компонентом рогового слоя [13]. Предположительно, снижение или потеря функции филагтрина приводит к нарушению формирования кожного барьера и повышенному прохождению антигенов, аллергенов и химических веществ через эпидермис и тем самым способствует развитию дерматитов [14]. Известно более 20 мутаций с потерей функции в гене FLG, одни из ключевых связаны с делециями некоторых участков гена и чаще всего рассматриваются исследователями в контексте генетической предрасположенности к профессиональным дерматитам, а именно R501X, 2282del4, S3247X и R2447X [6, 13].

Гены, полиморфизмы и аллели которых рассматривают в качестве возможных биомаркеров восприимчивости к развитию профессиональных контактных дерматитов

Функция	Аллергический контактный дерматит	Раздражающий контактный дерматит	Аллергический и раздражающий контактные дерматиты
Кожный барьер	FLG	FLG	FLG, SPINK5
Воспаление	TNF-α, IL-4, IL-33, IL-5, IL-16, IL-10	TNF-α, IL-1A, IL-4	TNF-α, HLA-B, HLA-DRB1, HLA-DQA1, HLA-DQB1, IL-4, IL-31, IL-1Ra, IL-1A
Биотрансформация ксенобиотиков	GSTM1, GSTT1, CYP1A1, CYP3A4, EPHX1	–	NAT1, NAT2, GSTT1, GSTM1

В нидерландском исследовании авторы изучали ассоциации мутаций в гене FLG с профессиональным дерматитом у 506 рабочих строительной отрасли, контактировавших с такими раздражающими кожу агентами, как цемент, эпоксидные смолы, растворители и абразивные материалы. По данным работы, носительство мутаций в гене FLG было значимо связано как с легкой, так и с тяжелой формой профессионального дерматита (ОШ = 5,71; 95 % ДИ (1,63–20,06) и ОШ = 8,26; 95 % ДИ (2,32–29,39) соответственно). Однако стоит отметить, что в данном исследовании носительство генотипов с потерей функции филагтрина по 4 полиморфизмам (R501X, 2282del4, S3247X и R2447X) было определено только для 32 рабочих [6]. Аналогичные результаты были получены в другой работе, проведенной на голландских строителях, страдающих контактным дерматитом, вызванным факторами рабочей среды. Авторы исследования установили, что носительство делеционных вариантов FLG способствует развитию патологии и ее протеканию в тяжелой форме (ОШ = 4,34; 95 % ДИ (1,64–11,47) и ОШ = 5,83; 95 % ДИ (1,64–20,78) соответственно) [15].

В другом исследовании рассматривали связь двух полиморфизмов FLG (R501X и 2282del4) и хронического РКД среди пациентов, занятых в различных профессиональных областях, в том числе здравоохранении, металлургии, строительстве, парикмахерском деле и косметологии, пищевой промышленности и других. В качестве группы сравнения были подобраны студенты, обучающиеся по аналогичным профессиональным направлениям. Результаты работы продемонстрировали тенденцию к носительству нулевых аллелей полиморфизмов FLG у пациентов с хроническим РКД. Носительство гетерозиготных генотипов полиморфизмов R501X и 2282del4 в гене FLG было выше в группе пациентов с хроническим РКД в сопоставлении с группой сравнения (ОШ = 1,91; 95 % ДИ (1,02–3,59)). Также в работе было выявлено, что в группе сравнения признаки дерматита встречались гораздо чаще у носителей нулевых мутаций в гене филагтрина ($p < 0,001$) [16]. Данный вывод был частично подтвержден результатами других авторов, которые выявили влияние гетерозиготного генотипа полиморфизма 2282del4 на развитие профессионального дерматита ($\chi^2 = 8,622$; $p < 0,01$) [17].

Исследование M.J. Visser et al. продемонстрировало, что пациенты, страдающие от профессионального РКД, являются носителями четырех мутаций с потерей функции белка филагтрина FLG (ОШ = 2,09; 95 % ДИ (1,33–3,28)), количество пациентов с носительством нулевых мутаций составляло 8,5 %. Связь с развитием профессионального РКД также была отмечена у носителей нулевых вариантов полиморфизмов R501X и 2282del4 (ОШ = 2,25; 95 % ДИ (1,07–4,75) и ОШ = 2,02; 95 % ДИ (1,17–3,49) соответственно) [18]. Аналогичные результаты были получены и в другой работе, где носительство нуле-

вых мутаций было связано с тяжестью клинического течения дерматита [19].

Однако не все исследования подтверждают влияние полиморфизмов филагтрина на развитие профессиональных контактных дерматитов [8, 20]. Работа, рассматривавшая развитие профессионального АКД, продемонстрировала отсутствие влияния полиморфизмов гена FLG на манифестацию заболевания. Авторы данной работы объясняют свой результат низкой распространенностью делеционных вариантов в хорватской популяции [20]. Результаты исследования развития АКД среди нефтеработников также не подтвердили связь мутации в гене FLG 282del4 с формированием АКД [8]. Следует отметить, что рассматриваемые полиморфизмы гена FLG имеют низкую встречаемость в европейской популяции: так, частота встречаемости нулевых мутаций полиморфизмов R501X и 2282del4 составляет не более 9 % [14].

Среди генов, вовлеченных в барьерную функцию кожи, также выделяют SPINK5 (ингибитор сериновой пептидазы), который участвует в морфогенезе кожи и волос, а также в противовоспалительной и антимикробной защите эпителия слизистых. Дисфункция SPINK5 может привести к аномальной дифференцировке кератиноцитов и нарушению барьерной функции кожи [21]. В работе, изучающей атопический и неатопический дерматит среди медперсонала, было установлено влияние SNP rs6892205 гена SPINK5 на развитие неатопического дерматита рук, а именно ассоциацию аллеля G с заболеванием ($p = 0,00086$). Аллель G увеличивает риск развития дерматита (ОШ = 3,79; 95 % ДИ (1,55–9,28); $p = 0,0036$) и, возможно, является биомаркером восприимчивости к развитию заболевания среди медперсонала [22].

Гены биотрансформации ксенобиотиков. Возможный вклад в индивидуальные различия в возникновение и развитие профессиональных дерматитов могут играть полиморфизмы генов, чьи белковые продукты участвуют в биотрансформации аллергенов и ксенобиотиков. Наиболее обширные исследования в этой теме были проведены с полиморфизмами генов цитохрома P450, глутатион-S-трансфераз и N-ацетилтрансфераз.

Среди N-ацетилтрансфераз рассматриваются полиморфизмы двух генов, NAT1 (N-ацетилтрансфераза 1) и NAT2 (N-ацетилтрансфераза 2). Цитозольные ферменты, кодируемые этими генами, катализируют реакции ацетилирования. Считается, что данные белки участвуют в метаболизме лекарств и ксенобиотиков, а также предполагается их роль в метаболизме аллергенов [23]. Именно в связи с этой функцией в организме человека полиморфизмы данных генов изучали в качестве возможных факторов риска развития профессиональных контактных дерматитов.

В работе, проведенной на обследовании китайских рабочих с диагнозом гиперчувствительного дер-

матита, была показана связь полиморфизмов гена NAT2, но не NAT1, с риском развития заболевания, вызванного воздействием трихлорэтилена. Пациенты с одним или двумя мутантными аллелями NAT2 (промежуточный или медленный ацетилятор) заболевали в 2,01 раза чаще, чем пациенты с диким аллелем (быстрый ацетилятор) [7].

Делеционные полиморфизмы ферментов глутатион-S-трансфераз класса М и Т рассматриваются в многочисленных работах в связи с предрасположенностью к различным заболеваниям, в том числе к профессиональным дерматитам [24–26]. Белковые продукты этих генов участвуют в реакциях второй фазы детоксикации ксенобиотиков. Наличие делеционного полиморфизма в генах GSTM1 и GSTT1 свидетельствует об отсутствии активности ферментов, что связывают с возможной сниженной способностью элиминировать токсичные соединения в организме [27]. Гены подсемейства цитохрома P450 1A (CYP1A) человека играют важнейшую роль в метаболизме эндогенных субстратов и экзогенных соединений, в том числе различных ксенобиотиков и лекарств. SNP, вызывающие потерю функции ферментов цитохрома P450 CYP1A1 или CYP1A2, связаны с более низкой способностью дезактивировать ксенобиотики и риском развития заболеваний [27–29].

В работе, изучающей профессиональный дерматит у работников строительной отрасли, находящихся в контакте с цементом, который содержит шестивалентный хром или его соединения, являющиеся кожными аллергенами, было установлено влияние нулевого (делеционного) генотипа GSTT1, но не GSTM1, на развитие заболевания и повышенную чувствительность к соединениям хрома (ОШ = 5,5; 95 % ДИ (1,4–36,2)) [24]. Отсутствие связи между профессиональным дерматитом и делеционным генотипом GSTM1 было продемонстрировано еще в одном исследовании [30]. Однако в нем было обнаружено влияние полиморфизма GSTM1 на тяжесть проявления клинических симптомов АКД, делеция GSTM1 была ассоциирована с тяжелым течением заболевания, формированием сочетанной патологии и ранней манифестации. Аналогичные результаты были получены и в другой работе [28]. Влияние нулевого генотипа GSTM1 на развитие АКД не было установлено в исследовании, изучающем данную патологию у нефтерботников [8].

Анализ полиморфизмов генов цитохрома у больных профаллергодерматозами продемонстрировал, что носительство гетерозиготного генотипа A/G полиморфизма CYP1A1*2C чаще встречается у пациентов с данным заболеванием в анамнезе ($\chi^2 = 9,27$; $p < 0,01$), в сравнении с группой популяционного контроля – 19,5 % [28]. То же самое касается и гетерозиготного генотипа A/G гена EPHX1 A415G ($\chi^2 = 3,86$; $p < 0,05$), который ответственен за биотрансформацию эпоксидов в результате деградации ароматических соединений.

Провоспалительные и противовоспалительные гены. Иммунный ответ занимает важное место в воспалительной реакции при развитии профессиональных контактных дерматитов. На контактный дерматит могут влиять гены, модулирующие кожное воспаление. В связи с этим особое внимание в выявлении генетической предрасположенности занимает изучение полиморфизмов генов цитокинов.

Ген TNF- α (фактор некроза опухоли) кодирует многофункциональный провоспалительный цитокин и участвует в защите организма и клеток от воспаления и апоптоза, играет жизненно важную роль в поддержании иммунного гомеостаза [31]. По существу данным ген TNF- α и его полиморфизмы вносят значительный вклад в формирование кожных заболеваний [31, 32].

В китайском исследовании развития дерматита, вызванного воздействием трихлорэтилена на рабочем месте, было обнаружено, что среди работников с гетерозиготным генотипом TNF- α -308 риск развития дерматита ниже по сравнению с гомозиготным генотипом (ОШ = 0,398; 95 % ДИ (0,164–0,967)) [33]. Данный результат свидетельствует о возможном вкладе генетического полиморфизма TNF- α -308 в патогенез развития дерматита, индуцированного воздействием трихлорэтилена, и защитной роли гетерозиготного генотипа. Однако в работе, проведенной на материале обследования рабочих строительной отрасли, подвергающихся воздействию соединений хрома, наоборот, было показано, что носители гетерозиготного генотипа TNF- α -308 более чувствительны к соединениям хрома по сравнению с носителями гомозиготного генотипа GG (ОШ = 3,9; 95 % ДИ (1,1–13,2)) [24]. Более высокая частота аллеля А, носительство гомо- и гетерозиготных генотипов TNF- α -308 были обнаружены у пациентов с профессиональным АКД, по сравнению с данными контрольной группы ($\chi^2 = 8,75$; $p < 0,005$) [9]. В другом исследовании у пациентов с низким уровнем воздействия раздражителей на кожу во время рабочего процесса было установлено, что аллель А полиморфизма TNF- α -308 связан с повышенным риском ($p = 0,024$) развития хронического РКД и повышенной распространенностью экземы [34]. Однако другой полиморфизм, TNF- α -238, не был связан с возникновением и развитием хронического РКД.

Заболеваемость дерматитом у людей с носительством полиморфного варианта TNF- α -308 (ОШ = 1,33; 95 % ДИ (1,05–1,74)) была подтверждена и в другом исследовании, проведенном на 478 пациентах с профессиональным диагнозом, работающих в сферах здравоохранения, металлургии и косметологии. В этой же работе авторы также установили, что носители полиморфного варианта TNF- α -238 реже страдают от РКД (ОШ = 0,57; 95 % ДИ (0,34–0,97)), что свидетельствует о защитном эффекте аллеля А [35]. Связь аллеля А с дерматитом была продемонстрирована в работе, проведенной на медперсонале.

Медицинские работники с диагнозом хронического РКД и носители аллеля А TNF- α -308 страдали от повышенной восприимчивости к раздражению кожи, слабого ответа на лечение и медленного восстановления [36].

Интерлейкины представляют собой основной подкласс цитокинов, играющих центральную роль в реакциях иммунной системы и воспалительных процессах. Гены и полиморфизмы различных интерлейкинов связаны с предрасположенностью к заболеваниям, а также влияют на индивидуальную восприимчивость в ответ на контактные аллергены и раздражители [37–39].

Результаты исследования АКД в Башкортостане продемонстрировали вклад полиморфизма rs3939286 гена IL-33 в развитие данной патологии. Носительство аллеля Т увеличивало риск формирования АКД в 1,5 раза ($\chi^2=4,48$; ОШ = 1,56; $p=0,03$) [39]. Другая работа данной группы ученых установила влияние полиморфизма rs2069812 гена IL-5 на развитие профессионального аллергического дерматита, частота аллеля Т была выше в группе больных по сравнению с группой контроля (43,0 против 32,5 %; $\chi^2=4,223$; $p=0,04$) [40].

Анализ связи полиморфизма rs4778889 гена IL-16 с диагнозом АКД среди египетских рабочих строительной области выявил тенденцию носительства генотипов СС/СТ и аллеля С у больных по сравнению с контрольными данными ($p=0,08$). Также в этом исследовании была продемонстрирована высокая частота встречаемости генотипов СС/СТ у пациентов с реакцией на воздействие формальдегида ($p<0,05$) [41].

Контакт раздражающего агента с кожей провоцирует высвобождение IL-1A в роговом слое кожи на первом этапе воспалительного процесса. В связи с этим был изучен полиморфизм IL-1A-889 (rs1800587) как фактор риска возникновения профессионального РКД среди пациентов, работающих в разных отраслях. Результаты показали возможный защитный эффект аллеля Т в отношении развития РКД ($p=0,06$) [42].

Л.П. Кузьмина с соавт. продемонстрировали статистически достоверное увеличение частоты носительства полиморфных вариантов генов цитокинов IL-4 C589T ($\chi^2=19,29$; $p<0,001$), IL-10 C819T ($\chi^2=21,04$; $p<0,001$), IL-10 G1082A ($\chi^2=26,05$; $p<0,001$) у рабочих с диагнозом профессионального АКД. Кроме этого, в данном исследовании обнаружили, что в 80 % случаев носительство гомозиготного генотипа АА гена IL-10 способствует ранней манифестации патологии после первого контакта с профессиональным фактором [9].

Анализ связи полиморфизмов в генах IL-1Ra и IL-4 (rs2234663 и rs79071878 соответственно) с развитием дерматита из-за профессионально-обусловленного воздействия металлических сплавов на основе метилметакрилата продемонстрировал статистически значимую разницу между основной и контрольной группами в выраженности симптомов

дерматита [43]. Несмотря на имеющиеся результаты о влиянии полиморфизмов интерлейкинов на развитие профессиональных контактных дерматитов, так же существуют исследования, опровергающие эту взаимосвязь [24, 33, 34].

Важную роль в регуляции иммунной системы имеют гены HLA (геномная область человеческого лейкоцитарного антигена). Гены HLA характеризуются высокой степенью аллельного полиморфизма. В литературе имеются данные о связи полиморфных вариантов HLA с аллергическими и аутоиммунными заболеваниями, в том числе с развитием дерматитов и гиперчувствительностью к химическим соединениям [44]. В исследовании, проведенном на материале обследования китайских рабочих, которые в ходе своей трудовой деятельности подвергались воздействию трихлорэтилена, был продемонстрирован риск развития гиперчувствительного дерматита у рабочих с наличием аллеля HLA-B*1301 (ОШ = 27,5; 95 % ДИ (13,5–55,7)) [5]. Однако данный аллель присутствует только у азиатской популяции, вследствие чего не может рассматриваться как специфический биомаркер для работающего населения в целом.

Кроме того, с помощью секвенирования 1074 SNP в 188 генах у медперсонала из США удалось установить связь между еще несколькими полиморфизмами генов и предрасположенностью к развитию РКД. По данным В. Yucesoy et al. было показано, что полиморфизмы в генах EGF (rs10029654), EGFR (rs12718939), CXCL12 (rs197452) и VCAM1 (rs3917018) связаны с развитием профессионального РКД у медработников [45]. Члены семейства EGF (эпидермальный фактор роста) участвуют в кожных иммунных / воспалительных реакциях, а EGFR представляет собой трансмембранный тирозинкиназный рецептор, участвующий в пролиферации клеток и дифференцировке кератиноцитов [46, 47]. VCAM1 представляет собой молекулу адгезии, которая также играет роль в воспалительных реакциях кожи [48]. Кроме того, в данной работе были установлены связи между полиморфизмами генов и реакцией кожи на различные раздражители. Так, SNP ACACB (rs2268387, rs16934132 и rs2284685) были связаны с кожной реакцией на низкие и высокие уровни лаурилсульфат натрия, SNP rs1179251 IL-22 был связан с реакцией кожи на 1 % NaOH, а SNP PLAU rs2227564 и rs6593202 EGFR были связаны с реакцией кожи на средние и высокие уровни NaOH.

Выводы. Исследования индивидуальной предрасположенности к развитию профессиональных контактных дерматитов сосредоточены на трех основных группах генетических полиморфизмов, связанных с 1) барьерной функцией кожи; 2) воспалительными реакциями и иммунным ответом; 3) биотрансформацией ксенобиотиков; причем последние рассматриваются при развитии профессионального АКД. Наибольшее внимание в качестве возможных предикторов развития заболеваний уделяется полиморфизмам

генов FLG и TNF- α . Несмотря на достоверные связи полиморфизмов с развитием профессиональных контактных дерматитов, накопленных данных все еще недостаточно для использования генетических полиморфизмов как факторов риска развития профессиональных кожных патологий. Важно учитывать пол, возраст, этническую принадлежность у рассматриваемой группы работников, частоту полиморфизма в этой популяции, а также вещество, вызывающее профессиональный контактный дерматит, его форму и концентрацию для высокой прогностической ценности выявляемого генетического предиктора к развитию патологии. В связи с этим необходимы дальнейшие исследования по подтверждению уже известных и выявлению новых генетических предикторов развития профессиональных контактных дерматитов. В будущем эти данные позволят идентифицировать

генетическую предрасположенность работников уже при поступлении на рабочее место и на этом этапе оценивать индивидуальный риск работника и предупреждать развитие профессионального заболевания.

В формировании и развитии профессиональных контактных дерматитов участвует сложный механизм взаимодействия разных генов, возможно, именно такой подход поможет с достаточной долей вероятности выявлять среди работников группы риска на основе генетической предрасположенности и оказывать им необходимую профилактическую и доклиническую помощь.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Mijakoski D. Occupational skin diseases // In book: Allergy and Immunotoxicology in Occupational Health – The Next Step / ed. by T. Otsuki, M. Di Gioacchino, C. Petrarca. – Singapore: Springer, 2020. – P. 129–149. DOI: 10.1007/978-981-15-4735-5_9
2. Srinivas C.R., Sethy M. Occupational dermatoses // Indian Dermatol. Online J. – 2022. – Vol. 14, № 1. – P. 21–31. DOI: 10.4103/idoj.idoj_332_22
3. Современный подход к диагностике профессиональных болезней кожи у работников промышленных предприятий Свердловской области / М.А. Уфимцева, К.И. Николаева, Т.А. Береснева, Е.С. Мыльникова, А.С. Шубина, К.Н. Сорокина, М.С. Ефимова, А.А. Комаров // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 2. – С. 189. DOI: 10.17513/spno.30580
4. Occupational contact dermatitis among young people in Denmark – A survey of causes and long-term consequences / J.B. Dietz, T. Menne, H.W. Meyer, S. Viskum, M.A. Flyvholm, U. Ahrensbohl-Friis, S.M. John, J.D. Johansen // Contact Dermatitis. – 2022. – Vol. 86, № 5. – P. 404–416. DOI: 10.1111/cod.14050
5. HLA-B*1301 as a biomarker for genetic susceptibility to hypersensitivity dermatitis induced by trichloroethylene among workers in China / H. Li, Y. Dai, H. Huang, L. Li, S. Leng, J. Cheng, Y. Niu, H. Duan [et al.] // Environ. Health Perspect. – 2007. – Vol. 115, № 11. – P. 1553–1556. DOI: 10.1289/ehp.10325
6. Contact dermatitis in the construction industry: the role of filaggrin loss-of-function mutations / J.G. Timmerman, D. Heederik, T. Spee, F.G. van Roooy, E.J. Krop, G.H. Koppelman, T. Rustemeyer, L.A. Smit // Br. J. Dermatol. – 2016. – Vol. 174, № 2. – P. 348–355. DOI: 10.1111/bjd.14215
7. Effects of genetic polymorphisms of N-Acetyltransferase on trichloroethylene-induced hypersensitivity dermatitis among exposed workers / Y. Dai, S. Leng, L. Li, Y. Niu, H. Huang, Q. Liu, H. Duan, J. Cheng [et al.] // Ind. Health. – 2009. – Vol. 47, № 5. – P. 479–486. DOI: 10.2486/indhealth.47.479
8. Ильинских Н.Н., Ильинских Е.Н. Роль цитогенетической нестабильности и полиморфизма генов белков глутатион-S-трансферазы и филлагрина в развитии профессионального дерматита у рабочих нефтепромыслов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2017. – № 1 (41). – С. 18–27. DOI: 10.21685/2072-3032-2017-1-2
9. Кузьмина Л.П., Измерова Н.И., Коляскина М.М. Роль полиморфных генов интерлейкина-4, -10 и фактора некроза опухоли-А в патогенезе профессиональных аллергодерматозов // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2015. – Т. 159, № 6. – С. 758–760.
10. Факторы риска и особенности развития профессиональных заболеваний кожи у работающих Республики Башкортостан / А.А. Фасхутдинова, Э.Т. Валеева, А.У. Шагалина, Г.Г. Гимранова, Е.Р. Абдрахманова, А.И. Борисова // Медицина труда и экология человека. – 2018. – № 1 (13). – С. 57–64.
11. Deletion of the late cornified envelope genes LCE3B and LCE3C may promote chronic hand eczema with allergic contact dermatitis / S. Molin, S. Vollmer, E.H. Weiss, P. Weisenseel, T. Ruzicka, J.C. Prinz // J. Investig. Allergol. Clin. Immunol. – 2011. – Vol. 21, № 6. – P. 472–479.
12. Skin barrier damage after exposure to paraphenylenediamine / S.S. Meisser, C. Altunbulakli, J. Bandier, M.S. Opstrup, F. Castro-Giner, M. Akdis, C.M. Bonefeld, J.D. Johansen, C.A. Akdis // J. Allergy Clin. Immunol. – 2020. – Vol. 145, № 2. – P. 619–631.e2. DOI: 10.1016/j.jaci.2019.11.023
13. Brown S.J., McLean W.H.I. Eczema genetics: current state of knowledge and future goals // J. Invest. Dermatol. – 2009. – Vol. 129, № 3. – P. 543–552. DOI: 10.1038/jid.2008.413
14. Gupta J., Margolis D.J. Filaggrin gene mutations with special reference to Atopic Dermatitis // Curr. Treat. Options Allergy. – 2020. – Vol. 7, № 3. – P. 403–413. DOI: 10.1007/s40521-020-00271-x
15. Contact dermatitis and respiratory symptoms in the construction industry: The role of filaggrin gene variants / L. Smit, J. Timmerman, D. Heederik, T. Spee, V.F. Rooy, E. Krop, G. Koppelman, T. Rustemeyer // Eur. Respir. J. – 2015. – Vol. 46. – P. OA1458. DOI: 10.1183/13993003.congress-2015.OA1458

16. Loss-of-function polymorphisms in the filaggrin gene are associated with an increased susceptibility to chronic irritant contact dermatitis: a case-control study / C.M. de Jongh, L. Khrenova, M.M. Verberk, F. Calkoen, F.J. van Dijk, H. Voss, S.M. John, S. Kezic // *Br. J. Dermatol.* – 2008. – Vol. 159, № 3. – P. 621–627. DOI: 10.1111/j.1365-2133.2008.08730.x
17. Измерова Н.И., Коляскина М.М., Ивченко Е.В. Определение полиморфизма гена филлагтрина для оценки барьерной функции кожи у больных профаллергодерматозами // *Медицина труда и промышленная экология.* – 2015. – № 9. – С. 61–62.
18. Impact of atopic dermatitis and loss-of-function mutations in the filaggrin gene on the development of occupational irritant contact dermatitis / M.J. Visser, L. Landeck, L.E. Campbell, W.H.I. McLean, S. Weidinger, F. Calkoen, S.M. John, S. Kezic // *Br. J. Dermatol.* – 2013. – Vol. 168, № 2. – P. 326–332. DOI: 10.1111/bjd.12083
19. Clinical course of occupational irritant contact dermatitis of the hands in relation to filaggrin genotype status and atopy / L. Landeck, M. Visser, C. Skudlik, R. Brans, S. Kezic, S.M. John // *Br. J. Dermatol.* – 2012. – Vol. 167, № 6. – P. 1302–1309. DOI: 10.1111/bjd.12035
20. Occupational and non-occupational allergic contact dermatitis: A follow-up study / J. Macan, D. Rimac, S. Kezic, V.M. Varnai // *Dermatology.* – 2013. – Vol. 227, № 4. – P. 321–329. DOI: 10.1159/000354763
21. Aberrant serine protease activities in atopic dermatitis / S. Morizane, K. Sunagawa, H. Nomura, M. Ouchida // *J. Dermatol. Sci.* – 2022. – Vol. 107, № 1. – P. 2–7. DOI: 10.1016/j.jdermsci.2022.06.004
22. Distinct SPINK5 and IL-31 polymorphisms are associated with atopic eczema and non-atopic hand dermatitis in Taiwanese nursing population / C.-C.E. Lan, H.-P. Tu, C.-S. Wu, Y.-C. Ko, H.-S. Yu, Y.-W. Lu, W.-C. Li, Y.-C. Chen, G.-S. Chen // *Exp. Dermatol.* – 2011. – Vol. 20, № 12. – P. 975–979. DOI: 10.1111/j.1600-0625.2011.01374.x
23. Risk of carcinogenicity associated with synthetic hair dyeing formulations: A biochemical view on action mechanisms, genetic variation and prevention / A. Ali, A.S. Moinuddin, S. Allarakha, S. Fatima, S.A. Ali, S. Habib // *Ind. J. Clin. Biochem.* – 2022. – Vol. 37, № 4. – P. 399–409. DOI: 10.1007/s12291-022-01051-x
24. Tumour necrotizing factor- α promoter and GST-T1 genotype predict skin allergy to chromate in cement workers in Taiwan / B.-J. Wang, J.-S. Shiao, C.-J. Chen, Y.-C. Lee, Y.-L. Guo // *Contact Dermatitis.* – 2007. – Vol. 57, № 5. – P. 309–315. DOI: 10.1111/j.1600-0536.2007.01242.x
25. Association of *CYP1A1*, *GSTM1* and *GSTT1* gene polymorphisms with risk of prostate cancer in Algerian population / S. Medjani, D. Chellat-Rezgoune, T. Kezai, M. Chidekh, N. Abadi, D. Satta // *Afr. J. Urol.* – 2020. – Vol. 26. – P. 44. DOI: 10.1186/s12301-020-00049-2
26. Полиморфизм генов глутатион-S-трансфераз и факторов роста у больных хроническим риносинуситом / А.С. Левченко, А.А. Воробьева, О.Ю. Мезенцева, В.С. Пискунов, О.Ю. Бушуева, А.В. Полоников // *Российская ринология.* – 2019. – Т. 27, № 1. – С. 9–14. DOI: 10.17116/rosrino2019270119
27. Genotype of null polymorphisms in genes *GSTM1*, *GSTT1*, *CYP1A1*, and *CYP1A1*2A* (rs4646903 T > C) / *CYP1A1*2C* (rs1048943 A > G) in patients with larynx cancer in Southeast Spain / M. Sanchez-Siles, J.P. Pelegrin-Hernandez, D. Hellin-Meseguer, Y. Guerrero-Sanchez, A. Corno-Caparrós, J. Cabezas-Herrera, F. Pastor-Quirante, J.A. Fernandez-Ruiz [et al.] // *Cancers (Basel).* – 2020. – Vol. 12, № 9. – P. 2478. DOI: 10.3390/cancers12092478
28. Кузьмина Л.П., Измерова Н.И., Коляскина М.М. Роль полиморфных генов системы биотрансформации ксенобиотиков в патогенезе профессиональных аллергодерматозов // *Медицина труда и промышленная экология.* – 2011. – № 7. – С. 17–23.
29. Genic-intergenic polymorphisms of *CYP1A* genes and their clinical impact / S. Kukal, S. Thakran, N. Kanojia, S. Yadav, M.K. Mishra, D. Guin, P. Singh, R. Kukreti // *Gene.* – 2023. – Vol. 857. – P. 147171. DOI: 10.1016/j.gene.2023.147171
30. Лазаршвили Н.А. Роль системы "оксиданты-антиоксиданты" и генетического биохимического полиморфизма в патогенезе профессиональных аллергических дерматозов // *Медицина труда и промышленная экология.* – 2007. – № 9. – С. 16–22.
31. Patel K., Nixon R. Irritant contact dermatitis – A review // *Curr. Dermatol. Rep.* – 2022. – Vol. 11, № 2. – P. 41–51. DOI: 10.1007/s13671-021-00351-4
32. Wang L., Zhou H. A meta-analysis of the relationship between tumor necrosis factor- α polymorphisms and psoriasis // *Dermatology.* – 2021. – Vol. 237, № 1. – P. 39–45. DOI: 10.1159/000502255
33. Genetic polymorphisms of cytokine genes and risk for trichloroethylene-induced severe generalized dermatitis: a case-control study / Y. Dai, S. Leng, L. Li, Y. Niu, H. Huang, J. Cheng, Y. Zheng // *Biomarkers.* – 2004. – Vol. 9, № 6. – P. 470–478. DOI: 10.1080/13547500400026920
34. Cytokine gene polymorphisms and susceptibility to chronic irritant contact dermatitis / C.M. de Jongh, S.M. John, D.P. Bruynzeel, F. Calkoen, F.J.H. van Dijk, L. Khrenova, T. Rustemeyer, M.M. Verberk, S. Kezic // *Contact Dermatitis.* – 2008. – Vol. 58, № 5. – P. 269–277. DOI: 10.1111/j.1600-0536.2008.01317.x
35. Impact of tumour necrosis factor- α polymorphisms on irritant contact dermatitis / L. Landeck, M. Visser, S. Kezic, S.M. John // *Contact Dermatitis.* – 2012. – Vol. 66, № 4. – P. 221–227. DOI: 10.1111/j.1600-0536.2011.02045.x
36. Influence of tumour necrosis factor- α polymorphism-308 and atopy on irritant contact dermatitis in healthcare workers / J.A. Davis, M.O. Visscher, W.R. Randall, S.B. Hoath // *Contact Dermatitis.* – 2010. – Vol. 63, № 6. – P. 320–332. DOI: 10.1111/j.1600-0536.2010.01778.x
37. Review – Interleukins profiling for biosensing applications: possibilities and the future of disease detection / S. Shekhar, A.K. Yadav, A. Khosla, P.R. Solanki // *ECS Sensors Plus.* – 2022. – Vol. 1, № 4. – P. 041601. DOI: 10.1149/2754-2726/ac9227
38. She Y.X., Yu Q.Y., Tang X.X. Role of interleukins in the pathogenesis of pulmonary fibrosis // *Cell Death Discov.* – 2021. – Vol. 7, № 1. – P. 52. DOI: 10.1038/s41420-021-00437-9
39. Прогнозирование риска развития профессиональных аллергических заболеваний кожи / А.У. Шагалина, А.Б. Бакиров, Л.М. Масягутова, Д.О. Каримов // *Медицина труда и экология человека.* – 2015. – № 1. – С. 52–56.

40. Новые возможности в прогнозировании риска развития профессиональных аллергических заболеваний / А.У. Шагалина, А.Б. Бакиров, Л.М. Масыгутова, Д.О. Каримов // Пермский медицинский журнал. – 2014. – Т. 31, № 5. – С. 69–74.
41. Association between IL16 gene polymorphism and allergic contact dermatitis among construction workers / E.O. Khashaba, M.A. Gaballah, A.F. State, M. Elwassey // Immunol. Immunogenetics Insights. – 2019. – Vol. 11. DOI: 10.1177/1178634519880556
42. IL1A-889 C/T gene polymorphism in irritant contact dermatitis / L. Landeck, M. Visser, S. Kezic, S.M. John // J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol. – 2013. – Vol. 27, № 8. – P. 1040–1043. DOI: 10.1111/j.1468-3083.2012.04474.x
43. Yuksel B., Yildirim S. Analysis of IL-1Ra and IL-4 gene VNTRS polymorphisms among dental laboratory technicians: a genotype-phenotype study // Inonu Universitesi Saglik Hizmetleri Meslek Yuksek Okulu Dergisi. – 2021. – Vol. 9, № 3. – P. 831–845. DOI: 10.33715/inonusaglik.849794
44. Genetic association of beta-lactams-induced hypersensitivity reactions: A systematic review of genome-wide evidence and meta-analysis of candidate genes / L. Lumkul, P. Wongyikul, P. Kulalert, M. Sompornrattanaphan, M. Lao-Araya, M. Chuamanochan, S. Nochaiwong, P. Phinyo // World Allergy Organ. J. – 2023. – Vol. 16, № 9. – P. 100816. DOI: 10.1016/j.waojou.2023.100816
45. Genetic basis of irritant susceptibility in health care workers / B. Yucesoy, Y. Talzhanov, M.M. Barmada, V.J. Johnson, M.L. Kashon, E. Baron, N.W. Wilson, B. Frye [et al.] // J. Occup. Environ. Med. – 2016. – Vol. 58, № 8. – P. 753–759. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000784
46. EGFR polymorphism and survival of NSCLC patients treated with TKIs: A systematic review and meta-analysis / V. Jurisic, V. Vukovic, J. Obradovic, L.F. Gulyaeva, N.E. Kushlinskii, N. Djordjevic // J. Oncol. – 2020. – Vol. 2020. – P. 1973241. DOI: 10.1155/2020/1973241
47. Drug repurposing for atopic dermatitis by integration of gene networking and genomic information // W. Adikusuma, L.M. Irham, W.-H. Chou, H.S.-C. Wong, E. Mugiyanto, J. Ting, D.A. Perwitasari, W.-P. Chang, W.-C. Chang // Front. Immunol. – 2021. – Vol. 12. – P. 724277. DOI: 10.3389/fimmu.2021.724277
48. Immunohistochemical analysis of adhesion molecules e-selectin, intercellular adhesion molecule-1, and vascular cell adhesion molecule-1 in inflammatory lesions of atopic dermatitis / S.M. Kulisic, M. Takahashi, M.H. Peric, V.M. Radovic, R.J. Toncic // Life (Basel). – 2023. – Vol. 13, № 4. – P. 933. DOI: 10.3390/life13040933

Амромина А.М., Шаikhova Д.Р., Берёза И.А. Генетические факторы риска развития профессиональных контактных дерматитов // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 4. – С. 181–192. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.17

UDC 613.6.027; 616.5-001.1-057
DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.17.eng



Review

GENETIC RISK FACTORS FOR OCCUPATIONAL CONTACT DERMATITIS

A.M. Amromina, D.R. Shaikhova, I.A. Bereza

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

Occupational contact dermatitis is an important current occupational health problem with serious economic and social consequences. Among possible risk factors for this disease, researchers pay attention to genetic predisposition. Identification of polymorphisms associated with the occupational pathology will allow specialists to establish risk groups, carry out timely preventive measures, and adjust treatment, guided by a personalized medicine approach.

© Amromina A.M., Shaikhova D.R., Bereza I.A., 2023

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>).

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>).

The purpose of this review was to summarize the results of studying genetic risk factors for occupational contact dermatitis. Three researchers did an independent search in the PubMed, Google Scholar, eLibrary, and CyberLeninka databases and further analysis of scientific literature on genetic predisposition to occupational dermatitis published in 1990 to 2023. Of 88 papers analyzed, 32 articles were included in this review.

We established that genetic risk factors for occupational contact dermatitis were usually studied in metallurgical workers with a focus on potential candidate genes among skin barrier function-related genes, pro-inflammatory and anti-inflammatory genes, and xenobiotic metabolism and biotransformation genes. The most compelling evidence for the use of genetic polymorphisms as risk factors for occupational contact dermatitis has been demonstrated for the filaggrin (FLG) gene, which is involved in maintaining the skin barrier, and tumor necrosis factor alpha (TNF- α), which is involved in protecting the body and cells from inflammation and apoptosis. However, the data available are insufficient to use genetic polymorphisms as risk factors for occupational skin diseases. Further studies that take into account the mechanism of interaction of different genes during the development of occupational contact dermatitis are required.

Keywords: genetic risk factors, genetic predisposition, allergic contact dermatitis, irritant contact dermatitis, occupational contact dermatitis, gene polymorphisms, candidate genes.

References

1. Mijakoski D. Occupational skin diseases. In book: Allergy and Immunotoxicology in Occupational Health – The Next Step. In: T. Otsuki, M. Di Gioacchino, C. Petrarca eds. Singapore, Springer, 2020, pp. 129–149. DOI: 10.1007/978-981-15-4735-5_9
2. Srinivas C.R., Sethy M. Occupational dermatoses. *Indian Dermatol. Online J.*, 2022, vol. 14, no. 1, pp. 21–31. DOI: 10.4103/idoj.idoj_332_22
3. Ufimtseva M.A., Nikolaeva K.I., Beresneva T.A., Mylnikova E.S., Shubina A.S., Sorokina K.N., Efimova M.S., Komarov A.A. Modern approach to the diagnosis of occupational skin diseases in workers of industrial enterprises of the Sverdlovsk region. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2021, no. 2, pp. 189. DOI: 10.17513/spno.30580 (in Russian).
4. Dietz J.B., Menne T., Meyer H.W., Viskum S., Flyvholm M.A., Ahrensbohl-Friis U., John S.M., Johansen J.D. Occupational contact dermatitis among young people in Denmark – A survey of causes and long-term consequences. *Contact Dermatitis*, 2022, vol. 86, no. 5, pp. 404–416. DOI: 10.1111/cod.14050
5. Li H., Dai Y., Huang H., Li L., Leng S., Cheng J., Niu Y., Duan H. [et al.]. HLA-B*1301 as a biomarker for genetic susceptibility to hypersensitivity dermatitis induced by trichloroethylene among workers in China. *Environ. Health Perspect.*, 2007, vol. 115, no. 11, pp. 1553–1556. DOI: 10.1289/ehp.10325
6. Timmerman J.G., Heederik D., Spee T., van Rooy F.G., Krop E.J., Koppelman G.H., Rustemeyer T., Smit L.A. Contact dermatitis in the construction industry: the role of filaggrin loss-of-function mutations. *Br. J. Dermatol.*, 2016, vol. 174, no. 2, pp. 348–355. DOI: 10.1111/bjd.14215
7. Dai Y., Leng S., Li L., Niu Y., Huang H., Liu Q., Duan H., Cheng J. [et al.]. Effects of genetic polymorphisms of N-Acetyltransferase on trichloroethylene-induced hypersensitivity dermatitis among exposed workers. *Ind. Health*, 2009, vol. 47, no. 5, pp. 479–486. DOI: 10.2486/indhealth.47.479
8. Il'inskikh N.N., Il'inskikh E.N. The role of cytogenetic instability and polymorphism of genes of glutathione-S-transferase and filaggrin proteins in development of occupational dermatitis in oil field workers. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Povolzhskii region. Meditsinskii nauki*, 2017, no. 1 (41), pp. 18–27. DOI: 10.21685/2072-3032-2017-1-2 (in Russian).
9. Kuz'mina L.P., Izmerova N.I., Kolyaskina M.M. Role of interleukin-4, interleukin-10, and tumor necrosis factor- α polymorphic genes in the pathogenesis of occupational allergic dermatoses. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2015, vol. 159, no. 6, pp. 779–781. DOI: 10.1007/s10517-015-3074-7
10. Faskhutdinova A.A., Valeyeva E.T., Shagalina A.U., Gimranova G.G., Abdrakhmanova E.R., Borisova A.I. Risk factors and specificities of occupational skin diseases development among Bashkortostan workers. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*, 2018, no. 1 (13), pp. 57–64 (in Russian).
11. Molin S., Vollmer S., Weiss E.H., Weisenseel P., Ruzicka T., Prinz J.C. Deletion of the late cornified envelope genes LCE3B and LCE3C may promote chronic hand eczema with allergic contact dermatitis. *J. Investig. Allergol. Clin. Immunol.*, 2011, vol. 21, no. 6, pp. 472–479.
12. Meisser S.S., Altunbulakli C., Bandier J., Opstrup M.S., Castro-Giner F., Akdis M., Bonefeld C.M., Johansen J.D., Akdis C.A. Skin barrier damage after exposure to paraphenylenediamine. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 2020, vol. 145, no. 2, pp. 619–631.e2. DOI: 10.1016/j.jaci.2019.11.023
13. Brown S.J., McLean W.H.I. Eczema genetics: current state of knowledge and future goals. *J. Invest. Dermatol.*, 2009, vol. 129, no. 3, pp. 543–552. DOI: 10.1038/jid.2008.413
14. Gupta J., Margolis D.J. Filaggrin gene mutations with special reference to atopic dermatitis. *Curr. Treat. Options Allergy*, 2020, vol. 7, no. 3, pp. 403–413. DOI: 10.1007/s40521-020-00271-x
15. Smit L., Timmerman J., Heederik D., Spee T., Rooy V.F., Krop E., Koppelman G., Rustemeyer T. Contact dermatitis and respiratory symptoms in the construction industry: The role of filaggrin gene variants. *Eur. Respir. J.*, 2015, vol. 46, pp. OA1458. DOI: 10.1183/13993003.congress-2015.OA1458
16. de Jongh C.M., Khrenova L., Verberk M.M., Calkoen F., van Dijk F.J., Voss H., John S.M., Kezic S. Loss-of-function polymorphisms in the filaggrin gene are associated with an increased susceptibility to chronic irritant contact dermatitis: a case-control study. *Br. J. Dermatol.*, 2008, vol. 159, no. 3, pp. 621–627. DOI: 10.1111/j.1365-2133.2008.08730.x

17. Izmerova N.I., Kolyaskina M.M., Ivchenko E.V. Determination of filaggrin gene polymorphism to assess skin barrier function in patients with occupational allergic dermatoses. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2015, no. 9, pp. 61–62 (in Russian).
18. Visser M.J., Landeck L., Campbell L.E., McLean W.H.I., Weidinger S., Calkoen F., John S.M., Kezic S. Impact of atopic dermatitis and loss-of-function mutations in the filaggrin gene on the development of occupational irritant contact dermatitis. *Br. J. Dermatol.*, 2013, vol. 168, no. 2, pp. 326–332. DOI: 10.1111/bjd.12083
19. Landeck L., Visser M., Skudlik C., Brans R., Kezic S., John S.M. Clinical course of occupational irritant contact dermatitis of the hands in relation to filaggrin genotype status and atopy. *Br. J. Dermatol.*, 2012, vol. 167, no. 6, pp. 1302–1309. DOI: 10.1111/bjd.12035
20. Macan J., Rimac D., Kezic S., Varnai V.M. Occupational and non-occupational allergic contact dermatitis: A follow-up study. *Dermatology*, 2013, vol. 227, no. 4, pp. 321–329. DOI: 10.1159/000354763
21. Morizane S., Sunagawa K., Nomura H., Ouchida M. Aberrant serine protease activities in atopic dermatitis. *J. Dermatol. Sci.*, 2022, vol. 107, no. 1, pp. 2–7. DOI: 10.1016/j.jdermsci.2022.06.004
22. Lan C.-C.E., Tu H.-P., Wu C.-S., Ko Y.-C., Yu H.-S., Lu Y.-W., Li W.-C., Chen Y.-C., Chen G.-S. Distinct SPINK5 and IL-31 polymorphisms are associated with atopic eczema and non-atopic hand dermatitis in Taiwanese nursing population. *Exp. Dermatol.*, 2011, vol. 20, no. 12, pp. 975–979. DOI: 10.1111/j.1600-0625.2011.01374.x
23. Ali A., Moinuddin A.S., Allarakha S., Fatima S., Ali S.A., Habib S. Risk of carcinogenicity associated with synthetic hair dyeing formulations: A biochemical view on action mechanisms, genetic variation and prevention. *Ind. J. Clin. Biochem.*, 2022, vol. 37, no. 4, pp. 399–409. DOI: 10.1007/s12291-022-01051-x
24. Wang B.-J., Shiao J.-S., Chen C.-J., Lee Y.-C., Guo Y.-L. Tumour necrotizing factor- α promoter and GST-T1 genotype predict skin allergy to chromate in cement workers in Taiwan. *Contact Dermatitis*, 2007, vol. 57, no. 5, pp. 309–315. DOI: 10.1111/j.1600-0536.2007.01242.x
25. Medjani S., Chellat-Rezgoune D., Kezai T., Chidekh M., Abadi N., Satta D. Association of CYP1A1, GSTM1 and GSTT1 gene polymorphisms with risk of prostate cancer in Algerian population. *Afr. J. Urol.*, 2020, vol. 26, pp. 44. DOI: 10.1186/s12301-020-00049-2
26. Levchenko A.S., Vorob'eva A.A., Mezentseva O.Iu., Piskunov V.S., Bushueva O.Iu., Polonikov A.V. Polymorphism of glutathione-S-transferase genes and growth factors in patients with chronic rhinosinusitis. *Rossiiskaya rinologiya*, 2019, vol. 27, no. 1, pp. 9–14. DOI: 10.17116/rostrino2019270119 (in Russian).
27. Sanchez-Siles M., Pelegrin-Hernandez J.P., Hellin-Meseguer D., Guerrero-Sanchez Y., Corno-Caparrós A., Cabezas-Herrera J., Pastor-Quirante F., Fernandez-Ruiz J.A. [et al.]. Genotype of null polymorphisms in genes GSTM1, GSTT1, CYP1A1, and CYP1A1*2A (rs4646903 T>C)/CYP1A1*2C (rs1048943 A>G) in patients with larynx cancer in Southeast Spain. *Cancers (Basel)*, 2020, vol. 12, no. 9, pp. 2478. DOI: 10.3390/cancers12092478
28. Kouzmina L.P., Izmerova N.I., Kolyaskina M.M. Role of polymorphous genes of xenobiotics biotransformation system in occupational allergic dermatoses pathogenesis. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2011, no. 7, pp. 17–23 (in Russian).
29. Kukal S., Thakran S., Kanojia N., Yadav S., Mishra M.K., Guin D., Singh P., Kukreti R. Genic-intergenic polymorphisms of CYP1A genes and their clinical impact. *Gene*, 2023, vol. 857, pp. 147171. DOI: 10.1016/j.gene.2023.147171
30. Lazarashvili N.A. Role of “oxidant-antioxidant” system and genetic biochemical polymorphism in pathogenesis of occupational allergic dermatosis. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2007, no. 9, pp. 16–22 (in Russian).
31. Patel K., Nixon R. Irritant contact dermatitis – A review. *Curr. Dermatol. Rep.*, 2022, vol. 11, no. 2, pp. 41–51. DOI: 10.1007/s13671-021-00351-4
32. Wang L., Zhou H. A meta-analysis of the relationship between tumor necrosis factor- α polymorphisms and psoriasis. *Dermatology*, 2021, vol. 237, no. 1, pp. 39–45. DOI: 10.1159/000502255
33. Dai Y., Leng S., Li L., Niu Y., Huang H., Cheng J., Zheng Y. Genetic polymorphisms of cytokine genes and risk for trichloroethylene-induced severe generalized dermatitis: a case-control study. *Biomarkers*, 2004, vol. 9, no. 6, pp. 470–478. DOI: 10.1080/13547500400026920
34. de Jongh C.M., John S.M., Bruynzeel D.P., Calkoen F., van Dijk F.J.H., Khrenova L., Rustemeyer T., Verberk M.M., Kezic S. Cytokine gene polymorphisms and susceptibility to chronic irritant contact dermatitis. *Contact Dermatitis*, 2008, vol. 58, no. 5, pp. 269–277. DOI: 10.1111/j.1600-0536.2008.01317.x
35. Landeck L., Visser M., Kezic S., John S.M. Impact of tumour necrosis factor- α polymorphisms on irritant contact dermatitis. *Contact Dermatitis*, 2012, vol. 66, no. 4, pp. 221–227. DOI: 10.1111/j.1600-0536.2011.02045.x
36. Davis J.A., Visscher M.O., Wickett R.R., Hoath S.B. Influence of tumour necrosis factor- α polymorphism-308 and atopy on irritant contact dermatitis in healthcare workers. *Contact Dermatitis*, 2010, vol. 63, no. 6, pp. 320–332. DOI: 10.1111/j.1600-0536.2010.01778.x
37. Shekhar S., Yadav A.K., Khosla A., Solanki P.R. Review – Interleukins profiling for biosensing applications: possibilities and the future of disease detection. *ECS Sensors Plus*, 2022, vol. 1, no. 4, pp. 041601. DOI: 10.1149/2754-2726/ac9227
38. She Y.X., Yu Q.Y., Tang X.X. Role of interleukins in the pathogenesis of pulmonary fibrosis. *Cell Death Discov.*, 2021, vol. 7, no. 1, pp. 52. DOI: 10.1038/s41420-021-00437-9
39. Shagalina A.U., Bakirov A.B., Masyagutova L.M., Karimov D.O. Predicting the risk for occupational allergic skin diseases development. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*, 2015, no. 1, pp. 52–56 (in Russian).
40. Shagalina A.U., Bakirov A.B., Masyagutova L.M., Karimov D.O. New opportunities in prediction of risk for development of professional allergic diseases. *Permskii meditsinskii zhurnal*, 2014, vol. 31, no. 5, pp. 69–74 (in Russian).

41. Khashaba E.O., Gaballah M.A., State A.F., Elwassey M. Association between IL16 gene polymorphism and allergic contact dermatitis among construction workers. *Immunol. Immunogenetics Insights*, 2019, vol. 11. DOI: 10.1177/1178634519880556
42. Landeck L., Visser M., Kezic S., John S.M. IL1A-889 C/T gene polymorphism in irritant contact dermatitis. *J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol.*, 2013, vol. 27, no. 8, pp. 1040–1043. DOI: 10.1111/j.1468-3083.2012.04474.x
43. Yuksel B., Yildirim S. Analysis of IL-1Ra and IL-4 gene VNTRS polymorphisms among dental laboratory technicians: a genotype-phenotype study. *Inonu Universitesi Saglik Hizmetleri Meslek Yuksek Okulu Dergisi*, 2021, vol. 9, no. 3, pp. 831–845. DOI: 10.33715/inonusaglik.849794
44. Lumkul L., Wongyikul P., Kulalert P., Sompornrattanaphan M., Lao-Araya M., Chuamanochan M., Nochaiwong S., Phinyo P. Genetic association of beta-lactams-induced hypersensitivity reactions: A systematic review of genome-wide evidence and meta-analysis of candidate genes. *World Allergy Organ. J.*, 2023, vol. 16, no. 9, pp. 100816. DOI: 10.1016/j.waojou.2023.100816
45. Yucesoy B., Talzhanov Y., Barmada M.M., Johnson V.J., Kashon M.L., Baron E., Wilson N.W., Frye B. [et al.]. Genetic basis of irritant susceptibility in health care workers. *J. Occup. Environ. Med.*, 2016, vol. 58, no. 8, pp. 753–759. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000784
46. Jurisic V., Vukovic V., Obradovic J., Gulyaeva L.F., Kushlinskii N.E., Djordjevic N. *EGFR* polymorphism and survival of NSCLC patients treated with TKIs: A systematic review and meta-analysis. *J. Oncol.*, 2020, vol. 2020, pp. 1973241. DOI: 10.1155/2020/1973241
47. Adikusuma W., Irham L.M., Chou W.-H., Wong H.S.-C., Mugiyanto E., Ting J., Perwitasari D.A., Chang W.-P., Chang W.-C. Drug repurposing for atopic dermatitis by integration of gene networking and genomic information. *Front. Immunol.*, 2021, vol. 12, pp. 724277. DOI: 10.3389/fimmu.2021.724277
48. Kulisic S.M., Takahashi M., Peric M.H., Radovic V.M., Tonic R.J. Immunohistochemical analysis of adhesion molecules e-selectin, intercellular adhesion molecule-1, and vascular cell adhesion molecule-1 in inflammatory lesions of atopic dermatitis. *Life (Basel)*, 2023, vol. 13, no. 4, pp. 933. DOI: 10.3390/life13040933

Amromina A.M., Shaikhova D.R., Bereza I.A. Genetic risk factors for occupational contact dermatitis. Health Risk Analysis, 2023, no. 4, pp. 181–192. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.17.eng

Получена: 13.10.2023

Одобрена: 07.12.2023

Принята к публикации: 20.12.2023

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

Четвертый квартал 2023 г. (18 сентября 2023 г. – 9 декабря 2023 г.)

Решение Совета Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) от 27.09.2023 № 98 «О внесении изменений в технический регламент Таможенного союза “О безопасности мяса и мясной продукции” (ТР ТС 034/2013)»

Внесены дополнения в технический регламент Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/2013) В раздел XI «Требования к маркировке продуктов убоя и мясной продукции» включены положения, устанавливающие допустимые пределы фактических значений содержания пищевых веществ при указании информации о пищевой ценности продуктов убоя и мясной продукции. Определено, что фактические показатели белка и жира мясной продукции для детского питания не должны выходить за пределы допустимых уровней.

Решение Совета ЕЭК от 27.09.2023 № 108 «О маркировке лекарственных препаратов средствами идентификации»

Государства-члены ЕАЭС будут самостоятельно определять список лекарственных препаратов, подлежащих маркировке средствами идентификации, а также дату ее введения и порядок маркировки на своей территории. Определены в числе прочего: перечень товаров, подлежащих маркировке; характеристики средства идентификации лекарственных препаратов, требования к составу и структуре информации, содержащейся в средствах идентификации лекарственных препаратов, порядок генерации и нанесения такого средства идентификации; требования к формату, составу и структуре передаваемых сведений о маркированных лекарственных препаратах, а также сроки передачи таких сведений; минимальный состав сведений о маркированном лекарственном препарате.

Решение Совета ЕЭК от 27.09.2023 № 109 «О маркировке безалкогольных напитков и соков средствами идентификации»

Государства-члены ЕАЭС будут самостоятельно определять дату введения и порядок маркировки безалкогольных напитков и соков на своей территории. Приводятся перечень товаров, подлежащих маркировке средствами идентификации; характеристики средства идентификации товаров,

требования к составу и структуре информации, содержащейся в средстве идентификации товаров, порядок генерации и нанесения такого средства идентификации; требования к формату, составу и структуре подлежащих передаче сведений о товарах, сроки передачи таких сведений; минимальный состав сведений.

Решение Коллегии ЕЭК от 31.10.2023 № 154 «О внесении изменений в Решение Коллегии ЕЭК от 22 декабря 2020 г. № 180»

Внесены дополнения в перечни стандартов, необходимых для соблюдения, исполнения и применения требований технического регламента Таможенного союза «О безопасности продукции легкой промышленности» (ТР ТС 017/2011).

Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 14.11.2023 № 157 «О внесении изменений в раздел 12 главы II Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)»

Уточнены гигиенические требования к безопасности средств личной гигиены, производимых на территории ЕАЭС или ввозимых из-за рубежа.

Решение Коллегии ЕЭК от 05.12.2023 № 170 «О перечне продукции, подлежащей обязательной оценке соответствия требованиям технического регламента Таможенного союза “О безопасности молока и молочной продукции” (ТР ТС 033/2013), в отношении которой при помещении под таможенные процедуры подтверждается соблюдение мер технического регулирования»

Установлен перечень продукции, подлежащей обязательной оценке соответствия требованиям технического регламента Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013), при ввозе которой подтверждается соблюдение мер технического регулирования. Перечень применяется только для ввозимой (ввезенной) продукции, в отношении которой указанным техническим регламентом предусмотрено проведение оценки соответствия в форме декларирования.

Решение Коллегии ЕЭК от 05.12.2023 № 171 «О Программе по разработке (внесению изменений, пересмотру) межгосударственных стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Евразийского экономического союза (ЕАЭС) “О безопасности мяса птицы и продукции его переработки” (ТР ЕАЭС 051/2021), и межгосударственных стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований ТР ЕАЭС 051/2021 и осуществления оценки соответствия объектов технического регулирования требованиям этого технического регламента»

Утверждена программа по разработке (внесению изменений, пересмотру) межгосударственных стандартов, необходимых для применения и исполнения требований технического регламента ЕАЭС «О безопасности мяса птицы и продукции его переработки» (ТР ЕАЭС 051/2021).

Рекомендация Коллегии ЕЭК от 14.11.2023 № 33 «О Руководстве по работе с лабораторными (экспериментальными) животными при проведении доклинических (неклинических) исследований»

Государствам-членам ЕАЭС рекомендовано применять данное Руководство в ходе работы с лабораторными (экспериментальными) животными при проведении доклинических (неклинических) исследований по истечении 30 календарных дней с даты опубликования на официальном сайте ЕАЭС.

Рекомендация Коллегии ЕЭК от 14.09.2023 № 24 «О защите детей и подростков от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию»

Рекомендованы меры по защите детей и подростков от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию. В частности, государствам-членам ЕАЭС рекомендуется рассмотреть целесообразность включения в соответствующие нормативные правовые акты определения понятия «информационная продукция» и распространения его применения в отношении настольных игр, а также иной продукции, предназначенной для детей и подростков.

Федеральный закон от 14.11.2023 № 537-ФЗ «О внесении изменения в статью 5 Федерального закона “О биологической безопасности в Российской Федерации”»

Правительство наделено полномочием по установлению порядка формирования и ведения реестра продукции (товаров), необходимой для обес-

печения биологической безопасности населения и организации оказания медицинской помощи. Правительство будет устанавливать порядок формирования и ведения реестра предприятий, имеющих резерв мощностей для производства указанной продукции (товаров).

Постановление Правительства РФ от 28.09.2023 № 1582 «О внесении изменения в пункт 5 постановления Правительства Российской Федерации от 30 июня 2021 г. № 1100»

До 1 сентября 2025 г. продлен срок действия Постановления Правительства РФ от 30 июня 2021 г. № 1100, утвердившего Положение о федеральном государственном санитарно-эпидемиологическом контроле (надзоре).

Постановление Правительства РФ от 27.09.2023 № 1572 «О внесении изменений в Положение о федеральной государственной информационной системе сведений санитарно-эпидемиологического характера»

Актуализировано Положение о федеральной государственной информационной системе сведений санитарно-эпидемиологического характера.

Постановление Правительства РФ от 04.10.2023 № 1634 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации»

Расширены возможности досудебного обжалования предписаний контрольных органов с помощью Единого портала госуслуг. Установлено, что до 2030 г. при обжаловании предписаний, выданных в рамках проведения профилактических визитов, не предусматривающих возможность отказа от их проведения, контрольных мероприятий без взаимодействия с контролируемым лицом, специальных режимов государственного контроля (надзора), контролируемое лицо может указать в жалобе учетный номер такого профилактического мероприятия или номер предписания. В таком случае учетный номер контрольного (надзорного) мероприятия в едином реестре контрольных (надзорных) мероприятий в жалобе не указывается. Документом до 1 января 2026 г. продлевается особый порядок организации и осуществления государственного контроля (надзора) и муниципального контроля на территориях новых регионов РФ.

Постановление Правительства РФ от 05.10.2023 № 1638 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации»

Расширены полномочия Роспотребнадзора, Росприроднадзора и Минприроды России в рамках системы ликвидации накопленного вреда окружающей среде.

В частности, Роспотребнадзор уполномочен утверждать методику осуществления оценки воздействия объектов накопленного вреда окружающей среде на жизнь и здоровье граждан и осуществлять такую оценку. Росприроднадзор уполномочен осуществлять наблюдение за ходом ликвидации накопленного вреда окружающей среде, а Минприроды России – вести государственный реестр объектов накопленного вреда окружающей среде.

Постановление Правительства РФ от 07.10.2023 № 1649 «О проведении в 2023–2024 годах эксперимента по созданию единого информационного ресурса, содержащего сведения о подземных и поверхностных водных объектах, используемых для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения»

С 10 октября 2023 г. по 10 октября 2024 г. на территориях Чеченской Республики, Ставропольского края и Тульской области будет проводиться эксперимент по созданию единого информационного ресурса, содержащего сведения о подземных и поверхностных водных объектах, используемых для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения. Участниками эксперимента являются Минцифры, Роспотребнадзор, Роснедра, Росреестр, исполнительные органы указанных субъектов РФ. Участниками обеспечивается интеграция имеющихся информационных ресурсов с единым информационным ресурсом и предоставление необходимых сведений. Приводится перечень источников сведений, направляемых участниками эксперимента.

Постановление Правительства РФ от 18.10.2023 № 1730 «О внесении изменений в Положение о федеральном государственном контроле (надзоре) в области защиты прав потребителей»

В предмет федерального государственного контроля (надзора) в области защиты прав потребителей включено соблюдение продавцами и владельцами агрегаторов обязательных требований к маркировке товаров средствами идентификации. Кроме этого, в предмет государственного контроля (надзора) включено соблюдение продавцами и владельцами агрегаторов обязательных требований к передаче информации в государственную информационную систему мониторинга за оборотом товаров, подлежащих обязательной маркировке средствами идентификации, и иных требований, предусмотренных правилами маркировки отдельных видов товаров, подлежащих обязательной маркировке средствами идентификации.

Распоряжение Правительства РФ от 20.10.2023 № 2909-р «Об утверждении перечня

загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды и признании утратившими силу некоторых Постановлений Правительства РФ»

Расширен перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры госрегулирования в области охраны окружающей среды. В актуализированный перечень добавлено 79 веществ, загрязняющих атмосферный воздух, водные объекты и почвы. Введение мер госрегулирования для новых веществ будет поэтапным, с учетом сроков получения предприятиями природоохранных разрешительных документов.

Постановление Правительства РФ от 02.11.2023 № 1845 «О внесении изменения в постановление Правительства Российской Федерации от 8 июня 2011 г. № 451»

Государственная информационная система «Типовое облачное решение по автоматизации контрольной (надзорной) деятельности» включена в инфраструктуру взаимодействия действующих и создаваемых информационных систем, используемых для предоставления государственных и муниципальных услуг.

Постановление Правительства РФ от 13.11.2023 № 1899 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2019 г. № 1956»

Внесены изменения в правила маркировки товаров легкой промышленности средствами идентификации.

Установлено, в частности, что участники оборота товаров легкой промышленности: по 31 марта 2024 г. (включительно) вправе маркировать средствами идентификации товары легкой промышленности (коды 13.91.19 (в части только верхней одежды) при условии представления сведений о маркировке в государственную информационную систему мониторинга.

Постановление Правительства РФ от 23.11.2023 № 1967 «Об утверждении Правил обследования и оценки объектов накопленного вреда окружающей среде»

Оценка воздействия объектов накопленного вреда на жизнь и здоровье граждан осуществляется Роспотребнадзором с привлечением подведомственных федеральных государственных бюджетных учреждений на основании госзадания в соответствии с утверждаемой Роспотребнадзором методикой.

Настоящее постановление вступает в силу со дня его официального опубликования.

Росприроднадзору по согласованию с Роспотребнадзором необходимо до 1 марта 2024 г.

утвердить график обследования и оценки объектов накопленного вреда окружающей среде на 2024 г.

Постановление Правительства РФ от 16.11.2023 № 1923 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 7 декабря 1996 г. № 1425»

Уточнено Положение об округах санитарной и горно-санитарной охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов федерального значения. Закреплено, что округа санитарной и горно-санитарной охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов федерального значения могут быть изменены на основании проектов изменений округов санитарной и горно-санитарной охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов федерального значения, разработанных на основании заданий заказчиков, согласованных в порядке, установленном для подготовки проектов округов санитарной и горно-санитарной охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов федерального значения и заданий на их разработку.

Постановление Правительства РФ от 29.11.2023 № 2020 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 10 марта 2022 г. № 336»

Расширен перечень учреждений, в отношении которых до 2030 г. вместо плановых контрольных (надзорных) мероприятий будут проводиться обязательные профилактические визиты. Закреплено, что профилактические визиты вместо плановых контрольных (надзорных) мероприятий будут проводиться также в отношении государственных и муниципальных учреждений, осуществляющих деятельность в области здравоохранения, социального обслуживания детей и общественного питания детей, отнесенных к категориям чрезвычайно высокого и высокого риска.

Предусмотрено, что внеплановые контрольные (надзорные) мероприятия по факту выявления нарушений в ходе таких профилактических визитов не проводятся.

Приказ Роспотребнадзора от 14.09.2023 № 635 «Об утверждении перечня индикаторов риска нарушения обязательных требований при осуществлении федерального государственного контроля (надзора) в области защиты прав потребителей» (зарегистрировано в Минюсте России 20.10.2023 № 75671)

Расширен перечень индикаторов риска нарушения обязательных требований при осуществлении федерального государственного контроля (надзора) в области защиты прав потребителей.

Приказ Роспотребнадзора от 13.11.2023 № 800 «Об утверждении временных обязательных требований при осуществлении деятельности в области использования возбудителей инфекционных заболеваний человека и животных (за исключением случая, если указанная деятельность осуществляется в медицинских целях) и генно-инженерно-модифицированных организмов III и IV степеней потенциальной опасности, осуществляемой в замкнутых системах, на территориях Донецкой Народной Республики, Луганской Народной Республики, Запорожской области и Херсонской области и перечня их грубых нарушений»

С 1 марта 2024 г. устанавливаются временные обязательные требования при осуществлении деятельности в области использования возбудителей инфекционных заболеваний человека и животных и генно-инженерно-модифицированных организмов III и IV степеней потенциальной опасности на территориях новых субъектов РФ. Приводится перечень грубых нарушений временных обязательных требований при осуществлении указанной деятельности.

«Перечень нормативных правовых актов (их отдельных положений), содержащих обязательные требования, оценка соблюдения которых осуществляется Роспотребнадзором в рамках принятия решения об установлении, изменении или о прекращении существования санитарно-защитной зоны» (утв. Роспотребнадзором)

Установлен перечень нормативных правовых актов, содержащих обязательные требования, оценка соблюдения которых осуществляется Роспотребнадзором в рамках принятия решения об установлении, изменении или о прекращении существования санитарно-защитной зоны. В перечне приведены в числе прочего реквизиты структурных единиц нормативного правового акта, содержащего обязательные требования, категории лиц, обязанных соблюдать установленные нормативным правовым актом обязательные требования.

«Перечень нормативных правовых актов (их отдельных положений), содержащих обязательные требования, оценка соблюдения которых осуществляется Роспотребнадзором в рамках государственной услуги по государственной регистрации веществ и продукции» (утв. Роспотребнадзором)

Установлен перечень нормативных правовых актов, содержащих обязательные требования, оценка соблюдения которых осуществляется Роспотребнадзором в рамках государственной регистрации веществ и продукции. В перечне приведены в числе прочего реквизиты структурных единиц норматив-

ного правового акта, содержащего обязательные требования, категории лиц, обязанных соблюдать установленные нормативным правовым актом обязательные требования.

«Перечень нормативных правовых актов (их отдельных положений), содержащих обязательные требования, оценка соблюдения которых осуществляется Роспотребнадзором в рамках выдачи судебных санитарных свидетельств о праве плавания» (утв. Роспотребнадзором)

Установлен перечень нормативных правовых актов, содержащих обязательные требования, оценка соблюдения которых осуществляется Роспотребнадзором в рамках выдачи судебных санитарных свидетельств о праве плавания.

МР 3.1/3.4.0319-23. «3.1. Профилактика инфекционных болезней. 3.4. Санитарная охрана территории. Организация работ в мобильном пункте санитарно-карантинного контроля с лабораторной поддержкой. Методические рекомендации» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 07.03.2023)

Методические рекомендации определяют мероприятия по организации работ в мобильном пункте санитарно-карантинного контроля с лабораторной поддержкой ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» в субъекте РФ, алгоритм проведения лабораторных исследований в случае осложнения эпидемиологической ситуации и наличия риска завоза инфекционных болезней, индикации (выявления) возбудителей инфекционных болезней в условиях эпидемий и пандемий, непосредственно на территориях пересечения государственной границы РФ, и обеспечения биологической безопасности.

МР 2.4.0331-23. 2.4. «Гигиена детей и подростков. Методические рекомендации по обеспечению оптимизации учебной нагрузки в общеобразовательных организациях. Методические рекомендации» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 10.11.2023)

Методические рекомендации содержат комплекс предложений по организации мероприятий по оптимизации образовательной нагрузки для обучающихся, осваивающих образовательные программы начального общего, основного общего, среднего общего и дополнительного образования, с учетом санитарно-эпидемиологических требований, а также рекомендации по организации образовательного процесса, в том числе с использованием образовательных технологий и режимов обучения, способствующих снижению утомления от учебных занятий.

Письмо Министра России от 06.07.2023 № 18379-ОГ/00 «По вопросу разработки и согласования программы производственного контроля качества и безопасности питьевой воды»

Министром отмечается, что обязанность по разработке и согласованию с территориальным органом федерального органа исполнительной власти, осуществляющим федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор, программы производственного контроля качества и безопасности питьевой воды возлагается на организацию, осуществляющую водоснабжение.

Приказ Минприроды России от 08.09.2023 № 579 «Об утверждении нормативного документа в области охраны окружающей среды “Технологические показатели наилучших доступных технологий утилизации и обезвреживания отходов (кроме термических способов)”» (зарегистрировано в Минюсте России 11.10.2023 № 75531)

В нормативном документе приводятся технологические показатели выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, соответствующие наилучшим доступным технологиям.

Информация ФТС России «Список продукции, подлежащей обязательной оценке соответствия требованиям технического регламента Евразийского экономического союза “О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду” (ТР ЕАЭС 044/2017), в отношении которой при помещении под таможенные процедуры подтверждается соблюдение мер технического регулирования»

Установлено, что столовые и лечебно-столовые природные минеральные воды, лечебные природные минеральные воды, купажированные, обработанные и природные питьевые воды, питьевые воды для детского питания, искусственно минерализованные питьевые воды относятся к списку продукции, подлежащей обязательной оценке соответствия требованиям технического регламента ЕАЭС «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду» (ТР ЕАЭС 044/2017).

Информация ФТС России «Список продукции, подлежащей обязательной оценке соответствия требованиям технического регламента Таможенного союза “Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств” (ТР ТС 029/2012), в отношении которой при помещении под таможенные процедуры подтверждается соблюдение мер технического регулирования»

Определен список пищевых добавок и комплексных пищевых добавок (сгруппированных по

отдельным функциональным классам), ароматизаторов, технологических вспомогательных средств, подлежащих обязательной оценке соответствия требованиям технического регламента.

Информация ФТС России «Список продукции, подлежащей обязательной оценке соответствия требованиям технического регламента Таможенного союза “О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания” (ТР ТС 027/2012), в отношении которой при помещении под таможенные процедуры подтверждается соблюдение мер технического регулирования»

Определен перечень пищевой продукции для питания спортсменов, а также для питания беременных и кормящих женщин, пищевой продукции для диетического лечебного и диетического профилактического питания, в том числе для детского питания, подлежащей обязательной оценке соответствия требованиям технического регламента (ТР ТС 027/2012).

Информация ФТС России «Список продукции, подлежащей обязательной оценке соответствия требованиям технического регламента Евразийского экономического союза “Об ограничении применения опасных веществ в изделиях электротехники и радиоэлектроники” (ТР ЕАЭС 037/2016), в отношении которой при помещении под таможенные процедуры подтверждается соблюдение мер технического регулирования»

Определен список продукции, подлежащей обязательной оценке соответствия требованиям технического регламента ЕАЭС «Об ограничении применения опасных веществ в изделиях электротехники и радиоэлектроники» (ТР ЕАЭС 037/2016).

Информация ФТС России «Список продукции, подлежащей обязательной оценке соответствия требованиям технического регламента Евразийского экономического союза “О безопасности оборудования для детских игровых площадок” (ТР ЕАЭС 042/2017), в отношении которой при помещении под таможенные процедуры подтверждается соблюдение мер технического регулирования»

Определен список продукции, подлежащей обязательной оценке соответствия требованиям технического регламента ЕАЭС «О безопасности оборудования для детских игровых площадок» (ТР ЕАЭС 042/2017).

В список включены детские горки, качели, качалки, карусели, канатные дороги, игровое оборудование и детские городки, ударопоглощающее покрытие.

Информация ФТС России «Список продукции, подлежащей обязательной оценке соответствия требованиям технического регламента Таможенного союза “Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей” (ТР ТС 023/2011), в отношении которой при помещении под таможенные процедуры подтверждается соблюдение мер технического регулирования»

Определен список продукции, подлежащей обязательной оценке соответствия требованиям технического регламента Таможенного союза «Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей» (ТР ТС 023/2011). В список включены фруктовые и овощные соки, нектары и сокодержавные напитки, морсы, фруктовые и овощные пюре, концентрированные натуральные ароматообразующие фруктовые или овощные вещества, клетки цитрусовых фруктов, фруктовые и овощные мякоти.

Приказ Росстата от 27.10.2023 № 533 «Об утверждении формы федерального статистического наблюдения с указаниями по ее заполнению для организации Министерством здравоохранения Российской Федерации федерального статистического наблюдения в сфере охраны здоровья»

Обновлена форма федерального статистического наблюдения № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации».

Приказ Минздрава России от 18.10.2023 № 556н «Об утверждении перечня индикаторов риска нарушения обязательных требований при осуществлении федерального государственного лицензионного контроля (надзора) за деятельностью в области использования источников ионизирующего излучения (генерирующих) (за исключением случая, если эти источники используются в медицинской деятельности)» (зарегистрировано в Минюсте России 23.11.2023 № 76061)

Установлено, что индикаторами риска нарушения обязательных требований при осуществлении федерального государственного лицензионного контроля за деятельностью в области использования источников ионизирующего излучения (генерирующих) (за исключением источников, используемых в медицинской деятельности) являются:

– поступление в лицензирующий орган заявления о предоставлении лицензии на осуществление деятельности с источником ионизирующего излучения, который принадлежит на праве собст-

венности или ином законном основании другому лицензиату;

– поступление в лицензирующий орган заявления о предоставлении лицензии на осуществление деятельности с источником ионизирующего излучения (генерирующим) от лицензиата, содержащего информацию о персонале, который осуществляет деятельность у другого лицензиата.

Обзор судебной практики по делам о защите прав потребителей (утв. Президиумом Верховного Суда РФ 18.10.2023)

В обзоре Верховного Суда РФ приведены разрешенные судами споры, связанные с реализацией товаров, выполнением работ (оказанием услуг), споры между потребителями финансовых

услуг и финансовыми организациями, рассмотрены некоторые вопросы применения норм процессуального права. Закреплены следующие позиции: право на возмещение вреда, причиненного вследствие недостатков услуги (товара), признается за любым потерпевшим независимо от того, состоял он в договорных отношениях с исполнителем (продавцом) или нет; продавец не вправе включать в публичную оферту условие о возможности отмены им в одностороннем порядке оформленного заказа; Закон о защите прав потребителей не освобождает заказчика от обязанности оплатить выполненные подрядчиком работы; потребитель имеет право на предъявление иска по месту своего жительства и после расторжения договора с исполнителем (продавцом).

«АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ»

Приглашаем Вас оформить подписку на 2024 год на журнал «Анализ риска здоровью», выбрав любой удобный для Вас способ подписки:

1. На сайте **ООО «Агентство «Книга-Сервис»**: https://www.akc.ru/itm/analiz-riska-zdorovy_u/ (подписной индекс журнала – Е83927). Цена подписки по прейскуранту.
2. На сайте Объединенного каталога **«Пресса России»**: <https://www.pressa-rf.ru/cat/1/edition/f04153/> (подписной индекс журнала – 83927). Цена подписки по прейскуранту.
3. Непосредственно **в редакции журнала** (заявку можно отправить на эл. почту journal@fcrisk.ru). Цена подписки на год: 7200 руб. (бандеролью с уведомлением).

