

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 (Орджоникидзе), д. 82
Тел.: 8 (342) 237-25-34
E-mail: journal@fcrisk.ru
Сайт: <http://journal.fcrisk.ru>

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

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

Выход в свет 30.12.2021.

Формат 90×60/8.

Усл. печ. л. 24,75.

Заказ № 281/2021.

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

А.Б. Бакиров – акад. АН РБ, д.м.н., проф. (г. Уфа)

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

И.В. Брагина – д.м.н. (г. Москва)

Р.В. Бузинов – д.м.н. (г. Архангельск)

И.В. Бухтияров – чл.-корр. 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)

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

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

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)

А.Я. Перевалов – д.м.н., проф. (г. Пермь)

Ю.П. Пивоваров – акад. РАН, д.м.н., проф. (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)

С.И. Савельев – д.м.н., проф. (г. Липецк)

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

В.Ф. Спиринов – д.м.н., проф. (г. Саратов)

А. Тсакалоф – проф. (Ларисса, Греция)

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

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

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

Л.М. Шевчук – к.м.н. (г. Минск, Белоруссия)

Н.В. Шестопалов – д.м.н., проф. (г. Москва)

П.З. Шур – д.м.н. (г. Пермь)

4

Октябрь 2021 декабрь

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА: АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ

- Ж. Рейс, Р. Фруто, А. Бюге, А. Ле Фау, Г. Санднер, Г. Роман, П. Спенсер*
ИССЛЕДОВАНИЕ СОБЫТИЙ, КОТОРЫЕ ПРИВЕЛИ
К ПАНДЕМИИ COVID-19
- Т.С. Исютина-Федоткова, Д.Ю. Казиева, В.А. Сухов, О.В. Митрохин*
БАЛЛЬНАЯ ОЦЕНКА РИСКА ЗАРАЖЕНИЯ COVID-19
ПО СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКИМ
И ПОВЕДЕНЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ
- Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов, В.М. Чигвинцев, Н.В. Никифорова*
К ПРОБЛЕМЕ КОНТРОЛЯ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ
В ОБОРОТЕ В РАМКАХ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОЙ
МОДЕЛИ НАДЗОРА
- П.З. Шур, Н.В. Зайцева, А.А. Хасанова, К.В. Четверкина, В.М. Ухабов*
РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ
НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ
ИНГАЛЯЦИОННОМ ПОСТУПЛЕНИИ БЕНЗОЛА
И СРЕДНЕГОДОВОЙ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОЙ
КОНЦЕНТРАЦИИ БЕНЗОЛА ПО КРИТЕРИЯМ РИСКА
ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ
- ОЦЕНКА РИСКА В ГИГИЕНЕ**
- В.М. Боев, И.В. Георги, Д.А. Кряжев, Е.А. Кряжева*
ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ
НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВЕЩЕСТВ,
ПОСТУПАЮЩИХ ИЗ БЫТОВЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ
В ПИТЬЕВУЮ ВОДУ
- И.Е. Штина, С.Л. Валина, К.П. Лужецкий, М.Т. Зенина, О.Ю. Устинова*
ВНЕШНЕСРЕДОВАЯ КОНТАМИНАЦИЯ МЕТАЛЛАМИ
КАК ФАКТОР РИСКА РАЗВИТИЯ АУТОИММУННОГО
ТИРЕОИДИТА У ДЕТЕЙ В ЗОНАХ ВЛИЯНИЯ ВЫБРО-
СОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ
- А.М. Андришунас, С.В. Клейн*
ПРЕДПРИЯТИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
КОМПЛЕКСА КАК ОБЪЕКТЫ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО
САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО НАДЗОРА
- О.А. Маклакова, С.Л. Валина, И.Е. Штина, Д.А. Эйфельд*
ВОЗРАСТНЫЕ АСПЕКТЫ РИСКА РАЗВИТИЯ
ПАТОЛОГИИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ
У УЧАЩИХСЯ ГИМНАЗИИ
- С.В. Клейн, Д.А. Эйфельд, Н.В. Никифорова*
ТИПОЛОГИЗАЦИЯ РОССИЙСКИХ РЕГИОНОВ
ПО КОМПЛЕКСУ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ,
УЧЕБНО-ВОСПИТАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА И ЗДОРОВЬЯ
ШКОЛЬНИКОВ
- В.А. Фокин, Н.В. Зайцева, П.З. Шур, С.В. Редько, Е.В. Хрущева*
ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРСОНАЛЬНОГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА С УТОЧНЕНИЕМ ЕГО
КАТЕГОРИЙ ПРИ ПОМОЩИ ВЕРОЯТНОСТНЫХ МЕТОДОВ

PREVENTIVE HEALTHCARE: TOPICAL ISSUES OF HEALTH RISK ANALYSIS

- J. Reis, R. Frutos, A. Buguet, A. Le Faou, G. Sandner, G.C. Román, P.S. Spencer*
QUESTIONING THE EARLY EVENTS LEADING
TO THE COVID-19 PANDEMIC
- T.S. Isiutina-Fedotkova, D.Yu. Kazieva, V.A. Sukhov, O.V. Mitrokhin*
SCORE ESTIMATE OF COVID-19 RISKS AS PER
SOCIO-HYGIENIC AND BEHAVIORAL INDICATORS
- N.V. Zaitseva, I.V. May, D.A. Kiryanov, V.M. Chigvintsev, N.V. Nikiforova*
ON ISSUES RELATED TO NATIONAL RISK-BASED
SYSTEM FOR CONTROL OVER FOOD PRODUCTS
DISTRIBUTED ON THE MARKET
- P.Z. Shur, N.V. Zaitseva, A.A. Khasanova, K.V. Chetverkina, V.M. Ukhov*
ESTABLISHING INDICATORS FOR ASSESSING
NON-CARCINOGENIC RISKS UNDER CHRONIC
INHALATION EXPOSURE TO BENZENE
AND AVERAGE ANNUAL MPC FOR BENZENE
AS PER HEALTH RISK CRITERIA
- RISK ASSESSMENT IN HYGIENE**
- V.M. Boev, I.V. Georgi, D.A. Kryazhev, E.A. Kryazheva*
HYGIENIC ASSESSMENT OF POPULATION HEALTH
RISK UNDER EXPOSURE TO CHEMICALS THAT PENE-
TRATE DRINKING WATER FROM HOUSEHOLD WATER
MIXERS
- I.E. Shtina, S.L. Valina, K.P. Luzhetskiy, M.T. Zenina, O.Yu. Ustinova*
ENVIRONMENTAL CONTAMINATION WITH METALS AS
A RISK FACTOR CAUSING DEVELOPING AUTOIMMUNE
THYROIDITIS IN CHILDREN IN ZONES INFLUENCED BY
EMISSIONS FROM METALLURGIC ENTERPRISES
- A.M. Andrishunas, S.V. Kleyn*
FUEL AND ENERGY ENTERPRISES AS OBJECTS
OF RISK-ORIENTED SANITARY-EPIDEMIOLOGIC
SURVEILLANCE
- O.A. Maklakova, S.L. Valina, I.E. Shtina, D.A. Eysfeld*
AGE-RELATED ASPECTS IN RISK OF DEVELOPING
NERVOUS SYSTEM PATHOLOGY IN GYMNASIUM
STUDENTS
- S.V. Kleyn, D.A. Eysfeld, N.V. Nikiforova*
TYPOLOGIZATION OF RUSSIAN REGIONS AS PER
ENVIRONMENTAL FACTORS, FACTORS RELATED
TO EDUCATIONAL PROCESS
AND SCHOOLCHILDREN'S HEALTH
- V.A. Fokin, N.V. Zaitseva, P.Z. Shur, S.V. Redko, E.V. Khrusheva*
ASSESSING AND PREDICTING INDIVIDUAL
OCCUPATIONAL RISK AND DETERMINING ITS EXACT
CATEGORIES USING PROBABILISTIC METHODS

- Н.Н. Малютина, С.В. Парамонова, Н.С. Сединина, О.Ю. Устинова*
РИСК РАЗВИТИЯ СИНДРОМА АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ У РАБОТНИКОВ ПОДЗЕМНОГО ТРУДА ПРИ ТРАНСФОРМАЦИИ ПСИХОВЕГЕТАТИВНОГО СТАТУСА
- А.В. Румянцева, Т.В. Азизова, М.В. Банникова*
ОЦЕНКА РИСКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ РАКОМ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В КОГОРТЕ РАБОТНИЦ, ПОДВЕРГШИХСЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОМУ ОБЛУЧЕНИЮ
- В.А. Панков, М.В. Кулешова*
АНАЛИЗ РИСКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В ОСНОВНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
- ОЦЕНКА РИСКА В ЭПИДЕМИОЛОГИИ**
- Н.К. Токаревич, А.А. Тронин, Р.В. Бузинов, О.В. Соколова, Т.Н. Унгуряну*
АНАЛИЗ РИСКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ КЛЕЩЕВЫМ ВИРУСНЫМ ЭНЦЕФАЛИТОМ В РАЙОНАХ С РАЗНЫМИ КЛИМАТОГЕОГРАФИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ
- А.Н. Матросов, Е.В. Чипанин, А.Я. Никитин, А.В. Денисов, А.И. Мищенко, Е.Н. Рождественский, А.А. Кузнецов, Н.В. Попов*
ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕР ДЕЗИНСЕКЦИИ И ДЕРАТИЗАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА В ГОРНО-АЛТАЙСКОМ ВЫСОКОГОРНОМ ПРИРОДНОМ ОЧАГЕ ЧУМЫ
- ОЦЕНКА РИСКА В ОРГАНИЗАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ**
- С. Озтюрк*
ИНСУЛЬТ И ФАКТОРЫ РИСКА ИНСУЛЬТА В ОБЩЕМ БРЕМЕНИ БОЛЕЗНЕЙ
- А.Б. Юдин, М.В. Калтыгин, Е.А. Коновалов, А.А. Власов, Д.А. Альтов, В.Е. Батов, А.И. Ширяева, Е.А. Якунчикова, О.А. Данилова*
ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗАЩИТНОГО МНОГОРАЗОВОГО КОСТЮМА КАК СРЕДСТВА МИНИМИЗАЦИИ РИСКА ИНФИЦИРОВАНИЯ МЕДИЦИНСКОГО ПЕРСОНАЛА
- Т.А. Платонова, А.А. Голубкова, С.С. Смирнова, Е.В. Дьяченко, К.В. Шахова, А.Д. Никитская*
К ПРОБЛЕМЕ ВЫЯВЛЕНИЯ ГРУПП РИСКА ПО ФОРМИРОВАНИЮ СИНДРОМА ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ СОТРУДНИКОВ МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ COVID-19
- АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОБЗОРЫ**
- Л.М. Карамова, Э.Т. Валеева, Н.В. Власова, Р.Р. Галимова, Г.Р. Башарова*
АНАЛИЗ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ РИСКА РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНЕЙ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ У МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ
- А.Е. Носов, А.С. Байдина, О.Ю. Устинова*
АЭРОПОЛЛЮТАНТЫ КАК ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ КАРДИОМЕТАБОЛИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР
- НОВЫЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ, НОРМАТИВНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В СФЕРЕ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ**
- 100** *N.N. Malyutina, S.V. Paramonova, N.S. Sedinina, O.Yu. Ustinova*
RISK OF DEVELOPING HYPERTENSION IN UNDERGROUND WORKERS WHEN PSYCHO-VEGETATIVE STATUS IS TRANSFORMING
- 109** *A.V. Rumyantseva, T.V. Azizova, M.V. Bannikova*
RISKS OF INCIDENCE OF BREAST CANCER IN A COHORT OF FEMALES OCCUPATIONALLY EXPOSED TO IONIZING RADIATION
- 119** *V.A. Pankov, M.V. Kuleshova*
ANALYZING RISKS OF OCCUPATIONAL INJURIES IN BASIC INDUSTRIES
- HEALTH RISK ANALYSIS IN EPIDEMIOLOGY**
- 127** *N.K. Tokarevich, A.A. Tronin, R.V. Buzinov, O.V. Sokolova, T.N. Unguryanu*
ANALYZING RISKS OF INCIDENCE OF TICK-BORNE ENCEPHALITIS IN AREAS WITH DIFFERENT CLIMATIC AND GEOGRAPHICAL CONDITIONS
- 136** *A.N. Matrosov, E.V. Chipanin, A.Ya. Nikitin, A.V. Denisov, A.I. Mishchenko, E.N. Rozhdestvensky, A.A. Kuznetsov, N.V. Popov*
EFFICIENCY OF DISINSECTION AND DERATIZATION AIMED AT REDUCING EPIDEMIOLOGIC RISKS IN GORNO-ALTAISKIY HIGH-MOUNTAIN NATURAL PLAGUE FOCUS
- RISK ASSESSMENT IN PUBLIC HEALTHCARE**
- 146** *S. Ozturk*
STROKE AND STROKE RISK FACTORS AS DISEASE BURDEN
- 152** *A.B. Yudin, M.V. Kaltygin, E.A. Kononov, A.A. Vlasov, D.A. Altov, V.E. Batov, A.E. Shiryayeva, E.A. Yakunchikova, O.A. Danilova*
ASSESSING FUNCTIONAL STATE OF THE BODY WHEN WEARING A REUSABLE PROTECTIVE SUIT TO MINIMIZE RISKS OF CONTAGION AMONG MEDICAL PERSONNEL
- 162** *T.A. Platonova, A.A. Golubkova, S.S. Smirnova, E.V. Dyachenko, K.V. Shahova, A.D. Nikitskaya*
ON REVEALING RISK GROUPS REGARDING EMOTIONAL BURN-OUT SYNDROME AMONG MEDICAL WORKERS DURING THE COVID-19 PANDEMIC
- ANALYTICAL REVIEWS**
- 173** *L.M. Karamova, E.T. Valeeva, N.V. Vlasova, R.R. Galimova, G.R. Basharova*
ANALYSIS OF OCCUPATIONAL RISK FACTORS CAUSING DISEASES OF THE CIRCULATORY SYSTEM IN MEDICAL WORKERS: LITERATURE REVIEW
- 181** *A.E. Nosov, A.S. Baydina, O.Yu. Ustinova*
AEROGENIC POLLUTANTS AS RISK FACTORS CAUSING DEVELOPMENT OF CARDIO-METABOLIC PATHOLOGY (REVIEW)
- 195** **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 614.4

DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.01

Читать
онлайн



Научная статья

ИССЛЕДОВАНИЕ СОБЫТИЙ, КОТОРЫЕ ПРИВЕЛИ К ПАНДЕМИИ COVID-19

Ж. Рейс¹, Р. Фрюто², А. Бюге³, А. Ле Фау⁴, Г. Санднер⁵, Г. Роман⁶, П. Спенсер⁷

¹Университет Страсбурга, Медицинская школа, Франция, 67205, г. Страсбург

²Французский центр сельскохозяйственных исследований международного развития, Франция, 3438 Montpellier CEDEX 5, г. Монпелье

³Университет Клод Бернард Лион-1, Франция, 69622, г. Вийербан, Бульвар 11 ноября 1918 г., 43

⁴Университет Лотарингии, Факультет фармации и факультет майевтической медицины и медицинских профессий, Франция, 54500, г. Вандёвр-ле-Нанси

⁵Университет Страсбурга, Факультет медицины, Франция, 67100, г. Страсбург

⁶Институт неврологии, Методистский госпиталь Хьюстона, США, Техас, 6560, г. Хьюстон

⁷Орегонский университет здоровья и науки, США, Орегон, 97201, г. Портланд

Спустя 16 месяцев после того, как 30 января 2020 г. Всемирная организация здравоохранения объявила о международной чрезвычайной ситуации в здравоохранении вследствие распространения COVID-19, вирусом SARS-CoV-2 заразились примерно 170 млн человек во всем мире; из них скончались более 3,5 млн. Мы критически анализируем информацию о происхождении вируса, когда и где возникли первые случаи заболевания среди людей, а также указываем на различия между клиническими проявлениями болезни в Китае и в более поздних случаях в других странах. Официально нулевой пациент был госпитализирован в г. Ухане, провинция Хубэй, Китай, 08.12.2019 г., но ретроспективный анализ указывает на то, что вирус циркулировал и ранее. Коронавирусы поражают млекопитающих и птиц, но вопрос о том, стало ли дикое животное (например летучая мышь или панголин) источником пандемии среди людей, остается открытым для обсуждения. В данной работе представлены две модели заражения: первая подразумевает передачу от животных, а вторая – циркуляцию и связана с некоторыми интересными гипотезами о том, что вирус SARS-CoV-2 и ранее циркулировал в человеческой популяции. Распределение пациентов, госпитализированных с COVID-19, различается по возрасту в Китае, в ЕС и США, так как пациенты в Китае были заметно моложе. Первые публикации о заболевании в Китае не содержали упоминания о потере вкуса и обоняния – симптоме, который стал центральным в Европе и США. Заметное вовлечение в патологический процесс эндотелия, связанное с тромботическими осложнениями, также было обнаружено позже. Эти клинические различия могут стать основанием для предположения об эволюции вируса.

Ключевые слова: диагностика SARS-CoV-2, «нулевой» пациент, зооноз, аутопсия, клинические проявления, дисгевзия / аносмия.

© Рейс Ж., Фрюто Р., Бюге А., Ле Фау А., Санднер Г., Роман Г., Спенсер П., 2021

Рейс Жак – доктор медицинских наук, доцент (e-mail: jacques.reis@wanadoo.fr; тел.: +333-68-85-00-00; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1216-4662>).

Фрюто Роже – доктор микробиологии, научный директор (e-mail: roger.frutos@cirad.fr; тел.: +33-467-593-835; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8926-3119>).

Бюге Аллен – доктор медицинских наук, старший научный сотрудник (e-mail: a.buguet@free.fr; тел.: +334-72-44-80-00; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8346-828X>).

Ле Фау Аллен – доктор медицинских наук (e-mail: alain.lefaou@univ-lorraine.fr; тел.: + 33-372-74-60-00; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3243-7330>).

Санднер Гай – профессор (e-mail: guy.sandner@wanadoo.fr; тел.: +33-368-85-35-20).

Роман Густаво – доктор медицинских наук, директор (e-mail: GCRoman@houstonmethodist.org; тел.: +1 713-441-1150; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5429-445X>).

Спенсер Питер – профессор (e-mail: spencer@ohsu.edu; тел.: +1 503-494-1085; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3994-2639>).

Спустя 16 месяцев после того, как 30 января 2020 г. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) объявила о международной чрезвычайной ситуации в здравоохранении, новый бета-коронавирус SARS-CoV-2 поразил примерно 170 млн человек во всем мире, и более 3,5 млн из них умерли. Международное сообщество плодотворно потрудились над изучением данной проблемы, что подтверждается наличием более чем 147 тысяч научных статей, занесенных в базу PubMed на конец мая 2021 г.; однако несколько вопросов остаются нерешенными.

В данной работе мы критически изучаем всю доступную информацию о происхождении вируса и о том, где были замечены первые случаи заболевания среди людей; также мы отмечаем различия между клиническими проявлениями заболевания в Китае и более поздними случаями COVID-19, которые повлияли на выбор стратегии лечения.

Цель исследования – представить обзор доступных на данный момент знаний по трем основным вопросам: что послужило триггером пандемии, когда появился нулевой пациент / кластер, чем объясняется разница в возрасте и клинических проявлениях заболевания между пациентами в Китае и в США и Европе. Первая часть нашего исследования фокусируется и основана на фактах, содержащихся в отчетах Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), а также в некоторых опубликованных научных работах (процитированных в полном объеме), по большей части китайских исследователей. Мы ни в коей мере не претендуем на полноту представленной информации.

Поиски «нулевого» пациента и ранняя китайская фаза пандемии. Специалисты в области биомедицины в ситуации столкновения с возникающим зоонозом или инфекционными заболеваниями всегда ищут того пациента, который заболел первым, в надежде, что это позволит пролить свет на то, как можно заразиться тем или иным заболеванием, и, возможно, даже на его этиологию. Поиск «нулевого» пациента и первых зарегистрированных случаев заболевания является приоритетом для эпидемиологов и инфекционистов. Очевидно, первый случай, «человек, который первым приносит заболевание в группу людей», – это не то же самое, что первый зарегистрированный случай заболевания или «пациент, который в начале эпидемии был первым, замеченным органами здравоохранения, и который дал им понять, что, возможно, речь идет о вспышке заболевания». Giesecke [1] говорит о том, что «для многих вспышек первый случай никогда не будет определен», а также добавляет, что «для всех обнаруженных вспышек заболеваний всегда будет один (или несколько) первый зарегистрированный случай». «Нулевого» пациента или, что более точно, первый случай заболевания почти невозможно обнаружить, так как в начале заболевания возможно одновременное появление нескольких случаев, в которых пациенты либо вообще не обра-

щались за медицинской помощью (болезнь протекала бессимптомно или в легкой форме), или же им был поставлен неправильный диагноз. Официальная история возникновения пандемии COVID-19, основанная на официальных заявлениях организаций здравоохранения Китая, была передана в ВОЗ [2, 3]. Ключевые даты и содержание переданных документов приведены ниже:

♦ 31.12.2019: заявление о вспышке пневмонии – Муниципальная комиссия Уханя по здравоохранению, Хубэй, Китай;

♦ 07.01.2020: китайские власти представляют идентификацию возбудителя инфекции – это новый коронавирус;

♦ 10.01.2020: ВОЗ издает всестороннее техническое руководство по обнаружению, тестированию и управлению инфекцией;

♦ 10.01.2020: китайские ученые публикуют последовательность РНК в геноме коронавируса;

♦ 30.01.2020: ВОЗ публикует данные о 7818 подтвержденных случаях COVID-19 в мире, из которых 82 были зарегистрированы в 18 других странах помимо Китая;

♦ 24.02.2020: издан отчет совместной миссии ВОЗ и Китая по изучению COVID-19;

♦ 11.03.2020: ВОЗ объявляет COVID-19 пандемией.

Подготовленность Китая. Эпидемия тяжелого острого респираторного синдрома (SARS), которая произошла в 2002–2003 гг. в провинции Гуандон (расположена к югу от провинции Хубэй), побудила китайские власти создать систему медицинского обнаружения новых вирусов, связанных с респираторными инфекциями. Эта система исследования гриппоподобных заболеваний (ILI) и тяжелых острых респираторных инфекций (SARI) подробно описана в отчете ВОЗ за 2021 г. [4]. Система позволила добиться отличных результатов во время эпидемии азиатского птичьего гриппа H7N9 в 2013–2017 гг., и ее использование стимулировало написание совместной работы с учеными американских центров по контролю и профилактике заболеваний (Centers for Disease Control & Prevention (CDC)) [5]. Необходимо подчеркнуть, что китайские и американские специалисты из подобных центров работали в тесном сотрудничестве; совместная работа началась в 1980-х гг. и «сыграла решающую роль в реакции Китая на вновь возникающие инфекционные заболевания, такие как SARS-CoV, птичий грипп и COVID-19» [6].

Вспышка COVID-19 в Ухане, провинция Хубэй, произошла на фоне всего накопленного Китаем опыта и знаний в области вирусных зоонозов, не только тяжелого острого респираторного синдрома (SARS), вызванного передачей вируса людям, в 2002–2004 гг., но и острого свиного диспептического синдрома (SADS), смертельного заболевания поросят, вспышка которого зарегистрирована в 2017 г. Оба эти заболевания возникли в провинции Гуандон. С учетом очевидного роста распространения коронавирусов

(CoVs) летучих мышей в Китае, потенциально способных вызвать тяжелые заболевания людей и животных, Главная лаборатория особых патогенов и биологической безопасности Уханского института вирусологии (WIV) Китайской академии наук предупреждала об этой угрозе в исследовании, представленном 29.01.2019 г. в журнал *Viruses*. Статья была опубликована 02.03.2019 г., примерно за год до того, как ВОЗ объявила пандемией заболевание COVID-19, вызываемое вирусом SARS-CoV-2. В работе, опубликованной в 2019 г., Yi Fan и др. заявили: «Существует общее мнение, что вирус летучих мышей CoVs появится вновь и вызовет следующую вспышку заболевания. В связи с этим наиболее вероятным очагом представляется Китай. Основной вызов состоит в том, чтобы предсказать, где и когда это произойдет, чтобы мы могли сделать все возможное для предотвращения подобных вспышек». «Эти исследования позволили установить, что разнообразные SARS-CoVs, способные использовать человеческий ангиотензинпревращающий фермент ACE2, все еще циркулируют среди летучих мышей в Китае, что подчеркивает возможность следующей вспышки заболевания, подобного SARS» [7]. Вне всякого сомнения, медицинское и научное сообщества в Китае были хорошо осведомлены об угрозе и хорошо к ней подготовлены.

Управление вспышкой эпидемии. Что же произошло в Китае, когда возникла вспышка заболевания, вызванного вирусом SARS-CoV-2 и когда в госпиталь в Ухане начали поступать пациенты с диагнозом «пневмония неустановленной природы» или «атипичная пневмония»? Стандартизованные процедуры медицинской диагностики использовались в соответствии с общепринятой надлежащей медицинской практикой. «Так как в самом начале вспышки вновь возникающей инфекции причина была неизвестна, диагноз “пневмония неустановленной природы” был поставлен пациентам в Ухане на основании клинических характеристик, снимков грудной клетки и исключения присутствия наиболее распространенных бактериальных и вирусных патогенов, которые вызывают пневмонию» [8]. Первоначально и медицинские сотрудники, и пациенты были склонны считать заболевание атипичной пневмонией, возникшей на фоне обычного зимнего сезонного гриппа. Здесь следует отметить заявление госпожи Wei Guixian, у которой, как считается, зарегистрирован один из первых выявленных случаев: «Я болею гриппом каждую зиму. Так я и подумала, что это грипп»¹. Это же впечатление возникло и у сотрудников Центра по контролю над заболеваниями в Ухане, которые заявляли: «Исследуемый период времени совпал с зимним пиком заболеваемости

гриппом и прочими респираторными заболеваниями. Количество случаев гриппоподобных недомоганий резко возросло во всех возрастных группах с начала декабря (2019) и достигло пика к Новому году» [9]. Оценка этиологического диагноза оказалась очень трудной: «Особенно на первой стадии развития эпидемии для диагностики COVID-19 применялись детекторы нуклеиновой кислоты для вируса SARS-CoV и других коронавирусов, использовались наборы с разными специфическими характеристиками и чувствительностью. Тем временем, если подобные наборы детекторов не были доступны, снимки грудной клетки, особенно компьютерная томография (КТ), играли важную роль в диагностике COVID-19, хотя подобные исследования не являются специфичными именно для COVID-19» [10].

Китайские издания, особенно China CDC Weekly, задокументировали последующие события [11–14]. Для культивации и выделения вируса применялись обычные методы. Поэтому извлечение и секвенирование РНК вируса позволило внедрить применение тестов ПЦР и серологическое определение антител к SARS-CoV-2. Затем была проведена оценка чувствительности и специфичности тестов ПЦР с обратной транскрипцией. Отчеты поступали в соответствии с хронологией:

♦ 21.12.2019: очаг пневмонии, много пациентов в госпитале в Ухане. Извлечение РНК, секвенирование и выделенная культура для оценки вируса в трех случаях [11, 13];

♦ 29.12.2019: сообщение органам здравоохранения Уханя об очаге вирусной пневмонии неизвестной этиологии (VPUE) (четверо работников рынка морепродуктов в Jiangnan District (HSWM) были госпитализированы с пневмонией);

♦ 30.12.2019: исследования центра по контролю над заболеваниями в Ухане обнаружили больше пациентов, связанных с рынком морепродуктов; органы здравоохранения провинции Хубэй доложили об очаге в Китайский центр по контролю над заболеваниями в Пекине;

♦ 31.12. 2019: эксперты Китайского центра по контролю над заболеваниями были посланы в Ухань для оказания помощи в исследованиях и забора проб пациентов для лабораторного анализа;

♦ 03.01.2020: Китайский национальный институт контроля и предотвращения вирусных заболеваний (IVDC) секвенировал новый коронавирус β-рода (2019-nCoV, позже получивший название SARS-CoV-2) с тремя четкими штаммами, идентифицированными в пробе БАЛ [11];

♦ 06.01.2020: Китайский национальный центр исследования патогенов сообщил о результатах

¹ Woods A. Shrimp vendor at Wuhan market may be coronavirus «patient zero» [Электронный ресурс] // New York Post. – URL: <https://nypost.com/2020/03/27/shrimp-vendor-at-wuhan-market-may-be-coronavirus-patient-zero/> (дата обращения: 15.06.2021).

электронной микроскопии: новый вирус имел морфологию, типичную для коронавирусов [14];

♦ 09.01.2020: «Китайский центр по контролю над заболеваниями заявляет, что новый коронавирус (2019-nCoV) стал причиной 15 из 59 случаев пневмонии» [15];

♦ 11.01.2020: «Команда, возглавляемая профессором Yong-Zhen Zhang из Университета Fudan, Шанхай, публикует геномную последовательность вируса на общедоступной платформе, поделившись этим знанием со всем миром. Китайский центр по контролю над заболеваниями и впоследствии две другие китайские исследовательские команды также публикуют геномную последовательность вируса на общедоступной платформе. Китай предоставляет данные о геномной последовательности вируса в ВОЗ» [16];

♦ 11.01.2020: в госпитале в Ухане появляются ПЦР-тесты для определения 2019-nCoV [11];

♦ 21.01.2020: команда, возглавляемая немецкими учеными, представляет электронный ПЦР-тест в режиме реального времени для нового коронавируса; это исследование стало «возможным благодаря готовности китайских ученых поделиться данными о геноме до публикации официальной информации, а также доступности большого объема знаний, накопленного в течение 15 лет изучения вирусов, связанных с ТОРС, в животных резервуарах» [17]. С помощью этого теста были выявлены наиболее ранние случаи заболевания в Европе.

В начале января 2020 г. три исследовательские команды, работая независимо друг от друга (Шанхай, Ухань и Пекин), осуществили успешное секвенирование нового вируса и опубликовали результаты своей работы. Метагеномное секвенирование РНК образца жидкости БАЛ, взятого у пациента госпиталя в Ухане, госпитализированного 26.12.2019 г., позволило идентифицировать полный вирусный геном нового штамма вируса, состоящего из 29 903 нуклеотидов и обозначенного как «WH-Human 1» [18]. Анализируя пробы семи пациентов с тяжелой пневмонией, поступивших в госпиталь в Ухане, лаборатория Института вирусологии Уханя обнаружила, что пять из них были ПЦР-положительны на CoVs. Метагеномный анализ с применением секвенирования следующего поколения выявил CoV-геном, состоящий из 29 981 пары оснований, в жидкости БАЛ одного из пациентов [19]. Третья команда идентифицировала 10 геномных последовательностей 2019-nCoV в пробах, взятых у девяти пациентов, в которых была отмечена 99,98%-ная идентичность последовательности, а количество пар оснований варьировалось от 29 829 до 29 844 [20]. Этот прорыв позволил создать ПЦР-тесты с обратной транскрипцией в Китае [14] и оценить их чувствительность и специфичность.

Ранние когортные обзоры. В середине января 2020 г. китайские исследователи начали публиковать свои работы о новой коронавирусной инфекции в международных журналах, и это произошло за

несколько недель до того, как ВОЗ объявила пандемию. Основные китайские исследования [8, 21–23], плюс совместный отчет Китай – ВОЗ за 2021 г. [24] описывали хронологию начала пандемии в Ухане, но с некоторыми расхождениями. В самом начале вспышки все отчеты отделяли работников и посетителей оптового рынка морепродуктов в Huanan (HSWM) от тех, кто не контактировал с ним. Все согласились с тем, что «нулевой» пациент был госпитализирован в начале декабря в Ухане. Однако в разных статьях приводится разная информация о первом зарегистрированном случае, так как есть сообщения, что это произошло 01.12, 08.12 или даже 12.12.2019 г. Газета South China Morning Post даже сообщила (со ссылкой на свое изучение правительственных данных), что «55-летний гражданин провинции Хубэй мог быть первым человеком, заразившимся COVID-19 17 ноября 2019» [10, 25]. Авторы интересной статьи, в которой была предпринята попытка разобраться в этиологии гриппоподобных заболеваний в Ухане путем ретроспективного анализа 640 мазков из гортани, собранных за период с 06.10.2019 г. по 21.01.2020 г., обнаружили, что только девять мазков, собранных с 04.01 по 20.01.2020 г., дали положительную реакцию на РНК SARS-CoV-2 в количественной ПЦР. Авторы предположили, что «число случаев COVID-19 постепенно росло на фоне прочих гриппоподобных заболеваний в январе» [9].

Доказательство передачи от человека к человеку путем близких контактов было получено в середине декабря 2019 г. [21]. Эта же передача вируса между людьми была оценена в семейном очаге в Шенжене, провинция Гуандон, который возник после того, как два члена одной семьи посетили своего родственника в госпитале Уханя: «Мы сообщаем о семейном очаге необъясненной пневмонии, вызванной 2019-nCoV. Эти факты говорят о возможности передачи 2019-nCoV между людьми и между городами посредством воздушного сообщения, так как уже есть подтверждения о перемещении инфицированных пассажиров из Уханя в другие географические регионы» [26].

Китайские ученые отметили определенные ограничения, и для лучшей оценки эпидемии были использованы математические модели. Так, в исследовании пекинских ученых была проведена оценка 3933 случаев новой коронавирусной пневмонии в Ухане (95 % ДИ 3454–4450) с симптомами, возникшими к 19.01.2020 г. [27]. Li и др. отметили ограничения их когорты из 425 случаев: «Подтвержденные случаи могли быть идентифицированы с большей легкостью после того, как реагенты для ПЦР-диагностики были доставлены в Ухань 11.01.2020 г., что помогло нам сократить время подтверждения заболевания», «ранние случаи инфекции с атипичными проявлениями могли остаться незамеченными, а случаи инфекции с легким течением с большой вероятностью не были включены в число подтвержденных случаев» [21].

Первые зарегистрированные случаи за пределами Китая. Изучение рецензируемых статей, опубликованных за период с 01.12.2019 г. по 09.07.2020 г. и размещенных в базах данных PubMed, China National Knowledge Infrastructure, Web of Science и базах данных ВОЗ, позволило установить идентифицированные первые зарегистрированные случаи в 16 разных странах / регионах Азии, Европы, Северной и Южной Америки. 12 первых случаев были зарегистрированы в январе 2020 г., все завезены из Китая или приобретены посредством контактов с китайскими пациентами, в то время как четыре дополнительных случая в феврале и марте были связаны с поездками в Италию (пациенты в Боливии и Бразилии), Иран (пациент в Афганистане), Великобританию (пациент в США) [28]. Дополнительные данные, приведенные ниже, дают представление о гражданстве пациентов и маршруте передачи первых зарегистрированных случаев из Китая:

- ♦ 03.01.2020: первый зарегистрированный случай в Непале [28];
- ♦ 13.01.2020: первый зарегистрированный случай в Таиланде [29];
- ♦ 16.01.2020: первый зарегистрированный случай в Японии [29];
- ♦ 16.01.2020: первые зарегистрированные случаи во Франции – два китайских туриста и путешественник, возвращающийся из Уханя [28, 30];
- ♦ 19.01.2020: первые зарегистрированные случаи в штате Вашингтон, США, [31] и в Северной Корее [28, 29];
- ♦ 23.01.2020: первые зарегистрированные случаи в Италии – два китайских туриста [32], Торонто (Канада) и Вьетнаме [28];
- ♦ 24.01.2020: первый зарегистрированный случай в Германии (пациент заразился от китайки в командировке) [28, 33];
- ♦ 26.01.2020: первые зарегистрированные случаи в Великобритании и Финляндии [28];
- ♦ 31.01.2020: первые зарегистрированные случаи в России – китайские туристы в Сибири, которым потребовалась медицинская помощь [34].

На основании данных фактов кажется, что объявление ВОЗ пандемии к концу января 2020 г. было бы вполне обоснованным, так как пандемия определяется как «распространение нового заболевания по всему миру» [35]. Возможно, ВОЗ хотела удостовериться, что это действительно «эпидемия, распространяющаяся на огромной территории, пересекающая границы государств и влияющая на огромное количество людей» [36], какой она, вне всякого сомнения, стала к 11.03.2020 г., когда пандемия все же была объявлена. Возник немедленный интерес исследовательских команд во Франции, Великобритании, Италии и США к поиску первого пациента в своих странах. Этот же поиск стал одной из целей совместного исследования ВОЗ и Китая [4], в котором был сделан вывод, что «исследования,

проведенные в различных странах, предполагают, что циркуляция SARS-CoV-2 уже происходила в течение нескольких недель до обнаружения первых случаев заболевания». Это утверждение основывалось на обнаружении нейтрализующих антител в крови нескольких участников программы онкологического скрининга в Италии (октябрь 2019 г.), ПЦР-анализе мазка из гортани, взятого у ребенка с подозрением на корь (начало декабря 2019 г.), и ПЦР-анализе проб сточных вод в северной Италии (середина декабря 2019 г.). Дополнительные данные из Франции тоже подтвердили выделение нейтрализующих антител в образцах крови, взятых в середине декабря, и ПЦР-определение SARS-CoV-2 в ротоглотке пациента, госпитализированного в конце декабря. В Бразилии SARS-CoV-2 был обнаружен при тестировании сточных вод ПЦР с обратной транскрипцией 27.11.2019 г., а серологическое тестирование 7389 образцов донорской крови, собранных в США между 13.12.2019 г. и 17.01.2020 г., выявило 106 положительных.

Неразгаданная тайна происхождения SARS-CoV-2. Происхождение вируса SARS-CoV-2 и путь его передачи человеку являются предметом интенсивных дебатов, на которые бросает тень политическая обеспокоенность. Подобные исследования связаны с недостатком данных о первых зарегистрированных случаях, сложностями оценки, другими неопределенностями и сложностью взаимодействий, что принимается во внимание исследовательским сообществом. Метагеномика и особые молекулярные генетические инструменты, такие как филодинамика и филогеографический анализы, а также байсовская филогеографическая реконструкция, применялись для разрешения данных проблем. Но поскольку эти комплексные попытки анализа вряд ли можно назвать завершенными, и они выходят за рамки данного исследования, в дальнейшем мы основываемся на предположении, что вирус SARS-CoV-2 имеет зоонотическое происхождение, а вспышка в Ухане может быть объяснена одной из двух описанных гипотез.

Отчет Китая и ВОЗ за 2021 г. 29.03.2021 г. эксперты ВОЗ предложили четыре гипотезы, которые могли бы объяснить появление вируса SARS-CoV-2; они были представлены в одном из разделов их отчета, озаглавленного «Зоонотическое происхождение SARS-CoV-2» [4]. Эти четыре гипотезы были обсуждены и оценены в соответствии с их вероятной достоверностью: прямая передача от летучих мышей людям; передача через промежуточного носителя; употребление замороженного мяса, зараженного вирусом; лабораторная утечка. Также в отчете подвергалось сомнению предположение, что именно рынок Хуанан в Ухане стал основным источником заражения, хотя там и были проданы тушки 38 пойманных и выращенных в неволе диких животных за период между маем 2017 г. и ноябрем 2019 г. [37]. Отчет ВОЗ за 2021 г. был многократно прокомментирован, в том числе и в престижных

журналах, таких как Science [38] и The Lancet [39]. 01.04.2021 г. в журнале Nature было заявлено: «Отчет Всемирной организации здравоохранения, как говорят ученые, является хорошим началом, но огромная часть вопросов до сих пор остается без ответа. В отчете сделан вывод, что лабораторное происхождение COVID-19 вследствие утечки является маловероятным. Но число призывов к исчерпывающему исследованию по данному вопросу все возрастает, в том числе – среди ученых. Проблема происхождения эпидемии с самого начала была в первую очередь политическим вопросом» [40]. К июню 2021 г. стало ясно, что происхождение COVID-19 вновь изучается экспертами ВОЗ.

Новый подход, «модель вирусной циркуляции». В рамках текущей парадигмы возникновение зоонозов объясняется передачей возбудителя от животных к человеку. Согласно данной модели, зооотический вирус, который может поразить человека, уже присутствует в резервуарных особях и передается человеку через промежуточного носителя. Однако на практике подобный процесс никогда не наблюдался. Модель передачи является всего лишь интеллектуальной конструкцией, которая не выдержала столкновения с реальностью после того, как была создана. При всей ее кажущейся достоверности, эпидемии SARS, MERS и COVID-19 показали, что ни одно из предсказаний модели передачи вируса не осуществилось на практике. В дикой природе не были обнаружены ни резервуары, ни промежуточные носители, ни вирусы, способные приспособиться к человеку.

С учетом очевидного провала концепции передачи была разработана новая доказательная модель – «модель циркуляции»; с ее помощью предполагается объяснить возникновение и передачу заболевания, вызванного SARS-CoV-2 [41–43]. «Модель циркуляции» основана на натуральных наблюдениях и содержит гипотезу о том, что вирусы циркулируют между разными носителями просто посредством контактов и благодаря их совместимости. Данные вирусы развиваются в каждом носителе по-своему. Вирусы, вызывающие пандемию среди людей, существуют только в людях, что и объясняет их отсутствие в дикой природе. Обнаружить можно только родственные вирусы той же самой группы.

Модель вирусной циркуляции объясняет процесс появления естественно возникающих вирусов в человеческой популяции, но она не может четко определить происхождение SARS-CoV-2. Нужно рассмотреть два разных шага: 1) первоначальная инфекция среди людей, вызванная вирусом, циркулирующим в дикой природе; 2) необнаруженная передача вируса между людьми до того, как было признано существование заболевания. Первый шаг вполне возможен в антропогенных сельских районах. Возникновение напрямую связано с поведением людей, мобильностью и социальными факторами, когда эпидемический порог пройден. Как утверждали Frutos et al. [42], «опасность,

т.е., присутствие вирусов CoVs, потенциально способных вызвать эпидемию или пандемию, вполне реальна. Человеческая деятельность приводит к росту частоты столкновения с вирусами, и так создаются очаги прироста, в которых вполне возможно достижение порога, необходимого для запуска эпидемии. В таких антропогенных очагах и заключается риск». Эта модель вполне согласуется с возможностью ранней циркуляции вируса в Ухане: «Однако данный вирус, вполне возможно, циркулировал уже с начала октября 2019 г.» [42]. Plato и др. [44, 45] согласны с данной моделью и называют раннюю фазу в ней «период пре-Уханя», который, как они предполагают, начался еще в первой половине 2019 г.

Данные о клинических проявлениях COVID-19 и данные вскрытий: сравнение между Китаем и странами Запада. Сравнение первых клинических описаний болезни в Китае, полученных на основании изучения данных по небольшой выборке госпитализированных пациентов, и описаний болезни в странах Запада выявило определенные различия, которые заслуживают изучения. Ниже мы рассматриваем различия в возрастном распределении первых госпитализированных пациентов, якобы отсутствующие изменения вкуса и обоняния у пациентов в Китае, а также процедуры вскрытия.

Возрастное распределение ранних случаев заболевания. Изучение данных о 278 госпитализированных пациентах с пневмонией COVID-19 в Ухане позволило получить представление о демографических данных первых китайских пациентов с этим заболеванием [46]. Китайские публикации о первых случаях [8, 21–23] сообщали о том, что среди пациентов преобладали мужчины в возрасте младше 60 лет. «На 10.02.2020 г. только в трех относительно крупных исследованиях конкретных случаев подробно описаны клинические данные пациентов с пневмонией, вызванной SARS-CoV-2 в Ухане» [47]. Однако в отчетах, предоставленных медицинскими работниками в Ухане, обнаружены значительные различия. В Уханском госпитале Jinyintan средний возраст пациентов составил 55,5 г., а доля пациентов старше 60 лет составила 37 % [22], в то время как отчеты, полученные из Китайского центра по контролю над заболеваниями, содержат данные о среднем возрасте пациентов – 49 лет, а доля пациентов старше 65 лет составила 13,8 % [23]. Эти данные значительно отличаются от сведений, полученных в странах Запада (США и Европа), где наиболее подверженными заболеванию оказались как раз люди старшего возраста. Американский центр по контролю над заболеваниями последовательно заявляет в течение всей пандемии, что риск госпитализации в первую очередь связан с возрастом [48]. В Италии средний возраст пациентов колебался между 60 и 67 годами [47], а в Нью-Йорке исследование когорты из 5700 госпитализированных пациентов выявило их средний возраст, равный 63 годам [47]. Однако групповое распределение возраста очень сильно отлича-

лось в разных опубликованных исследованиях. Медианный возраст в Австралии составил 58 лет [49], в то время как исследование двух выборок в Ираке выявило огромные различия, так как доля пациентов с COVID-19 в возрасте старше 60 лет колебалась от 12 до 40 % [50, 51]. Объяснение типичного возрастного распределения первых случаев COVID-19 представляет собой сложную задачу, так как необходимо рассмотреть множество переменных, включая общие демографические данные, распределение по возрасту всего населения, проживание пациентов в сельской / городской местности, а также поведение пациентов.

Аносмия и дисгевзия. В статье, опубликованной 25.02.2020 г. на medRxiv, Mao et al. [52] впервые описали отсутствие обоняния и вкуса, выявленные при изучении когорты из 214 пациентов, госпитализированных в Ухане. Они отметили небольшой процент больных с нарушениями обоняния и вкуса, но упомянули, что обнаружение таких субъективных симптомов в когорте было затруднено. «У пациентов с симптомами расстройств периферической нервной системы наиболее часто обнаруживались ухудшение вкуса (12 [5,6 %]) и обоняния (11 [5,1 %])» [52]. Изменения вкуса и обоняния сейчас признаны характерными симптомами COVID-19, возникающими на ранней стадии заболевания и иногда являющимися единственными симптомами при легком и умеренном течении заболевания у 65–70 % пациентов [53]. В марте 2020 г. этот феномен был выявлен в разных странах, включая Корею, Италию, Германию и Иран [54, 55]. В иранском исследовании [55] была применена необычная методология, в рамках которой пациенты самостоятельно отмечали отсутствие обоняния в опроснике, доступном в социальных сетях; всего в исследовании приняли участие 15 228 человек, но их статус COVID-19 был неизвестен. В исследовании было выявлено, что примерно 76,2 % (10 069 человек) из тех, кто предположительно болел COVID-19, сообщили о внезапной потере обоняния или об его ослаблении. Эти сообщения побудили ЛОР-сообщества во Франции, Великобритании и США сообщить своим членам о данном феномене в марте 2020 г. [56–58]. Последовали онлайн-публикации от команды исследователей из Франции и Бельгии 02.04.2020 г. [59], а также от итальянских исследователей [60] – 15.04.2020 г. Последние выявили нарушение чувствительности к химическому раздражению в 19,4 % случаев из 320. Этот симптом вызвал большой интерес, что привело к публикации научных работ в Корее [61], Италии [62], Франции [63] и Иране [64]. Европейская совместная группа повторно изучила когорту европейских пациентов, которая увеличилась со временем [65]. «В общей сложности 1754 пациента (87 %) заявили о потере обоняния, а 1136 (56 %) сообщали о вкусовых нарушениях» [66]. Интерес к нарушениям вкуса и обоняния при COVID-19 стремительно возрастал [67], исследования фокусировались на их оценке и

способах лечения [68], последующем изучении и эволюции [69–71].

Клиническая эволюция ослабления / отсутствия обоняния и отсутствия вкуса является важной проблемой для пациентов, потому что, например, потеря или ослабление восприятия запахов увеличивает вероятность раннего поражения центральной нервной системы вирусом SARS-CoV-2, в частности обонятельных луковиц [63, 64, 69, 70]. Полный клинический скрининг COVID-19, как и в случае с любым другим заболеванием, не только подразумевает надлежащее вовлечение пациента, но и обеспечивает информацию, критически важную для точного диагноза. Действительно, поразительно часто возникающие симптомы вкусовых и обонятельных расстройств помогли четко клинически дифференцировать ЛОР-симптомы COVID-19 и симптомы, связанные с гриппом. Meng et al. [71] попытались определить причину, по которой расстройства вкуса и обоняния значительно реже встречались в Китае, чем в других странах. Одной из выдвинутых гипотез стала различная восприимчивость в популяции к мутировавшим версиям SARS-CoV-2, согласно Forster et al. [72], которые выявили иные таксоны вируса в Европе по сравнению с Китаем. Мутации SARS-Cov-2 во время его распространения за пределы Китая подтверждены, так как дальнейшее развитие эпидемии выявило возникновение множественных вариаций вируса в разных странах мира.

Вскрытия и целевые органы для SARS-CoV-2. Как нам известно, и как было отмечено в обзоре [73], в первые месяцы пандемии в Китае были опубликованы только несколько отчетов о вскрытиях, и речь не шла об изучении выборки пациентов. Среди результатов первых вскрытий, приведенных в отчете ВОЗ и Китая [24], есть данные об исследовании легких. В другом отчете о вскрытии, процитированном Mao et al. [52], есть данные об изучении головного мозга; в отчете, изданном в Китае и озаглавленном «Национальная комиссия здравоохранения КНР. Диагностика и лечение новой коронавирусной пневмонии (пробная версия 7)», упоминалось, что «результаты вскрытия пациентов с COVID-19 выявили гиперемии и отечность в тканях головного мозга, а также дегенерацию нейронов» [52]. Позже (в апреле 2020 г.) гистопатологический анализ результатов 26 вскрытий выявил вовлечение почечного эндотелия [74]. Вскрытия считаются связанными с риском с момента появления COVID-19, и для их осуществления требуются средства индивидуальной защиты [75].

Несколько вскрытий было проведено в американских [76, 77] и европейских лабораториях [78–80]. Результаты данных посмертных исследований подтвердили, что COVID-19 поражает самые разные цели в организме, и в результате это привело к резким изменениям в лечении тяжелых случаев заболевания. Ключевым открытием стало предположение о сосудистой дисфункции, тяжелой закупорке капилляров, широко распространенном эндотелие и

микротромбах [78, 79], в частности сказано: «мы доказываем, что в процесс вовлечены клетки эндотелия в сосудистом русле самых разных органов, что было отмечено у многих пациентов с COVID-19» [78]. Это объясняет, почему COVID-19, наряду с интраваскулярной диссеминированной коагулопатией, может вызвать тромбоз артерий в головном мозге (ишемический инсульт) и в легких (эмболия).

Выводы. Несмотря на огромные усилия, принимаемые медицинским и научным сообществом в части документирования множественных аспектов COVID-19, до сих пор нет четких данных о происхождении и ранних стадиях развития пандемии. Ясно одно: заболевание действительно возникло в Ухане, но причины и точное время его появления до сих пор не выявлены. Произошло ли это в январе 2020 г. в период перед празднованием Нового года по китайскому календарю? Ретроспективный анализ установил, что вирус и ранее циркулировал за пределами Китая, в частности в Бразилии, Франции, Италии и США. Вполне вероятно, ответы на эти критически важные вопросы помогут предвидеть, выявлять и отслеживать будущие вспышки заразных вирусов, коронавирусной или иной природы.

Пандемия COVID-19 показала, что выявление нового заболевания связано с определенными трудностями, будь то вспышка, начавшаяся с одного пациента или с небольшого очага из нескольких случаев. Если эти трудности удастся преодолеть, появится возможность ограничивать распространение вирусов усилиями систем здравоохранения, которые в случае с COVID-19 были успешны в таких странах, как Австралия, Новая Зеландия и Тайвань, где тестирование, отслеживание, изоляция и коммуникации были эффективно применены на практике.

Однако, вне зависимости от того, насколько успешно реагирует система здравоохранения, контроль над медицинской фазой, вызванной быстрым распространением возбудителя инфекции, не может служить средством обнаружения или предотвращения угрозы пандемии, вызванной носителем, существующим в окружающей среде, так как на данной стадии это уже слишком поздно [81]. В соответствии с принципом предупреждения угроз, применяемым при возникновении заболеваний, вызванных загрязнением окружающей среды, человечеству необходима более тесная глобальная кооперация для эффективного обнаружения и мониторинга циркуляции вирусов, которые представляют собой угрозу здоровью человека или животных. Для идентификации и определения путей передачи вируса очень полезным может оказаться подход «Одно здоровье», в рамках которого внимание одновременно уделяется заболеваниям человека и животных. Помимо этого, необходимо обеспечить своевременное предоставление полных и ясных данных и глобальный доступ к ним для предотвращения и, в случае необходимости, отслеживания и сдерживания будущих вспышек инфекционных заболеваний, которые потенциально могут стать пандемией. Несмотря на коллективную ответственность человечества, мы должны найти способ преодолеть влияние обычной трилогии «I» – невежество, идеология, инерция (ignorance, ideology, inertia), которая была обнаружена в несколько ином контексте [82].

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Giesecke J. Primary and index cases // *Lancet*. – 2014. – Vol. 384, № 9959. – P. 2024. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)62331-X
2. Archived: WHO Timeline – COVID-19: statement [Электронный ресурс] // World health organization. – 27 April 2020. – URL: www.who.int/news/item/27-04-2020-who-timeline---covid-19 (дата обращения: 27.09.2021).
3. Timeline: WHO's COVID-19 response [Электронный ресурс] // World health organization. – URL: www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/interactive-timeline/ (дата обращения: 27.09.2021).
4. WHO-convened global study of origins of SARS-CoV-2: China Part. Joint WHO – China study: 14 January–10 February [Электронный ресурс] // World health organization. – 2021. – 120 p. – URL: <https://www.who.int/publications/i/item/who-convened-global-study-of-origins-of-sars-cov-2-china-part> (26.09.2021).
5. Use of national pneumonia surveillance to describe influenza A (H7N9) virus epidemiology, China, 2004–2013 / N. Xiang, F. Havers, T. Chen, Y. Song, W. Tu, L. Li, Y. Cao, B. Liu [et al.] // *Emerg. Infect. Dis.* – 2013. – Vol. 19, № 11. – P. 1784–1790. DOI: 10.3201/eid1911.130865
6. US – China health exchange and collaboration following COVID-19 / L. Li, K. Wang, Z. Chen, J.P. Koplan // *Lancet*. – 2021. – Vol. 397, № 10291. – P. 2304–2308. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)00734-0
7. Bat coronaviruses in China / Y. Fan, K. Zhao, Z.-L. Shi, P. Zhou // *Viruses*. – 2019. – Vol. 11, № 3. – P. 210. DOI: 10.3390/v11030210
8. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China / C. Huang, Y. Wang, X. Li, L. Ren, J. Zhao, Y. Hu, L. Zhang, G. Fan [et al.] // *Lancet*. – 2020. – Vol. 395, № 10223. – P. 497–506. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30183-5
9. SARS-CoV-2 detection in patients with influenza-like illness / W.H. Kong, Y. Li, M.W. Peng, D.-G. Kong, X.-B. Yang, L. Wang, M.-Q. Liu // *Nat. Microbiol.* – 2020. – Vol. 5, № 5. – P. 675–678. DOI: 10.1038/s41564-020-0713-1
10. Summary of the detection kits for SARS-CoV-2 approved by the National Medical Products Administration of China and their application for diagnosis of COVID-19 / R. A. H. Wang, W. Wang, W. Tan // *Viol. Sin.* – 2020. – Vol. 35, № 6. – P. 699–712. DOI: 10.1007/s12250-020-00331-1
11. A novel coronavirus genome identified in a cluster of pneumonia cases – Wuhan, China 2019–2020 / W. Tan, X. Zhao, X. Ma, W. Wang, P. Niu, W. Xu, G.F. Gao, G. Wu // *China CDC Weekly*. – 2020. – Vol. 2, № 4. – P. 61–62.
12. The 2019-nCoV Outbreak Joint Field Epidemiology Investigation Team, Li Q. An outbreak of NCIP (2019-nCoV) Infection in China — Wuhan, Hubei Province, 2019–2020 // *China CDC Weekly*. – 2020. – Vol. 2, № 5. – P. 79–80.
13. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China / N. Zhu, D. Zhang, W. Wang, X. Li, B. Yang, J. Song, X. Zhao, B. Huang [et al.] // *N. Engl. J. Med.* – 2020. – Vol. 382, № 8. – P. 727–733. DOI: 10.1056/NEJMoa2001017
14. Description of the first strain of 2019-nCoV, C-Tan-nCoV Wuhan Strain National Pathogen Resource Center / Q. Wei, Y. Wang, J. Ma, J. Han, M. Jiang, L. Zhao, F. Ye, J. Song [et al.] // *China CDC Weekly*. – 2020. – Vol. 2, № 6. – P. 81–82.
15. Rapid risk assessment: Cluster of pneumonia cases caused by a novel coronavirus, Wuhan, China, 2020 [Электронный ресурс] // European Centre for Disease Prevention and Control. – URL: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/rapid-risk-assessment-cluster-pneumonia-cases-caused-novel-coronavirus-wuhan> (дата обращения: 29.04.2021).

16. Lawrence S.V. Congressional Research Service, Covid-19 and China: A chronology of Events, May 13, 2020 [Электронный ресурс] // USC US – China Institute. – URL: <https://china.usc.edu/congressional-research-service-covid-19-and-china-chronology-events-may-13-2020> (дата обращения: 29.04.2021).
17. Detection of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) by real-time RT-PCR / V.M. Corman, O. Landt, M. Kaiser, R. Molenkamp, A. Meijer, D.K. Chu, T. Bleicker, S. Brünink [et al.] // *Euro Surveill.* – 2020. – Vol. 25, № 3. – P. 2000045. DOI: 10.2807/1560-7917.ES.2020.25.3.2000045
18. A new coronavirus associated with human respiratory disease in China / F. Wu, S. Zhao, B. Yu, Y.M. Chen, W. Wang, Z.G. Song, Y. Hu, Z.W. Tao [et al.] // *Nature.* – 2020. – Vol. 579, № 7798. – P. 265–269. DOI: 10.1038/s41586-020-2008-3
19. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin / P. Zhou, X. Yang, X.-G. Wang, B. Hu, L. Zhang, W. Zhang, H.-R. Si, Y. Zhu [et al.] // *Nature.* – 2020. – Vol. 579, № 7798. – P. 270–273. DOI: 10.1038/s41586-020-2012-7
20. Genomic characterisation and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding / R. Lu, X. Zhao, J. Li, P. Niu, B. Yang, H. Wu, W. Wang, H. Song [et al.] // *Lancet.* – 2020. – Vol. 395, № 10224. – P. 565–574. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30251-8
21. Early Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus-Infected Pneumonia / Q. Li, X. Guan, P. Wu, X. Wang, L. Zhou, Y. Tong, R. Ren, K.S.M. Leung [et al.] // *N. Engl. J. Med.* – 2020. – Vol. 382, № 13. – P. 1199–1207. DOI: 10.1056/NEJMoa2001316
22. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study / N. Chen, M. Zhou, X. Dong, J. Qu, F. Gong, Y. Han, Y. Qiu, J. Wang [et al.] // *Lancet.* – 2020. – Vol. 395, № 10223. – P. 507–513. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30211-7
23. Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus-Infected Pneumonia in Wuhan, China / D. Wang, B. Hu, C. Hu, F. Zhu, X. Liu, J. Zhang, B. Wang, H. Xiang [et al.] // *JAMA.* – 2020. – Vol. 323, № 11. – P. 1061–1069. DOI: 10.1001/jama.2020.1585
24. Report of the WHO–China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 [Электронный ресурс] // World health organization. – 28 February, 2020. – URL: [www.who.int/publications/i/item/report-of-the-who-china-joint-mission-on-coronavirus-disease-2019-\(COVID-19\)](http://www.who.int/publications/i/item/report-of-the-who-china-joint-mission-on-coronavirus-disease-2019-(COVID-19)) (дата обращения: 19.09.2021).
25. Ma J. Coronavirus: China's first confirmed Covid-19 case traced back to November 17 [Электронный ресурс] // *South China Morning Post.* – 13 March, 2020. – URL: www.scmp.com/news/china/society/article/3074991/coronavirus-chinas-first-confirmed-covid-19-case-traced-back (дата обращения: 22.09.2021).
26. A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster / J.F.-W. Chan, S. Yuan, K.-H. Kok, K.K.-W. To, H. Chu, J. Yang, F. Xing, J. Liu [et al.] // *Lancet.* – 2020. – Vol. 395, № 10223. – P. 514–523. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30154-9
27. You C., Lin Q., Zhou X. An estimation of the total number of cases of NCIP (2019-nCoV) – Wuhan, Hubei Province, 2019–2020 // *China CDC Weekly.* – 2020. – Vol. 2, № 6. – P. 87–91.
28. Epidemiology, clinical characteristics of the first cases of COVID-19 / J. Liu, S. Liu, H. Wei, X. Yang // *Eur. J. Clin. Invest.* – 2020. – Vol. 50, № 10. – P. e13364. DOI: 10.1111/eci.13364
29. A novel coronavirus outbreak of global health concern / C. Wang, P.W. Horby, F.G. Hayden, G.F. Gao // *Lancet.* – 2020. – Vol. 395, № 10223. – P. 470–473. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30185-9
30. First cases of coronavirus disease 2019 (COVID-19) in France: surveillance, investigations and control measures, January 2020 / B.S. Stoecklin, P. Rolland, Y. Silue, A. Mailles, C. Campese, A. Simonodon, M. Mechain, L. Meurice // *Euro Surveill.* – 2020. – Vol. 25, № 6. – P. 2000094. DOI: 10.2807/1560-7917.ES.2020.25.6.2000094
31. First travel-related case of 2019 novel coronavirus detected in United States [Электронный ресурс] // Centers for Disease Control and Prevention. – January 21, 2020. – URL: <https://www.cdc.gov/media/releases/2020/p0121-novel-coronavirus-travel-case.html> (дата обращения: 18.09.2021).
32. The first two cases of 2019-nCoV in Italy: Where they come from? / M. Giovannetti, D. Benvenuto, S. Angeletti, M. Ciccozzi // *J. Med. Virol.* – 2020. – Vol. 92, № 5. – P. 518–521. DOI: 10.1002/jmv.25699
33. Transmission of 2019-nCoV Infection from an asymptomatic contact in Germany / C. Rothe, M. Schunk, P. Sothmann, G. Bretzel, G. Froeschl, C. Wallrauch, T. Zimmer, V. Thiel [et al.] // *N. Engl. J. Med.* – 2020. – Vol. 382, № 10. – P. 970–971. DOI: 10.1056/NEJMc2001468
34. В России выявили первые два случая заражения коронавирусом [Электронный ресурс] // ТАСС. – 2020. – URL: <https://tass.ru/obschestvo/7656549> (дата обращения: 05.09.2021).
35. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 [Электронный ресурс] // WHO. – 2020. – URL: <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020> (дата обращения: 05.09.2021).
36. Kelly H. The classical definition of a pandemic is not elusive // *Bull. World Health Organ.* – 2011. – Vol. 89, № 7. – P. 540–541. DOI: 10.2471/BLT.11.088815
37. Animal sales from Wuhan wet markets immediately prior to the COVID-19 pandemic / X. Xiao, C. Newman, C.D. Buesching, D.W. Macdonald, Z.-M. Zhou // *Sci. Rep.* – 2021. – Vol. 11, № 1. – P. 11898. DOI: 10.1038/s41598-021-91470-2
38. Investigate the origins of COVID-19 / J.D. Bloom, Y.A. Chan, R.S. Baric, P.J. Bjorkman, S. Cobey, B.E. Deverman, D.N. Fisman, R. Gupta [et al.] // *Science.* – 2021. – Vol. 372, № 6543. – P. 694. DOI: 10.1126/science.abj0016
39. Zarocostas J. Calls for transparency after SARS-CoV-2 origins report // *Lancet.* – 2021. – Vol. 397, № 10282. – P. 1335. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)00824-2
40. Mallapaty S. After the WHO report: what's next in the search for COVID's origins // *Nature.* – 2021. – Vol. 592, № 7854. – P. 337–338. DOI: 10.1038/d41586-021-00877-4
41. COVID-19: the conjunction of events leading to the coronavirus pandemic and lessons to learn for future threats / R. Frutos, M. Lopez Roig, J. Serra-Cobo, C.A. Devaux // *Front. Med. (Lausanne).* – 2020. – Vol. 7. – P. 223. DOI: 10.3389/fmed.2020.00223
42. Frutos R., Gavotte L., Devaux C.A. Understanding the origin of COVID-19 requires to change the paradigm on zoonotic emergence from the spillover model to the viral circulation model // *Infect. Genet. Evol.* – 2021. – Vol. 95. – P. 104812. DOI: 10.1016/j.meegid.2021.104812
43. Emergence of bat-related betacoronaviruses: Hazard and risks / R. Frutos, J. Serra-Cobo, L. Pinault, M. Lopez Roig, C.A. Devaux // *Front. Microbiol.* – 2021. – Vol. 12. – P. 591535. DOI: 10.3389/fmicb.2021.591535
44. History of the COVID-19 pandemic: Origin, explosion, worldwide spreading / S. Platto, Y. Wang, J. Zhou, E. Carafoli // *Biochem. Biophys. Res. Commun.* – 2021. – Vol. 538. – P. 14–23. DOI: 10.1016/j.bbrc.2020.10.087
45. Plato S., Xue T., Carafoli E. COVID-19: an announced pandemic // *Cell Death Dis.* – 2020. – Vol. 11, № 9. – P. 799. DOI: 10.1038/s41419-020-02995-9
46. Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) and coronavirus disease-2019 (COVID-19): The epidemic and the challenges / C.-C. Lai, T.-P. Shih, W.-C. Ko, H.-J. Tang, P.-R. Hsueh // *Int. J. Antimicrob. Agents.* – 2020. – Vol. 55, № 3. – P. 105924. DOI: 10.1016/j.ijantimicag.2020.105924
47. Clinical, demographical characteristics and hospitalisation of 3,010 patients with COVID-19 in Friuli Venezia Giulia Region (Northern Italy). A multivariate, population-based, statistical analysis / M. Gobbato, E. Clagnan, I. Burba, L. Rizzi, L. Grasseti, S. Del Zotto, L. Dal Maso, D. Serraino, G. Tonutti // *Epidemiol. Prev.* – 2020. – Vol. 44, № 5–6, suppl. 2. – P. 226–234. DOI: 10.19191/EP20.5-6.S2.122
48. Risk for COVID-19 Infection, Hospitalization, and Death by Age Group (updated Feb. 18, 2021) [Электронный ресурс] // Centers for Disease Control and Prevention. – URL: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/covid-data/investigations-discovery/hospitalization-death-by-age.html> (дата обращения: 02.04.2021).
49. COVID-19 National Incident Room Surveillance Team. COVID-19, Australia: Epidemiology Report 16 (Reporting week to 23: 59 AEST 17 May 2020) // *Commun. Dis. Intell.* – 2020. – Vol. 44. DOI: 10.33321/cdi.2020.44.45
50. Age Distribution of clinical symptoms, isolation, co-morbidities and Case Fatality Rate of COVID-19 cases in Najaf City, Iraq / R.H. Al-Mudhaffer, S.W. Ahjel, S.M. Hassan, A.A. Mahmood, N.R. Hadi // *Med. Arch.* – 2020. – Vol. 74, № 5. – P. 363–367. DOI: 10.5455/medarch.2020.74.363-367
51. Age-related pattern and distribution of COVID-19 on pulmonary computed tomography / O.M. Sultan, D.M. Alghazali, H. Al-Tameemi, M. Abed, D.A. Hawiji, M.N. Abu Ghniem, L. Al-Obaidi, R.H. Abedtweeq // *Curr. Med. Imaging.* – 2020. – Vol. 17, № 6. – P. 775–780. DOI: 10.2174/1573405616666201223144539
52. Neurologic manifestations of hospitalized patients with coronavirus disease 2019 in Wuhan, China / L. Mao, H. Jin, M. Wang, Y. Hu, S. Chen, Q. He, J. Chang, C. Hong [et al.] // *JAMA Neurol.* – 2020. – Vol. 77, № 6. – P. 683–690. DOI: 10.1001/jamaneurol.2020.1127
53. Psychophysical evaluation of the olfactory function: European Multicenter Study on 774 COVID-19 patients / L.A. Vaira, J.R. Lechien, M. Khalife, M. Petrocilli, S. Hans, L. Distinguin, G. Salzano, M. Cucurullo [et al.] // *Pathogens.* – 2021. – Vol. 10, № 1. – P. 62. DOI: 10.3390/pathogens10010062

54. COVID-19 anosmia reporting tool: Initial findings / R. Kaye, C.W.D. Chang, K. Kazahaya, J. Brereton, J.C. Denny 3rd. // *Otolaryngol. Head Neck Surg.* – 2020. – Vol. 163, № 1. – P. 132–134. DOI: 10.1177/0194599820922992
55. Coincidence of COVID-19 epidemic and olfactory dysfunction outbreak in Iran / S.H. Bagheri, A. Asghari, M. Farhadi, A.R. Shamshiri, A. Kabir, S.K. Kamrava, M. Jalessi, A. Mohebbi [et al.] // *Med. J. Islam. Repub. Iran.* – 2020. – Vol. 34. – P. 62. DOI: 10.34171/mjiri.34.62
56. Alerte anosmie – COVID-19 – 20 Mars 2020 [Электронный ресурс] // SNORL. – URL: <https://www.snorl.org/category-acces-libre/category-actualites/alerte-anosmie-covid-19-20-mars-2020/> (дата обращения: 18.04.2021).
57. Hopkins C., Kumar N. Loss of sense of smell as marker of COVID-19 infection: Letter by British Rhinological Society and Ear, Nose & Throat UK [Электронный ресурс] // ENT UK. – URL: <https://www.entuk.org/sites/default/files/files/Loss%20of%20sense%20of%20smell%20as%20marker%20of%20COVID.pdf> (дата обращения: 10.05.2021).
58. AAO-HNS COVID-19 Resources [Электронный ресурс] // American Academy of Otolaryngology – Head and Neck Surgery. – URL: <https://www.entnet.org/content/aa-hns-anosmia-hyposmia-and-dysgeusia-symptoms-coronavirus-disease> (04.05.2021).
59. Olfactory and gustatory dysfunctions as a clinical presentation of mild-to-moderate forms of the coronavirus disease (COVID-19): a multicenter European study / J.R. Lechien, C.M. Chiesa-Estomba, D.R. De Siaty, M. Horoi, S.D. Le Bon, A. Rodriguez, D. Dequanter, S. Blecic [et al.] // *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* – 2020. – Vol. 277, № 8. – P. 2251–2261. DOI: 10.1007/s00405-020-05965-1
60. Anosmia and ageusia: Common findings in COVID-19 patients / L.A. Vaira, G. Salzano, G. Deiana, G. De Riu // *Laryngoscope.* – 2020. – Vol. 130, № 7. – P. 1787. DOI: 10.1002/lary.28692
61. Prevalence and duration of acute loss of smell or taste in COVID-19 patients / Y. Lee, P. Min, S. Lee, S.W. Kim // *J. Korean Med. Sci.* – 2020. – Vol. 35, № 8. – P. e174. DOI: 10.3346/jkms.2020.35.e174
62. Alterations in smell or taste in mildly symptomatic outpatients with SARS-CoV-2 infection / G. Spinato, C. Fabbri, J. Polesel, D. Cazzador, D. Borsetto, C. Hopkins, P. Boscolo-Rizzo // *JAMA.* – 2020. – Vol. 323, № 20. – P. 2089–2090. DOI: 10.1001/jama.2020.6771
63. Sudden and complete olfactory loss of function as a possible symptom of COVID-19 / M. Eliezer, C. Hautefort, A.L. Hamel, B. Verillaud, P. Herman, E. Houdart, C. Eloit // *JAMA Otolaryngol. Head Neck Surg.* – 2020. – Vol. 146, № 7. – P. 674–675. DOI: 10.1001/jamaoto.2020.0832
64. Gilani S., Roditi R., Naraghi M. COVID-19 and anosmia in Tehran, Iran // *Med. Hypotheses.* – 2020. – Vol. 141. – P. 109757. DOI: 10.1016/j.mehy.2020.109757
65. Loss of smell and taste in 2013 European patients with mild to moderate COVID-19 / J.R. Lechien, C.M. Chiesa-Estomba, S. Hans, M.R. Barillari, L. Jouffe, S. Saussez // *Ann. Intern. Med.* – 2020. – Vol. 173, № 8. – P. 672–675. DOI: 10.7326/M20-2428
66. Saussez S., Lechien J.R., Hopkins C. Anosmia: an evolution of our understanding of its importance in COVID-19 and what questions remain to be answered // *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* – 2021. – Vol. 278, № 7. – P. 2187–2191. DOI: 10.1007/s00405-020-06285-0
67. Whitcroft K.L., Hummel T. Olfactory dysfunction in COVID-19: Diagnosis and management // *JAMA.* – 2020. – Vol. 323, № 24. – P. 2512–2514. DOI: 10.1001/jama.2020.8391
68. Olfactory dysfunction in recovered coronavirus disease 2019 (COVID-19) patients / J. Li, X. Long, C. Zhu, H. Wang, T. Wang, Z. Lin, J. Li, N. Xiong // *Mov. Disord.* – 2020. – Vol. 35, № 7. – P. 1100–1101. DOI: 10.1002/mds.28172
69. SARS-CoV-2 receptor and entry genes are expressed in the human olfactory neuroepithelium and brain / L. Fodoulan, J. Tuberosa, D. Rossier, B.N. Landis, M. Boillat, C. Kan, V. Pauli, K. Egervari [et al.] // *iScience.* – 2020. – Vol. 23, № 12. – P. 101839. DOI: 10.1016/j.isci.2020.101839
70. SARS-CoV-2 infection and sleep disturbances: Nitric oxide involvement and therapeutic opportunity / R. Cespuoglio, T. Strekalova, P.S. Spencer, G.C. Roman, J. Reis, B. Bouteille, A. Buguet // *Sleep.* – 2021. – Vol. 44, № 3. – P. zsab009. DOI: 10.1093/sleep/zsab009
71. COVID-19 and anosmia: A review based on up-to-date knowledge / X. Meng, Y. Deng, Z. Dai, Z. Meng // *Am. J. Otolaryngol.* – 2020. – Vol. 41, № 5. – P. 102581. DOI: 10.1016/j.amjoto.2020.102581
72. Phylogenetic network analysis of SARS-CoV-2 genomes / P. Forster, L. Forster, C. Renfrew, M. Forster // *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A.* – 2020. – Vol. 117, № 17. – P. 9241–9243. DOI: 10.1073/pnas.2004999117
73. The pathological autopsy of coronavirus disease 2019 (COVID-2019) in China: a review / B. Zhou, W. Zhao, R. Feng, X. Zhang, X. Li, Y. Zhou, L. Peng, Y. Li [et al.] // *Pathog. Dis.* – 2020. – Vol. 78, № 3. – P. ftaa026. DOI: 10.1093/femspd/ftaa026
74. Renal histopathological analysis of 26 postmortem findings of patients with COVID-19 in China / H. Su, M. Yang, C. Wan, L.X. Yi, F. Tang, H.Y. Zhu, F. Yi, H.C. Yang [et al.] // *Kidney Int.* – 2020. – Vol. 98, № 1. – P. 219–227. DOI: 10.1016/j.kint.2020.04.003
75. Autopsy in suspected COVID-19 cases / B. Hanley, S.B. Lucas, E. Youd, B. Swift, M. Osborn // *J. Clin. Pathol.* – 2020. – Vol. 73, № 5. – P. 239–242. DOI: 10.1136/jclinpath-2020-206522
76. COVID-19 autopsies, Oklahoma, USA / L.M. Barton, E.J. Duval, E. Stroberg, S. Ghosh, S. Mukhopadhyay // *Am. J. Clinical Pathol.* – 2020. – Vol. 153, № 6. – P. 725–733. DOI: 10.1093/ajcp/aqaa062
77. Central nervous system involvement by severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 (SARS-CoV-2) / A. Paniz-Mondolfi, C. Bryce, Z. Grimes, R.E. Gordon, J. Reidy, J. Lednicki, E.M. Sordillo, M. Fowkes // *J. Med. Virol.* – 2020. – Vol. 92, № 7. – P. 699–702. DOI: 10.1002/jmv.25915
78. Endothelial cell infection and endotheliitis in COVID-19 / Z. Varga, A.J. Flammer, P. Steiger, M. Haberecker, R. Andermatt, A.S. Zinkernagel, M.R. Mehra, R.A. Schuepbach [et al.] // *Lancet.* – 2020. – Vol. 395, № 10234. – P. 1417–1418. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30937-5
79. Pulmonary post-mortem findings in a series of COVID-19 cases from northern Italy: a two-centre descriptive study / L. Carsana, A. Sonzogni, A. Nasr, R.S. Rossi, A. Pellegrinelli, P. Zerbi, R. Rech, R. Colombo [et al.] // *Lancet Infect. Dis.* – 2020. – Vol. 20, № 10. – P. 1135–1140. DOI: 10.1016/S1473-3099(20)30434-5
80. Postmortem examination of COVID-19 patients reveals diffuse alveolar damage with severe capillary congestion and variegated findings in lungs and other organs suggesting vascular dysfunction / T. Menter, J.D. Haslbauer, R. Nienhold, S. Savic, H. Hopfer, N. Deigendesch, S. Frank, D. Turek [et al.] // *Histopathology.* – 2020. – Vol. 77, № 2. – P. 198–209. DOI: 10.1111/his.14134
81. COVID-19 and emerging infectious diseases: The society is still unprepared for the next pandemic / R. Frutos, L. Gavotte, J. Serra-Cobo, T. Chen, C. Devaux // *Environ. Res.* – 2021. – Vol. 202. – P. 111676. DOI: 10.1016/j.envres.2021.111676
82. Banerjee A.V., Duflo E. Poor Economics: A Radical Rethinking of the Way to Fight Global Poverty. – New York: Public Affairs, 2012. – 320 p.

Исследование событий, которые привели к пандемии COVID-19 / Ж. Рейс, Р. Фрюто, А. Бюге, А. Ле Фай, Г. Санднер, Г. Роман, П. Спенсер // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 4. – С. 4–16. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.01



QUESTIONING THE EARLY EVENTS LEADING TO THE COVID-19 PANDEMIC

J. Reis¹, R. Frutos², A. Buguet³, A. Le Faou⁴, G. Sandner⁵, G.C. Román⁶, P.S. Spencer⁷

¹University of Strasbourg, Faculté de Médecine, Strasbourg, 67205, France

²Intertryp, Campus International de Baillarguet, Montpellier, 3438 Montpellier Cedex 5, France

³University Claude-Bernard Lyon-1, 43 Boulevard du 11 Novembre 1918, 69622, Villeurbanne, France

⁴Université de Lorraine, Faculté de Pharmacie and Faculté de Médecine Maïeutique et Métiers de la Santé, Vandoeuvre-lès-Nancy, 54500, France

⁵University of Strasbourg, Faculty of medicine, Strasbourg, 67100, France

⁶Neurological Institute, Houston Methodist Hospital, Houston, 6560, Texas, TX 77030, USA

⁷Oregon Institute of Occupational Health Sciences, Portland, OR 97239, USA

Sixteen months after the January 30, 2020 declaration by the World Health Organization of a Public Health Emergency of International Concern regarding the spread of COVID-19, SARS-CoV-2 had infected ~ 170 million humans worldwide of which > 3.5 million had died. We critically examine information on the virus origin, when and where the first human cases occurred, and point to differences between Chinese and later clinical presentations. The official patient Zero was hospitalized in Wuhan, Hubei province, China, on December 8, 2019, but retrospective analyses demonstrate prior viral circulation. Coronaviruses are present in mammals and birds, but whether a wild animal (e.g. bat, pangolin) was the source of the human pandemic remains disputed. We present two contamination models, the spillover versus the circulation model; the latter brings some interesting hypotheses about previous SARS-CoV-2 virus circulation in the human population. The age distribution of hospitalized COVID-19 patients at the start of the epidemic differed between China and the USA-EU; Chinese hospitalized patients were notably younger. The first Chinese publications did not describe anosmia-dysgeusia, a cardinal symptom of COVID-19 in Europe and USA. The prominent endothelial involvement linked with thrombotic complications was discovered later. These clinical discrepancies might suggest an evolution of the virus.

Key words: SARS-CoV-2 diagnostics, patient zero, zoonotic disease, autopsies, clinical presentation, dysgeusia / anosmia.

References

1. Giesecke J. Primary and index cases. *Lancet*, 2014, vol. 384, no. 9959, pp. 2024. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)62331-X
2. Archived: WHO Timeline – COVID-19: statement. *World health organization*, 27 April 2020. Available at: www.who.int/news/item/27-04-2020-who-timeline---covid-19 (27.09.2021).
3. Timeline: WHO's COVID-19 response. *World health organization*. Available at: www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/interactive-timeline/ (27.09.2021).
4. WHO-convened global study of origins of SARS-CoV-2: China Part. Joint WHO – China study: 14 January–10 February. *World health organization*, 2021, 120 p. Available at: <https://www.who.int/publications/i/item/who-convened-global-study-of-origins-of-sars-cov-2-china-part> (26.09.2021).
5. Xiang N., Havers F., Chen T., Song Y., Tu W., Li L., Cao Y., Liu B. [et al.]. Use of national pneumonia surveillance to describe influenza A (H7N9) virus epidemiology, China, 2004–2013. *Emerg. Infect. Dis.*, 2013, vol. 19, no. 11, pp. 1784–1790. DOI: 10.3201/eid1911.130865
6. Li L., Wang K., Chen Z., Koplan J.P. US – China health exchange and collaboration following COVID-19. *Lancet*, 2021, vol. 397, no. 10291, pp. 2304–2308. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)00734-0
7. Fan Y., Zhao K., Shi Z.-L., Zhou P. Bat coronaviruses in China. *Viruses*, 2019, vol. 11, no. 3, pp. 210. DOI: 10.3390/v11030210
8. Huang C., Wang Y., Li X., Ren L., Zhao J., Hu Y., Zhang L., Fan G. [et al.]. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet*, 2020, vol. 395, no. 10223, pp. 497–506. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30183-5

© Reis J., Frutos R., Buguet A., Le Faou A., Sandner G., Román G.C., Spencer P.S., 2021

Jacques Reis – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor (e-mail: jacques.reis@wanadoo.fr; tel.: +333-68-85-00-00; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1216-4662>).

Roger Frutos – Doctor of Microbiology, Scientific Director (e-mail: roger.frutos@cirad.fr; tel.: +33-467-593-835; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8926-3119>).

Alain Buguet – Doctor of Medical Sciences, Senior Researcher (e-mail: a.buguet@free.fr; tel.: +334-72-44-80-00; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8346-828X>).

Alain Le Faou – Doctor of Medical Sciences (e-mail: alain.lefaou@univ-lorraine.fr; tel.: + 33-372-74-60-00; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3243-7330>).

Guy Sandner – professor (e-mail: guy.sandner@wanadoo.fr; tel.: +33-368-85-35-20).

Gustavo Roman – Doctor of Medical Sciences, Director (e-mail: GCRoman@houstonmethodist.org; tel.: +1 713-441-1150; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5429-445X>).

Peter S. Spencer – Professor (e-mail: spencer@ohsu.edu; tel.: +1 503-494-1085; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3994-2639>).

9. Kong W.H., Li Y., Peng M.W., Kong D.-G., Yang X.-B., Wang L., Liu M.-Q. SARS-CoV-2 detection in patients with influenza-like illness. *Nat. Microbiol.*, 2020, vol. 5, no. 5, pp. 675–678. DOI: 10.1038/s41564-020-0713-1
10. A. R., Wang H., Wang W., Tan W. Summary of the detection kits for SARS-CoV-2 approved by the National Medical Products Administration of China and their application for diagnosis of COVID-19. *Virol. Sin.*, 2020, vol. 35, no. 6, pp. 699–712. DOI: 10.1007/s12250-020-00331-1
11. Tan W., Zhao X., Ma X., Wang W., Niu P., Xu W., Gao G.F., Wu G. A novel coronavirus genome Identified in a cluster of pneumonia cases – Wuhan, China 2019–2020. *China CDC Weekly*, 2020, vol. 2, no. 4, pp. 61–62.
12. The 2019-nCoV Outbreak Joint Field Epidemiology Investigation Team, Li Q. An outbreak of NCIP (2019-nCoV) Infection in China — Wuhan, Hubei Province, 2019–2020. *China CDC Weekly*, 2020, vol. 2, no. 5, pp. 79–80.
13. Zhu N., Zhang D., Wang W., Li X., Yang B., Song J., Zhao X., Huang B. [et al.]. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China. *N. Engl. J. Med.*, 2020, vol. 382, no. 8, pp. 727–733. DOI: 10.1056/NEJMoa2001017
14. Wei Q., Wang Y., Ma J., Han J., Jiang M., Zhao L., Ye F., Song J. [et al.]. Description of the first strain of 2019-nCoV, C-Tan-nCoV Wuhan Strain National Pathogen Resource Center. *China CDC Weekly*, 2020, vol. 2, no. 6, pp. 81–82.
15. Rapid risk assessment: Cluster of pneumonia cases caused by a novel coronavirus, Wuhan, China, 2020. European Centre for Disease Prevention and Control. Available at: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/rapid-risk-assessment-cluster-pneumonia-cases-caused-novel-coronavirus-wuhan> (29.04.2021).
16. Lawrence S.V. Congressional Research Service, Covid-19 and China: A chronology of Events, May 13, 2020. USC US – China Institute. Available at: <https://china.usc.edu/congressional-research-service-covid-19-and-china-chronology-events-may-13-2020> (29.04.2021).
17. Corman V.M., Landt O., Kaiser M., Molenkamp R., Meijer A., Chu D.K., Bleicker T., Brünink S. [et al.]. Detection of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) by real-time RT-PCR. *Euro Surveill.*, 2020, vol. 25, no. 3, pp. 2000045. DOI: 10.2807/1560-7917.ES.2020.25.3.2000045
18. Wu F., Zhao S., Yu B., Chen Y.M., Wang W., Song Z.G., Hu Y., Tao Z.W. [et al.]. A new coronavirus associated with human respiratory disease in China. *Nature*, 2020, vol. 579, no. 7798, pp. 265–269. DOI: 10.1038/s41586-020-2008-3
19. Zhou P., Yang X., Wang X.-G., Hu B., Zhang L., Zhang W., Si H.-R., Zhu Y. [et al.]. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature*, 2020, vol. 579, no. 7798, pp. 270–273. DOI: 10.1038/s41586-020-2012-7
20. Lu R., Zhao X., Li J., Niu P., Yang B., Wu H., Wang W., Song H. [et al.]. Genomic characterisation and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *Lancet*, 2020, vol. 395, no. 10224, pp. 565–574. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30251-8
21. Li Q., Guan X., Wu P., Wang X., Zhou L., Tong Y., Ren R., Leung K.S.M. [et al.]. Early Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus-Infected Pneumonia. *N. Engl. J. Med.*, 2020, vol. 382, no. 13, pp. 1199–1207. DOI: 10.1056/NEJMoa2001316
22. Chen N., Zhou M., Dong X., Qu J., Gong F., Han Y., Qiu Y., Wang J. [et al.]. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet*, 2020, vol. 395, no. 10223, pp. 507–513. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30211-7
23. Wang D., Hu B., Hu C., Zhu F., Liu X., Zhang J., Wang B., Xiang H. [et al.]. Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus-Infected Pneumonia in Wuhan, China. *JAMA*, 2020, vol. 323, no. 11, pp. 1061–1069. DOI: 10.1001/jama.2020.1585
24. Report of the WHO–China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019. *World health organization*, 28 February, 2020. Available at: [www.who.int/publications/i/item/report-of-the-who-china-joint-mission-on-coronavirus-disease-2019-\(covid-19\)](http://www.who.int/publications/i/item/report-of-the-who-china-joint-mission-on-coronavirus-disease-2019-(covid-19)) (19.09.2021).
25. Ma J. Coronavirus: China's first confirmed Covid-19 case traced back to November 17. *South China Morning Post*, 13 March, 2020. Available at: www.scmp.com/news/china/society/article/3074991/coronavirus-chinas-first-confirmed-covid-19-case-traced-back (22.09.2021).
26. Chan J.F.-W., Yuan S., Kok K.-H., To K.K.-W., Chu H., Yang J., Xing F., Liu J. [et al.]. A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster. *Lancet*, 2020, vol. 395, no. 10223, pp. 514–523. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30154-9
27. You C., Lin Q., Zhou X. An estimation of the total number of cases of NCIP (2019-nCoV) – Wuhan, Hubei Province, 2019–2020. *China CDC Weekly*, 2020, vol. 2, no. 6, pp. 87–91.
28. Liu J., Liu S., Wei H., Yang X. Epidemiology, clinical characteristics of the first cases of COVID-19. *Eur. J. Clin. Invest.*, 2020, vol. 50, no. 10, pp. e13364. DOI: 10.1111/eci.13364
29. Wang C., Horby P.W., Hayden F.G., Gao G.F. A novel coronavirus outbreak of global health concern. *Lancet*, 2020, vol. 395, no. 10223, pp. 470–473. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30185-9
30. Stoecklin B.S., Rolland P., Silue Y., Mailles A., Campese C., Simonon A., Mechain M., Meurice L. First cases of coronavirus disease 2019 (COVID-19) in France: surveillance, investigations and control measures, January 2020. *Euro Surveill.*, 2020, vol. 25, no. 6, pp. 2000094. DOI: 10.2807/1560-7917.ES.2020.25.6.2000094
31. First travel-related case of 2019 novel coronavirus detected in United States. *Centers for Disease Control and Prevention*, January 21, 2020. Available at: <https://www.cdc.gov/media/releases/2020/p0121-novel-coronavirus-travel-case.html> (18.09.2021).
32. Giovannetti M., Benvenuto D., Angeletti S., Ciccozzi M. The first two cases of 2019-nCoV in Italy: Where they come from? *J. Med. Virol.*, 2020, vol. 92, no. 5, pp. 518–521. DOI: 10.1002/jmv.25699
33. Rothe C., Schunk M., Sothmann P., Bretzel G., Froeschl G., Wallrauch C., Zimmer T., Thiel V. [et al.]. Transmission of 2019-nCoV Infection from an asymptomatic contact in Germany. *N. Engl. J. Med.*, 2020, vol. 382, no. 10, pp. 970–971. DOI: 10.1056/NEJMc2001468
34. First two persons infected with coronavirus identified in Russia. *TASS: Russian News Agency*, 31 January 2020. Available at: <https://tass.com/society/1115101> (05.09.2021).
35. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19. *WHO*, 2020. Available at: <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020> (05.09.2021).
36. Kelly H. The classical definition of a pandemic is not elusive. *Bull. World Health Organ.*, 2011, vol. 89, no. 7, pp. 540–541. DOI: 10.2471/BLT.11.088815
37. Xiao X., Newman C., Buesching C.D., Macdonald D.W., Zhou Z.-M. Animal sales from Wuhan wet markets immediately prior to the COVID-19 pandemic. *Sci. Rep.*, 2021, vol. 11, no. 1, pp. 11898. DOI: 10.1038/s41598-021-91470-2
38. Bloom J.D., Chan Y.A., Baric R.S., Bjorkman P.J., Cobey S., Deverman B.E., Fisman D.N., Gupta R. [et al.]. Investigate the origins of COVID-19. *Science*, 2021, vol. 372, no. 6543, pp. 694. DOI: 10.1126/science.abj0016
39. Zarocostas J. Calls for transparency after SARS-CoV-2 origins report. *Lancet*, 2021, vol. 397, no. 10282, pp. 1335. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)00824-2
40. Mallapaty S. After the WHO report: what's next in the search for COVID's origins. *Nature*, 2021, vol. 592, no. 7854, pp. 337–338. DOI: 10.1038/d41586-021-00877-4
41. Frutos R., Lopez Roig M., Serra-Cobo J., Devaux C.A. COVID-19: the conjunction of events leading to the coronavirus pandemic and lessons to learn for future threats. *Front. Med. (Lausanne)*, 2020, vol. 7, pp. 223. DOI: 10.3389/fmed.2020.00223
42. Frutos R., Gavotte L., Devaux C.A. Understanding the origin of COVID-19 requires to change the paradigm on zoonotic emergence from the spillover model to the viral circulation model. *Infect. Genet. Evol.*, 2021, vol. 95, pp. 104812. DOI: 10.1016/j.meegid.2021.104812
43. Frutos R., Serra-Cobo J., Pinault L., Lopez Roig M., Devaux C.A. Emergence of bat-related betacoronaviruses: Hazard and risks. *Front. Microbiol.*, 2021, vol. 12, pp. 591535. DOI: 10.3389/fmicb.2021.591535
44. Platto S., Wang Y., Zhou J., Carafoli E. History of the COVID-19 pandemic: Origin, explosion, worldwide spreading. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 2021, vol. 538, pp. 14–23. DOI: 10.1016/j.bbrc.2020.10.087
45. Plato S., Xue T., Carafoli E. COVID-19: an announced pandemic. *Cell Death Dis.*, 2020, vol. 11, no. 9, pp. 799. DOI: 10.1038/s41419-020-02995-9
46. Lai C.-C., Shih T.-P., Ko W.-C., Tang H.-J., Hsueh P.-R. Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) and coronavirus disease-2019 (COVID-19): The epidemic and the challenges. *Int. J. Antimicrob. Agents.*, 2020, vol. 55, no. 3, pp. 105924. DOI: 10.1016/j.ijantimicag.2020.105924
47. Gobatto M., Clagnan E., Burba I., Rizzi L., Grassetti L., Del Zotto S., Dal Maso L., Serraino D., Tonutti G. Clinical, demographical characteristics and hospitalisation of 3,010 patients with Covid-19 in Friuli Venezia Giulia Region (Northern Italy). A multivariate, population-based, statistical analysis. *Epidemiol. Prev.*, 2020, vol. 44, no. 5–6, suppl. 2, pp. 226–234. DOI: 10.19191/EP20.5-6.S2.122
48. Risk for COVID-19 Infection, Hospitalization, and Death by Age Group (Updated Feb. 18, 2021). *Centers for Disease Control and Prevention*. Available at: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/covid-data/investigations-discovery/hospitalization-death-by-age.html> (02.04.2021).
49. COVID-19 National Incident Room Surveillance Team. COVID-19, Australia: Epidemiology Report 16 (Reporting week to 23: 59 AEST 17 May 2020). *Commun. Dis. Intell.*, 2020, vol. 44. DOI: 10.33321/cdi.2020.44.45
50. Al-Mudhaffer R.H., Ahjel S.W., Hassan S.M., Mahmood A.A., Hadi N.R. Age Distribution of clinical symptoms, isolation, co-morbidities and Case Fatality Rate of COVID-19 cases in Najaf City, Iraq. *Med. Arch.*, 2020, vol. 74, no. 5, pp. 363–367. DOI: 10.5455/medarch.2020.74.363-367
51. Sultan O.M., Alghazali D.M., Al-Tameemi H., Abed M., Hawiji D.A., Abu Ghniem M.N., Al-Obaidi L., Abedtweq R.H. Age-related pattern and distribution of COVID-19 on pulmonary computed tomography. *Curr. Med. Imaging.*, 2020, vol. 17, no. 6, pp. 775–780. DOI: 10.2174/1573405616666201223144539

52. Mao L., Jin H., Wang M., Hu Y., Chen S., He Q., Chang J., Hong C. [et al.]. Neurologic manifestations of hospitalized patients with coronavirus disease 2019 in Wuhan, China. *JAMA Neurol.*, 2020, vol. 77, no. 6, pp. 683–690. DOI: 10.1001/jamaneurol.2020.1127
53. Vaira L.A., Lechien J.R., Khalife M., Petrocelli M., Hans S., Distinguin L., Salzano G., Cucurullo M. [et al.]. Psychophysical evaluation of the olfactory function: European Multicenter Study on 774 COVID-19 patients. *Pathogens*, 2021, vol. 10, no. 1, pp. 62. DOI: 10.3390/pathogens10010062
54. Kaye R., Chang C.W.D., Kazahaya K., Brereton J., Denny J.C. 3rd. COVID-19 anosmia reporting tool: Initial findings. *Otolaryngol. Head Neck Surg.*, 2020, vol. 163, no. 1, pp. 132–134. DOI: 10.1177/0194599820922992
55. Bagheri S.H., Asghari A., Farhadi M., Shamshiri A.R., Kabir A., Kamrava S.K., Jalessi M., Mohebbi A. [et al.]. Coincidence of COVID-19 epidemic and olfactory dysfunction outbreak in Iran. *Med. J. Islam. Repub. Iran.*, 2020, vol. 34, pp. 62. DOI: 10.34171/mjiri.34.62
56. Alerte anosmie – COVID-19 – 20 Mars 2020 [Anosmia alert – COVID-19 – March 20, 2020]. *SNORL*. Available at: <https://www.snorl.org/category-acces-libre/category-actualites/alerte-anosmie-covid-19-20-mars-2020/> (18.04.2021) (in French).
57. Hopkins C., Kumar N. Loss of sense of smell as marker of COVID-19 infection. Letter by British Rhinological Society and Ear, Nose & Throat UK. *ENT UK*. Available at: <https://www.entuk.org/sites/default/files/files/Loss%20of%20sense%20of%20smell%20as%20marker%20of%20COVID.pdf> (10.05.2021).
58. AAO-HNS COVID-19 Resources. *American Academy of Otolaryngology – Head and Neck Surgery*. Available at: <https://www.entnet.org/content/aaohns-anosmia-hyposmia-and-dysgeusia-symptoms-coronavirus-disease> (04.05.2021).
59. Lechien J.R., Chiesa-Estomba C.M., De Siati D.R., Horoi M., Le Bon S.D., Rodriguez A., Dequanter D., Blecic S. [et al.]. Olfactory and gustatory dysfunctions as a clinical presentation of mild-to-moderate forms of the coronavirus disease (COVID-19): a multicenter European study. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.*, 2020, vol. 277, no. 8, pp. 2251–2261. DOI: 10.1007/s00405-020-05965-1
60. Vaira L.A., Salzano G., Deiana G., De Riu G. Anosmia and ageusia: Common findings in COVID-19 patients. *Laryngoscope*, 2020, vol. 130, no. 7, pp. 1787. DOI: 10.1002/lary.28692
61. Lee Y., Min P., Lee S., Kim S.W. Prevalence and duration of acute loss of smell or taste in COVID-19 patients. *J. Korean Med. Sci.*, 2020, vol. 35, no. 8, pp. e174. DOI: 10.3346/jkms.2020.35.e174
62. Spinato G., Fabbris C., Polesel J., Cazzador D., Borsetto D., Hopkins C., Boscolo-Rizzo P. Alterations in smell or taste in mildly symptomatic outpatients with SARS-CoV-2 infection. *JAMA*, 2020, vol. 323, no. 20, pp. 2089–2090. DOI: 10.1001/jama.2020.6771
63. Eliezer M., Hautefort C., Hamel A.L., Verillaud B., Herman P., Houdart E., Eloit C. Sudden and complete olfactory loss of function as a possible symptom of COVID-19. *JAMA Otolaryngol. Head Neck Surg.*, 2020, vol. 146, no. 7, pp. 674–675. DOI: 10.1001/jamaoto.2020.0832
64. Gilani S., Roditi R., Naraghi M. COVID-19 and anosmia in Tehran, Iran. *Med. Hypotheses*, 2020, vol. 141, pp. 109757. DOI: 10.1016/j.mehy.2020.109757
65. Lechien J.R., Chiesa-Estomba C.M., Hans S., Barillari M.R., Jouffe L., Saussez S. Loss of smell and taste in 2013 European patients with mild to moderate COVID-19. *Ann. Intern. Med.*, 2020, vol. 173, no. 8, pp. 672–675. DOI: 10.7326/M20-2428
66. Saussez S., Lechien J.R., Hopkins C. Anosmia: an evolution of our understanding of its importance in COVID-19 and what questions remain to be answered. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.*, 2021, vol. 278, no. 7, pp. 2187–2191. DOI: 10.1007/s00405-020-06285-0
67. Whitcroft K.L., Hummel T. Olfactory dysfunction in COVID-19: Diagnosis and management. *JAMA*, 2020, vol. 323, no. 24, pp. 2512–2514. DOI: 10.1001/jama.2020.8391
68. Li J., Long X., Zhu C., Wang H., Wang T., Lin Z., Li J., Xiong N. Olfactory dysfunction in recovered coronavirus disease 2019 (COVID-19) patients. *Mov. Disord.*, 2020, vol. 35, no. 7, pp. 1100–1101. DOI: 10.1002/mds.28172
69. Fodoulis L., Tuberosa J., Rossier D., Landis B.N., Boillat M., Kan C., Pauli V., Egervari K. [et al.]. SARS-CoV-2 receptor and entry genes are expressed in the human olfactory neuroepithelium and brain. *iScience*, 2020, vol. 23, no. 12, pp. 101839. DOI: 10.1016/j.isci.2020.101839
70. Cespuoglio R., Strekalova T., Spencer P.S., Roman G.C., Reis J., Bouteille B., Buguet A. SARS-CoV-2 infection and sleep disturbances: Nitric oxide involvement and therapeutic opportunity. *Sleep*, 2021, vol. 44, no. 3, pp. zsab009. DOI: 10.1093/sleep/zsab009
71. Meng X., Deng Y., Dai Z., Meng Z. COVID-19 and anosmia: A review based on up-to-date knowledge. *Am. J. Otolaryngol.*, 2020, vol. 41, no. 5, pp. 102581. DOI: 10.1016/j.amjoto.2020.102581
72. Forster P., Forster L., Renfrew C., Forster M. Phylogenetic network analysis of SARS-CoV-2 genomes. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A*, 2020, vol. 117, no. 17, pp. 9241–9243. DOI: 10.1073/pnas.2004999117
73. Zhou B., Zhao W., Feng R., Zhang X., Li X., Zhou Y., Peng L., Li Y. [et al.]. The pathological autopsy of coronavirus disease 2019 (COVID-2019) in China: a review. *Pathog. Dis.*, 2020, vol. 78, no. 3, pp. ftaa026. DOI: 10.1093/femspd/ftaa026
74. Su H., Yang M., Wan C., Yi L.X., Tang F., Zhu H.Y., Yi F., Yang H.C. [et al.]. Renal histopathological analysis of 26 postmortem findings of patients with COVID-19 in China. *Kidney Int.*, 2020, vol. 98, no. 1, pp. 219–227. DOI: 10.1016/j.kint.2020.04.003
75. Hanley B., Lucas S.B., Youd E., Swift B., Osborn M. Autopsy in suspected COVID-19 cases. *J. Clin. Pathol.*, 2020, vol. 73, no. 5, pp. 239–242. DOI: 10.1136/jclinpath-2020-206522
76. Barton L.M., Duval E.J., Stroberg E., Ghosh S., Mukhopadhyay S. COVID-19 autopsies, Oklahoma, USA. *Am. J. Clinical Pathol.*, 2020, vol. 153, no. 6, pp. 725–733. DOI: 10.1093/ajcp/aqaa062
77. Paniz-Mondolfi A., Bryce C., Grimes Z., Gordon R.E., Reidy J., Lednický J., Sordillo E.M., Fowkes M. Central nervous system involvement by severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 (SARS-CoV-2). *J. Med. Virol.*, 2020, vol. 92, no. 7, pp. 699–702. DOI: 10.1002/jmv.25915
78. Varga Z., Flammer A.J., Steiger P., Haberecker M., Andermatt R., Zinkernagel A.S., Mehra M.R., Schuepbach R.A. [et al.]. Endothelial cell infection and endotheliitis in COVID-19. *Lancet*, 2020, vol. 395, no. 10234, pp. 1417–1418. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30937-5
79. Carsana L., Sonzogni A., Nasr A., Rossi R.S., Pellegrinelli A., Zerbi P., Rech R., Colombo R. [et al.]. Pulmonary post-mortem findings in a series of COVID-19 cases from northern Italy: a two-centre descriptive study. *Lancet Infect. Dis.*, 2020, vol. 20, no. 10, pp. 1135–1140. DOI: 10.1016/S1473-3099(20)30434-5
80. Menter T., Haslbauer J.D., Nienhold R., Savic S., Hopfer H., Deigendesch N., Frank S., Turek D. [et al.]. Postmortem examination of COVID-19 patients reveals diffuse alveolar damage with severe capillary congestion and variegated findings in lungs and other organs suggesting vascular dysfunction. *Histopathology*, 2020, vol. 77, no. 2, pp. 198–209. DOI: 10.1111/his.14134
81. Frutos R., Gavotte L., Serra-Cobo J., Chen T., Devaux C. COVID-19 and emerging infectious diseases: The society is still unprepared for the next pandemic. *Environ. Res.*, 2021, vol. 202, pp. 111676. DOI: 10.1016/j.envres.2021.111676
82. Banerjee A.V., Duflo E. Poor Economics: A Radical Rethinking of the Way to Fight Global Poverty. New York, Public Affairs, 2012, 320 p.

Reis J., Frutos R., Buguet A., Le Faou A., Sandner G., Román G.C., Spencer P.S. Questioning the early events leading to the COVID-19 pandemic. *Health Risk Analysis*, 2021, no. 4, pp. 4–16. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.01.eng

Получена: 09.11.2021

Принята: 15.11.2021

Опубликована: 30.12.2021

УДК 614.4: 578.834
DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.02

Читать
онлайн



Научная статья

БАЛЛЬНАЯ ОЦЕНКА РИСКА ЗАРАЖЕНИЯ COVID-19 ПО СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКИМ И ПОВЕДЕНЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Т.С. Исютина-Федоткова, Д.Ю. Казиева, В.А. Сухов, О.В. Митрохин

Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Россия, 119991,
г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2

В связи с распространением коронавирусной инфекции эпидемиологическая ситуация по-прежнему вызывает серьезную озабоченность во всем мире. Соблюдение мер неспецифической профилактики заражения COVID-19 остается важной задачей. На основании литературных данных наиболее высоким риском для распространения инфекции обладают объекты транспортной инфраструктуры, магазины по продаже продовольственных и непродовольственных товаров, а также медицинские организации, аптеки.

Проанализированы социально-гигиенические и поведенческие факторы риска заражения коронавирусной инфекцией. Обоснована балльная оценка риска заражения коронавирусной инфекцией на основании социально-гигиенических и поведенческих показателей.

Для определения частоты посещаемости общественных мест и соблюдения основных мер неспецифической профилактики коронавирусной инфекции применен метод анкетирования (приняли участие 400 респондентов). Анкета, разработанная сотрудниками кафедры общей гигиены Сеченовского университета, содержала вопросы для выявления информативных признаков (факторов риска) распространения коронавирусной инфекции. Для группировки ответов респондентов и выделения информативных признаков для дальнейшей разработки шкалы категории риска применен кластерный анализ. К вопросам анкеты, которые продемонстрировали наибольшее число статистически значимых показателей коэффициента корреляции Спирмена, был применен факторный анализ методом главных компонент.

Разработана методика оценки риска заражения коронавирусной инфекцией по социально-гигиеническим и поведенческим показателям, обоснованы категории риска. Наиболее значимыми факторами риска являются показатели, характеризующие соблюдение масочного режима при посещении определенных социальных объектов (объектов риска), поездки на различных видах общественного транспорта и их длительность, посещение социальных объектов (объектов риска), соблюдение социального дистанцирования при посещении объектов риска. Проведена балльная оценка категорий риска заражения коронавирусной инфекцией.

Ключевые слова: пандемия, COVID-19, коронавирусная инфекция, факторы риска, объекты риска, категории риска, неспецифическая профилактика, социальное дистанцирование, масочный режим.

Пандемия новой коронавирусной инфекции (SARS-CoV-2) представляет собой серьезную угрозу для мирового сообщества во многих аспектах. По данным ВОЗ, по состоянию на 21 апреля 2021 г. зарегистрировано более 140,0 млн подтвержденных случаев заболеваний, в том числе более 4,6 млн в Российской Федерации (далее – РФ) [1]. Исследования показывают, что выделение вируса SARS-CoV-2 возможно за 1–3 дня до появления симптомов заболевания («предсимптомный период») [2–4]. Доля бессимптомных носителей в популяции сильно

варьируется и, предположительно, может составлять от 18 до 81 % [5].

Следует отметить, что в настоящее время благодаря проводимым мероприятиям по предотвращению распространения COVID-19 наблюдается тенденция к снижению уровня заболеваемости коронавирусной инфекцией [6]. Тем не менее эпидемиологическая ситуация по-прежнему вызывает серьезную озабоченность [7].

В научных исследованиях, осуществленных в 2020–2021 гг., проведена оценка риска распространения коронавирусной инфекции среди различ-

© Исютина-Федоткова Т.С., Казиева Д.Ю., Сухов В.А., Митрохин О.В., 2021

Исютина-Федоткова Татьяна Сергеевна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей гигиены (e-mail: isyutina-fedotkova_t_s@staff.sechenov.ru; тел.: 8 (499) 248-51-55; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8423-9243>).

Казиева Диана Юзбековна – ассистент кафедры общей гигиены (e-mail: kazieva_d_yu@staff.sechenov.ru; тел.: 8 (916) 648-65-65; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4301-7393>).

Сухов Виталий Александрович – ассистент кафедры общей гигиены (e-mail: sukhov_v_a@staff.sechenov.ru; тел.: 8 (999) 458-47-79; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2993-0108>).

Митрохин Олег Владимирович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой общей гигиены (e-mail: mitrokhin_o_v@staff.sechenov.ru; тел.: 8 (499) 248-53-85; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6403-0423>).

ных профессиональных групп населения [8], применена оценка и управление рисками COVID-19 на рабочем месте [9], изучена передача SARS-CoV-2 в общественном транспорте в Китае [10].

В этих и других научных исследованиях [11, 12] использована методология оценки риска, которая показывает высокую информативность и эффективность в условиях пандемии COVID-19.

В исследовании по визуализации профессий с самым высоким риском развития COVID-19 использованы критерии оценки риска: численность профессиональных групп под воздействием, величина (доза) воздействия и другие [8].

В исследовании китайских авторов по «передаче SARS-CoV-2 в общественном транспорте: тематическое исследование в провинции Хунань, Китай» проведена оценка риска маршрутизации условного больного, передвигающегося на общественном транспорте. Это исследование продемонстрировало эффективную передачу вируса SARS-CoV-2 в переполненных и закрытых помещениях.

В октябре 2020 г. в Великобритании начат научно-исследовательский проект по оценке риска передачи COVID-19 в общественном транспорте и определению оптимальных мер по его контролю. Исследователи разрабатывают модель потенциального распространения вируса через воздушный поток. Это исследование, известное как проект оценки транспортного риска для COVID-19, будет проводиться в автобусах и поездах, включая систему легкорельсового транспорта [13].

В исследовании британских ученых по коронавирусу (COVID-19) в руководстве по безопасному транспорту для операторов также используются критерии: численность населения под воздействием, время воздействия и величина (доза) воздействия [12].

В России в целях уменьшения риска распространения COVID-19 принят ряд мер по ограничению пассажиропотока на общественном транспорте (числа пассажиров на транспорте в единицу времени), снижению динамичности пассажиропотока (длитель-

ности поездок на общественном транспорте), а также совершенствованию систем вентиляции¹.

По данным Росстата в России метрополитеном пользуется свыше 3,4 млрд человек². В Москве в различные временные промежутки пассажиропоток составляет до 8,5 млн человек в день, или до 163 тысяч человек в день на одной станции [14].

Одним из существенных факторов, влияющих на распространение коронавирусной инфекции, также является динамичность потоков. Большое количество станций (332) и линий (14) в Московском метрополитене предрасполагает к динамичному перекресту пассажиропотоков, в том числе потенциально опасных в эпидемическом отношении бессимптомных носителей вируса SARS-CoV-2 и людей в конце инкубационного периода [15].

Число пассажиров в общественном транспорте и длительность поездок могут достигать высоких значений, что может способствовать более стремительному распространению возбудителя. Соблюдение физического (социального) дистанцирования при таких условиях весьма затруднительно или практически невозможно.

Стоит отметить, что теплоотдача пассажиров в вагонах поездов сказывается на увеличении температуры воздуха, что способствует распространению возбудителя в данной среде [16]. В данной ситуации целесообразным является эффективная работа вентиляционных систем. Установлено, что при любых условиях открытые окна и высокая скорость движения воздуха всегда способствуют снижению потенциала распространения инфекции [17].

В России число пассажиров в наземном общественном транспорте (автобусы, трамваи, троллейбусы, электробусы и др.) составляет более 10 млрд в год², или 4 млн пассажиров в сутки [18].

Воздушная система автобуса может осуществлять использование внутренней рециркуляции воздуха. В этом случае вероятность распространения возбудителя и, как следствие, заражения пассажиров увеличивается в несколько раз [19].

¹ О дополнительных мерах по недопущению распространения COVID-2019: Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 30.03.2020 № 9 [Электронный ресурс]. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202004010005?index=3&rangeSize=1> (дата обращения: 05.03.2021); Временные рекомендации по профилактическим мерам для обеспечения противоэпидемической безопасности пассажирских перевозок железнодорожным транспортом, направленные на снижение риска возникновения и распространения коронавирусной инфекции (COVID-19) / утв. Министром транспорта РФ 25.05.2020 [Электронный ресурс]. – URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/10/10628> (дата обращения: 09.03.2021); Временные методические рекомендации по организации работы предприятий автомобильного транспорта, городского наземного электрического транспорта и внеуличного транспорта в целях защиты пассажиров и персонала в условиях неблагоприятной эпидемиологической обстановки и поэтапного снятия ограничений, связанных с распространением новой коронавирусной инфекции (COVID-19) / утв. Министром транспорта РФ 25.05.2020 [Электронный ресурс]. – URL: <https://mintrans.gov.ru/search?value=Временные+методические+рекомендации+по+организации+работы+предприятий+автомобильного+транспорта> (дата обращения: 09.03.2021); О дополнительных мерах по снижению рисков распространения COVID-2019 при организации зимних пассажирских перевозок железнодорожным транспортом в период сезонного подъема заболеваемости острыми респираторными вирусными инфекциями 2020–2021 гг.: Постановление Главного государственного санитарного врача по железнодорожному транспорту РФ от 30.10.2020 № 10 (ред. от 16.11.2020) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_366742/ (дата обращения: 12.03.2021).

² Основные итоги работы транспорта [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. – 2020. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/23455> (дата обращения: 20.03.2021).

В самом начале пандемии китайские ученые провели ретроспективное тематическое исследование по передаче SARS-CoV-2 в общественном транспорте в провинции Хунань от «первичного» пациента. Были выявлены 12 лабораторно подтвержденных случаев, непосредственно связанных с одним заболевшим COVID-19 во время автобусных поездок [10].

Необходимо учитывать, что риск распространения увеличивается, если предполагается использование как наземного городского транспорта, так и метрополитена. Е.А. Сородумова построила математическую модель на шести видах общественного транспорта: маршрутное такси, автобус, трамвай, электропоезд (электричка и «Ласточка»), метро в два периода (час пик и затишье) [20]. В произвольное место в транспортном средстве «поместили» одного условного инфицированного человека без маски и определили, в каком виде общественного транспорта наибольшее количество людей с наибольшей долей вероятности окажется в зоне заражения. Результаты показали, что вероятность оказаться на опасном расстоянии от источника инфекции в маршрутном такси составляет 100,0 %, в автобусе – 69,7 %, в пригородной электричке – 36,7 %, в электричке на МЦК – 34,0 %, в трамвае – 31,0 %, в вагоне метро – 29,6 %. Указанная модель была построена, исходя из радиуса нахождения пассажиров от предполагаемого источника инфекции в 4,5 м.

Пригородные пассажирские перевозки являются важным элементом транспортной системы городской агломерации. При этом следует отметить, что пригородный транспорт можно считать объектом риска распространения COVID-19, так как длительность контактов пассажиров, наряду с динамичностью потока, увеличивается. В час пик в вагоне пригородного электротранспорта может находиться до 260 пассажиров, вне часа пик – 116. Установлено, что среднее число пассажиров, находящихся в зоне заражения в электричке, в относительно разгруженные часы – 42, в часы пик – 95.

В соответствии с указом мэра Москвы³ (май 2020 г.) обязательным стало ношение средств индивидуальной защиты органов дыхания (масок, респираторов) и рук (перчаток) при нахождении в общественном транспорте, при посещении объектов торговли. С введением в действие Постановления Главного государственного санитарного врача РФ⁴ (октябрь 2020 г.) ношение масок для защиты органов дыхания в общественных местах стало обязательным на всей территории РФ.

Посещение продовольственных магазинов несет определенный риск инфицирования для населения. Московским центром урбанистики совместно с аналитической компанией Nabitatum было проведено исследование, направленное на определение наиболее эпидемиологически неблагоприятных районов столицы, исходя из разрешенных видов активности в период ограничительных мероприятий [21]. Использовались три показателя: количество населения, пользующееся одним лифтом (риск заражения от соседей с учетом плотности взаимодействия), численность жителей, приходящаяся на объекты первой необходимости: на одну аптеку в радиусе 10-минутной доступности и на 1 м² площади магазина в пределах 5–20-минутной доступности.

Каждый из этих показателей нормировали методом линейного масштабирования и суммировали. Минимальный индекс установлен у центральных и западных районов Москвы. Это обусловлено тем, что центр города отличается от спальных районов более низкой плотностью населения, небольшим количеством людей на один лифт (связано с типом застройки жилых зданий) и хорошо развитой инфраструктурой. Число посетителей в магазинах непродовольственной торговли, их динамичность, по сравнению с общественным транспортом, менее выражена. Однако стоит отметить, что повышенное количество факторов передачи определяют данный объект как опасный в отношении риска распространения COVID-19. Известно, что сохранение жизнеспособности возбудителя зависит от вида поверхности, окружающей температуры воздуха и ряда других факторов [22–24].

С целью снижения риска распространения COVID-19 в медицинских организациях был введен ряд ограничительных мероприятий⁵.

³ О введении режима повышенной готовности: Указ мэра Москвы от 5 марта 2020 года № 12-УМ (в ред. 06 октября 2020) [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/564377628> (дата обращения: 09.03.2021).

⁴ О дополнительных мерах по снижению рисков распространения COVID-19 в период сезонного подъема заболеваемости острыми респираторными вирусными инфекциями и гриппом: Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 16 октября 2020 года № 31 (в ред. 13.11.2020) [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/566108530> (дата обращения: 09.03.2021).

⁵ О временном порядке организации работы медицинских организаций в целях реализации мер по профилактике и снижению рисков распространения новой коронавирусной инфекции COVID-19: Приказ Министерства здравоохранения РФ от 19 марта 2020 № 198н (в ред. 04.12.2020) [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_348101/2ff7a8c72de3994f30496a0ccbb1ddafdd5f18/ (дата обращения: 09.03.2021); МР 3.1.0209-20. Рекомендации по организации противоэпидемического режима в медицинских организациях при оказании медицинской помощи населению в период сезонного подъема заболеваемости острыми респираторными инфекциями и гриппом в условиях сохранения рисков инфицирования новой коронавирусной инфекцией (COVID-19): методические рекомендации / утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 20.08.2020 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74541600/#review> (дата обращения: 22.03.2021); Временные методические рекомендации. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19) / утв. Заместителем Министра здравоохранения РФ (версия 10 от 08.02.2021) [Электронный ресурс]. – URL: https://static0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/054/804/original/Временные_МР_COVID-19_%28v.10%29-08.02.2021-2.1_%28003%29.pdf (дата обращения: 22.03.2021).

Т а б л и ц а 1

Результаты факторного анализа для выделения значимых факторов

Признаки, $n = 400$	Значимые факторы		
	фактор 1	фактор 2	фактор 3
8			0,859833
9			
10			0,856364
13		0,731499	
14		0,786084	
15		0,781985	
17		0,838199	
18		0,816375	
24			
25			
26			
28	0,816092		
29	0,75684		
30	0,750926		
31			
33	0,747646		
34			
37			
38	0,776322		
39			
Expl.Var (дисперсия)	5,507479	3,416335	2,090956
Prp.Totl (доля дисперсии)	0,262261	0,162682	0,099569
Cumulative (доля дисперсии)	0,2812	0,2344	0,0887

На основании данных литературных источников, проведенных научных исследований, принятых нормативных правовых актов по ограничению распространения COVID-19 следует сделать предварительный вывод о том, что наиболее высокий риск для распространения инфекции несут объекты транспортной инфраструктуры, магазины по продаже продовольственных и непродовольственных товаров, а также медицинские организации, аптеки.

Цель исследования – обоснование балльной оценки риска заражения коронавирусной инфекцией на основании социально-гигиенических и поведенческих показателей.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Выявить информативные признаки (факторы риска) распространения коронавирусной инфекции.
2. Разработать шкалу категорий риска заражения COVID-19.
3. Предложить балльную оценку категорий риска заражения коронавирусной инфекцией.

Материалы и методы. Использован метод анкетирования для определения частоты посещаемости общественных мест и соблюдения основных мер неспецифической профилактики коронавирусной инфекции. Анкета, разработанная сотрудниками кафедры общей гигиены Сеченовского университета, содержала вопросы для выявления факторов наибольшего риска

заражения коронавирусной инфекцией среди населения на различных социальных объектах. Методологической основой определения объектов повышенного риска распространения коронавирусной инфекции явился риск-ориентированный подход [25, 26]. В анкетировании приняли участие 400 человек. Среди респондентов 11,0 % отнесли себя к лицам, перенесшим COVID-19 (75,0 % из них в легкой форме без госпитализации, 25,0 % были госпитализированы).

Статистическая обработка результатов исследования осуществлялась с использованием пакета статистических программ Statistica Base. Статистическое изучение связи между признаками проводилось при помощи непараметрического коэффициента корреляции Спирмена (r) с преобразованием Фишера (z) для аппроксимации точного распределения коэффициента корреляции. Кластерный анализ использовался для группировки ответов респондентов и выделения информативных признаков для дальнейшей разработки шкалы категории риска. Факторный анализ методом главных компонент (на уровне $> 0,70$) был применен к тем вопросам анкеты, которые продемонстрировали наибольшее число статистически значимых показателей коэффициента корреляции Спирмена. Общий процент дисперсии – 60,43 %.

Критическое значение уровня значимости (p) при проверке статистических гипотез принималось за $p \leq 0,01$.

Результаты и их обсуждение. Корреляционный анализ Спирмена показал, что из 51 вопроса анкеты 20 продемонстрировали наибольшее число статистически значимых показателей коэффициента корреляции. Далее для 20 признаков нами был применен факторный анализ методом главных компонент. Это позволило выделить следующие три фактора (табл. 1).

Фактор 1 имеет наибольшую информативность (28,12 %). Его состав определяется значениями положительных знаков переменных в ответе на вопрос «Что вы предпринимаете для защиты от коронавируса?». Этот фактор может быть идентифицирован как «Стратегия поведения». Респонденты избегали посещать в период пандемии поликлиники, продовольственные магазины, уличные торговые точки и киоски, магазины торговли промышленными и бытовыми товарами, применяли социальное дистанцирование.

Фактор 2 имеет информативность 23,44 % и представлен положительным полюсом ответов респондентов, указавших объекты городской среды, на которых уровень риска заражения COVID-19 выше: общественный наземный транспорт, пригородные электропоезда (электрички), аптеки, непродовольственные магазины. Этот фактор может быть идентифицирован как «Внешние условия заражения». Большая часть респондентов учитывала в своём выборе именно эти объекты городской среды, относя их к высокому уровню заражения COVID-19.

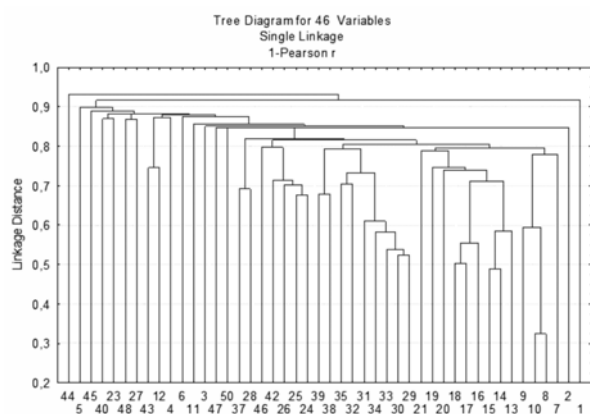


Рис. Результаты кластерного анализа

Фактор 3 имеет информативность 8,87 % и включает в себя только положительный полюс переменных по соблюдению масочного режима. Респонденты указали ношение маски в общественном транспорте, на рабочем месте, при посещении магазина и аптеки – более важным для защиты себя от заражения COVID-19. Этот фактор может быть идентифицирован как «Масочный режим».

Иерархический кластерный анализ, проведенный с целью группировки ответов респондентов, позволил осуществить группировку показателей, которые в дальнейшем можно применить для разделения совокупности анкетированных на группы по измеренным признакам для дальнейшей проверки различий, в том числе по отношению к риску заражения COVID-19 (рисунок).

Выбор факторов риска был определен методом одиночной связи по таблице последовательной

агломерации. Это позволило проследить динамику увеличения различий по шагам кластеризации и определить шаг, на который отмечается резкое возрастание различий. Из 46 факторов было отобрано 16. С помощью расчета иерархии информативных признаков получены данные, представленные в табл. 2 (порог для выбора ведущих факторов для кластеризации – коэффициент иерархии, равный 0,7).

Таким образом, нами установлены наиболее значимые факторы риска. Ими являются социально-гигиенические и поведенческие показатели, характеризующие посещение различных социальных объектов и поездки (и длительность) на различных видах общественного транспорта, соблюдение масочного режима и социального дистанцирования на различных объектах (объектах риска). Далее по данным ответов респондентов была проведена оценка в баллах по градациям информативных признаков (табл. 3).

На этом этапе исследования нами была проведена оценка в баллах по градациям информативных признаков, которая позволит при увеличении численности респондентов, в первую очередь перенесших COVID-19, перейти к расчету отношения шансов (*OR*) между включенными в исследование группами.

Для отнесения респондента к категории риска следует провести оценку в баллах по каждому информативному признаку (табл. 4). При этом среднее значение идентификации (интервал от 16,1 до 20,0) и более высокое, полученное у респондента, требует применения мер неспецифической профилактики для снижения риска заражения.

Таблица 2

Иерархия информативных признаков (фактор риска)

№ п/п	Фактор риска	1-г	Рейтинг
1	Соблюдение масочного режима в наземном общественном транспорте	0,324156	1,5
2	Соблюдение масочного режима при посещении магазина, аптеки и т.д.	0,324156	1,5
3	Поездки в метрополитене	0,487818	3,5
4	Поездки в пригородных электропоездах (электричках)	0,487818	3,5
5	Посещение аптек	0,503621	5,5
6	Посещение магазинов торговли промышленными и бытовыми товарами	0,503621	5,5
7	Посещение продовольственных магазинов	0,524694	7,5
8	Посещение уличных торговых точек, киосков	0,524694	7,5
9	Посещение продовольственных магазинов	0,554532	10
10	Посещение парикмахерских, салонов красоты	0,581808	11
11	Поездки в общественном наземном транспорте	0,583966	12
12	Несоблюдение масочного режима на рабочем месте	0,594983	13
13	Посещение поликлиник	0,678507	14,5
14	Посещение стационаров для больных обычными заболеваниями (не COVID-19)	0,678507	14,5
15	Социальное дистанцирование	0,691358	16,5
16	Социальное дистанцирование при посещении медицинских организаций	0,691358	16,5

Т а б л и ц а 3

Оценка в баллах по градациям факторов риска (по данным ответов респондентов)

№ п/п	Фактор риска	Градация	Балл	Среднее
1	Соблюдение масочного режима в наземном общественном транспорте	Да Нет	0,5 2	1,25
2	Соблюдение масочного режима при посещении магазина, аптеки и т.д.	Да Нет	0,5 2	1,25
3	Поездки в метрополитене	До 1 ч 1–1,5 ч 2 ч и более	0,5 1 2	1,75
4	Поездки в пригородных электропоездах (электричках)	До 1 ч 1–1,5 ч 2 ч и более	0,5 1 2	1,75
5	Посещение аптек	Да Нет	1 0	0,5
6	Посещение магазинов торговли промышленными и бытовыми товарами	Да Нет	1 0	0,5
7	Посещение продовольственных магазинов	Да Нет	1 0	0,5
8	Посещение уличных торговых точек, киосков	Да Нет	1 0	0,5
9	Посещение продовольственных магазинов	Да Нет	1 0	0,5
10	Посещение парикмахерских, салонов красоты	Да Нет	1 0	0,5
11	Поездки в общественном наземном транспорте	До 1 ч 1–1,5 ч 2 ч и более	0,5 1 2	1,75
12	Несоблюдение масочного режима на рабочем месте	Да Нет	1 0	0,5
13	Посещение поликлиник	Да Нет	3,5 0	1,75
14	Посещение стационаров для больных обычными заболеваниями (не COVID-19)	Да Нет	3,5 0	1,75
15	Социальное дистанцирование	Да Нет	0,5 3	1,75
16	Социальное дистанцирование при посещении медицинских организаций	Да Нет	1 3	2,0

Т а б л и ц а 4

Категории риска (балльная оценка)

Категория риска	Баллы (сумма)
Низкая	< 8,0
Ниже среднего	8,1–16,0
Средняя	16,1–20,0
Выше среднего	21,1–26,0
Высокая	> 26,1

Выводы:

1. Наиболее значимыми «факторами», направленными на защиту от коронавирусной инфекции, являются показатели, характеризующие: «стратегию поведения» респондентов (избегание посещения); «внешние условия заражения» на различных объектах; соблюдение «масочного режима». Факторами риска заражения коронавирусной инфекцией являются показатели, характеризующие посещение различных социальных объектов и по-

ездки (и длительность) на различных видах общественного транспорта, соблюдение масочного режима и социального дистанцирования на различных объектах (объектах риска).

2. Разработана методика оценки риска заражения коронавирусной инфекцией по факторам риска. Данная методика предназначена для изучения распределения и оценки социально-гигиенических и поведенческих факторов риска среди населения, включения в исследование лиц, в первую очередь с COVID-19 в анамнезе, и последующего расчета *OR* между группами респондентов, а также анализа риска заражения COVID-19.

3. Проведена балльная оценка категорий риска заражения коронавирусной инфекцией.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard [Электронный ресурс] // World health organization. – 2020. – URL: <https://covid19.who.int/table> (дата обращения: 21.04.2021).
2. Asymptomatic cases in a family cluster with SARS-CoV-2 infection / X. Pan, D. Chen, Y. Xia, X. Wu, T. Li, X. Ou, L. Zhou, J. Liu // The Lancet Infectious Diseases. – 2020. – Vol. 20, № 4. – P. 410–411. DOI: 10.1016/S1473-3099(20)30114-6
3. Potential Presymptomatic Transmission of SARS-CoV-2, Zhejiang Province, China, 2020 / Z. Tong, A. Tang, K. Li, P. Li, H.-L. Wang, J.-P. Yi, Y.-L. Zhang, J.-B. Yan // Emerging infectious diseases. – 2020. – Vol. 26, № 5. DOI: 10.3201/eid2605.200198
4. Presymptomatic Transmission of SARS-CoV-2 – Singapore, January 23–March 16, 2020 / W.E. Wei, Z. Li, C.J. Chiew, S.E. Yong, M.P. Toh, V.J. Lee // Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR). – 2020. – Vol. 69, № 14. – P. 411–415. DOI: 10.15585/mmwr.mm6914e1external icon
5. Asymptomatic SARS Coronavirus 2 infection: Invisible yet invincible / L.A. Nikolai, C.G. Meyer, P.G. Kremsner, T.P. Velavan // International Journal of Infectious Diseases. – 2020. – Vol. 100. – P. 112–116. DOI: 10.1016/j.ijid.2020.08.076
6. Ситуация с COVID-19 в Европейском регионе [Электронный ресурс] // World health organization. – 2020. – URL: <https://who.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/a19d5d1f86ee4d99b013eed5f637232d> (дата обращения: 28.03.2021).
7. WHO Weekly epidemiological update on COVID-19 – 16 March 2021 [Электронный ресурс] // World health organization. – 2021. – URL: <https://www.who.int/publications/m/item/weekly-epidemiological-update---16-march-2021> (дата обращения: 28.03.2021).
8. The Front Line: Visualizing the Occupations with the Highest COVID-19 Risk [Электронный ресурс]. – 2020. – URL: <https://www.visualcapitalist.com/the-front-line-visualizing-the-occupations-with-the-highest-covid-19-risk/> (accessed 28.03.2021).
9. Assessing and managing the risks of COVID-19 in the workplace: Applying industrial hygiene (IH) / occupational and environmental health and safety (OEHS) frameworks / R. Zisook, A. Monnot, J. Parker, S. Gaffney, S. Dotson, K. Unice // Toxicology and Industrial Health. – 2020. – Vol. 36, № 9. – P. 607–618. DOI: 10.1177/0748233720967522
10. Transmission of SARS-CoV-2 in Public Transportation Vehicles: A Case Study in Hunan Province, China / K. Luo, Z. Lei, Z. Hai, S. Xiao, J. Rui, H. Yang, X. Jing, H. Wang [et al.] // Open Forum Infectious Diseases. – 2020. – Vol. 7, № 10. – P. ofaa430. DOI: 10.1093/ofid/ofaa430
11. Individual risk management strategy and potential therapeutic options for the COVID-19 pandemic / A. Gasmi, S. Noor, T. Tippairote, M. Dadar, A. Menzel, G. Björklund // Clinical Immunology. – 2020. – Vol. 215. – P. 108409. DOI: 10.1016/j.clim.2020.108409
12. Guidance. Coronavirus (COVID-19): safer transport guidance for operators [Электронный ресурс] // Department for Transport. – 2021. – URL: <https://www.gov.uk/government/publications/coronavirus-covid-19-safer-transport-guidance-for-operators/coronavirus-covid-19-safer-transport-guidance-for-operators#risk-assessment> (дата обращения: 28.03.2021).
13. UKRI funds COVID-19 project on spread and control on public transport [Электронный ресурс] // UK Research and Innovation. – 2020. – URL: <https://www.ukri.org/news/ukri-funds-covid-19-project-on-spread-and-control-on-public-transport/> (дата обращения: 28.03.21).
14. О метрополитене [Электронный ресурс] // ГУП «Московский метрополитен». – URL: <https://gup.mosmetro.ru/o-metropolitene/> (дата обращения: 16.03.2021).
15. SARS-CoV-2: Structure, Biology, and Structure-Based Therapeutics Development / M. Wang, R. Zhao, L. Gao, X.-F. Gao, D.-P. Wang, J.-M. Cao // Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. – 2020. – Vol. 25, № 10. – P. 587269. DOI: 10.3389/fcimb.2020.587269
16. Состояние микроклимата в вагонах метрополитена в летний период года / А.Г. Лексин, М.Н. Евлампиева, Е.В. Тимошенкова, А.В. Моргунов, В.А. Капцов // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94, № 3. – С. 63–66.
17. Correction to: Air change rate effects on the airborne diseases spreading in Underground Metro wagons / M. El-Salamony, A. Moharam, A. Guaily, M.A. Boraey // Environmental Science and Pollution Research. – 2021. – Vol. 28, № 24. – P. 31908. DOI: 10.1007/s11356-021-13405-8
18. Итоги работы Транспортного комплекса города Москвы за 2019 год и планы на 2020 год [Электронный ресурс] // Московский транспорт. – 2020. – URL: https://transport.mos.ru/common/upload/public/prezentacii/ItoGovaya_prezentatsiya_2019.pdf (дата обращения: 03.03.2021).
19. Community Outbreak Investigation of SARS-CoV-2 Transmission Among Bus Riders in Eastern China / Y. Shen, C. Li, H. Dong, Z. Wang, L. Martinez, Z. Sun, A. Handel, Z. Chen [et al.] // JAMA Internal Medicine. – 2020. – Vol. 180, № 12. – P. 1665–1671. DOI: 10.1001/jamainternmed.2020.5225
20. В каком транспорте самый высокий риск подхватить коронавирус? [Электронный ресурс] // Московский технический университет связи и информатики: сайт. – URL: https://mtuci.ru/about_the_university/news/2275/ (дата обращения: 12.03.21).
21. Пандемия и экономика города: как Москва реагирует на новые вызовы: онлайн-лекция [Электронный ресурс] // Московский центр урбанистики. – 2020. – URL: <https://centerurban.com/events/pandemiya-i-ekonomika-goroda-kak-mosk/> (дата обращения: 28.03.21).
22. SARS-CoV-2 Viability on 16 Common Indoor Surface Finish Materials / S.E. Ronca, R.X. Sturdivant, K.L. Barr, D. Harris // Health Environments Research & Design. – 2021. – Vol. 14, № 3. – P. 49–64. DOI: 10.1177/1937586721991535
23. Current understanding of the surface contamination and contact transmission of SARS-CoV-2 in healthcare settings / H. Choi, P. Chatterjee, J.D. Coppin, J.A. Martel, M. Hwang, C. Jinadatha, V.K. Sharma // Environ. Chem. Lett. – 2021. – Vol. 1–10. DOI: 10.1007/s10311-021-01186-y
24. SARS-CoV-2 and Risk to Food Safety / L.E.C.M. Anelich, R. Lues, J.M. Farber, V.R. Parreira // Frontiers in Nutrition. – 2020. – Vol. 7. – P. 580551. DOI: 10.3389/fnut.2020.580551
25. О научно-методическом обеспечении оценки результативности и эффективности контрольно-надзорной деятельности федеральной службы в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека / А.Ю. Попова, И.В. Брагина, Н.В. Зайцева, И.В. Май, П.З. Шур, О.В. Митрохин, Д.В. Горяев // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 1. – С. 5–9.
26. Новиков С.М., Фокин М.В., Унгурияну 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
27. Аналитика рынка интернет-торговли за 2020 год [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.shopolog.ru/metodichka/analytics/analitika-rynka-internet-torgovli-za-2020-god/> (дата обращения: 12.03.2021).

Балльная оценка риска заражения COVID-19 по социально-гигиеническим и поведенческим показателям / Т.С. Исютин-Федоткова, Д.Ю. Казиева, В.А. Сухов, О.В. Митрохин // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 4. – С. 17–25. DOI: 10.21668/health.risk.2021.4.02



Research article

SCORE ESTIMATE OF COVID-19 RISKS AS PER SOCIO-HYGIENIC AND BEHAVIORAL INDICATORS

T.S. Isiutina-Fedotkova, D.Yu. Kazieva, V.A. Sukhov, O.V. Mitrokhin

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, bldg. 2, 8 Trubetskaya Str., Moscow, 119991, Russian Federation

Epidemiologic situation remains a serious concern all over the world due to the coronavirus infection spread. It is vital to adhere to measure of non-specific COVID-19 prevention. According to literature data, the highest risks of the infection spread occur in public transport, retail outlets where foods and nonfoods are sold, medical organizations, and chemists' shops.

Our research objects were socio-hygienic and behavioral indicators that were risk factors of the coronavirus infection. Our research aim was to substantiate a score estimate of the COVID-19 contagion risk based on socio-hygienic and behavioral indicators.

Questioning was applied to determine frequency of visiting public places and adherence to basic measurements of non-specific COVID-19 prevention; overall, 400 respondents took part in it. A questionnaire was developed by experts of the Department of General Hygiene at Sechenov University and contained questions aimed at revealing informative signs (risk factors) of the coronavirus infection spread. Cluster analysis was applied to group respondents' questions and to identify informative signs for further development of a scale showing risk categories. Factor analysis in a form of principal component analysis was applied to questions that had the highest number of statistically significant indicators of Spearman's correlation coefficient.

We developed a procedure for assessing risks of COVID-19 contagion according to socio-hygienic and behavioral indicators and substantiated risk categories. The most significant risk factors were indicators related to mandatory mask wearing when visiting specific social objects (risk objects); when taking trips by various means of public transport and duration of such trips; keeping social distance when visiting social objects. We performed score estimate of risk categories regarding COVID-19 contagion.

Key words: pandemic, COVID-19, coronavirus infection, risk factors, risk objects, risk categories, non-specific prevention, social distancing, obligatory mask wearing.

References

1. WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard. *World health organization*, 2020. Available at: <https://covid19.who.int/table> (21.04.2021).
2. Pan X., Chen D., Xia Y., Wu X., Li T., Ou X., Zhou L., Liu J. Asymptomatic cases in a family cluster with SARS-CoV-2 infection. *Lancet Infect. Dis.*, 2020, vol. 20, no. 4, pp. 410–411. DOI: 10.1016/S1473-3099(20)30114-6
3. Tong Z., Tang A., Li K., Li P., Wang H.-L., Yi J.-P., Zhang Y.-L., Yan J.-B. Potential Presymptomatic Transmission of SARS-CoV-2, Zhejiang Province, China, 2020. *Emerg. Infect. Dis.*, 2020, vol. 26, no. 5. DOI: 10.3201/eid2605.200198
4. Wei W.E., Li Z., Chiew C.J., Yong S.E., Toh M.P., Lee V.J. Presymptomatic Transmission of SARS-CoV-2 – Singapore, January 23–March 16, 2020. *Morb. Mortal. Wkly. Rep. (MMWR)*, 2020, vol. 69, no. 14, pp. 411–415. DOI: 10.15585/mmwr.mm6914e1external icon
5. Nikolai L.A., Meyer C.G., Kremsner P.G., Velavan T.P. Asymptomatic SARS Coronavirus 2 infection: Invisible yet invincible. *Inter. J. Infect. Dis.*, 2020, vol. 100, pp. 112–116. DOI: 10.1016/j.ijid.2020.08.076
6. COVID-19 situation in the WHO European region. *World health organization*, 2020. Available at: <https://www.arcgis.com/apps/dashboards/ead3c6475654481ca51c248d52ab9c61> (28.03.2021).
7. WHO Weekly epidemiological update on COVID-19 – 16 March 2021. *World health organization*, 2021. Available at: <https://www.who.int/publications/m/item/weekly-epidemiological-update---16-march-2021> (28.03.2021).

© Isiutina-Fedotkova T.S., Kazieva D.Yu., Sukhov V.A., Mitrokhin O.V., 2021

Tatiana S. Isiutina-Fedotkova – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the General Hygiene Department (e-mail: isyutina-fedotkova_t_s@staff.sechenov.ru; tel.: +7 (499) 248-51-55; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8423-9243>).

Diana Yu. Kazieva – assistant of the General Hygiene Department (e-mail: kazieva_d_yu@staff.sechenov.ru; tel.: +7 (916) 648-65-65; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4301-7393>).

Vitaly A. Sukhov – assistant of the General Hygiene Department (sukhov_v_a@staff.sechenov.ru; tel.: +7 (999) 458-47-79; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2993-0108>).

Oleg V. Mitrokhin – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the General Hygiene Department (e-mail: mitrokhin_o_v@staff.sechenov.ru; tel.: +7 (499) 248-53-85; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6403-0423>).

8. The Front Line: Visualizing the Occupations with the Highest COVID-19 Risk, 2020. Available at: <https://www.visualcapitalist.com/the-front-line-visualizing-the-occupations-with-the-highest-covid-19-risk/> (28.03.2021).
9. Zisook R., Monnot A., Parker J., Gaffney S., Dotson S., Unice K. Assessing and managing the risks of COVID-19 in the workplace: Applying industrial hygiene (IH) /occupational and environmental health and safety (OEHS) frameworks. *Toxicol. Ind. Health*, 2020, vol. 36, no. 9, pp. 607–618. DOI: 10.1177/0748233720967522
10. Luo K., Lei Z., Hai Z., Xiao S., Rui J., Yang H., Jing X., Wang H. [et al.]. Transmission of SARS-CoV-2 in Public Transportation Vehicles: A Case Study in Hunan Province, China. *Open Forum Infect. Dis.*, 2020, vol. 7, no. 10, pp. ofaa430. DOI: 10.1093/ofid/ofaa430
11. Gasmí A., Noor S., Tippairote T., Dadar M., Menzel A., Bjørklund G. Individual risk management strategy and potential therapeutic options for the COVID-19 pandemic. *Clin. Immunol.*, 2020, vol. 215, pp. 108409. DOI: 10.1016/j.clim.2020.108409
12. Guidance. Coronavirus (COVID-19): safer transport guidance for operators. *Department for Transport*, 2021. Available at: <https://www.gov.uk/government/publications/coronavirus-covid-19-safer-transport-guidance-for-operators/coronavirus-covid-19-safer-transport-guidance-for-operators#risk-assessment> (28.03.2021).
13. UKRI funds COVID-19 project on spread and control on public transport. *UK Research and Innovation*, 2020. Available at: <https://www.ukri.org/news/ukri-funds-covid-19-project-on-spread-and-control-on-public-transport/> (28.03.2021).
14. O metropolitene [About subway]. *GUP «Moskovskii metropoliten»*. Available at: <https://gup.mosmetro.ru/o-metropolitene/> (16.03.2021) (in Russian).
15. Wang M., Zhao R., Gao L., Gao X.-F., Wang D.-P., Cao J.-M. SARS-CoV-2: Structure, Biology, and Structure-Based Therapeutics Development. *Front. Cell. Infect. Microbiol.*, 2020, vol. 25, no. 10, pp. 587269. DOI: 10.3389/fcimb.2020.587269
16. Leksín A.G., Evlampieva M.N., Timoshenkova E.V., Morgunov A.V., Kaptsov V.A. Microclimate condition in subway cars in the summer period of the year. *Gigiena i sanitariya*, 2015, vol. 94, no. 3, pp. 63–66 (in Russian).
17. El-Salamony M., Moharam A., Guaily A., Boraey M.A. Correction to: Air change rate effects on the airborne diseases spreading in Underground Metro wagons. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, 2021, vol. 28, no. 24, pp. 31908. DOI: 10.1007/s11356-021-13405-8
18. Achievements of the Moscow Transport Complex in 2019 and plans for 2020. *Moscow Transport*, 2020. Available at: <https://transport.mos.ru/common/upload/public/prezentacii/40/itogi-2019-plany-2020-eng.pdf>
19. Shen Y., Li C., Dong H., Wang Z., Martinez L., Sun Z., Handel A., Chen Z. [et al.]. Community Outbreak Investigation of SARS-CoV-2 Transmission Among Bus Riders in Eastern China. *JAMA Intern. Med.*, 2020, vol. 180, no. 12, pp. 1665–1671. DOI: 10.1001/jamainternmed.2020.5225
20. V kakom transporte samyi vysokii risk podkhvatit' koronavirus?: sait Moskovskogo tekhnicheskogo universiteta svyazi i informatiki [What means of transport create the highest risk of contracting coronavirus?: web-site of the Moscow Technical University of Communications and Informatics]. Available at: https://mtuci.ru/about_the_university/news/2275/ (12.03.2021) (in Russian).
21. Pandemiya i ekonomika goroda: kak Moskva reagiruet na novye vyzovy: onlain-lektsiya [Pandemic and city economy: how Moscow responds to new challenges: online lecture]. *Moskovskii tsentr urbanistiki*. Available at: <https://centerurban.com/events/pandemiya-i-ekonomika-goroda-kak-mosk/> (28.03.2021) (in Russian).
22. Ronca S.E., Sturdivant R.X., Barr K.L., Harris D. SARS-CoV-2 Viability on 16 Common Indoor Surface Finish Materials. *Health Environ. Res. Design. J.*, 2021, vol. 14, no. 3, pp. 49–64. DOI: 10.1177/1937586721991535
23. Choi H., Chatterjee P., Coppin J.D., Martel J.A., Hwang M., Jinadatha C., Sharma V.K. Current understanding of the surface contamination and contact transmission of SARS-CoV-2 in healthcare settings. *Environ. Chem. Lett.*, 2021, vol. 1–10. DOI: 10.1007/s10311-021-01186-y
24. Anelich L.E.C.M., Lues R., Farber J.M., Parreira V.R. SARS-CoV-2 and Risk to Food Safety. *Front Nutr.*, 2020, vol. 7, pp. 580551. DOI: 10.3389/fnut.2020.580551
25. Popova A.Yu., Bragina I.V., Zaitseva N.V., May I.V., Shur P.Z., Mitrokhin O.V., Goryaev D.V. On the scientific and methodological support of the assessment of the performance and effectiveness of the control and supervision activity of the Federal Service For Surveillance On Consumer Rights Protection And Human Wellbeing. *Gigiena i sanitariya*, 2017, vol. 96, no. 1, pp. 5–9. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-1-5-9 (in Russian).
26. 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).
27. Analitika rynka internet-torgovli za 2020 god [Analytics of the e-commerce market for 2020]. Available at: <https://www.shopolog.ru/metodichka/analytics/analitika-rynka-internet-torgovli-za-2020-god/> (12.03.2021) (in Russian).

Isiutina-Fedotkova T.S., Kazieva D.Yu., Sukhov V.A., Mitrokhin O.V. Score estimate of COVID-19 risks as per socio-hygienic and behavioral indicators. Health Risk Analysis, 2021, no. 4, pp. 17–25. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.02.eng

Получена: 17.05.2021

Принята: 12.10.2021

Опубликована: 30.12.2021



Научная статья

К ПРОБЛЕМЕ КОНТРОЛЯ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ В ОБОРОТЕ В РАМКАХ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МОДЕЛИ НАДЗОРА

Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов, В.М. Чигвинцев, Н.В. Никифорова

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

Актуальность исследования определяется значимостью безопасности пищевой продукции для здоровья населения страны и законодательным закреплением продукции как самостоятельного объекта санитарно-эпидемиологического контроля.

Предложены подходы к формированию риск-ориентированной модели контроля продукции в обороте, которые предполагают: категорирование продукции по потенциальному риску причинения вреда здоровью потребителя; построение профилей риска продукции; оптимизацию лабораторного сопровождения контрольных мероприятий с учетом функций управления безопасностью продукции.

При категорировании продукции риск оценивается как сочетание вероятности несоблюдения обязательных требований безопасности и тяжести последствий этого несоблюдения. Пищевая продукция, относимая к категории чрезвычайно высокого, высокого, значительного риска, подлежит систематическому контролю соответственно один раз в год, в два или три года. Учет «законопослушности» объекта обеспечивает возможность изменения и категории продукции и интенсивности контроля. Программы лабораторного контроля продукции предлагаются строить на основе профилей риска продукции, выделении приоритетных показателей, вносящих основной вклад в риск продукции в целом и анализа математических моделей, описывающих взаимосвязь числа наблюдений с ожидаемым ответом в виде снижения нестандартных проб на следующем шаге контрольного цикла. Модель позволяет определять количество проб приоритетных факторов, которое необходимо выполнить для достижения целевого критерия риска, осуществлять прогноз ожидаемого числа нарушений и уровней риска здоровью на следующем цикле контроля при заданном количестве исследований.

Сформировано 85 региональных регистров пищевой продукции с выделением по критериям риска категорий для всех поднадзорных групп товаров. Показано, что в ряде случаев требуется увеличение числа исследований приоритетных («рисковых») показателей с целью выявления и удаления из оборота опасной продукции. Некоторые исследования представляются избыточными, не повышающими эффективность контроля.

Предлагаемые подходы являются универсальными и динамичными. Основными направлениями развития модели полагаются: повышение адресности при выборе продукции для контроля; формирование и систематическая актуализация профилей риска; совершенствование лабораторного сопровождения контроля (надзора) в условиях динамично изменяющегося рынка пищевой продукции страны.

Ключевые слова: пищевая продукция в обороте, риск-ориентированный контроль, лабораторный контроль, управление безопасностью продукции.

© Зайцева Н.В., Май И.В., Кирьянов Д.А., Чигвинцев В.М., Никифорова Н.В., 2021

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>).

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

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

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>).

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>).

Контроль безопасности и качества продукции (товаров), особенно пищевой продукции, находящейся в обороте на потребительском рынке, – важнейшая задача органов власти любой страны, не исключая Российскую Федерацию¹ [1–5]. Это связано с тем, что небезопасная и / или несоответствующая критериям качества пищевая продукция, с одной стороны, является причиной снижения удовлетворенности населения товарами [6, 7], а с другой – развития ряда заболеваний, в ряде случаев тяжелых, ухудшения медико-демографических показателей [8–11]. Так, в исследовании Dubois-Brissonnert [8] показано, что только во Франции ежегодно пищевое отравление регистрируется примерно в 1,5 млн случаев и вызывает около 250 смертей. К болезням, связанным с употреблением пищи, относятся различного рода аллергические реакции, инфекционные заболевания с новыми свойствами или повышенной тяжестью течения [8, 9], антибиотикорезистентность, поражения желудочно-кишечного тракта, нервной системы и т.п. [10, 11].

В соответствии с документами Всемирной организации здравоохранения «безопасность продуктов питания» определяется как *«гарантия того, что пища не причинит вред здоровью потребителя при приготовлении и / или потреблении в соответствии с ее назначением»*. При этом безопасность обеспечивается «отсутствием или присутствием допустимого и безопасного уровня загрязняющих веществ, примесей, натуральных токсинов или любых других веществ, которые делают продукты питания вредными для здоровья и могут привести к возникновению острого или хронического болезненного состояния»².

Несомненно, первым и ключевым звеном в обеспечении качества и безопасности пищевой продукции является применение при ее производстве принципов ХАССП (Hazard Analysis and Critical Control Point, анализ рисков и определение критических контрольных точек) [12]. Система ХАССП – апробированный на мировом уровне эффективный инструмент управления производственными процессами с целью минимизации микробиологических,

биологических, физических, химических и других рисков загрязнения производимой пищевой продукции. Основным достоинством системы является ее свойство не только выявлять, но и предупреждать технические, технологические, поведенческие и иные ошибки на каждом этапе производственного процесса [13]. Система ориентирована на максимально гарантированное обеспечение безопасности и качества продукции, что является первоочередной задачей в работе всей пищевой отрасли [14, 15].

Не умаляя значимости профилактической роли системы анализа рисков, критических точек и менеджмента качества при производстве пищевой продукции, отметим, что государственный санитарный контроль продукции (товаров), уже находящейся в обороте, является важнейшим элементом системы защиты здоровья (а порой и жизни) потребителей пищевой продукции [16, 17]. Контроль товаров на полках магазинов, в цехах и кухнях объектов общественного питания и т.п. представляет собой последний и непосредственный барьер между потенциально небезопасной продукцией и ее потребителем.

Надзор за пищевой продукцией во многих странах мира осуществляется с применением риск-ориентированной модели контрольно-надзорной деятельности [18–21]. Такая модель начала разрабатываться и внедряться Роспотребнадзором еще в самом начале административной реформы в Российской Федерации. В 2017 г. главным государственным санитарным врачом РФ утверждены методические рекомендации по категорированию хозяйствующих субъектов по потенциальному риску причинения вреда здоровью человека³. Документ обеспечивает выделение поднадзорных объектов, которые формируют наибольшие риски причинения вреда охраняемым общественным ценностям.

Федеральный закон «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации», вступивший в силу 1 июня 2021 г.⁴, закрепил продукцию (товары) как самостоятельный объект контроля (ст. 16). До этого продукция рассматривалась как элемент контроля деятельности хозяйствующих субъектов. Соответственно, как и

¹ Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации: Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20 [Электронный ресурс] // Гарант: информационно-правовой портал. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/> (дата обращения: 04.10.2021).

² Codex Alimentarius. General Principles of Food Hygiene CXC 1-1969 [Электронный ресурс] // FAO, WHO. – URL: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/fr/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXC%2B1-1969%252FCXC_001e.pdf (дата обращения: 04.12.2021).

³ 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. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 11 августа 2017 г. [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=9037 (дата обращения: 07.12.2021).

⁴ О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации: Федеральный закон от 31.07.2020 № 248-ФЗ [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: справочная правовая система. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358750/ (дата обращения: 30.09.2021).

иные объекты контроля, продукция подлежит категорированию по риску причинения вреда, а интенсивность надзорных мероприятий должна быть адекватна уровню этого риска. Принятие закона потребовало разработки научно обоснованных подходов к планированию контрольных мероприятий в отношении продукции (товаров). А в силу того, что именно химическая и биологическая контаминация пищевой продукции является основным фактором опасности, лабораторный инструментальный контроль продукции рассматривается как важнейшая составляющая надзорного мероприятия.

Целью контроля продукции на стадии обращения является выявление, удаление и постепенная полная элиминация (вымывание) небезопасной продукции из оборота. Одновременно должен формироваться сигнал всем участникам рынка о том, что надзор постоянно будет обеспечивать эту элиминацию с высокой степенью надежности.

С учетом данных положений при планировании контроля встают две основные задачи:

- определение видов пищевой продукции, подлежащих наиболее интенсивному контролю (при этом требуется сохранить контроль над всей совокупностью продукции в обороте);
- обоснование оптимальных объемов лабораторных исследований продукции с учетом каждой категории риска.

Решение первой задачи (выделение приоритетных видов пищевой продукции) описано в методическом документе, утвержденном главным государственным санитарным врачом в 2016 г.⁵ Документ предусматривает оценку конкретной группы пищевой продукции (товаров) по критериям риска. Риск рассматривается в полном соответствии с его определением как сочетание вероятности возникновения нежелательного события (нарушения требований безопасности продукции) и тяжести последствий. Документ позволяет выполнить категорирование пищевой продукции по риску причинения вреда здоровью с учетом статистически установленной на заданный момент (период) времени частоты нарушений обязательных требований к безопасности, тяжести вероятных нарушений здоровья потребителя с учетом масштабов потребления конкретной продукции. Документ востребован и вошел в практику использования органами Роспотребнадзора в регионах [22, 23].

На настоящий момент методический документ требует приведения в соответствие с положениями 248-ФЗ, поскольку должен давать и ответ на вопрос о минимальном достаточном или оптимальном числе лабораторных исследований продукции с разными уровнями риска причинения вреда.

Классическое решение задачи определения достаточного числа инструментальных измерений вытекает из формулы расчета ошибки среднего для бинарной случайной величины и состоит в определении количества измерений, обеспечивающих выявление отклонений от нормы (критерия) с задаваемой точностью и уровнем значимости. Для этого, например, в работе Койчубекова [24] предлагается проводить выборочные исследования продукции в течение года с объемом выборки, рассчитанной по соотношению:

$$n = \frac{Z^2 p(1-p)}{\Delta^2}, \quad (1)$$

где n – количество выборочных исследований (объем выборки); p – оцениваемая частота нарушений гигиенических нормативов; Δ – допустимая ошибка частоты нарушений гигиенических нормативов; Z – квантиль стандартного нормального распределения порядка 0,975.

Объем выборочных исследований, определенный по соотношению (1), позволяет судить о наблюдаемой частоте нарушений с достаточной уверенностью, при этом увеличение объема выборки будет снижать величину ошибки, а его уменьшение, соответственно, увеличивать. При таком подходе к организации контрольно-надзорных мероприятий для видов продукции с низкой частотой нарушений необходимо большее число измерений, чем для продукции с высокой частотой нарушений. Такая постановка противоречит принципам риск-ориентированного подхода, который предполагает ужесточение контроля объектов с частыми нарушениями санитарных требований и снижение нагрузки на объекты, соответствующие требованиям.

Проблема обоснования объема выборки при организации надзора за продукцией с позиции риск-ориентированного подхода требует учета причинно-следственных отношений между частотой выявляемых нарушений и количеством проводимых исследований. При принятии гипотезы о том, что снижение частоты нарушений является следствием повышения интенсивности надзора, возникает задача по определению объема отбора проб и выполняемых исследований, обеспечивающих заданный уровень выявляемых нарушений или риска.

Таким образом, вместо задачи оценки качества продукции с заданной надежностью представляется целесообразным формулировать задачу управления, решение которой может давать результаты более значимые для санитарной службы и потребителей

⁵ Классификация пищевой продукции, обращаемой на рынке, по риску причинения вреда здоровью и имущественных потерь потребителей для организации плановых контрольно-надзорных мероприятий: Методические рекомендации / утв. Приказом Роспотребнадзора от 18.01.2016 г. № 16. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2016. – 38 с.

пищевой продукции. То есть нужен ответ на вопрос: сколько проб (образцов) какой продукции нужно отбирать и исследовать в ходе контрольно-надзорных мероприятий, чтобы обеспечить задачу снижения нестандартных проб до определенного (заданного, целевого) уровня, принимая дополнительно во внимание ограниченность ресурсов.

Ответ на поставленный вопрос крайне важен, так как результативность инструментальных измерений по группам товаров, отдельным показателям и регионам существенно различается [25–27].

Поскольку результаты исследований являются основанием для принятия решений по устранению несоответствий, мерам административного воздействия и т.п., разработка унифицированных научно обоснованных подходов к содержанию и объемам исследований в ходе контроля пищевой продукции в обороте остается задачей важной и востребованной практикой.

Цель настоящего исследования – разработка подходов к оптимизации риск-ориентированного санитарно-эпидемиологического контроля (надзора), в том числе лабораторного, как инструмента управления безопасностью пищевой продукции.

Следует принять во внимание, что в данном исследовании рассматриваются только показатели безопасности пищевой продукции. Аспекты риск-ориентированной оценки соответствия маркировки и качества товаров обязательным требованиям, включая проблемы фальсификации, требуют отдельного изучения.

Материалы и методы. Под небезопасной продукцией понимали продукцию (товары) с нарушением обязательных санитарных требований.

Потенциальный риск причинения вреда здоровью определяли как сочетание вероятности нарушения требований к продукции конкретного вида, тяжести нарушения здоровья вследствие этого нарушения и масштаба воздействия, выражаемого через показатель численности населения, употребляющего небезопасную продукцию.

Риск здоровью потребителей оценивали по алгоритму, изложенному в утвержденных методических рекомендациях⁵, принимая во внимание, что в целом на потребительском рынке продукция характеризуется нарушениями обязательных требований с частотой, фиксируемой в ходе контрольно-надзорных мероприятий.

Вероятность нарушений требований характеризовали частотой выявляемых нарушений в целом

во всех регионах Российской Федерации. Исходя из принципа предосторожности, в качестве частоты нарушений принимали 95%-ный перцентиль распределения регионального относительного показателя (число нарушений на одну проверку) за последний трехлетний период.

Тяжесть последствий для здоровья потребителей небезопасной продукции рассматривали как сочетание тяжести нарушения здоровья отдельного потребителя при употреблении небезопасной продукции (от значений, близких к нулю, – легкие нарушения здоровья, до 0,95 – тяжелые нарушения здоровья) и масштаба этих нарушений. Масштаб определяли через объемы потребления пищевой продукции с учетом региональных особенностей⁶.

Пищевую продукцию категоризовали по риску причинения вреда здоровью в соответствии с критериями, утвержденными Положением о федеральном государственном санитарном надзоре⁷. Выделяли категории: объекты чрезвычайно высокого риска, высокого, значительного, умеренного, среднего и низкого риска.

Для решения задачи определения объемов лабораторного сопровождения контрольно-надзорной деятельности (количества исследований, проб и образцов продукции) использовали следующую информацию:

- данные по количеству отобранных проб в разрезе отдельных видов продукции в масштабе региона в целом по всем субъектам Российской Федерации за несколько лет (форма статистической отчетности «Сведения о результатах осуществления федерального государственного надзора территориальными органами Роспотребнадзора» за 2010–2020 гг.);
- данные о количестве выявленных нарушений по отдельным показателям в тех же разрезах;
- данные о вероятных негативных эффектах в отношении здоровья потребителя, которые могут возникнуть в результате нарушения требований к конкретному показателю, и параметры тяжести этих эффектов;
- объемы потребления отдельных видов продукции в регионе (по данным статистических отчетов Росстата, отчетов по выборочным исследованиям бюджетов домашних хозяйств);
- численность населения в регионе, в том числе возрастной состав (дети, взрослые).

Предполагали наличие следующей функциональной связи:

⁶ Потребление основных продуктов питания населением Российской Федерации [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. – URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13278?print=1> (дата обращения: 27.09.2021).

⁷ О федеральном государственном санитарно-эпидемиологическом контроле (надзоре) (вместе с «Положением о федеральном государственном санитарно-эпидемиологическом контроле (надзоре)»): Постановление Правительства РФ от 30.06.2021 № 1100 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: справочная правовая система. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389344/c3ec9aec7f786991ebd558c3002ea5caa6a22c1a/ (дата обращения: 27.09.2021).

$$n \sim p u M, \quad (2)$$

где n – количество исследований; p – частота нарушений гигиенического норматива; u – удельная тяжесть нарушений здоровья; M – масштаб воздействия нарушений (при выполнении практических расчетов в качестве масштабного коэффициента используется численность потребителей или населения, отнесенная к 100 тысячам); знак « \sim » означает наличие некоторой функциональной связи.

Соотношение (2) носит общий характер и отражает основную гипотезу, которая распространяется на все показатели безопасности и виды продукции, поэтому индексы, идентифицирующие конкретные виды продукции и показатели безопасности, опущены.

При рассмотрении отдельного показателя безопасности для вида продукции удельная тяжесть нарушений здоровья u является константой, поэтому с точностью до константы можно записать:

$$\frac{n}{M} = v \sim p, \quad (3)$$

где v – удельный объем исследований нормируемого показателя (гигиенического норматива) для определенного вида продукции.

В качестве удельного объема исследований рассматривали параметр v как количество исследований продукции, приходящееся на 100 тысяч населения субъекта РФ, выполненных или планируемых для проведения контрольно-надзорных мероприятий в течение календарного года.

С точки зрения системного анализа удельный объем исследований представляет собой вектор, характеризующий количество исследований для системы показателей безопасности

$$V^T = \{v_i\}, i = 1 \dots I,$$

где I – количество нормируемых показателей для исследуемого вида продукции. Вся система показателей или ее часть может определяться из одной пробы (образца) продукции.

Функциональная связь между количеством проводимых исследований продукции на соответствие гигиеническим нормативам и частотой выявляемых нарушений (3) лежит в основе задачи управления.

Объектом управления является уровень безопасности продукции в регионе, который определяется системой показателей, отражающих частоту нарушений гигиенических нормативов и формирующих пространство состояний объекта управления, задаваемое фазовым вектором:

$$P^T = \{p_i\}, i = 1 \dots I. \quad (4)$$

Исходя из условия комплексности влияний на систему показателей здоровья всех нормируемых показателей безопасности, можно установить, что целью управления является функционал, характеризующий риск здоровью, который записывается в виде следующего соотношения:

$$Risk = \left(\sum_i p_i u_i \right) M = \left(\sum_i p_i \sum_j \alpha_{ij} g_j \right) M \rightarrow \min, \quad (5)$$

где α_{ij} – коэффициент, отражающий степень нарушения j -го показателя здоровья при нарушении i -го показателя безопасности; g_j – тяжесть причинения вреда при выявлении j -го вида нарушений здоровья.

Решение задачи (5) требует выполнения идентификации опасности для каждого показателя отдельных групп продукции. По литературным данным устанавливали возможные негативные ответы со стороны здоровья, возникающие при нарушении гигиенических нормативов продукции. Коэффициенты тяжести нарушения здоровья принимали в соответствии с рекомендациями ВОЗ⁸ и данными метаанализа, представленного в работе Minsu Osk et al. [28].

С учетом вероятных ответов на нарушения система предполагает построение «профилей риска продукции», т.е. выделение тех показателей, которые вносят наибольший вклад в общий риск продукции и требуют первоочередного и наиболее плотного контроля.

При этом ставилась задача определить, какова должна быть частота контроля приоритетных (рисковых) факторов, чтобы на следующем цикле контроля частота выявляемых нарушений достигала желаемого (целевого) уровня. Таким образом, содержание и объемы лабораторных исследований становятся инструментом управления безопасностью продукции.

Функциональная связь между реальной частотой выявляемых нарушений (состояние продукции как объекта управления) и вектором управления определяется на основе статистического моделирования зависимостей по данным ведомственной статистики. Во внимание принимаются интенсивность лабораторного контроля безопасности продукции и частота выявляемых нарушений.

Принимали, что частота контрольно-надзорных мероприятий и испытаний влияла на частоту нарушений обязательных требований в следующем году.

Вид функциональной связи определялся степенной моделью, соответствующей положению о том, что достижение полного соответствия продукции критериям безопасности возможно при значительном увеличении интенсивности контроля, а полное отсутствие контроля приводит к снижению

⁸ Global burden of disease 2004 update: disability weights for diseases and conditions [Электронный ресурс] // WHO. – URL: https://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/GBD2004_DisabilityWeights.pdf (дата обращения: 01.09.2021).

уровня безопасности продукции до критических значений.

Опираясь на указанные гипотезы, поиск зависимостей между параметрами управления и параметрами состояния проводили в соответствии с регрессионной моделью:

$$p_i^{t+1} = a1_i \left(v_i^t \right)^{a2_i}, \quad (6)$$

где p_i^{t+1} – частота нарушений i -го нормируемого показателя продукции, зафиксированная в $t+1$ году; m_i^t – количество выполненных исследований i -го показателя в году t ; M^t – численность потребителей; $a1_i$, $a2_i$ – параметры регрессионной модели, при этом на параметр b накладывается условие: $a2_i < 0$.

На параметры управления и параметры состояния в задаче управления (5)–(6) накладываются ограничения:

– на достижение показателей, характеризующих безопасность продукции (целевого уровня безопасности):

$$p \leq p^* \text{ или } p_i \leq p_i^{цел}, i = 1 \dots I. \quad (7)$$

Следует отметить, что при решении задачи целесообразно учитывать ресурсную обеспеченность

надзорных органов ($\sum_i n_i \leq W$). Однако эта задача

требует отдельного исследования с учетом иных критериев оптимизации системы контроля. Важной задачей является и определение целевого уровня безопасности продукции, т.е. установление допустимого уровня риска и, соответственно, допустимой частоты выявляемых нарушений отдельных показателей. При этом следует принимать во внимание, что выявление всех вероятных нарушений обязательных требований предполагает тотальный контроль продукции, что представляется высокзатратным и малоэффективным процессом. Проблема относится к классу задач стратегического планирования и требует привлечения экспертов и лиц, принимающих решения. В настоящем исследовании в качестве целевого уровня показателей безопасности p_i^* были использованы среднероссийские значения частот выявляемых нарушений на конец 2020 г. или специально задаваемый параметр – 1 % проб с нарушениями.

Решение задачи управления (5)–(7) в отношении отдельного вида продукции позволяет получить значение количества исследований, соответствующих заданным целевым уровням показателей безопасности.

$$v_i^* = \left(\frac{p_i^*}{a1_i} \right)^{\frac{1}{a2_i}}. \quad (8)$$

Количество исследований в конкретном регионе определяется как произведение удельного количества исследований и численности потребителей (численности населения): $n_i^* = v_i^* M$. При этом необходимое количество проб продукции определяется как максимум из компонент вектора $N^T = \{n_i\}, i = 1 \dots I$.

По существу решение задачи (5)–(7) в отношении системы показателей и видов продукции позволит определить некий общегосударственный норматив лабораторного сопровождения контрольно-надзорной деятельности, который позволяет сформировать программу исследований на уровне региона. При этом для удовлетворения граничного условия (8) необходимо поставить и решить задачу оптимизации с целевой функцией (5).

При постановке оптимизационной задачи на уровне регионов возникают противоречия, связанные с несоответствием фактического соотношения количества исследований и частот выявленных нарушений с установленной моделью (6). Это означает, что для обеспечения одинаковой частоты выявляемых нарушений в различных регионах требуется разное количество исследований.

Такое утверждение позволяет говорить о разной результативности проводимых лабораторных исследований безопасности продукции.

Фактически модель (6) делит диаграмму рассеивания на области, в которых приведенная кривая делит все исследования на две группы (рис. 1).

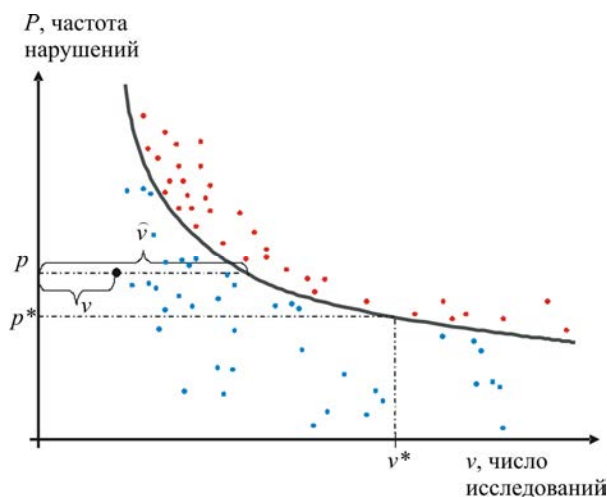


Рис. 1. Общий вид зависимости «число исследований – выявляемая частота нарушений» для оценки результативности лабораторных исследований при заданном целевом критерии

В зоне выше кривой расположены точки, характеризующие ситуацию, когда объемы проводимых исследований не обеспечивают достижения целевого критерия на следующем шаге управления, т.е. в условиях реально сложившейся ситуации в регионе контрольные мероприятия не приводят к удалению с рынка всей небезопасной продукции,

и профилактический (предупредительный) эффект не является достаточным. На следующем контрольном цикле есть вероятность выявления вновь значительного уровня нарушений.

В зоне ниже кривой расположены точки, описывающие ситуацию, когда объемы лабораторных исследований обеспечивают достижение целевого показателя. При этом если заданный критерий является обоснованным, в ряде случаев объемы лабораторных исследований могут быть оценены как избыточные, и возможно их сокращение с целью экономии ресурсов и перераспределения средств на контроль иных показателей.

Целью управления на уровне отдельного региона, характеризующегося фактическим соотношением значений частоты нарушений нормируемых показателей (p_i) и интенсивности исследований (v_i), является изменение объема исследований ($v_i + \Delta v_i$) таким образом, чтобы достичь целевого уровня частоты нарушений ($p_i \rightarrow p_i^*$). Изменение удельного объема исследований определяется по соотношению (9):

$$\frac{v_i}{\hat{v}_i} = \frac{v_i + \Delta v_i}{v_i^*}. \quad (9)$$

Абсолютное изменение объема исследований определяется в соответствии с масштабным коэффициентом (10):

$$\Delta n_i = \Delta v_i M \quad (10)$$

Используя соотношения (9), (10), для каждого региона можно рассчитать необходимые объемы исследований в разрезе отдельных показателей и видов продукции и их изменения по отношению к последнему отчетному году. Такие расчеты позволяют формировать планы лабораторного сопровождения контрольно-надзорной деятельности за безопасностью продукции.

Результаты и их обсуждение. На первом шаге формирования планов контроля продукции были определены группы пищевых продуктов, которые являются приоритетами контроля и подлежат надзору с наибольшей частотой. Были сформированы федеральный и 85 региональных реестров пищевой продукции. Фрагмент одного из региональных реестров пищевой продукции с выделенными категориями приведен в табл. 1.

Определено, что в зависимости от частоты выявляемых нарушений и региональных особенностей потребления тех или иных видов продукции к категориям чрезвычайно высокого, высокого

Таблица 1

Фрагмент регионального реестра пищевой продукции (выделены укрупненные группы пищевой продукции)

Вид продукции (группа)	P^*	U^{**}	Значение и категория***		N^{****}	Вклад в суммарный риск, %	Доля от общего числа проб, %
Мясо и мясные продукты	0,039	5,477	2,16E-01	1	9121	6,31	12,75
Птица, яйца, продукты их переработки	0,107	4,172	4,45E-01	1	3223	13,01	4,51
Молоко и молочные продукты	0,036	28,168	1,01E+00	1	10241	29,52	14,31
Масложировая продукция	0,025	6,154	1,52E-01	1	1995	4,44	2,79
Рыба, нерыбные объекты и продукты из них	0,16	1,178	3,67E-01	1	2932	10,73	4,10
Кулинарные изделия	0,032	1,772	6,59E-02	2	16675	1,93	23,31
Мукомольно-крупяные изделия	0,011	0,420	2,67E-03	3	3225	0,08	4,51
Хлебобулочные изделия	0,01	0,259	1,89E-03	3	2962	0,06	4,14
Сахар	0,09	0,970	4,46E-02	2	92	1,30	0,13
Кондитерские изделия	0,02	2,293	2,66E-02	2	7754	0,78	10,84
Фруктовоовощная продукция	0,015	15,321	1,71E-01	1	5320	5,00	7,44
Грибы	0,029	0,687	1,38E-02	2	100	0,40	0,14
Безалкогольные напитки	0,023	2,396	4,23E-02	2	1008	1,24	1,41
Соки, нектары	0,022	0,725	1,43E-02	2	830	0,42	1,16
Алкогольные напитки	0,018	1,348	1,84E-02	2	2075	0,54	2,90
Мед и продукты пчеловодства	0,144	0,038	9,50E-03	3	22	0,28	0,03
Продукты детского питания	0,02	6,166	4,59E-01	1	589	13,42	0,82
Консервы	0,062	1,261	4,86E-02	2	1040	1,42	1,45
Зерно (семена)	0,019	0,075	2,48E-03	3	344	0,07	0,48
Минеральные воды	0,024	2,909	5,20E-02	2	498	1,52	0,70
Вода, фасованная в емкости	0,03	0,562	2,97E-02	2	425	0,87	0,59
Соль	0,028	0,091	1,30E-03	3	559	0,04	0,78
Итого			3,19E+00			100,00	100,00

Примечание: $*p$ – частота выявленных нарушений, 95-й перцентиль за 2010–2020 гг. (с учетом контрольно-надзорных мероприятий и производственного контроля);

$**U$ – показатель потенциального вреда здоровью потребителя. Учитывает тяжесть и масштаб последствий;

*** – категории риска: 1 – чрезвычайно высокий; 2 – высокий; 3 – значительный;

**** N – среднее число отбираемых проб за период 2010–2020 гг.

и значительного риска в регионах можно отнести от 8 до 15 укрупненных групп товаров. Практически повсеместно это мясо и мясные продукты, молочные продукты, птица, яйца и продукты из них, рыба, морепродукты и т.п.

В силу того, что товары, относимые к 1–3-й категориям, подлежат систематическому контролю, необходимые объемы плановых контрольно-надзорных мероприятий представляются довольно значительными.

При этом лабораторное сопровождение контрольных мероприятий должно быть пропорциональным риску причинения вреда и ориентировано на постоянное улучшение ситуации (в данном исследовании – снижение доли нестандартных проб показателей безопасности). Анализ сопоставления уровней и категорий риска продукции показал, что общее распределение исследований не в полной мере адекватно вкладу той или иной группы в риски причинения вреда здоровью (см. табл. 1).

Несоответствие частоты лабораторных испытаний уровням риска продукции в ряде случаев имеет следствием отсутствие значимого позитивного улучшения безопасности продукции на потребительском рынке.

Так, в рассмотренном регионе группа товаров «Птица, яйца и продукты их переработки» характеризовалась вкладом в суммарный риск причинения вреда на уровне 13 %, доля исследованных проб в общем числе – уровнем 4,5 %. При этом, например, частота выявления нарушений по микробиологическим показателям в данной группе товаров в период 2013–2019 гг. в регионе отмечена на уровне 9 %. Стабильного поступательного снижения за указан-

ный период не отмечено. Нарушения по микробиологическим показателям составили: 2013 г. – 9,2 %, 2015 г. – 8,13 %; 2017 г. – 9,0 %, 2019 – 6,8 %, 2020 – 7,8 %. Таким образом, цель неуклонного повышения безопасности продукции по данному показателю, а следовательно, и по продукции в целом – не решается в полной мере.

Напротив, высокая частота исследований кулинарных изделий в регионе имеет следствием снижение частоты нарушений с 2,5 % в 2013 г. до 1,03 % в 2019 г.

Анализ динамики выявляемых частот нарушений по основным группам пищевой продукции в Российской Федерации показал, что при общей позитивной тенденции к повышению безопасности продукции по отдельным группам товаров ситуация характеризуется отсутствием динамики или даже негативным трендом (табл. 2).

Заметим, что по таким группам пищевой продукции, как «Рыба, рыбные продукты», «Масложировая продукция», «Продукция предприятий общественного питания», «Картофель», «Бахчевые культуры» и т.п. достигнуто снижение числа проб, не соответствующих гигиеническим нормативам. Тенденция к увеличению доли нестандартных проб характерна для продукции из групп «Соки», «Безалкогольные и алкогольные напитки», «Продукция детского питания», «Консервы» и т.п.

В некоторых случаях увеличение доли нестандартных проб связано с совершенствованием лабораторной базы контроля, позволяющей идентифицировать качественные и количественные нарушения, которые не выявлялись ранее. Однако задача повышения

Таблица 2

Динамика изменения частоты выявляемых нарушений гигиенических требований к пищевой продукции

Вид продукции (группа)	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Прирост 2020/2013
Всего	0,019	0,020	0,020	0,020	0,018	0,017	0,017	0,016	–15,8
Мясо и мясные продукты	0,017	0,017	0,018	0,017	0,018	0,017	0,017	0,017	0,0
Молоко, молочные продукты	0,022	0,024	0,025	0,028	0,024	0,024	0,022	0,019	–13,6
Птица, яйца, продукты из них	0,028	0,030	0,029	0,029	0,026	0,027	0,024	0,023	–17,9
Рыба, рыбные продукты и др. гидробионты	0,026	0,044	0,035	0,034	0,028	0,022	0,020	0,021	–19,2
Кулинарные изделия	0,028	0,025	0,025	0,023	0,022	0,022	0,022	0,021	–25,0
Алкогольные напитки, пиво	0,003	0,009	0,009	0,007	0,005	0,004	0,004	0,004	+33,3
Безалкогольные напитки	0,014	0,018	0,018	0,020	0,018	0,014	0,013	0,013	+7,1
Картофель	0,008	0,006	0,005	0,004	0,003	0,002	0,003	0,004	–50,0
Бахчевые культуры	0,023	0,011	0,013	0,017	0,012	0,014	0,021	0,018	–21,7
Плоды и ягоды	–	0,004	0,006	0,005	0,005	0,004	0,003	0,003	
Консервы	0,008	0,019	0,018	0,019	0,020	0,018	0,020	0,016	+100,0
Биологически активные добавки к пище	0,007	0,008	0,009	0,008	0,008	0,007	0,007	0,007	0,0
Грибы	0,057	0,045	0,041	0,035	0,040	0,027	0,026	0,021	–63,2
Зерно и зернопродукты	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,003	0,002	0,002	0,0
Мед и продукты пчеловодства		0,017	0,015	0,012	0,008	0,012	0,014	0,017	+1600,0
Минеральные воды	0,011	0,014	0,016	0,014	0,017	0,015	0,014	0,013	+18,2
Мукомольно-крупяные изделия	0,005	0,010	0,010	0,007	0,006	0,005	0,004	0,007	+40,0
Продукты детского питания	0,004	0,006	0,004	0,005	0,006	0,004	0,005	0,006	+50,0
Продукция предприятий общественного питания	0,024	0,022	0,022	0,023	0,021	0,022	0,022	0,019	–20,8
Масложировые продукты	0,009	0,010	0,011	0,011	0,010	0,009	0,006	0,008	–11,1
Соки	0,005	0,006	0,007	0,007	0,005	0,007	0,006	0,007	+40,0

безопасности и в условиях совершенствования систем контроля сохраняет свою актуальность.

Следует отметить, что регистрируемые и представленные в табл. 2 показатели общей частоты нарушений формируются с учетом значительной доли исследований, которые не выявляют нарушений или выявляют их с очень низкой частотой. С одной стороны, это свидетельствует о том, что в основном продукция на рынке страны является безопасной. С другой стороны, многолетняя история проверок позволяет изначально предполагать крайне низкую «выявляемость» нарушений по ряду показателей и прогнозировать нерезультативные исследования.

Например, по данным формы статистической отчетности «Сведения о результатах осуществления федерального государственного надзора территориальными органами Роспотребнадзора в 2020 г.» из 25 тысяч проб пищевой продукции, исследованных в течение года, в целом по стране на наличие стронция-90 ни в одной не было выявлено нарушений гигиенических нормативов по данному показателю. Из 120,9 тысячи проб мышьяка токсичный компонент на уровнях выше нормы был зафиксирован только в 17 пробах (0,014 %) девяти групп продукции (исследовано 90 групп продукции).

Вместе с тем процент проб с нарушениями гигиенических нормативов по микробиологическим показателям в продукции из группы «Птица, яйца и продукты их переработки» составил в среднем по стране 4,45 % при числе исследованных проб 49,5 тысячи; из группы «Рыба и нерыбные продукты» – 5,6 % при количестве исследованных проб 25,18 тысячи, из группы «Пресервы» – 9,7 % при числе исследованных проб 2,28 тысячи и т.п.

Региональные значения доли выявляемых нарушений тоже очень различны. Так, частота нарушения гигиенических нормативов по микробиологическим показателям в продукции из группы «Птица, яйца и продукты их переработки» в 2020 г. в Курской области составила величину 0,18 % (т.е. почти в 25 раз ниже среднероссийского уровня в 4,5 %) из 556 исследований, а в Вологодской области при примерно таком же объеме исследований (564) – 8,69 % (в два раза выше среднероссийского уровня).

Описанная ситуация требует построения «профилей риска продукции»⁹ – такой характеристики продукции, которая представляет собой совокупность сведений об области риска продукции. В табл. 3 приведен пример формирования профиля риска продукции на примере группы «Молоко и молочные продукты» для конкретного региона.

Таблица 3

Пример формирования профиля риска цепочки «фактор опасности продукции» – «вероятный негативный эффект здоровья» – «тяжесть последствий»

Нормируемый показатель	Вероятный ответ со стороны здоровья	Тяжесть нарушения здоровья*	Частота нарушений	Риск, формируемый фактором*	Ранг в профиле риска
<i>Listeria monocytogenes</i>	Кишечные инфекции	0,27	0,02	0,0054	6
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Кишечные инфекции ОКИ кишечные инфекции псевдомонадной этиологии	0,27	0,06	0,016	3
Афлатоксин М1	Поражение печени Иммуносупресс. действие Рак	0,75	0,00	0,00	
Дрожжи и плесени в сумме	Гастрит и дуоденит Кишечные инфекции Панкреатит*	0,498	0,15	0,075	1
Левомецитин (хлорамфеникол)	Аллергическая экзема Анафилактич. реакция* Дисбактериоз	0,235	0,02	0,005	7
Радионуклиды	Рак	0,65	0,00	0,000	
Меламин	Поражение почек	0,36	0,00	0,000	
Бенз(а)пирен	Рак	0,75	0,02	0,015	4
Свинец	Нарушение иммунитета Рак	0,65	0,02	0,013	5
Мышьяк	Поражения нервной системы Рак	0,75	0,01	0,065	2
Кадмий	Поражение почек Поражение эндокр. системы Рак	0,65	0,00	0,00	

Примечание: * – с учетом принципа предосторожности при расчете риска принимали во внимание виды нарушений здоровья с наибольшими показателями тяжести.

⁹ Таможенный кодекс Евразийского экономического союза. Статья 376 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: справочная правовая система. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_215315/95bff3c3e7d43c52b5a973884657f2796374a3fe/ (дата обращения: 14.09.2021).

Таблица 4

Показатели частоты выявляемых нарушений обязательных требований в целом по Российской Федерации

Показатель	Регистрируемая частота нарушения требований, 2013–2020, гг., %	
	95 %-й перцентиль*	средняя
<i>Молоко и молочные продукты (R = 8,01E-01. Категория – чрезвычайно высокий риск)</i>		
Микробиологические показатели	5,97	4,82
Бенз(а)пирен	3,37	1,84
Санитарно-химические показатели	3,33	0,87
Антибиотики	0,99	0,53
Цезий-137	0,58	0,28
Патогенные микроорганизмы	0,12	0,05
Свинец	0,06	0,02
Мышьяк	0,06	0,02
Пестициды	0,02	0,01
Микотоксины	0,01	0,00
Ртуть	0,01	0,00
Кадмий	0,01	0,00
<i>Молоко, молочные продукты, импортируемые (R = 1,21E-01. Категория – чрезвычайно высокий риск)</i>		
Микробиологические показатели	5,81	4,49
Санитарно-химические показатели	3,76	0,87
Антибиотики	1,44	0,49
Патогенные микроорганизмы	0,08	0,02
Кадмий	0,07	0,01
<i>Кондитерские изделия (R = 2,8E-02. Категория – высокий риск)</i>		
Паразитологические показатели	25,00	25,00
Микробиологические показатели	4,99	4,42
Кадмий	0,10	0,05
Патогенные микроорганизмы	0,09	0,04
Санитарно-химические показатели	0,09	0,03
Микотоксины	0,06	0,01
Пестициды	0,04	0,01
Ртуть	0,01	0,00
Свинец	0,01	0,00
<i>Флодо-овощная продукция (R = 1,19E-01. Категория – чрезвычайно высокий риск)</i>		
Микробиологические показатели	4,70	3,14
Нитраты	2,25	1,50
Санитарно-химические показатели	2,00	1,26
Цезий-137	0,76	0,44
Патогенные микроорганизмы	0,61	0,31

Примечание: * – внесены показатели со значением 0,01 %.

На основании профилей риска выделяются приоритетные показатели, для которых определяется на следующем шаге оптимальное число лабораторных исследований, наблюдений. Профили риска одной и той же продукции могут различаться в различных регионах. Вместе с тем есть общие закономерности, на которые можно ориентироваться при отсутствии региональных данных.

В табл. 4 выделены приоритетные показатели для ряда групп продукции. Это показатели, обязательные требования к уровням которых нарушаются наиболее часто и фиксируются в наибольшем числе субъектов Федерации, и которые вносят наибольший вклад в риски.

Из приведенных данных видно, что частоты нарушений, которые в значительной части определяют риски продукции, показателей, крайне неравномерны. Так, при контроле безопасности молока и молочных продуктов из приоритетных факторов

риска наиболее часто фиксируются нарушения по микробиологическим показателям и уровню бенз(а)пирена, в меньшей степени – по уровням антибиотиков и радиационному фактору. Концентрации свинца, мышьяка, пестицидов, патогенных микроорганизмов и т.п. регистрируются на уровне выше допустимых норм менее чем в пяти исследованиях из 1000, микотоксинов, ртути, кадмия – порядка одного случая из 1000 исследований, меди, никеля, хрома, меланина фиксируются еще реже.

Очевидной становится постановка задачи определения оптимальной структуры лабораторных исследований, которая обеспечила бы не только максимально надежное выявление небезопасной продукции, но и решала бы проблему снижения частоты нарушений на следующем цикле контрольно-надзорных мероприятий.

На основе накопленной и формализованной информации о результатах контроля пищевой про-

дукции всех регионов Российской Федерации за десятилетний период установлено и проанализировано 2835 зависимостей между частотами нарушений нормируемых показателей безопасности и количеством выявленных нарушений. Примеры некоторых моделей представлены на рис. 2, параметры более широкого перечня моделей – в табл. 5.

При моделировании зависимостей был применен метод скользящего среднего для очистки исходных данных от случайного разброса.

Из данных рис. 2 видно, что низкая интенсивность исследований почти всегда имеет следствием высокий процент нарушений («переоценка» опасности продукции), однако повышение интенсивности исследований далеко не всегда ведет к повышению доли выявляемых нарушений (выполнение избыточных инструментальных исследований). При этом не требуется одинаковая частота исследований разных показателей продукции, чтобы в результате контроля иметь полные представления о продукции.

На основании построенных зависимостей была решена задача управления (5)–(7), позволяющая определить целевые значения объемов исследований и скорректировать программы исследований видов продукции в ходе контрольно-надзорной деятельности.

В табл. 6 приведен пример расчетов для конкретного региона в отношении некоторых видов продукции.

Из приведенных данных видно, что показатели, формирующие риск, частота нарушений обязатель-

ных требований к которым является наиболее высокой, требуют и значительно большего числа исследований, чем фактически выполняемых. Так, для достижения целевого значения частоты нарушений по микробиологическим показателям в мясе – 1,0 % (при фактически выявляемой доле нестандартных проб 6,15 %) – выполняемых исследований недостаточно. Практически втрое необходимо увеличить интенсивность исследований, что должно привести к удалению с рынка небезопасных по данному фактору товаров и предупреждению их появления на следующем цикле контроля. Требуется повышения интенсивности контроля физико-химических показателей и патогенной микрофлоры.

Цели увеличения частоты – максимальное выявление небезопасной продукции и удаление ее из оборота, а также сигнал хозяйствующим субъектам, что частота контроля такой продукции останется высокой.

При этом следует отметить, что снижение частоты выявляемых нарушений по «рисковым» показателям для продукции из группы «Мясо и мясные продукты» до 1 % будет иметь следствием в целом по стране снижение уровня риска с $2,16E-01$ (чрезвычайно высокий риск) до $3,51E-02$ (высокий риск). То есть категория продукции по потенциальному риску причинения вреда изменится. Если на следующем шаге ставить задачу достижения, например, целевого критерия 0,1 % по приоритетным показателям, то можно добиться, что продукция будет относиться к категории «значительного риска»

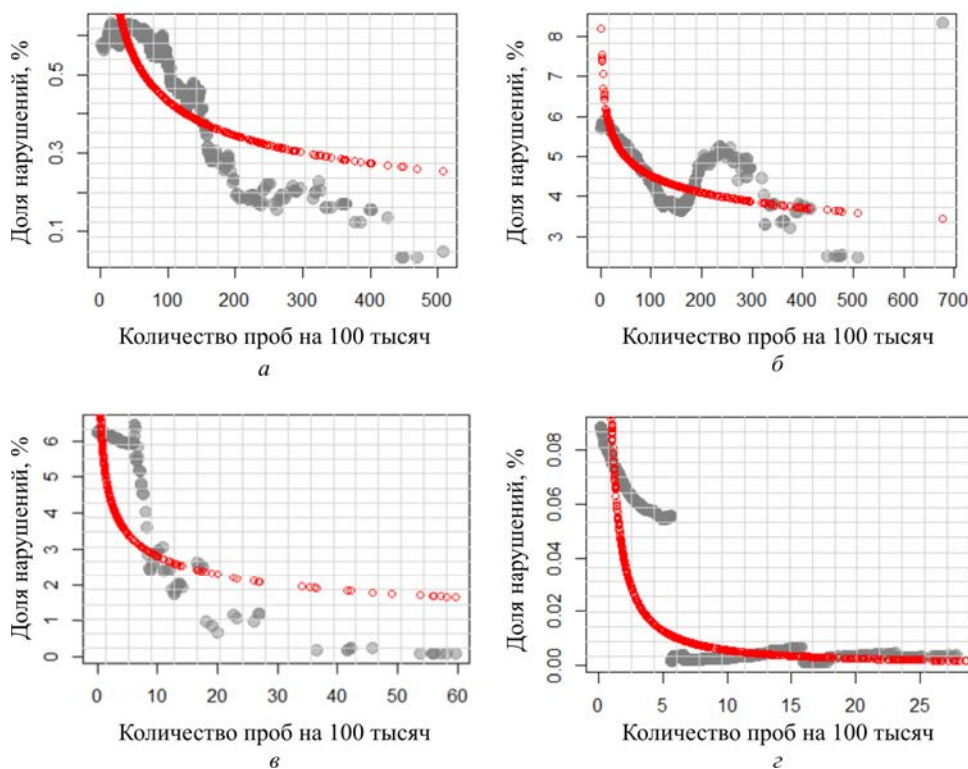


Рис. 2. Примеры моделей зависимостей между частотами нарушений нормируемых показателей продукции и количеством исследований (ед./100 тыс. населения): а – мясо и мясные продукты (патогенные микроорганизмы); б – мясо и мясные продукты (микробиол. показатели); в – плодово-овощная продукция (физико-химические показатели); з – мукомольно-крупяные изделия (кадмий)

Таблица 5

Параметры моделей зависимостей между частотами нарушений показателей безопасности и количеством исследований для некоторых видов продукции

Показатель безопасности	$a1$	$a2$	N	R^2	F	p
<i>Мясо и мясные продукты</i>						
Микробиологические показат.	119,613	-0,108	837	0,372	494,8	1,86E-86
Патогенные микроорганизмы	87,239	-0,120	556	0,588	789,8	1,1E-108
Физико-химические показат.	25,492	-0,153	366	0,443	289,7	3,27E-48
Паразитологические показат.	3,367	-0,126	46	0,181	9,71	0,003218
Антибиотики	6,533	-0,135	90	0,362	49,9	3,62E-10
<i>Молоко и молочные продукты</i>						
Мышьяк	8,431	-0,200	16	0,741	40,08	1,86E-05
Патогенные микроорганизмы	125,609	-0,057	135	0,066	9,43	2,60E-03
Свинец	9,281	-0,108	20	0,201	4,54	4,73E-02
Физико-химические показат.	97,323	-0,287	479	0,755	1467,9	1,1E-147
Антибиотики	9,996	-0,064	167	0,123	23,05	3,51E-06
<i>Кондитерские изделия</i>						
Микробиологические показат.	56,257	-0,077	567	0,204	144,4	8,92E-30
Патогенные микроорганизмы	37,080	-0,134	77	0,344	39,40	2,03E-08
<i>Фруктово-овощная продукция</i>						
Кадмий	9,510	-0,238	42	0,519	43,2	7,49E-08
Микробиологические показат.	17,666	-0,222	381	0,310	170,3	2,07E-32
Пестициды	19,495	-0,077	23	0,375	12,70	0,001897
Физико-химические показат.	8,4550	-0,381	153	0,621	247,8	1,18E-33
Паразитологические показат.	59,901	-0,054	286	0,152	50,8	8,49E-12
Санитарно-химические показат.	77,635	-0,015	474	0,016	7,89	0,005176
<i>Консервы</i>						
Микробиологические показат.	14,347	-0,119	406	0,341	209,0	1,78E-38
Нитраты	0,849	-0,169	26	0,207	6,26	1,95E-02
Физико-химические показат.	7,841	-0,179	346	0,504	349,5	2,58E-54

Таблица 6

Пример результатов расчета объемов исследований показателей безопасности по некоторым видам продукции для модельного региона (численность населения – 2589 тысяч человек) при целевом критерии управления не более 1 % нестандартных проб

Вид продукции / Показатель безопасности	Факт, 2020 г.			Целевые значения			Δп , иссл.
	р	ν _{факт} , иссл./ 100 тыс.	п _{факт}	р*	ν*, иссл./ 100 тыс.	п*	
Мясо и мясные продукты							
Микробиологические показатели	6,15	37,69	976	1,0**	119,61	3097	+2118
				5,26***	102,3	2649	+1978
Физико-химические показатели	4,64	7,49	194	1	25,49	660	+466
				3,1	9,54	441	+247
Патогенные микроорганизмы	3,09	37,52	971	1,0	87,24	2259	+1288
Паразитологические показатели	0	0,66	17	1	3,37	87	+60
Антибиотики	0	2,82	73	1	6,53	169	+96
Молоко и молочные продукты							
Физико-химические показатели	9,2	81,45	2109	1	97,32	2519	+410
				8,9	94,12	2437	+328
Антибиотики	0,87	17,73	459	1	9,99	259	-200
Мышьяк	0	20,89	541	1	8,43	218	-310
Патогенные микроорганизмы	0	95,36	2469	1	105,61	3252	+30
Свинец	0	25,30	655	1	9,28	240	-415

Примечание: ** – рекомендованная (модельная) величина частоты нарушений санитарно-эпидемиологических требований; *** – среднероссийский показатель частоты нарушений санитарно-эпидемиологических требований за 2020 г.

и т.п. В конечном счете, именно такие стратегические задачи должны ставиться перед контрольно-надзорной деятельностью за продукцией в обороте.

В ряде случаев отсутствие выявлений нестандартных проб может являться следствием недостаточных объемов исследований в регионе (в данном случае – паразитологические показатели и наличие антибиотиков в мясе), об этом свидетельствуют общедеревенские зависимости.

Вместе с тем исследования по антибиотикам, мышьяку, свинцу в молоке представляются избыточными – их фактическая частота не имеет следствием снижения выявления и последующее снижение доли проб, не соответствующих гигиеническим нормативам.

Таким образом, оптимизация лабораторного контроля не характеризуется однозначным вектором на увеличение числа исследований, а предполагает структуру лабораторных испытаний, адекватную сложившейся санитарно-эпидемиологической ситуации с продукцией в обороте.

При этом целевые критерии могут задаваться этапно, что позволяет планировать не интенсивное разовое увеличение объемов исследований, а рассматривать пошаговое изменение структуры исследований. Например, в качестве первого критерия управления может быть принят среднероссийский уровень показателя.

Так, принятие для исследуемого региона в качестве критерия управления частоты выявления нестандартных проб по микробиологическим показателям в мясе на уровне 5,26 % в течение года потребует меньшего количества исследований, чем для достижения показателя на уровне 1 % (см. табл. 2, выделенные строки). То же касается числа измерений по физико-химическим показателям в мясе и молоке.

Достижение промежуточного целевого уровня позволит на следующем цикле управления ставить более жесткие цели и задачи.

При этом лимитирующим при определении объемов проб (образцов) продукции для лабораторных исследований является показатель, требующий наибольшего количества исследований (с учетом специфики отбора проб для разных видов испытаний).

Предлагаемые подходы, которые обеспечивают реализацию риск-ориентированной модели контроля пищевой продукции в обороте, носят универсальный и динамический характер.

Категорирование продукции по потенциальному риску причинения вреда, основанное на учете как частоты нарушений требований, так и тяжести последствий, обеспечивает дифференцированный подход к выбору видов (групп) контролируемых товаров. При этом изменение категории продукции возможно при изменении степени ее безопасности, выраженной через долю выявляемых проб, не соответствующих установленным санитарно-эпидемиологическим нормативам (значения тяжести последствий в большинстве случаев являются постоянной величиной). При этом изменение возможно как в сторону повышения категории (в случае увеличения частоты выявляемых

нарушений), так и в сторону ее смягчения (при повышении степени безопасности товаров).

Важным является факт, что подход к категорированию продукции имеет потенциал развития. В условиях интеграции результатов контрольно-надзорной деятельности с учетом типа, вида, производителя, поставщика продукта оценка риска может быть существенно более адресной и конкретной. Из группы однородных товаров могут быть выделены потенциально более «проблемные», подлежащие первоочередному и более пристальному контролю. В данном случае важнейшей задачей является формирование единого информационного пространства контрольно-надзорной деятельности с возможностью аналитической обработки всей совокупности собираемых данных о продукции.

Целесообразным представляется и формирование специфических «профилей риска продукции», которые позволят при формировании лабораторного контроля продукции учитывать не только частоту нарушений показателя, но и тяжесть негативных последствий этого нарушения. Научное обоснование профилей риска дает возможность оценить необходимость и интенсивность контроля таких наиболее опасных показателей, как радиоактивность, присутствие канцерогенных, мутагенных и пр. примесей [29].

Рассматриваемый подход предполагает, что в целом среднероссийские уровни выявляемых нестандартных проб будут снижаться на каждом цикле управления (при существующей системе планирования – ежегодно), то есть безопасность продукции по критериям риска для здоровья на потребительском рынке будет возрастать. Программы инструментальных исследований будут подлежать корректировке и оптимизации в соответствии с вновь получаемыми данными.

При этом предполагается, что если в силу ряда причин при снижении частоты исследований процент нестандартных проб будет возрастать, что неизбежно приведет к росту уровней рисков для потребителя, будет возрастать и частота контроля того показателя, по которому этот рост наблюдается. То есть чем выше процент выявления несоответствий по конкретному измеряемому показателю и риски для здоровья, тем более ориентированной на данное исследование должна быть программа лабораторных исследований.

Вместе с тем, принимая во внимание, что пищевая промышленность развивается, изменяются виды и состав используемого сырья, используемые технологии производства, способы хранения и транспортировки продукции, предлагается порядка 20 % всех проб продукции исследовать на полный перечень нормируемых показателей. При этом частота отбора образцов продукции регламентируется категорией самой продукции (товара). Случайные находки при таком стохастическом подходе могут изменить в целом профиль риска продукции и привести к более системному исследованию показателей, которые до этого не входили в перечень приоритетов.

Следует отметить, что реализация данных подходов возможна в рамках функционирования единой информационно-аналитической системы Роспотребнадзора, в базах данных которой должны аккумули-

роваться все результаты лабораторных исследований и испытаний.

Аналитическая обработка результатов контрольно-надзорных мероприятий годового цикла может и должна являться основой для эффективного планирования содержания и объемов контрольно-надзорных мероприятий.

Выводы. Риск-ориентированный надзор за продукцией в обороте предусмотрен федеральным законодательством и требует научного обоснования и методической поддержки.

Предлагаемая модель позволяет выполнять категорирование продукции по потенциальному риску причинения вреда здоровью потребителя. Риск оценивается как сочетание вероятности несоблюдения обязательных требований безопасности продукции и тяжести последствий этого несоблюдения. Пищевая продукция, относимая к категориям чрезвычайно высокого, высокого, значительного риска, подлежит систематическому контролю соответственно один раз в год, в два или три года. Модель предполагает возможность изменения категории продукции по риску причинения вреда и снижения интенсивности контроля. Напротив, повышение частоты нарушений может иметь следствием ужесточение категории и усиление контроля продукции.

Программы лабораторного контроля продукции предлагается строить по принципу адекватности числа измерений конкретного показателя риску причинения вреда здоровью потребителя. При этом целесообразно использовать математические модели, которые описывают взаимосвязь числа наблюдений с

ожидаемым ответом в виде снижения нестандартных проб на следующем шаге контрольного цикла.

Модель обеспечивает возможность определения количества проб, которое необходимо выполнить для достижения целевого критерия или выполнения прогноза ожидаемого числа нарушений на следующем цикле (в следующем году) при заданном количестве исследований. Целевые критерии при этом устанавливаются с учетом показателей риска и могут определяться и достигаться поэтапно с учетом реальных ресурсных возможностей лабораторных центров в регионах.

Предлагаемые подходы могут быть опробованы и внедрены в практику на базе единой информационно-аналитической системы Роспотребнадзора, накапливающей результаты контрольно-надзорной деятельности, включая данные лабораторных испытаний.

Модель имеет перспективы развития и совершенствования. Основными направлениями развития являются: повышение адресности при выборе продукции для контроля; формирование и систематическая актуализация профилей риска, в том числе с учетом региональных особенностей обращаемых товаров; оптимизация лабораторного сопровождения контроля (надзора) в условиях динамично изменяющегося рынка пищевой продукции страны.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

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

Список литературы

1. Ямашкин Ю.В., Филиппова И.В. Качество и безопасность пищевой продукции в России: проблемы и перспективы // Финансовая экономика. – 2018. – № 5. – С. 1145–1147.
2. Kees J., Burton S., Andrews J.C. Government efforts to aid consumer well-being: Understanding federal health warnings and disclosures / eds. by M.I. Norton, D.D. Rucker, C. Lamberton // The Cambridge Handbook of Consumer Psychology. – Cambridge: Cambridge University Press, 2015. – P. 530–563. DOI: 10.1017/CBO9781107706552.020
3. Assessment of the food control system in the State of Kuwait Food Control / H.F. Alomirah, S.F. Al-Zenki, W.N. Sawaya, F. Jabsheh, A.J. Husain, H.M. Al-Mazeedi, D. Al-Kandari, D. Jukes // Food control. – 2010. – Vol. 21, № 4. – P. 496–504. DOI:10.1016/j.foodcont.2009.07.015
4. Bovay J. Demand for collective food-safety standards // Agricultural Economics. – 2017. – Vol. 48, № 6. – P. 793–803. DOI: 10.1111/agec.12375
5. Ефремова И. Борьба за качество и безопасность продукции: опыт белорусских коллег // Молочная промышленность. – 2019. – № 11. – С. 27.
6. Степанова Л.И. Качество и безопасность продукции – основа доверия потребителей // Переработка молока. – 2018. – № 4 (222). – С. 10–11.
7. Горина Е.А. Качество и безопасность как ключевые требования потребителей к пищевой продукции // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского политехнического университета. Экономические науки. – 2009. – № 5 (85). – С. 243–247.
8. Dubois-Brissoneau F., Guillier L. Les maladies microbiennes d'origine alimentaire [Microbial foodborne diseases] // Cahiers de Nutrition et de Dietetique. – 2020. – Vol. 55, № 1. – P. 30–38. DOI: 10.1016/j.cnd.2019.12.001
9. Осипова Н.И. Молоко и молочные продукты как факторы риска передачи инфекционных заболеваний // Ветеринария. Реферативный журнал. – 2006. – № 3. – С. 625.
10. Allergy-related diseases in childhood and risk for abdominal pain-related functional gastrointestinal disorders at 16 years—a birth cohort study / J. Sjölund, I. Kull, A. Bergström, J. Järås, J.F. Ludvigsson, H. Tömbom, M. Simrén, O. Olén // BMC Med. – 2021. – Vol. 19, № 1. – P. 214. DOI: 10.1186/s12916-021-02069-3
11. Беркетова Л.В., Христинина Е.В. Аллергены в продуктах питания // Бюллетень науки и практики. – 2018. – Т. 4, № 12. – С. 197–207. DOI: 10.5281/zenodo.2256763
12. Барановская М.А., Тутарищева С.М., Цеева С.К. О важности применения HACCP в сфере пищевой продукции // Colloquium-journal. – 2019. – Т. 48, № 24–10. – С. 82–84. DOI: 10.24411/2520-6990-2019-10870
13. Williams M.S., Ebel E.D., Saini G., Nyirabazizi E. Changes in salmonella contamination in meat and poultry since the introduction of the pathogen reduction and hazard analysis and critical control point rule // Journal of Food Protection. – 2020. – Vol. 83, № 10. – P. 1707–1717. DOI: 10.4315/JFP-20-126
14. Rosak-Szyrocka J., Abbasi A.A. Quality management and safety of food in HACCP system aspect // Production Engineering Archives. – 2020. – Vol. 26, № 2. – P. 50–53. DOI: 10.30657/pea.2020.26.11
15. Kho J.S., Jeong J. HACCP-based cooperative model for smart factory in South Korea // Procedia Computer Science. – 2020. – Vol. 175. – P. 778–783. DOI: 10.1016/j.procs.2020.07.116
16. Popova A.Yu. Risk analysis as a strategic sphere in providing food products safety // Health Risk Analysis. – 2018. – № 4. – P. 4–12. DOI: 10.21668/health.risk/2018.4.01.eng
17. Елисеева Л.Г., Махотина И.А., Калачев С.Л. Обеспечение государственного контроля за безопасностью пищевой продукции в России // Национальная безопасность / nota bene. – 2019. – № 2. – С. 1–14. DOI: 10.7256/2454-0668.2019.2.29063
18. Вязников А.В., Карёва Г.Р. Риск-ориентированный подход как эффективная модель контрольно-надзорной деятельности // Управление качеством в промышленности: сборник статей Всероссийской научно-технической конференции. – 2020. – С. 497–500.
19. Зайцева Н.В., Май И.В. Риск-ориентированный надзор как стратегический инструмент повышения уровня безопасности пищевой продукции на потребительском рынке России // Гигиена и санитария. – 2020. – Т. 99, № 12. – С. 1398–1406. DOI: 10.47470/0016-9900-2020-99-12-1398-1406
20. Smith J., Ross K., Whitley H. Australian food safety policy changes from a “command and control” to an “outcomes-based” approach: Reflection on the effectiveness of its implementation // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2016. – Vol. 13, № 12. – P. 1218. DOI: 10.3390/ijerph13121218
21. Усманова Д.Р., Камиров А.И. Риск-ориентированный подход в контрольно-надзорной деятельности органов исполнительной власти // Евразийский юридический журнал. – 2016. – № 6 (97). – С. 69–70.

22. Оценка и классификация пищевой продукции по уровню риска для здоровья, связанного с химической и микробиологической контаминацией / О.Г. Богданова, О.А. Молчанова, И.Ю. Тармаева, Н.В. Ефимова // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 1. – С. 57–67. DOI: 10.21668/health.risk/2021.1.06
23. Результаты оценки риска здоровью населения Омской области от химического загрязнения среды обитания и их использование в планировании контрольно-надзорной деятельности / А.С. Крига, Е.Л. Овчинникова, М.Н. Бойко, Ю.В. Меньшикова, И.И. Винокурова // Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. – Пермь, 2018. – С. 174–180.
24. Койчубеков Б.К., Сорокина М.А., Мхитарян К.Э. Определение размера выборки при планировании научного исследования // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 4. – С. 71–74.
25. Мониторинг и оценка контаминации токсичными элементами пищевых продуктов на территории Республики Татарстан / О.А. Фролова, М.В. Карпова, И.П. Махмутова, Р.А. Мусин // Гигиена и санитария. – 2014. – Т. 93, № 6. – С. 72–75.
26. Козлова А.Б., Стокоз С.В. Оценка уровня содержания нитратов в овощах, поступающих в торговую сеть города Благовещенска // Вестник КрасГАУ. – 2009. – Т. 39, № 12. – С. 95–100.
27. Федоренко Е.В., Лихошва О.Н. Методические подходы к управлению риском здоровью, ассоциированным с вирусной контаминацией пищевой продукции // Здоровье и окружающая среда. – 2019. – № 29. – С. 81–84.
28. Disability Weights Measurement for 289 Causes of Disease Considering Disease Severity in Korea / M. Osk, B. Park, H. Park, I.-H. Oh, S.-J. Yoon, B. Cho, M.-W. Jo // J. Korean Med. Sci. – 2019. – Vol. 34, suppl. 1. – P. e60. DOI: 10.3346/jkms.2019.34.e60
29. Никифорова Н.В., Май И.В. Формирование профилей риска продукции для оптимизации контрольно-надзорных мероприятий на примере строительных и отделочных материалов // Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Пермь, 2019. – С. 36–41.

К проблеме контроля пищевой продукции в обороте в рамках риск-ориентированной модели надзора / Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов, В.М. Чигвинцев, Н.В. Никифорова // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 4. – С. 26–41. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.03

UDC 614.3; 658.562.6

DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.03.eng



Research article

ON ISSUES RELATED TO NATIONAL RISK-BASED SYSTEM FOR CONTROL OVER FOOD PRODUCTS DISTRIBUTED ON THE MARKET

N.V. Zaitseva, I.V. May, D.A. Kiryanov, V.M. Chigvintsev, N.V. Nikiforova

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

This research is vital given great significance of food safety for population and bearing in mind that food products are an independent object of sanitary-epidemiologic control as it is stipulated by the legislation.

We suggest approaches to creating a risk-based model for control over food products distributed on the market. These approaches involve categorizing food products as per potential health risks for consumers; building up risk profiles of food products; optimizing laboratory support provided for control and surveillance activities taking into account food products safety management.

When categorizing food products, risk is assessed as a combination of probable violation of obligatory requirements to safety and severity of consequences these violations might have. Food products that are assigned into extremely high, high and considerable risk categories are subject to systemic control once a year, every two years or every three years accordingly. In case a surveillance object seems “law-abiding”, its category and intensity of control procedures may be changed. Programs for laboratory control over food products are suggested to be based on risk profiles, spotting out priority indicators that make major contributions into risks. Also the approach involves using-mathematical models that describe a relation between a number of observations and an expected answer (as a reduction in quantities of deviating samples at the next stage in the control cycle). This model determines how many samples of priority indicators should be tested in order to achieve a target risk level. It also allows predict an expected number of violations and health risk rates at the next stage in the control cycle given the present number of observations.

© Zaitseva N.V., May I.V., Kiryanov D.A., Chigvintsev V.M., Nikiforova N.V., 2021

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: <https://orcid.org/0000-0003-2356-1145>).

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

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

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>).

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>).

85 regional registers of food products were created and categories were determined as per health risks for all groups of food products under surveillance. It was shown that in some cases it was necessary to increase a number of observations over priority ("risky") indicators in order to detect hazardous products and withdraw them from the market. Certain examinations seem redundant as they don't play any role in making control procedures more efficient.

The suggested approaches are universal and dynamic. Basic trends in the model development may include more targeted selection of products for control; risk profiles creations and systemic actualization; further development of laboratory support for control (surveillance) given that the food products market is changing dynamically in the country.

Key words: food products distributed on the market, risk-oriented control, laboratory control, product safety management.

References

1. Yamashkin Yu.V., Filippova I.V. Kachestvo i bezopasnost' pishchevoi produktsii v Rossii: problemy i perspektivy [Food quality and safety in Russia: problems and prospects]. *Finansovaya ekonomika*, 2018, no. 5, pp. 1145–1147 (in Russian).
2. Kees J., Burton S., Andrews J.C. Government efforts to aid consumer well-being: Understanding federal health warnings and disclosures. In: M.I. Norton, D.D. Rucker, C. Lamberton eds. *The Cambridge handbook of consumer psychology*. Cambridge, Cambridge University Press, 2015, pp. 530–563. DOI: 10.1017/CBO9781107706552.020
3. Alomirah H.F., Al-Zenki S.F., Sawaya W.N., Jabsheh F., Husain A.J., Al-Mazeedi H.M., Al-Kandari D., Jukes D. Assessment of the food control system in the State of Kuwait. *Food control*, 2010, vol. 21, no. 4, pp. 496–504. DOI: 10.1016/j.foodcont.2009.07.015
4. Bovay J. Demand for collective food-safety standards. *Agricultural Economics*, 2017, vol. 48, no. 6, pp. 793–803. DOI: 10.1111/agec.12375
5. Efremova I. Fighting for quality and safety of the products: experience of the Byelorussian colleagues. *Molochnaya promyshlennost'*, 2019, no. 11, pp. 27 (in Russian).
6. Stepanova L.I. Kachestvo i bezopasnost' produktsii – osnova doverya potrebiteli [Product quality and safety is the basis of consumer trust]. *Pererabotka moloka*, 2018, no. 4 (222), pp. 10–11 (in Russian).
7. Gorina E.A. Kachestvo i bezopasnost' kak klyuchevye trebovaniya potrebiteli k pishchevoi produktsii [Quality and safety as main consumer requirements to food products]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskie nauki*, 2009, no. 5 (85), pp. 243–247 (in Russian).
8. Dubois-Brissoneau F., Guillier L. Les maladies microbiennes d'origine alimentaire [Microbial foodborne diseases]. *Cahiers de Nutrition et de Dietetique*, 2020, vol. 55, no. 1, pp. 30–38. DOI: 10.1016/j.cnd.2019.12.001 (in French).
9. Osipova N.I. Moloko i molochnye produkty kak faktory riska peredachi infektsionnykh zabolevaniy [Milk and milk products as risk factors of communicable diseases transmission]. *Veterinariya. Referativnyi zhurnal*, 2006, no. 3, pp. 625 (in Russian).
10. Sjölund J., Kull I., Bergström A., Järås J., Ludvigsson J.F., Tömbom H., Simrén M., Olén O. Allergy-related diseases in childhood and risk for abdominal pain-related functional gastrointestinal disorders at 16 years—a birth cohort study. *BMC Med.*, 2021, vol. 19, no. 1, pp. 214. DOI: 10.1186/s12916-021-02069-3
11. Berketova L., Khristina E. Allergens in food products. *Bulletin of Science and Practice*, 2018, vol. 4, no. 12, pp. 197–207 (in Russian).
12. Baranovskaya M., Tutarishcheva S., Tseeva S. On the importance of the application of HACCP in the sphere of food products. *Colloquium-journal*, 2019, no. 24–10 (48), pp. 82–84. DOI: 10.24411/2520-6990-2019-10870 (in Russian).
13. Williams M.S., Ebel E.D., Saini G., Nyirabazizi E. Changes in salmonella contamination in meat and poultry since the introduction of the pathogen reduction and hazard analysis and critical control point rule. *J. Food Prot.*, 2020, vol. 83, no. 10, pp. 1707–1717. DOI: 10.4315/JFP-20-126
14. Rosak-Szyrocka J., Abbasi A.A. Quality management and safety of food in HACCP system aspect. *Production Engineering Archives*, 2020, vol. 26, no. 2, pp. 50–53. DOI: 10.30657/pea.2020.26.11
15. Kho J.S., Jeong J. HACCP-based cooperative model for smart factory in South Korea. *Procedia Computer Science*, 2020, vol. 175, pp. 778–783. DOI: 10.1016/j.procs.2020.07.116
16. Popova A.Yu. Risk analysis as a strategic sphere in providing food products safety. *Health Risk Analysis*, 2018, no. 4, pp. 4–12. DOI: 10.21668/health.risk/2018.4.01.eng
17. Eliseeva L.G., Makhotina I.A., Kalachev S.L. Ensuring government control over food safety in Russia. *Natsional'naya bezopasnost' / nota bene*, 2019, no. 2, pp. 1–14. DOI: 10.7256/2454-0668.2019.2.29063 (in Russian).
18. Vyaznikov A.V., Tsareva G.R. Risk-based approach as effective model of control and supervision activities. *Upravlenie kachestvom v obrazovanii i promyshlennosti: sbornik statei Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii*, 2020, pp. 497–500 (in Russian).
19. Zaitseva N.V., May I.V. Risk-Based surveillance as a strategic tool to improve food safety in the Russian consumer market. *Gigiena i sanitariya*, 2020, vol. 99, no. 12, pp. 1398–1406. DOI: 10.4770/0016-9900-2020-99-12-1398-1406 (in Russian).
20. Smith J., Ross K., Whaley H. Australian food safety policy changes from a "command and control" to an "outcomes-based" approach: Reflection on the effectiveness of its implementation. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2016, vol. 13, no. 12, pp. 1218. DOI: 10.3390/ijerph13121218
21. Usmanova D.R., Kazamirov A.I. The risk-oriented approach in control and oversight activities. *Evrasiiskii yuridicheskii zhurnal*, 2016, no. 6 (97), pp. 69–70 (in Russian).
22. Bogdanova O.G., Molchanova O.A., Tarmaeva I.Yu., Efimova N.V. Assessment and classification of food products as per health risks caused by chemical and microbiological contamination. *Health Risk Analysis*, 2021, no. 1, pp. 57–67. DOI: 10.21668/health.risk/2021.1.06.eng
23. Kriga A.S., Ovchinnikova E.L., Boiko M.N., Men'shikova Yu.V., Vinokurova I.I. Rezul'taty otsenki riska zdorov'yu naseleniya Omskoi oblasti ot khimicheskogo zagryazneniya sredi obitaniya i ikh ispol'zovanie v planirovaniy kontrol'no-nadzornoi deyatel'nosti [The results of assessing the population health risks in Omsk region caused by chemical pollution of the environment and using them in planning control and surveillance activities]. *Aktual'nye voprosy analiza riska pri obespechenii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya i zashchity prav potrebiteli: Materialy VIII Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. In: A.Yu. Popova, N.V. Zaitseva eds. Perm, 2018, pp. 174–180 (in Russian).
24. Koichubekov B.K., Sorokina M.A., Mkhitarian X.E. Sample size determination in planning of scientific research. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2014, no. 4, pp. 71–74 (in Russian).
25. Frolova O.A., Karpova M.V., Makhmutova I.P., Musin R.A. Monitoring and assessment contamination of toxic elements food in Tatarstan. *Gigiena i sanitariya*, 2014, vol. 93, no. 6, pp. 72–75 (in Russian).
26. Kozlova A.B., Stokoz S.V. Estimation of the nitrate availability level in vegetables coming to the Blagoveschensk town market. *Vestnik KrasGAU*, 2009, no. 12, pp. 95–100 (in Russian).
27. Fedorenko E.V., Likhacheva V.N. Methodological approaches to health risk management associated with viral contamination of food products. *Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda*, 2019, no. 29, pp. 81–84 (in Russian).
28. Osk M., Park B., Park H., Oh I.-H., Yoon S.-J., Cho B., Jo M.-W. Disability Weights Measurement for 289 Causes of Disease Considering Disease Severity in Korea. *J. Korean Med. Sci.*, 2019, vol. 34, suppl. 1, pp. e60. DOI: 10.3346/jkms.2019.34.e60
29. Nikiforova N.V., May I.V. Formirovaniye profilei riska produktsii dlya optimizatsii kontrol'no-nadzornykh meropriyatiy na primere stroitel'nykh i otlochnykh materialov [Creation of product risk profiles to optimize control and surveillance activities using the example of construction and finishing materials]. *Aktual'nye voprosy analiza riska pri obespechenii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya i zashchity prav potrebiteli: Materialy IX Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. Perm, 2019, pp. 36–41 (in Russian).

Zaitseva N.V., May I.V., Kiryanov D.A., Chigvintsev V.M., Nikiforova N.V. On issues related to national risk-based system for control over food products distributed on the market. *Health Risk Analysis*, 2021, no. 4, pp. 26–41. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.03.eng

Получена: 22.10.2021

Принята: 23.12.2021

Опубликована: 30.12.2021



Научная статья

РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ИНГАЛЯЦИОННОМ ПОСТУПЛЕНИИ БЕНЗОЛА И СРЕДНЕГОДОВОЙ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ БЕНЗОЛА ПО КРИТЕРИЯМ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

П.З. Шур¹, Н.В. Зайцева¹, А.А. Хасанова¹, К.В. Четверкина^{1,2}, В.М. Ухабов²

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

²Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера, Россия, 614000, г. Пермь, ул. Петропавловская, 26

В связи с появлением большого количества современных токсикологических и эпидемиологических данных о негативном влиянии химических веществ необходимо совершенствование количественных критериев, используемых для оценки рисков здоровью населения. Целесообразно обновление установленных ранее референтных концентраций, а также уточнение органов и систем, на которые оказывает влияние химическое вещество в концентрациях, равных референтной или превышающих её значение. Целью данной работы было установление референтной концентрации бензола и дополнительных количественных критериев его воздействия (дополнительных референтных концентраций) на отдельные органы и системы в условиях хронического ингаляционного поступления, а также среднегодовой предельно допустимой концентрации, верифицированной по критерию допустимого уровня канцерогенного риска в течение всей жизни человека и с помощью эволюционных моделей. По результатам проведенного исследования в качестве референтной концентрации при хроническом ингаляционном поступлении бензола рекомендовано использовать величину $0,005 \text{ мг/м}^3$, а в качестве критического эффекта – снижение количества В-лимфоцитов, которое может обуславливать негативные эффекты со стороны системы крови и иммунной системы. В качестве дополнительных референтных концентраций бензола установлены величины $0,007 \text{ мг/м}^3$, критический орган – печень, и $0,012 \text{ мг/м}^3$, критический эффект – влияние на развивающийся организм. Они могут быть использованы как дополнительные параметры для оценки неканцерогенного риска для здоровья населения при хроническом ингаляционном поступлении бензола в условиях повышенной экспозиции. Полученные результаты были использованы при обосновании среднегодовой предельно допустимой концентрации бензола в атмосферном воздухе, в качестве которой была предложена величина $0,005 \text{ мг/м}^3$, обеспечивающая безопасность (отсутствие недопустимого (неприемлемого) риска для жизни и здоровья человека в течение всей жизни) с учетом вероятного канцерогенного воздействия.

Ключевые слова: референтная концентрация, дополнительные референтные концентрации, среднегодовая ПДК, бензол, риск здоровью, параметры для оценки риска.

Методология оценки риска здоровью населения от воздействия химических веществ, загрязняющих окружающую среду, является актуальным и эффективным инструментом, позволяющим дать оценку вероятности возникновения ущерба для здо-

ровья в зависимости от уровня вредного воздействия вещества [1–3]. основополагающим документом при проведении процедуры оценки риска является Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических

© Шур П.З., Зайцева Н.В., Хасанова А.А., Четверкина К.В., Ухабов В.М., 2021

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>).

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>).

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

Четверкина Кристина Владимировна – старший научный сотрудник, заведующий лабораторией методов анализа внешнесредовых рисков; преподаватель (e-mail: chetverkina@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1548-228X>).

Ухабов Виктор Максимович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой общей гигиены и экологии человека (e-mail: arbuzovatp@mail.ru; тел.: 8 (342) 235-11-35; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6316-7850>).

веществ, загрязняющих окружающую среду»¹. В соответствии с ним при проведении оценки риска, связанного с хроническим поступлением вредных веществ из атмосферного воздуха, установленные концентрации сравниваются с референтными концентрациями (*RfC*). Они представляют собой суточное воздействие химического вещества в течение всей жизни, которое устанавливается с учетом всех имеющихся современных научных данных и, вероятно, не приводит к возникновению неприемлемого риска для здоровья чувствительных групп населения¹.

В соответствии с Р 2.1.10.1920-04 *RfC* представлены для широкого спектра химических веществ. При этом для каждого вещества также определены критические органы и системы, то есть те, на которые данное химическое вещество оказывает влияние в первую очередь. Для некоторых веществ представлен достаточно широкий перечень критических органов и систем при хроническом ингаляционном поступлении. Например, 1,3-бутадиен (критические органы и системы: репродуктивная система, органы дыхания, сердечно-сосудистая система, кровь, канцерогенное действие), ацетон (критические органы и системы: печень, почки, кровь, ЦНС), бензол (критические органы и системы: развитие, кровь, красный костный мозг, ЦНС, иммунная, сердечно-сосудистая, репродуктивная системы), диоксины (критические органы и системы: системное действие, развитие, печень, репродуктивная система, гормональная система, органы дыхания, кровь) и другие. С одной стороны, по результатам предварительно проведенного анализа данных литературы о механизмах действия различных химических веществ в большинстве случаев изначально вредные эффекты возникают в одном из органов / систем органов при определенном уровне, на основе этих данных и устанавливается референтная концентрация, при превышении которой в патологический процесс вовлекаются и другие органы и системы. В связи с этим необходимо уточнение уровней экспозиции, при которых возникают вредные эффекты в рамках указанных критических органов и систем органов, так как применение ранее используемого подхода при оценке риска комбинированного действия при помощи коэффициентов и индексов опасности приводит к переоценке формируемых уровней риска. Целесообразно также уточнение критических эффектов в соответствии с механизмом действия химических веществ в рамках выделенных критических органов и систем органов.

С другой стороны, в соответствии с результатами ряда современных научных исследований, статистически достоверные эффекты влияния некоторых веществ наблюдаются при более низких уровнях, чем установленные *RfC*, в том числе на органы и системы, не указанные в качестве критических, что может приводить к недооценке формируемых уровней риска по существующей методологии. Это обусловлено появлением новых современных данных токсикологических и эпидемиологических исследований о воздействии химических веществ. В связи с этим целесообразно провести пересмотр установленных ранее *RfC* в соответствии с так называемым принципом обновления установленных значений после появления новых данных, которые могут быть использованы в процессе их разработки и обоснования, закрепленного в рамках Р 2.1.10.1920-04 и в ряде зарубежных документов по разработке референтных уровней [4–5].

Таким образом, необходимо уточнение количественных критериев (референтных концентраций), используемых для оценки неканцерогенного риска здоровью населения, связанного с загрязнением объектов окружающей среды химическими веществами. Полученные результаты могут быть использованы при обосновании среднегодовых предельно допустимых концентраций (ПДК_{ср}) химических веществ в атмосферном воздухе с учетом канцерогенного действия.

Апробацию данных положений целесообразно провести на примере бензола, так как для данного вещества в Р 2.1.10.1920-04 указан один из наиболее широких перечней критических органов и систем при хроническом ингаляционном поступлении, оно обладает доказанным канцерогенным действием, а также для него имеется ряд обновленных релевантных токсикологических и эпидемиологических исследований [6–10]. Кроме того, бензол является одним из приоритетных химических веществ в соответствии со списками приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха Air Quality Standards of European Commission и ATSDR's Substance Priority List, а также входит в список загрязнителей в соответствии с письмом «О списке приоритетных веществ, содержащихся в окружающей среде, и их влиянии на здоровье населения» № 11/109-111 от 07.08.1997² [11–13]. В соответствии с Государственным докладом «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году» он входит в состав приоритетных факторов среды обитания, формирующих медико-демографические потери³.

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.; Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития: монография / Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцева, И.В. Май [и др.]; под общ. ред. Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцевой. – М.; Пермь: Изд-во Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2014. – 738 с.

² О списке приоритетных веществ, содержащихся в окружающей среде, и их влиянии на здоровье населения [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=838 (дата обращения: 15.11.2021).

³ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. – 256 с.

Цель работы – обосновать референтную концентрацию бензола и дополнительные количественные критерии его воздействия на отдельные органы и системы в условиях хронического ингаляционного поступления (дополнительные референтные концентрации), а также среднегодовую ПДК бензола.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Установить уровни экспозиции, которые могут быть использованы в качестве исходных для обоснования RfC и дополнительных RfC бензола.

2. Обосновать RfC бензола при хроническом ингаляционном поступлении и соответствующие критические органы и системы.

3. Обосновать дополнительные количественные критерии (дополнительные референтные концентрации), на уровне которых бензол будет оказывать воздействие на органы и системы, отличные от тех, которые были определены в качестве критических для RfC .

4. Обосновать ПДК_{сг} бензола и провести ее верификацию по критериям канцерогенного риска и с применением эволюционных моделей.

Материалы и методы. В качестве уровней экспозиции, которые могут быть использованы в качестве исходных для обоснования RfC и дополнительных RfC , устанавливались значения величин NOAEL (недействующий уровень), LOAEL (пороговый уровень), BMC (реперная концентрация) и BMCL (нижний доверительный предел реперной концентрации) влияния бензола на различные органы и системы [14–15]. Для этого был выполнен аналитический обзор отечественных и зарубежных исследований о влиянии бензола на различные органы и системы в базах данных Scopus, ResearchGate, Web of Science, CyberLeninka, NCBI PubMed, eLibrary, Google Scholar, Elsevier, соответствующих критериям релевантности. Полученные на этапе анализа результаты были объединены в итоговые таблицы влияния бензола на отдельные органы и системы. Они включали в себя данные о типе исследования (токсикологическое / эпидемиологическое), объекте исследования, характеристике выборки, экспозиции (продолжительность, интенсивность), описании дизайна исследования / условий проведения эксперимента, данные об эффекте / ответе, используемых методах сбора и обработки информации, моделях зависимости «экспозиция – ответ», недействующих / минимальных действующих уровнях, ограничениях исследования, источнике информации. Далее был проведен углубленный анализ с

целью оценки достаточности данных для установления статистически достоверных минимальных уровней экспозиции, вызывающих развитие тех или иных вредных эффектов в рамках выделенных органов и систем, и последующей разработки на их основе количественных критериев воздействия бензола. Полностью обработано более 150 публикаций и отчетов.

Установление RfC и дополнительных RfC бензола проводилось в соответствии с подходами, применяемыми Агентством по охране окружающей среды США (US EPA) [4–5, 16]. Для их расчета была использована формула (1):

$$RfC = POD / \prod MF, \quad (1)$$

где RfC – референтная концентрация бензола в атмосферном воздухе, мг/м³; POD – величина отправной точки (концентрация), мг/м³; MF – величина суммарного фактора неопределенности.

Установление факторов неопределенности при обосновании референтных концентраций, обоснование ПДК_{сг} бензола и ее верификация проводились в соответствии с принципами, изложенными в рамках научно-исследовательской работы «Разработка методических подходов к обоснованию ПДК химических веществ в атмосферном воздухе по критериям риска здоровью населения», номер государственного учета НИОКТР АААА-А19-119060390099-5⁴.

Для верификации ПДК_{сг} бензола в атмосферном воздухе по критерию канцерогенного риска была использована формула (2), позволяющая рассчитать концентрацию вещества в воздухе, которая обеспечивает приемлемый уровень канцерогенного риска:

$$ПДК_{сг}^{канц} = \frac{(CR)}{(UR)}, \quad (2)$$

где CR – приемлемый уровень канцерогенного риска (1·10⁻⁴); UR – единичный риск, м/мг³ (рассчитывается в соответствии с Р 2.1.10.1920-04⁵).

Верификация величины ПДК_{сг} бензола, соответствующей допустимому уровню риска в течение жизни человека, проводилась на основе принципов, представленных в методических рекомендациях МР 2.1.10.0062-12 «Количественная оценка неканцерогенного риска при воздействии химических веществ на основе построения эволюционных моделей»⁶ отделом математического моделирования по данным углубленных исследований ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения».

⁴ Зайцева Н.В., Шур П.З. Разработка методических подходов к обоснованию ПДК химических веществ в атмосферном воздухе по критериям риска здоровью населения: отчет о науч.-исслед. работе // ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». – Пермь, 2019. – 145 с.

⁵ 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.

⁶ МР 2.1.10.0062-12. Количественная оценка неканцерогенного риска при воздействии химических веществ на основе построения эволюционных моделей: методические рекомендации. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. – 36 с.

Результаты и их обсуждение. По данным анализа ряда релевантных источников установлено, что бензол при разных уровнях экспозиции оказывает влияние на ряд органов и систем организма, в том числе на систему крови, иммунную систему, нервную систему, сердечно-сосудистую систему, органы дыхания, печень, репродуктивную систему, кожу и глаза, а также воздействует на развивающийся организм, обладает генотоксичностью и выраженным канцерогенным действием [6–10, 16, 17].

В соответствии с результатами углубленного анализа достаточное количество релевантных данных для определения уровней экспозиции, которые могут быть использованы в качестве исходных для обоснования *RfC* и дополнительных *RfC* бензола, установлено для системы крови, печени и влияния на развивающийся организм. Немногочисленные исследования, в которых оценивалось потенциальное влияние бензола при хроническом ингаляционном поступлении на другие органы и системы, не могли быть использованы в связи с множеством ограничений, таких как отсутствие качественных и / или количественных характеристик уровней экспозиции и эффектов, недостаточно проработанный дизайн исследования, одновременное воздействие в исследовании бензола и ряда других веществ и др. [7–10, 16, 17].

Для системы крови были отобраны исследования, в которых установлены статистически достоверные эффекты влияния бензола при хроническом ингаляционном поступлении на более низких уровнях по отношению ко всем проанализированным на данный момент времени работам. В список исследований вошли результаты работ Schnatter et al., [18], Rothman

et al. [19] и Lan et al. [20]. По результатам дополнительно проведенного поиска было установлено, что на их основе организациями US EPA и ОЕННА были рассчитаны уровни BMCL [16, 17]. Они были использованы в качестве отправных точек для расчета вариантов референтных уровней и установления соответствующих факторов неопределенности (табл. 1).

По результатам проведенных исследований рассчитаны три варианта *RfC*, характеризующих экспозицию, при которой возможно возникновение вредных эффектов со стороны системы крови при хроническом ингаляционном поступлении бензола, составивших 0,005; 0,07 и 0,09 мг/м³. В качестве референтного уровня была выбрана минимальная концентрация, составляющая 0,005 мг/м³, а в качестве критического эффекта – снижение количества В-лимфоцитов. В связи с тем что данный эффект характеризует как нарушения со стороны системы крови, так и со стороны иммунной системы, в качестве критических органов и систем для данной *RfC* были выбраны система крови и иммунная система.

По влиянию бензола на печень также были отобраны исследования, в которых установлены статистически достоверные эффекты его влияния на более низких уровнях по отношению ко всем проанализированным на данный момент времени работам. В итоговый список вошли результаты работ Perez et al. [21, 22] и Uzma et al. [23]. На их основе были установлены пороговые уровни бензола, вызывающие развитие тех или иных эффектов, которые были использованы в качестве отправных точек для расчета вариантов референтных уровней, и соответствующие факторы неопределенности (табл. 2).

Таблица 1

Результаты расчетов *RfC* бензола при хроническом ингаляционном поступлении на базе ключевых исследований влияния данного химического вещества на систему крови

Параметр	Исследование (год)		
	Rothman et al. (1996)	Lan et al. (2004)	Schnatter et al. (2010)
Объект исследования, человек	44	250	928
Экспозиция, лет	Профессиональная экспозиция, в среднем 6,3	Профессиональная экспозиция, в среднем 6,1	Профессиональная экспозиция, в среднем 6,5
Критический эффект	Снижение абсолютного количества лимфоцитов	Снижение количества В-лимфоцитов	Снижение количества нейтрофилов и уменьшение объема тромбоцитов
Пороговая концентрация, ppm (мг/м ³)	LOAEL = 7,6 (24,8)	LOAEL = 0,57 (1,86)	LOAEL = 7,8 (25)
Пересчет в BMCL (Источник)	BMCL = 8,2 мг/м ³ (US EPA, 2003) [16]	BMCL = 0,204 ppm (0,665 мг/м ³) (ОЕННА, 2014) [18]	BMCL = 3,3 ppm (10,8 мг/м ³) (ОЕННА, 2014) [18]
Отправная точка (POD), мг/м ³	BMCL = 8,2	BMCL = 0,665	BMCL = 10,8
Суммарный фактор неопределенности (<i>MF</i>)	<i>MF</i> = 120 10 – фактор внутривидовой экстраполяции; 2 – фактор, учитывающий экстраполяцию с управляемого режима на реальные условия; 6 – фактор, учитывающий объем исходной базы данных	<i>MF</i> = 120 10 – фактор внутривидовой экстраполяции; 2 – фактор, учитывающий экстраполяцию с управляемого режима на реальные условия; 6 – фактор, учитывающий объем исходной базы данных	<i>MF</i> = 120 10 – фактор внутривидовой экстраполяции; 2 – фактор, учитывающий экстраполяцию с управляемого режима на реальные условия; 6 – фактор, учитывающий объем исходной базы данных
Рассчитанные уровни <i>RfC</i>	0,07 мг/м ³	0,005 мг/м ³	0,09 мг/м ³
Выбранный уровень <i>RfC</i>	0,005 мг/м ³		

Таблица 2

Результаты расчетов дополнительной RfC бензола при хроническом ингаляционном поступлении на базе ключевых исследований влияния данного химического вещества на печень

Параметр	Исследование (год)	
	Perez et al. (2006)	Uzma et al. (2008)
Объект исследования	Человек	Клетки печени
Экспозиция	Профессиональная, 9 месяцев	Экспериментальная (клетки печени культивировались в течение 8 ч с различными концентрациями бензола)
Критический эффект	Гипертрансаминаземия	Снижение жизнеспособности гепатоцитов на 30 %
Пороговая концентрация	Концентрация бензола в воздухе 4,7 мг/м ³	1 ppm (3,26 мг/м ³)
Отправная точка (POD), мг/м ³	4,7	3,26
Суммарный фактор неопределённости (MF)	$MF = 300$ 10 – фактор внутривидовой экстраполяции; 5 – фактор, учитывающий отправной пункт; 6 – фактор, учитывающий объем исходной базы данных	$MF = 480$ 10 – фактор межвидовой экстраполяции; 6 – фактор, учитывающий объем исходной базы данных; 8 – фактор, учитывающий экстраполяцию результатов исследований при кратковременном воздействии на сценарии хронического поступления
Рассчитанные уровни дополнительных RfC	0,016 мг/м ³	0,007 мг/м ³
Выбранный уровень дополнительной RfC	Дополнительная $RfC_{\text{печень}} = 0,007 \text{ мг/м}^3$	

Таблица 3

Результаты расчетов дополнительной RfC бензола при хроническом ингаляционном поступлении на базе ключевых исследований влияния данного химического вещества на развивающийся организм

Параметр	Исследование (год)	
	Chen et al. (2000)	Lupo et al. (2011)
Объект исследования	Беременные женщины	Беременные женщины
Экспозиция, мес.	Хроническая, 9	Хроническая, 9
Критический эффект	Снижение массы тела при рождении	Расщепление позвоночника (неполное формирование позвоночника)
Пороговая концентрация, мг/м ³	Средняя воздействующая концентрация 0,36	Воздействующие концентрации от 0,45
Отправная точка (POD), мг/м ³	0,36	0,45
Суммарный фактор неопределённости (MF)	$MF = 30$ 10 – фактор, учитывающий отправной пункт; 3 – фактор, учитывающий объем исходной базы данных	$MF = 30$ 10 – фактор, учитывающий отправной пункт; 3 – фактор, учитывающий объем исходной базы данных
Рассчитанные уровни дополнительных RfC	0,012 мг/м ³	0,015 мг/м ³
Выбранный уровень дополнительной RfC	Дополнительная $RfC_{\text{развитие}} = 0,012 \text{ мг/м}^3$	

По результатам проведенных исследований были рассчитаны два уровня дополнительных RfC , характеризующих экспозицию, при которой возможно возникновение вредных эффектов со стороны печени при хроническом ингаляционном поступлении бензола, составивших 0,007 и 0,016 мг/м³. В качестве дополнительной референтной концентрации была выбрана минимальная из установленных величин, составляющая 0,007 мг/м³. В отношении влияния на печень данная величина может быть использована в качестве одного из дополнительных количественных критериев воздействия бензола при проведении оценки риска в условиях повышенной экспозиции.

В соответствии с результатами анализа ранее проведенных исследований влияния хронического ингаляционного поступления бензола на развиваю-

щийся организм были выбраны два ключевых исследования: Chen et al. [24] и Lupo et al. [25]. На базе их результатов установлены минимальные уровни экспозиции, вызывающие развитие вредных эффектов, которые были использованы в качестве отправных точек для обоснования референтных уровней (табл. 3).

По результатам проведенных исследований рассчитаны два уровня дополнительных RfC , при которых в условиях хронического ингаляционного поступления бензола будет оказываться вероятное негативное влияние на развивающийся организм, составившие 0,012 и 0,015 мг/м³. В качестве дополнительной референтной концентрации, характеризующей экспозицию, при которой возможно возникновение вредных эффектов со стороны влияния на развивающийся организм, была выбрана минималь-

ная из установленных величин, составляющая $0,007 \text{ мг/м}^3$. В отношении влияния на развивающийся организм данная величина может быть использована в качестве одного из дополнительных количественных критериев воздействия бензола при проведении оценки риска в условиях повышенной экспозиции.

На базе полученных результатов по обоснованию RfC бензола при хроническом ингаляционном поступлении для данного вещества была предложена величина $ПДК_{сг} = 0,005 \text{ мг/м}^3$.

В связи с тем что бензол является доказанным канцерогеном [6], рассчитанное ранее значение было верифицировано по критерию канцерогенного риска:

$$ПДК_{сг}^{канц} = (1 \cdot 10^{-4}) / (0,027 \cdot 1/70 \cdot 20) = 0,1 \text{ мг/м}^3.$$

Полученный результат свидетельствует о том, что предлагаемая величина обеспечивает безопасность по критерию канцерогенного риска.

С помощью эволюционных моделей установлено, что при экспозиции бензола на уровне $0,005 \text{ мг/м}^3$ дополнительный риск к 70 годам не превышает риска, равного $2 \cdot 10^{-5}$, что говорит о безопасности ингаляционного поступления бензола в данной концентрации в течение всей жизни.

Таким образом, в связи с тем, что предлагаемая величина обеспечивает безопасность (отсутствие недопустимого (неприемлемого) риска) для жизни и здоровья человека в течение всей жизни с учетом вероятного канцерогенного воздействия, она может

быть использована в качестве среднегодовой ПДК бензола в атмосферном воздухе.

Выводы. Установлено, что в качестве референтной концентрации при хроническом ингаляционном поступлении бензола целесообразно использовать величину $0,005 \text{ мг/м}^3$, а в качестве критического эффекта – снижение количества В-лимфоцитов, которое может обуславливать негативные эффекты с стороны системы крови и иммунной системы. В качестве дополнительных количественных критериев (дополнительных референтных концентраций) бензола установлены величины $0,007 \text{ мг/м}^3$, критический орган – печень, и $0,012 \text{ мг/м}^3$, критический эффект – влияние на развивающийся организм. Они могут быть использованы как дополнительные параметры для оценки неканцерогенного риска для здоровья населения при хроническом ингаляционном поступлении бензола в условиях повышенной экспозиции.

В качестве среднегодовой ПДК бензола предлагается величина $0,005 \text{ мг/м}^3$, по результатам проведенной верификации обеспечивающая безопасность (отсутствие недопустимого (неприемлемого) риска) для жизни и здоровья человека в течение всей жизни с учетом вероятного канцерогенного воздействия.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Перспективные направления развития методологии анализа риска в России / С.Л. Авалиани, Л.Е. Безпалько, Т.Е. Бобкова, А.Л. Мишина // Гигиена и санитария. – 2013. – Т. 92, № 1. – С. 33–35.
2. Рахманин Ю.А. Актуализация методологических проблем регламентирования химического загрязнения окружающей среды // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 8. – С. 701–707. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-8-701-707
3. Методы и технологии анализа риска здоровью в системе государственного управления при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения / Н.В. Зайцева, А.Ю. Попова, И.В. Май, П.З. Шур // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94, № 2. – С. 93–98.
4. U.S. EPA. A Review of the Reference Dose and Reference Concentration Processes: Final report. EPA/630/P-02/002F // U.S. Environmental Protection Agency, Risk Assessment Forum. – USA, Washington, DC, 2002. – 192 p.
5. U.S. EPA. Methods for Derivation of Inhalation Reference Concentrations and Application of Inhalation Dosimetry: EPA/600/8-90/066F // U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park. – USA, North Carolina, 1994. – 289 p.
6. WHO. Benzene // IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. – Lyon, France, 2018. – Vol. 120. – 301 p.
7. Toxicological profile for Benzene // U.S. Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. – Atlanta, 2007. – 438 p.
8. Addendum to the toxicological profile for benzene // U.S. Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. – Atlanta, 2015. – 59 p.
9. Haney J.T.Jr. Benzene: development support document [Электронный ресурс] // Texas commission on environmental quality (TCEQ). – 2015. – 65 p. – URL: <https://www.tceq.texas.gov/assets/public/implementation/tox/dsd/final/benzene.pdf> (дата обращения: 28.09.2021).
10. Benzene [Электронный ресурс] // Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS), the National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). – URL: <https://www.cdc.gov/niosh-rtecs/CY155CC0.html> (дата обращения: 21.09.2021).
11. ATSDR's Substance Priority List [Электронный ресурс] // Agency for Toxic Substances and Disease Registry. – URL: <https://www.atsdr.cdc.gov/spl/> (дата обращения: 23.09.2021).
12. Air Quality Standards [Электронный ресурс] // European Commission. – URL: <https://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm> (дата обращения: 28.09.2021).
13. Хасанова А.А. Выбор отправного уровня экспозиции для разработки среднегодовой ПДК бензола в атмосферном воздухе в целях анализа химических рисков для здоровья населения // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения: материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием / под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2021. – С. 25–30.
14. Хасанова А.А. Обоснование нормативов содержания химических веществ в атмосферном воздухе при хроническом поступлении с использованием гармонизированных методических подходов // Анализ риска здоровью – 2021: внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты: материалы XI Всероссийской научно-практической конференции ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» с международным участием совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2021. – Пермь, 2021. – С. 30–38.
15. U.S. EPA. Guidelines for Human Exposure Assessment: EPA/100/B-19/001 // U.S. Environmental Protection Agency, Risk Assessment Forum. – USA, Washington, DC, 2019. – 223 p.
16. U.S. EPA. Toxicological Review of Benzene (Noncancer Effects): EPA/635/R-02/001F // U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment. – USA, Washington, DC, 2003. – 180 p.
17. Benzene Reference Exposure Levels. Technical Support Document for the Derivation of Noncancer Reference Exposure Levels. Appendix D1 // Office of Environmental Health Hazard Assessment, California Environmental Protection Agency. – 2014. – 77 p.
18. Peripheral blood effects in benzene-exposed workers / A.R. Schnatter, P.J. Kerzie, Y. Zhou, M. Chen, M.J. Nicolich, K. Lavelle, T.W. Armstrong, M.G. Bird [et al.] // Chem. Biol. Interact. – 2010. – Vol. 184, № 1–2. – P. 174–181. DOI: 10.1016/j.cbi.2009.12.020
19. Hematotoxicity among Chinese workers heavily exposed to benzene / N. Rothman, G.L. Li, M. Dosemeci, W.E. Bechtold, G.E. Marti, Y.Z. Wang, M. Linet, L.Q. Xi [et al.] // Am. J. Ind. Med. – 1996. – Vol. 29, № 3. – P. 236–246. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0274(199603)29:3<236::AID-AJIM3>3.0.CO;2-O

20. Hematotoxicity in workers exposed to low levels of benzene / Q. Lan, L. Zhang, G. Li, R. Vermeulen, R.S. Weinberg, M. Dosemeci, S.M. Rappaport, M. Shen [et al.] // Science. – 2004. – Vol. 306, № 5702. – P. 1774–1776. DOI: 10.1126/science.1102443
21. Liver damage in workers exposed to hydrocarbons / C.A. Perez, J.D. Bosia, M.S. Cantore, A. Chiera, D.R. Cocozzella, R.E. Adrover, S. Borzi, J.O. Curciarello // Gastroenterol. Hepatol. – 2006. – Vol. 29, № 6. – P. 334–337. DOI: 10.1157/13089716
22. Bahadar H., Mostafalou S., Abdollahi M. Current understandings and perspectives on non-cancer health effects of benzene: a global concern // Toxicol. Appl. Pharmacol. – 2014. – Vol. 276, № 2. – P. 83–94. DOI: 10.1016/j.taap.2014.02.012
23. In vitro and in vivo evaluation of toxic effect of benzene on lymphocytes and hepatocytes [Электронный ресурс] / N. Uzma, B. Kumar, K. Salar, A. Madhuri, V. Reddy // The Internet Journal of Toxicology. – 2008. – Vol. 6, № 2. – URL: <https://ispub.com/IJTO/6/2/7846> (дата обращения: 28.09.2021).
24. Exposure to benzene, occupational stress, and reduced birth weight / D. Chen, S.-I. Cho, C. Chen, X. Wang, A.I. Damokosh, L. Ryan, T.J. Smith, D.C. Christiani, X. Xu // Occup. Environ. Med. – 2000. – Vol. 57, № 10. – P. 661–667. DOI: 10.1136/oem.57.10.661
25. Maternal exposure to ambient levels of benzene and neural tube defects among offspring: Texas, 1999–2004 / P.J. Lupo, E. Symanski, D.K. Waller, W. Chan, P.H. Langlois, M.A. Canfield, L.E. Mitchell // Environ. Health Perspect. – 2011. – Vol. 119, № 3. – P. 397–402. DOI: 10.1289/ehp.1002212

Разработка параметров для оценки неканцерогенного риска при хроническом ингаляционном поступлении бензола и среднегодовой ПДК бензола по критериям риска для здоровья населения / П.З. Шур, Н.В. Зайцева, А.А. Хасанова, К.В. Четверкина, В.М. Ухабов // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 4. – С. 42–49. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.04

UDC 613; 614

DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.04.eng

Read
online



Research article

ESTABLISHING INDICATORS FOR ASSESSING NON-CARCINOGENIC RISKS UNDER CHRONIC INHALATION EXPOSURE TO BENZENE AND AVERAGE ANNUAL MPC FOR BENZENE AS PER HEALTH RISK CRITERIA

P.Z. Shur¹, N.V. Zaitseva¹, A.A. Khasanova¹, K.V. Chetverkina^{1,2}, V.M. Ukhov²

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

²Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner, 26 Petropavlovskaya Str., Perm, 614000, Russian Federation

Recently multiple new toxicological and epidemiologic data on negative effects produced by chemicals have become available; given that, it is necessary to improve quantitative criteria applied in health risk assessment. It is advisable to revise previously established reference concentrations and to make more precise lists of organs and systems affected by a chemical in concentrations which are either equal to reference one or exceed it. Our research aim was to establish a reference concentration for benzene and additional quantitative indicators of its effects (additional reference concentrations) on specific organs and systems under chronic inhalation exposure; another aim was to determine average annual MPC verified as per permissible lifetime carcinogenic risk using evolution models. The research allowed recommending 0.005 mg/m³ to be used as a reference concentration under chronic inhalation exposure to benzene; a decrease in quantity of B-lymphocytes was recommended as a critical effect since this decrease might produce negative effects on the blood and immune system. Additional reference concentrations for benzene were fixed at 0.007 mg/m³ for the liver as a critical organ and 0.012 mg/mg³ for violated process of organism development as a critical effect. They can be used as additional indicators for assessing non-carcinogenic health risks under chronic inhalation exposure to benzene in its elevated concentrations. Our research results were used to substantiate average annual MPC for benzene in ambient air; its recommended value was 0.005 mg/m³ since it provided safety (absence of impermissible (unacceptable) lifetime health risk), probable carcinogenic effects taken into account.

Key words: reference concentration, additional reference concentrations, average annual MPC, benzene, health risk, indicators for health risk assessment.

© Shur P.Z., Zaitseva N.V., Khasanova A.A., Chetverkina K.V., Ukhov V.M., 2021

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>).

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: <https://orcid.org/0000-0003-2356-1145>).

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

Kristina V. Chetverkina – Senior Researcher, the Head of the Laboratory for Environmental Risks Analysis Techniques (e-mail: chetverkina@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1548-228X>).

Viktor M. Ukhov – Doctor of Medical Sciences, Professor, the Head of Common Hygiene and Human Ecology Department (e-mail: arbutovvatp@mail.ru; tel.: +7 (342) 235-11-35; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6316-7850>).

References

1. Avaliani S.L., Bezpal'ko L.E., Bobkova T.E., Mishina A.L. The perspective directions of development of methodology of the analysis of risk in Russia. *Gigiena i sanitariya*, 2013, vol. 92, no. 1, pp. 33–35 (in Russian).
2. Rakhmanin Yu.A. Actualization of methodological problems of reclamation of chemical pollutions on the environment. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 8, pp. 701–707. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-8-701-707 (in Russian).
3. Zaitseva N.V., Popova A.Yu., May I.V., Shur P.Z. Methods and technologies of health risk analysis in the system of the state management under assurance of the sanitation and epidemiological welfare of population. *Gigiena i sanitariya*, 2015, vol. 94, no. 2, pp. 93–98.
4. U.S. EPA. A Review of the Reference Dose and Reference Concentration Processes (Final report. EPA/630/P-02/002F). U.S. Environmental Protection Agency, Risk Assessment Forum. Washington, DC, 2002, 192 p.
5. U.S. EPA. Methods for Derivation of Inhalation Reference Concentrations and Application of Inhalation Dosimetry (EPA/600/8-90/066F). U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park. USA, North Carolina, 1994, 289 p.
6. WHO. Benzene. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon, France, 2018, vol. 120, 301 p.
7. Toxicological profile for Benzene. U.S. Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta, 2007, 438 p.
8. Addendum to the toxicological profile for benzene. U.S. Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta, 2015, 59 p.
9. Haney J.T.Jr. Benzene. Development support document. Texas commission on environmental quality (TCEQ), 2015, 65 p. Available at: <https://www.tceq.texas.gov/assets/public/implementation/tox/dsd/final/benzene.pdf> (28.09.2021).
10. Benzene. Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS), the National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Available at: <https://www.cdc.gov/niosh-rtecs/CY155CC0.html> (21.09.2021).
11. ATSDR's Substance Priority List. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Available at: <https://www.atsdr.cdc.gov/spl/> (23.09.2021).
12. Air Quality Standards. European Commission. Available at: <https://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm> (28.09.2021).
13. Khasanova A.A. Vybór otpravnoy urovnya ekspozitsii dlya razrabotki srednegodovoi PDK benzola v atmosfere vozdukh v tselyakh analiza khimicheskikh riskov dlya zdorov'ya naseleniya [Selection of the starting exposure level for establishing average annual MPC of benzene in ambient air in order to analyze chemical risks to population health]. *Fundamental'nye i prikladnye aspekty analiza riska zdorov'ya naseleniya: materialy vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi internet-konferentsii molodykh uchennykh i spetsialistov Rospotrebnadzora s mezhdunarodnym uchastiem*. In: A.Yu. Popova, N.V. Zaitseva eds. Perm, 2021, pp. 25–30 (in Russian).
14. Khasanova A.A. Obosnovanie normativov soderzhaniya khimicheskikh veshchestv v atmosfere vozdukh pri khronicheskom postuplenii s ispol'zovaniem garmonizirovannykh metodicheskikh podkhodov [Substantiating standards for the content of chemicals in ambient air under chronic intake using harmonized methodological approaches]. *Analiz riska zdorov'ya – 2021: vneshtresredovye, sotsial'nye, meditsinskie i povedencheskie aspekty: materialy XI Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii FBUN «FNTs mediko-profilakticheskikh tekhnologii upravleniya riskami zdorov'ya naseleniya» s mezhdunarodnym uchastiem sovместno s mezhdunarodnoi vstrechei po okruzhayushchei srede i zdorov'yu RISE-2021*. Perm, 2021, pp. 30–38 (in Russian).
15. U.S. EPA. Guidelines for Human Exposure Assessment (EPA/100/B-19/001). U.S. Environmental Protection Agency, Risk Assessment Forum. USA, Washington, DC, 2019, 223 p.
16. U.S. EPA. Toxicological Review of Benzene (Noncancer Effects) (EPA/635/R-02/001F). U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment. USA, Washington, DC, 2003, 180 p.
17. Benzene Reference Exposure Levels. Technical Support Document for the Derivation of Noncancer Reference Exposure Levels. Appendix D1. OEHHA, California Environmental Protection Agency, 2014, 77 p.
18. Schnatter A.R., Kerzic P.J., Zhou Y., Chen M., Nicolich M.J., Lavelle K., Armstrong T.W., Bird M.G. [et al.]. Peripheral blood effects in benzene-exposed workers. *Chem. Biol. Interact.*, 2010, vol. 184, no. 1–2, pp. 174–181. DOI: 10.1016/j.cbi.2009.12.020
19. Rothman N., Li G.L., Dosemeci M., Bechtold W.E., Marti G.E., Wang Y.Z., Linet M., Xi L.Q. [et al.]. Hematotoxicity among Chinese workers heavily exposed to benzene. *Am. J. Ind. Med.*, 1996, vol. 29, no. 3, pp. 236–246. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0274(199603)29:3<236::AID-AJIM3>3.0.CO;2-O
20. Lan Q., Zhang L., Li G., Vermeulen R., Weinberg R.S., Dosemeci M., Rappaport S.M., Shen M. [et al.]. Hematotoxicity in workers exposed to low levels of benzene. *Science*, 2004, vol. 306, no. 5702, pp. 1774–1776. DOI: 10.1126/science.1102443
21. Perez C.A., Bosia J.D., Cantore M.S., Chiera A., Cocozzella D.R., Adrover R.E., Borzi S., Curciarello J.O. Liver damage in workers exposed to hydrocarbons. *Gastroenterol. Hepatol.*, 2006, vol. 29, no. 6, pp. 334–337. DOI: 10.1157/13089716 (in Spanish).
22. Bahadar H., Mostafalou S., Abdollahi M. Current understandings and perspectives on non-cancer health effects of benzene: a global concern. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 2014, vol. 276, no. 2, pp. 83–94. DOI: 10.1016/j.taap.2014.02.012
23. Uzma N., Kumar B., Salar K., Madhuri A., Reddy V. In vitro and in vivo evaluation of toxic effect of benzene on lymphocytes and hepatocytes. *The Internet Journal of Toxicology*, 2008, vol. 6, no. 2. Available at: <https://ispub.com/IJTO/6/2/7846> (28.11.2021).
24. Chen D., Cho S.-I., Chen C., Wang X., Damokosh A.I., Ryan L., Smith T.J., Christiani D.C., Xu X. Exposure to benzene, occupational stress, and reduced birth weight. *Occup. Environ. Med.*, 2000, vol. 57, no. 10, pp. 661–667. DOI: 10.1136/oem.57.10.661
25. Lupo P.J., Symanski E., Waller D.K., Chan W., Langlois P.H., Canfield M.A., Mitchell L.E. Maternal exposure to ambient levels of benzene and neural tube defects among offspring: Texas, 1999–2004. *Environ. Health Perspect.*, 2011, vol. 119, no. 3, pp. 397–402. DOI: 10.1289/ehp.1002212

Shur P.Z., Zaitseva N.V., Khasanova A.A., Chetverkina K.V., Ukhov V.M. Establishing indicators for assessing non-carcinogenic risks under chronic inhalation exposure to benzene and average annual MPC for benzene as per health risk criteria. *Health Risk Analysis*, 2021, no. 4, pp. 42–49. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.04.eng

Получена: 09.10.2021

Принята: 13.12.2021

Опубликована: 30.12.2021



Научная статья

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВЕЩЕСТВ, ПОСТУПАЮЩИХ ИЗ БЫТОВЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ В ПИТЬЕВУЮ ВОДУ

В.М. Боев¹, И.В. Георги², Д.А. Кряжев¹, Е.А. Кряжева¹

¹Оренбургский государственный медицинский университет, Россия, 460000, г. Оренбург, ул. Советская, 6

²Ассоциация производителей и поставщиков сантехники, Россия, 196140, г. Санкт-Петербург, Пулковское шоссе, 5б, стр. 4, лит. А

На сегодняшний день особо актуальной является задача по оценке изменения состава и свойств питьевой воды при транспортировке до потребителя. Проведена гигиеническая оценка риска здоровью населения при употреблении питьевой воды с измененным химическим составом, формирующимся под влиянием бытовых смесителей, изготовленных из цинковых сплавов.

Гигиеническая оценка питьевой воды осуществлена на соответствие требованиям СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Пробы воды выдерживались в новых бытовых смесителях, корпус которых изготовлен из цинкового сплава ЦАМ (семейство цинковых сплавов, легированных алюминием, магнием и медью), при pH 6 и pH 9 в соответствии с ГОСТ 34771-2021 «Арматура санитарно-техническая водоразборная. Методы испытаний». Оценка риска здоровью и популяционного риска проведена при условии перорального и кожного поступления веществ для детского и взрослого населения в соответствии с Р 2.1.10.1920-04 «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания».

Установлено, что в исследуемых пробах воды, подвергнутых выдержке в бытовых смесителях, достоверно повышен уровень металлов, которые входят в состав сплава ЦАМ, а именно: меди, никеля, свинца и цинка, как при значениях pH = 6, так и при значениях pH = 9. Отмечено достоверное увеличение органолептических показателей: цветности – в 2–2,3 раза, мутности – в 2,3–5,0 раза. Показан неприемлемый уровень канцерогенного риска для взрослого и детского населения при употреблении питьевой воды с измененными свойствами. Установлено, что индекс опасности, рассчитанный для системы крови, не соответствует гигиеническим требованиям, а для ЦНС, печени, гормональной и репродуктивной систем – статистически значимо выше при употреблении питьевой воды с измененными химическими свойствами. Величина популяционного канцерогенного риска для населения Российской Федерации, рассчитанная по максимальной вероятной экспозиции при употреблении питьевой воды с измененными химическими свойствами под действием бытовых смесителей, составляет порядка 131 тысячи случаев. Проведенное исследование показывает необходимость разработки профилактических мероприятий с четко спланированной системой мониторинга и контроля качества и режима эксплуатации бытовых смесителей.

Ключевые слова: питьевая вода, бытовые смесители, тяжелые металлы, риск здоровью населения.

Обеспечение населения качественной питьевой водой является основной задачей государства. В рамках реализации национального проекта «Экология»,

направленного на оптимизацию обращения с отходами, снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха, повышение качества питьевой воды, опре-

© Боев В.М., Георги И.В., Кряжев Д.А., Кряжева Е.А., 2021

Боев Виктор Михайлович – доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный работник высшей школы РФ, заведующий кафедрой общей и коммунальной гигиены (e-mail: k_com.gig@orgma.ru; тел.: 8 (353) 250-06-06; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3684-1149>).

Георги Игорь Викторович – председатель (e-mail: igor.georgi@appsan.ru; тел.: 8 (812) 539-58-45; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0857-8590>).

Кряжев Дмитрий Александрович – кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей и коммунальной гигиены (e-mail: kryazhev.87@inbox.ru; тел.: 8 (922) 839-15-15; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4592-3848>).

Кряжева Елена Александровна – кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры общей и коммунальной гигиены (e-mail: kryazheva89@inbox.ru; тел.: 8 (353) 250-06-06; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3527-2068>).

делены приоритетные задачи, включающие оценку риска для здоровья населения [1–4]. Качество питьевой воды должно соответствовать гигиеническим нормативам в каждой точке водопроводной сети [4, 5]. Существует множество факторов, способных повлиять на состав питьевой воды по пути к потребителю [6, 7]. Основным фактором являются стареющие подземные коммуникации водопроводной сети, что создает как химическую, так и биологическую угрозу здоровью населения [8–11]. Кроме того, на состав питьевой воды влияет оборудование, располагающееся непосредственно в квартире потребителя, водоподводящие шланги, некачественные фильтры и бытовые смесители [6, 12]. Влияние бытовых смесителей на состояние питьевой воды в первую очередь обусловлено химическим составом сплава, из которого изготовлен смеситель, а также его инертностью при действии естественных компонентов питьевой воды при различных температурах и условиях эксплуатации [9]. При этом, как и в водопроводных сетях, в смесителях могут протекать аэробные и анаэробные процессы коррозии под действием железобактерий, кислорода и других активных соединений в питьевой воде, что способствует не только разрушению смесителя, но и загрязнению питьевой воды [5, 13, 14]. Вместе с тем изменяются как органолептические, так и химические показатели питьевой воды. Продолжительное употребление питьевой воды с измененными химическими свойствами приводит к нарушению обменных процессов в организме, активации перекисного окисления, а также формированию экологически обусловленных и экологически зависимых заболеваний [15–19]. На сегодняшний день в научной литературе широко освещены механизмы и последствия загрязнения питьевой воды при транспортировке ее по водопроводной сети, при этом явно недостаточно исследований, отражающих изменения качества питьевой воды в результате влияния бытовых смесителей. Кроме того, особую актуальность проблемы подчеркивает введение нового межгосударственного стандарта ГОСТ 34771-2021 «Арматура санитарно-техническая водоразборная. Методы испытаний»¹, где регламентированы методы испытаний для водоразборной арматуры, которые ранее не использовались при получении разрешительной документации

на продукцию. В связи с этим особую актуальность приобретает задача по анализу реальной экспозиции веществ, поступающих из бытовых смесителей, изготовленных из цинкового сплава, в питьевую воду, с последующей оценкой канцерогенного и неканцерогенного риска здоровью населения [20, 21].

Цель исследования – провести гигиеническую оценку риска здоровью населения при употреблении питьевой воды с измененным химическим составом, формирующимся под влиянием бытовых смесителей, изготовленных из цинковых сплавов.

Материалы и методы. Гигиеническая оценка питьевой воды проведена на соответствие требованиям СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (от 28.01.2021)². Испытание образцов проведено в соответствии с методикой, описанной в ГОСТ 34771-2021 «Арматура санитарно-техническая водоразборная. Методы испытаний». Данная методика предназначена непосредственно для испытания данного типа изделий с учетом их конструктивных особенностей и условий эксплуатации. Отбор проб воды осуществлен в квартире у потребителя, проживающего в Адмиралтейском районе г. Санкт-Петербурга, в соответствии с ГОСТ 31861-2012 «Общие требования к отбору проб воды»³. Для исследования использовалась питьевая вода системы централизованного холодного водоснабжения. Вода для тестирования (образец и контроль) подвергалась предварительной подготовке только в целях корректировки показателя pH до уровня 6 и 9 (крайние допустимые значения согласно СанПиН 1.2.3685-21). Подготовка происходила следующим образом: 1) подготовка испытательной среды № 1 – питьевая вода (pH6): в питьевую воду добавляли раствор серной кислоты 0,1N до значения pH = 6,0, контролируя результат pH-метром; 2) подготовка испытательной среды № 2 – питьевая вода (pH9): в питьевую воду добавляли раствор натрия гидрокарбоната 1N до значения pH = 8,43, контролируя результат pH-метром. После чего добавляли раствор натрия гидроксида 1N до pH = 9,0 (подробная схема проведения исследования описана в пункте 14.3 ГОСТ 34771-2021 (дата введения 01.06.2022)). Таким образом, перед проведением испытания контрольные и опытные

¹ ГОСТ 34771-2021. Арматура санитарно-техническая водоразборная. Методы испытаний: принят Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии 16 сентября 2021 г. (вступает в силу с 1 июня 2022 г.) [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/572732675> (дата обращения: 07.07.2021).

² СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания / утв. постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 года № 2 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 07.07.2021).

³ ГОСТ 31861-2012. Межгосударственный стандарт. Вода. Общие требования к отбору проб воды: принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 15 ноября 2012 г. № 42), введен в действие с 1 января 2014 г. [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097520> (дата обращения: 07.07.2021).

образцы № 1 и 2 по всем изученным показателям (цветность, мутность, водородный показатель, железо, марганец, медь, никель, цинк, свинец, алюминий, нитраты) соответствовали гигиеническим требованиям. Доведение до крайних значений pH проводилось как контрольных, так и испытательных образцов. Пробы воды, доведенные до крайних значений pH, выдерживались в новых бытовых смесителях, корпус которых изготовлен из цинкового сплава ЦАМ (семейство цинковых сплавов, легированных алюминием, магнием и медью). Вода из системы холодного водоснабжения в смесителях выдерживалась от 16 до 64 ч холодного водоснабжения: 16 ч – это примерное время простоя смесителя между использованиями в бытовых условиях в будние дни. В течение этого времени вода находится в корпусе смесителя, контактируя с внутренними поверхностями, из которых могут мигрировать различные примеси; 64 ч – это время простоя смесителя между использованиями, когда смеситель не используется на выходных (ГОСТ 34771-2021, дата введения 01.06.2022), при этом на протяжении всего времени испытания поддерживалась необходимая температура. Для исследования был взят объем воды, заполняющий смеситель, который составляет 250–300 мл. Всего проанализировано 90 проб питьевой воды, из которых 54 опытных (по 27 проб при крайних значениях pH) и 36 контрольных (по 18 проб при крайних значениях pH).

Оценка риска здоровью проведена при условии перорального и кожного поступления веществ для детского и взрослого населения в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания»⁴. Расчет доз химических

веществ при пероральном и перкутанном воздействии проводился с использованием рекомендуемых стандартных значений факторов экспозиции (Приложение 1 Р 2.1.10.1920-04). При расчете доз использовалось среднее арифметическое значение максимальных концентраций веществ, полученных при выдерживании питьевой воды в смесителях 16 ч (50 % проб) и 64 ч (50 % проб). Сравнительная гигиеническая оценка популяционного канцерогенного риска проведена по максимальной экспозиции исследуемых веществ в питьевой воде для населения г. Оренбурга, Санкт-Петербурга, Москвы и Российской Федерации в целом. В работе определена верхняя граница возможного популяционного канцерогенного риска, которая рассчитывалась как сумма популяционных рисков от всех канцерогенных веществ.

Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием программы Statistica 10.0. Изученные количественные признаки соответствовали нормальному распределению (критерий «хи-квадрат»), в связи с чем описание полученных количественных признаков проводили в виде среднего (M) и стандартной ошибки среднего (m) с оценкой статистической значимости различий независимых групп по параметрическому t -критерию Стьюдента.

Различия между показателями считали статистически значимыми при значении $p \leq 0,05$ и вычисляли с помощью Fisher's exact test.

Результаты и их обсуждение. Гигиеническая оценка качества питьевой воды установила достоверное повышение цветности в 2–2,3 раза и мутности в 2,3–5,0 раза в опытных образцах. Изменение органолептических показателей, в особенности мутности, связано с увеличением в исследуемых образцах концентраций металлов (табл. 1).

Таблица 1

Концентрации веществ в питьевой воде ($M \pm m$, доли ПДК)

Параметр	Образец	Контроль 1	Образец	Контроль 2
	pH6		pH9	
Цветность	1,91 ± 0,06*	0,88 ± 0,06	1,53 ± 0,04*	0,98 ± 0,02
Мутность	2,42 ± 0,09*	0,47 ± 0,07	1,33 ± 0,07*	0,58 ± 0,03
Водородный показатель	0,79 ± 0,02	0,70 ± 0,07	0,96 ± 0,07	0,87 ± 0,09
Железо	0,77 ± 0,04	0,75 ± 0,06	0,75 ± 0,01	0,60 ± 0,04
Марганец	0,24 ± 0,01	0,19 ± 0,001	0,15 ± 0,01	0,15 ± 0,01
Медь	0,15 ± 0,02*	0,005 ± 0,001	0,16 ± 0,01*	0,002 ± 0,0001
Никель	0,94 ± 0,07*	0,40 ± 0,001	3,54 ± 0,12*	0,64 ± 0,01
Цинк	1,78 ± 0,09*	0,01 ± 0,001	0,51 ± 0,06*	0,004 ± 0,0001
Свинец	1,93 ± 0,03*	0,29 ± 0,01	1,65 ± 0,11*	0,27 ± 0,03
Алюминий	0,28 ± 0,04	0,21 ± 0,01	0,38 ± 0,07	0,19 ± 0,07
Нитраты	0,01 ± 0,001	0,02 ± 0,001	0,02 ± 0,001	0,02 ± 0,004

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

⁴ Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания / утв. и введено в действие Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 5 марта 2004 г. [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200037399> (дата обращения: 10.07.2021).

Установлено, что в исследуемых пробах воды, подвергнутых выдержке в бытовых смесителях, достоверно повышен уровень металлов, которые входят в состав сплава ЦАМ, а именно меди, никеля, свинца и цинка, как при значениях pH6, так и при значениях pH9. Установлено статистически значимое увеличение в обоих образцах (pH6 и pH9) концентрации меди в 30 раз. В образцах отмечается превышение ПДК свинца, концентрация которого в 6,7 раза выше, чем в контрольных пробах. В то же время установлено, что содержание никеля при pH9 возрастает почти в 6 раз, превышая гигиенические нормативы, а при pH6 увеличивается в 2 раза и остаётся в пределах нормы. Установлено, что при низких значениях pH (pH6) цинк интенсивнее загрязняет питьевую воду, в сравнении с pH9, создавая концентрацию, превышающую ПДК.

Суммарный коэффициент загрязнения питьевой воды возрастает в 3–3,5 раза при обоих значениях pH. Стоит отметить, что в опытных образцах увеличивается водородный показатель, что связано с процессами окисления и понижением концентрации кислорода.

Под влиянием бытовых смесителей в воду поступает большое количество тяжелых металлов, относящихся к первому классу опасности (свинец, никель), что приводит к изменению химического состава. По данным многочисленных исследований повышенное содержание свинца в питьевой воде приводит к нарушению метаболических процессов, вызывающему возникновение различных заболеваний эндокринной, иммунной и нервной систем. Кроме того, свинец обладает способностью накапливаться в органах и тканях, а также проникать через плацентарный и гематоэнцефалический барьеры [17, 19]. Свинец негативно влияет на репродуктивную систему, нарушая процессы сперматогенеза у мужчин, а также способствуя гормональным нарушениям у женщин, сопровождающимся увеличением частоты самопроизвольных аборт и врожденных пороков у детей. Стоит отметить, что свинец и никель влияют на процессы кроветворения, активируя процессы перекисного окисления, приводящие к повреждению клеточных мембран, а также выступают в качестве стромогенного фактора.

Гигиеническая оценка канцерогенного риска для взрослого населения показала неприемлемый

уровень канцерогенного риска при употреблении питьевой воды с измененными свойствами под воздействием бытовых смесителей. При этом общий канцерогенный риск для перорального пути поступления при pH6 в 4 раза выше, а при pH9 – в 6 раз выше, чем в контрольных образцах. Кроме того, неприемлемый уровень ($CR_{wo} - 1,13E-04$ при pH6 и $CR_{wo} - 1,59E-04$ при pH9) общего канцерогенного риска для перорального пути поступления для взрослого населения связан с употреблением питьевой воды из системы централизованного холодного водоснабжения (контроль) (табл. 2).

Вместе с тем для детского населения установлен приемлемый уровень канцерогенного риска при употреблении водопроводной питьевой воды и неприемлемый риск от питьевой воды, выдержанной в смесителях (табл. 2). Таким образом, статистически достоверно доказано, что канцерогенный риск от веществ, содержащихся в питьевой воде, выдержанной в смесителях, не только находится на неприемлемом уровне, но и в разы выше, чем от употребления обычной водопроводной питьевой воды.

Важным является то, что канцерогенный риск как для детей, так и для взрослых при употреблении питьевой воды с измененными химическими свойствами находится в III диапазоне и требует срочного проведения оздоровительных профилактических мероприятий.

При гигиенической оценке неканцерогенного риска установлено, что максимальные индексы опасности как для взрослого, так и для детского населения определяются содержанием в образцах цинка, меди, никеля и свинца. Важным является то, что индексы опасности во всех образцах при разных pH для детского населения в разы выше, чем для взрослого, что в первую очередь связано с более высокой экспозицией веществ относительно массы тела (табл. 3).

Оценка риска негативных эффектов для критических органов и систем показала, что риск для крови не соответствует гигиеническим требованиям при употреблении питьевой воды, выдержанной в бытовых смесителях, как для взрослого, так и для детского населения. Кроме того, установлены статистически значимые отличия по уровню неканцерогенного риска для центральной нервной системы, печени, гормональной и репродуктивной систем (табл. 4).

Таблица 2

Индивидуальный (CR) и общий канцерогенные риски (CR_{wo}) при пероральном употреблении питьевой воды

Население	pH	Проба	Никель	Свинец	CR_{wo}
Взрослое	pH6	Образец	1,94E-04*	1,98E-04*	3,93E-04*
		Контроль 1	8,28E-05	3,00E-05	1,13E-04
	pH9	Образец	7,28E-04*	1,69E-04*	8,97E-04*
		Контроль 2	1,31E-04	2,78E-05	1,59E-04
Детское	pH6	Образец	9,06E-05*	9,26E-05*	1,83E-04*
		Контроль 1	3,86E-05	1,40E-05	5,26E-05
	pH9	Образец	3,40E-04*	7,90E-05	4,19E-04*
		Контроль 2	6,13E-05	1,30E-05	7,42E-05

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

Таблица 3

Индексы (*HI*) опасности химических веществ в питьевой воде

Вещество	Взрослое население				Детское население			
	pH6		pH9		pH6		pH9	
	образец	контроль 1	образец	контроль 2	образец	контроль 1	образец	контроль 2
Железо	0,022	0,021	0,021	0,017	0,05	0,05	0,05	0,04
Марганец	0,005	0,004	0,002	0,003	0,01	0,01	0,01	0,01
Медь	0,228*	0,007	0,240*	0,003	0,53*	0,02	0,56*	0,01
Никель	0,027	0,012	0,101*	0,018	0,06	0,03	0,24*	0,04
Цинк	0,847*	0,004	0,243*	0,002	1,98*	0,01	0,57*	0,00
Свинец	0,157*	0,024	0,134*	0,022	0,37*	0,06	0,31*	0,05
Алюминий	0,002	0,001	0,002	0,001	0,00	0,00	0,01	0,00

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

Таблица 4

Индексы опасности (*HI*) с учетом критических органов и систем, поражаемых исследуемыми веществами

Органы / системы	Взрослое население				Детское население			
	pH6		pH9		pH6		pH9	
	образец	контроль 1	образец	контроль 1	образец	контроль 2	образец	контроль 2
ЖКТ	0,25	0,02	0,34*	0,02	0,59*	0,04	0,80*	0,05
ЦНС	0,16*	0,03	0,14	0,03	0,38*	0,07	0,32*	0,06
Кровь	1,07*	0,08	0,52*	0,08	2,50*	0,18	1,21*	0,19
ССС	0,04	0,03	0,12	0,04	0,09	0,06	0,27	0,09
Иммунная система	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05	0,05	0,04
Печень	0,25*	0,02	0,34*	0,02	0,59*	0,04	0,80*	0,05
Слизистые	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05	0,05	0,04
Гормональная система	0,16*	0,02	0,13*	0,02	0,37*	0,06	0,31*	0,05
Репродуктивная система	0,16*	0,02	0,13*	0,02	0,37*	0,06	0,31*	0,05

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

Таблица 5

Риск здоровью населения при накожном действии веществ, содержащихся в питьевой воде с измененными свойствами

Проба	pH	Детское население		Взрослое население	
		<i>HI</i>	<i>CR_{nd}</i>	<i>HI</i>	<i>CR_{nd}</i>
Образец	pH6	5,45E-09	2,32E-12	3,32E-09	7,07E-12
Контроль 1		1,04E-09	6,66E-13	6,35E-10	2,03E-12
Образец	pH9	6,95E-09	5,3E-12	4,24E-09	1,61E-11
Контроль 2		1,19E-09	9,39E-13	7,25E-10	2,86E-12

При гигиенической оценке индексов опасности химических веществ, содержащихся в питьевой воде, при накожном действии установлен приемлемый уровень риска развития неблагоприятных эффектов для критических органов и систем как для взрослого, так и для детского населения. В то же время вероятность развития канцерогенных эффектов при накожном действии питьевой воды с измененными под действием бытовых смесителей свойствами находится в диапазоне от 6,66E-13 до 5,3E-12 для детского населения и от 2,03E-12 до 1,61E-11 в условиях разной pH, что соответствует приемлемому уровню риска (табл. 5).

Важнейшим этапом оценки риска развития канцерогенных эффектов является оценка популяционного риска для здоровья населения при употреблении питьевой воды с измененными свойствами под влиянием бытовых смесителей.

В настоящей работе проведена сравнительная оценка популяционного канцерогенного риска здо-

ровью при возможном употреблении питьевой воды, выдержанной в бытовых смесителях, изготовленных из цинковых сплавов, для населения городов Оренбург, Санкт-Петербург, Москва и РФ в целом.

Вероятный популяционный канцерогенный риск, рассчитанный для условий максимальной экспозиции, для населения г. Оренбурга численностью 572,82 тысячи человек, составил 225 (при pH6) и 513 (при pH9) дополнительных случаев онкологических заболеваний, для населения г. Санкт-Петербурга (население 5384,34 тысячи человек) 2116 при pH6 и 4829 при pH9 дополнительных случаев онкологических заболеваний. В мегаполисе (г. Москва, численность населения 12 655,1 тысячи человека) популяционный канцерогенный риск может достигать от 4,97 тысячи (при pH6) до 11,35 тысячи (при pH9) дополнительных случаев онкологических заболеваний при различных условиях pH. При условии, что смесителями данной марки пользуется все население Российской Федерации, дополнительное коли-

Таблица 6

Вероятный популяционный канцерогенный риск при употреблении питьевой воды с измененными свойствами под влиянием бытовых смесителей (CR_{pop}), число случаев

Вещество	pH	Оренбург	Санкт-Петербург	Москва	Российская Федерация
Никель	pH6	111	1 046	2 455	28 357
	pH9	417	3 920	9 213	106 413
Свинец	pH6	113	1 066	2 506	289 42
	pH9	97	910	2 139	24 703
Верхняя граница возможного популяционного канцерогенного риска	pH6	225	2116	4 973	57 445
	pH9	5148	4830	11 352	131 115

чество случаев онкологических заболеваний составит более 131 тысячи случаев (табл. 6).

Оценка риска здоровью подразумевает под собой оценку неопределенности. В настоящем научном исследовании неопределенность связана с оценкой экспозиции, которая включала в себя условный сценарий воздействия веществ. Кроме того, при оценке риска учтены только семь металлов, поступающих в питьевую воду из бытовых смесителей, из которых сделан сплав, с неполным сценарием и маршрутом воздействия. Также стоит учесть, что испытания проводились по ГОСТ 34771-2021 «Арматура санитарно-техническая водоразборная. Методы испытаний», который вступает в действие 1 июня 2022 г., то есть существующие лаборатории не имеют аккредитации по данной методике. Тем не менее сравнительная оценка риска питьевой воды с измененными под влиянием бытовых смесителей свойствами отражает вероятность возникновения неблагоприятных эффектов для органов и систем организма, в том числе вероятность возникновения отдаленных последствий (злокачественные новообразования).

Выводы. В результате проведенного исследования установлено, что питьевая вода изменяется при деструкции материалов, используемых для изготовления бытовых смесителей из цинковых сплавов, при этом в питьевую воду поступают тяжелые металлы, обладающие тропностью к органам и системам.

Гигиеническая оценка показала, что в воде с измененными химическими свойствами установлено превышение гигиенических нормативов по никелю, цинку, свинцу и органолептическим показателям (цветность, мутность).

Общий канцерогенный риск для перорального пути поступления веществ с питьевой водой неприемлем как для детского ($4,19E-04$), так и для взрослого населения ($8,97E-04$) и в 10 раз выше, чем в контрольном образце.

С учетом невысокого объема питьевой воды, который подвержен длительной экспозиции в смесителях, неканцерогенный риск для критических органов и систем как при пероральном, так и при накожном воздействии соответствует гигиеническим требованиям, за исключением системы крови (HI кровь = 2,5 для детского населения, HI кровь = 1,07 для взрослого населения при pH9), при этом основной вклад обусловлен экспозицией свинца.

Стоит отметить, что расчет риска проводился с учетом только семи металлов, что обуславливает основную неопределенность при оценке риска.

Проведенное исследование показывает необходимость разработки профилактических мероприятий с четко спланированной системой мониторинга и контроля качества и режима эксплуатации бытовых смесителей на территории Российской Федерации.

Перспективы дальнейшей разработки темы связаны с изучением влияния питьевой воды под действием бытовых смесителей, изготовленных из цинковых сплавов, на здоровье беременных, новорожденных и других групп населения с учетом полного маршрута и сценария воздействия при оценке всех химических веществ и соединений в питьевой воде.

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке Ассоциации производителей и поставщиков сантехники.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Значение национального проекта «Экология» для экологического благополучия российского населения / А.Н. Аверин, В.П. Ляхов, С.А. Евтушенко, Т.А. Нувахов // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. – 2019. – Т. 107, № 4. – С. 131–134.
2. Актуальные проблемы правовой и научно-методической поддержки обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации как стратегической государственной задачи / Н.В. Зайцева, А.Ю. Попова, Г.Г. Онищенко, И.В. Май // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 1. – С. 5–9. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-5-9
3. Синицына О.О., Жолдакова З.И. Методология регионального нормирования водных факторов окружающей среды // Санитарный врач. – 2011. – № 2. – С. 025–026.
4. Рахманин Ю.А., Розенталь О.М. Совершенствование контроля качества воды для обеспечения предъявляемых к ней санитарно-гигиенических требований // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 2. – С. 203–204. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-2-203-204
5. Хасанова А.А., Четверкина К.В., Маркович Н.И. Определение приоритетных химических веществ для контроля безопасности воды централизованных систем водоснабжения // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100, № 5. – С. 428–435. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-5-428-435
6. Изменение показателей химической безвредности питьевой воды Уфы при ее транспортировке потребителям / М.Ю. Вожаева, А.Р. Холова, Е.В. Вагнер, Н.В. Труханова, И.А. Мельницкий, Т.Т. Муллоджанов, Е.А. Кантор // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100, № 4. – С. 396–405. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-4-396-405
7. Анализ структуры и пространственного распределения потенциальных рисков причинения вреда здоровью при осуществлении хозяйственной деятельности в сфере «Сбор и очистка воды» / С.В. Клейн, Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов // Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. – Пермь, 2018. – С. 154–161.

8. Иванов А.В., Давлетова Н.Х., Тафеева Е.А. Анализ современных представлений о миграции полимерных веществ из упаковки в питьевую воду при хранении и влиянии их на живые организмы // Гигиена и санитария. – 2013. – Т. 92, № 2. – С. 25–29.
9. Кряжева Е.А., Боев В.М., Кряжев Д.А. Гигиеническая оценка питьевой воды, потребляемой населением города Оренбурга // Альманах молодой науки. – 2018. – № 3. – С. 3–8.
10. Кузнецов К.С., Белкина А.А., Ядрова А.А. Оценка качества питьевой воды, подаваемой из централизованных систем водоснабжения в г. Москва (Россия) // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 4 (часть 4). – С. 681–685.
11. Лапшин А.П., Игнатова Л.П. Качественный состав питьевой воды на этапах водоподготовки и транспортировки // Водоснабжение и санитарная техника. – 2016. – № 6. – С. 31–35.
12. Католла В.М. О причине нахождения тяжелых металлов в водопроводной и питьевой воде // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2015. – Т. 92, № 8. – С. 4–8.
13. Клейн С.В., Вековшинина С.А., Сбоев А.С. Приоритетные факторы риска питьевой воды и связанный с этим экономический ущерб // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 1. – С. 10–14. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-10-14
14. Методы оценки комбинированного действия веществ / З.И. Жолдакова, Н.В. Харчевникова, Р.А. Мамонов, О.О. Синецкая // Гигиена и санитария. – 2012. – № 2. – С. 86–89.
15. Бузинов Р.В., Мироновская А.В., Унгуриян Т.Н. Качество питьевой воды в Архангельской области и ее влияние на состояние здоровья населения // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2011. – Т. 44, № 8. – С. 10–12.
16. Гигиеническая оценка качества питьевой воды и риски для здоровья населения Приморского края / П.Ф. Кику, Л.В. Кислицына, В.Д. Богданова, К.М. Сабирова // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 1. – С. 94–101. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-1-94-101
17. Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Сбоев А.С. Медико-профилактические технологии управления риском нарушений здоровья, ассоциированных с воздействием факторов среды обитания // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 1. – С. 17–22. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-17-22
18. Землянова М.А., Федорова Н.Е., Кольдибекова Ю.В. Биохимические маркеры негативных эффектов у детей при воздействии хлорорганических соединений, поступающих с питьевой водой // Здоровье населения и среда обитания: ЗНССО. – 2011. – Т. 222, № 9. – С. 33–37.
19. Зязина Т.В., Васильева М.В. Мониторинг содержания тяжелых металлов в питьевой воде и оценка риска возникновения экпатологий у городского населения // Наука и бизнес: пути развития. – 2014. – Т. 36, № 6. – С. 5–10.
20. Родюкова О.А., Крупин В.Е., Авчинников А.В. Качество питьевой воды и состояние здоровья населения // Санитарный врач. – 2012. – № 10. – С. 045–047.
21. Сбоев А.С., Вековшинина С.А. К проблеме оценки и повышения результативности и эффективности контрольно-надзорных мероприятий при обеспечении населения Пермского края безопасной питьевой водой // Здоровье семьи – 21 век. – 2015. – Т. 1, № 1. – С. 126–145.

Гигиеническая оценка риска здоровью населения при воздействии веществ, поступающих из бытовых смесителей в питьевую воду / В.М. Боев, И.В. Георги, Д.А. Кряжев, Е.А. Кряжева // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 4. – С. 50–57. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.05

UDC 613.63/.64-092: 612.017.1]: 614.71: 546.621

DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.05.eng



Research article

HYGIENIC ASSESSMENT OF POPULATION HEALTH RISK UNDER EXPOSURE TO CHEMICALS THAT PENETRATE DRINKING WATER FROM HOUSEHOLD WATER MIXERS

V.M. Boev¹, I.V. Georgi², D.A. Kryazhev¹, E.A. Kryazheva¹

¹The Orenburg State Medical University, 6 Sovetskaya Str., Orenburg, 460000, Russian Federation

²Bathroom Manufacturers and Vendors Association, bldg. 4, lit. A, 56 Pulkovskoe shosse, St. Petersburg, 196140, Russian Federation

At present a truly vital task is to evaluate possible changes in the structure and properties of drinking water occurring in the process of delivering it to end customers.

Our research aim was to perform hygienic assessment of health risks caused by consumption of drinking water with changed chemical structure influenced by domestic faucets made from zinc alloys.

Hygienic assessment of drinking water was performed to test its conformity with the requirements fixed in the Sanitary Rules and Standards SanPiN 1.2.3685-21 "Hygienic standards and requirements to providing safety and (or) harmlessness of environmental factors for people". Water samples were aged in new household water mixers with their cases made from ZAM zinc alloy (a zinc alloy doped with aluminum, magnesium, and copper) at pH6 and pH9 in accordance with the State

© Boev V.M., Georgi I.V., Kryazhev D.A., Kryazheva E.A., 2021

Victor M. Boev – Doctor of Medical Sciences, Professor, Honored scientist of the RF, Honored worker of the higher education in the Russian Federation, Head of the Common and Communal Hygiene Department (e-mail: k_com.gig@orgma.ru; tel.: +7 (353) 250-06-06 (ext. 320); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3684-1149>).

Igor V. Georgi – Chairman (e-mail: igor.georgi@appsan.ru; tel.: +7 (812) 539-58-45; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0857-8590>).

Dmitrii A. Kryazhev – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor at the Common and Communal Hygiene Department (e-mail: kryazhev.87@inbox.ru; tel.: +7 (922) 839-15-15; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4592-3848>).

Elena A. Kryazheva – Candidate of Medical Sciences, Senior lecturer at the Common and Communal Hygiene Department (e-mail: kryazheva89@inbox.ru; tel.: +7 (353) 250-06-06 (ext. 320); ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3527-2068>).

Standard GOST 34771-2021 "Sanitary-technical water mixing and distributing accessories. Testing procedures". Health risks for children and adults and population risks were assessed for situations involving oral and cutaneous introduction according to the Guide R 2.1.10.1920-04 Human Health Risk Assessment from Environmental Chemicals.

We established that water samples aged in household water mixers contained authentically elevated concentrations of metals included into ZAM alloy, namely copper, nickel, lead, and zinc, both at pH = 6 and pH = 9. We also detected enhanced organoleptic properties: color grew by 2–2.3 times and turbidity by 2.3–5 times. Carcinogenic risks caused by consuming water with changed properties turned out to be unacceptable both for children and adults. We also established that calculated hazard index for the blood system didn't conform to hygienic requirements; calculated hazard indices for the central nervous system, liver, hormonal and reproductive systems were statistically significantly higher when people consumed drinking water with changed properties. We also calculated population carcinogenic risks for the whole population in the Russian Federation based on the maximum possible exposure to drinking water with changes in its chemical properties due to household water mixers. The total population risks amounted to approximately 131 thousand cases. Our research indicates it is necessary to develop prevention activities with a carefully planned monitoring system and control over quality and use of domestic faucets.

Key words: drinking water, domestic faucets, heavy metals, health risks.

References

1. Averin A.N., Lyahov V.P., Evtushenko S.A., Nuvahov T.A. Znachenie natsional'nogo proekta «Ekologiya» dlya ekologicheskogo blagopoluchiya Rossiiskogo naseleniya [The significance of the national project "Ecology" for the ecological well-being of the Russian population]. *Nauka i obrazovanie: hozyaystvo i ekonomika; predprinimatel'stvo; pravo i upravlenie*, 2019, vol. 107, no. 4, pp. 131–134 (in Russian).
2. Zaitseva N.V., Popova A.Yu., Onishchenko G.G., May I.V. Current problems of regulatory and scientific-medical support for assurance of the sanitary and epidemiological welfare of population in the Russian Federation as the strategic government task. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 1, pp. 5–9. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-5-9 (in Russian).
3. Sinitsyna O.O., Zholdakova Z.I. Metodologiya regional'nogo normirovaniya vodnykh faktorov okruzhayushchei sredy [Methodology for regional regulation of water environmental factors]. *Sanitarnyi vrach*, 2011, no. 2, pp. 025–026 (in Russian).
4. Rakhmanin Yu.A., Rosenthal O.M. Improvement of water quality control to guarantee qualifying health and hygiene requirements. *Gigiena i sanitariya*, 2019, vol. 98, no. 2, pp. 203–204. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-2-203-204 (in Russian).
5. Khasanova A.A., Chetverkina K.V., Markovich N.I. Determination of priority chemicals of water from centralized supply systems for monitoring water safety. *Gigiena i sanitariya*, 2021, vol. 100, no. 5, pp. 428–435. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-5-428-435 (in Russian).
6. Vozhdaeva M.Y., Kholova A.R., Vagner E.V., Trukhanova N.V., Melnitskiy I.A., Mullodzhanov T.T., Kantor E.A. Changes in the indicators of chemical safety of drinking water in Ufa during its transportation to consumers. *Gigiena i sanitariya*, 2021, vol. 100, no. 4, pp. 396–405. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-4-396-405 (in Russian).
7. Klein S.V., Zaitseva N.V., May I.V., Kir'yanov D.A. Analiz struktury i prostranstvennogo raspredeleniya potentsial'nykh riskov prichineniya vreda zdorov'yu pri osushchestvlenii khozyaystvennoi deyatel'nosti v sfere «Sbor i ochistka vody» [Analysis of the structure and spatial distribution of potential risks of harm to health due to economic activities performed in the sphere of "Collection and purification of water"]. *Aktual'nye voprosy analiza riska pri obespechenii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya i zashchity prav potrebiteli: materialy VIII Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. In: A.Yu. Popova, N.V. Zaitseva eds. Perm, 2018, pp. 154–161 (in Russian).
8. Ivanov A.V., Davletova N.H., Tafeyeva E.A. Analysis of modern views on the migration of polymeric substances from the packaging into the drinking water during storage and their influence on living organisms. *Gigiena i sanitariya*, 2013, vol. 92, no. 2, pp. 25–29 (in Russian).
9. Kryazheva E.A., Boev V.M., Kryazhev D.A. Gigenicheskaya otsenka pit'evoi vody, potrebyaemoi naseleniem goroda Orenburga [Hygienic assessment of drinking water consumed by population in Orenburg]. *Al'manakh molodoi nauki*, 2018, no. 3, pp. 3–8 (in Russian).
10. Kuznetsov, K.S., Belkina A.A., Yadrova A.A. Otsenka kachestva pit'evoi vody, podavaemoi iz tsentralizovannykh sistem vodosnabzheniya v g. Moskva (Rossiya) [Assessment of the quality of drinking water supplied from centralized water supply systems in Moscow (Russia)]. *Mezhdunarodnyi studencheskii nauchnyi vestnik*, 2018, no. 4 (part 4), pp. 681–685 (in Russian).
11. Lapshin A.P., Ignat'eva L.P. Qualitative composition of drinking water at the purification and transportation stages. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*, 2016, no. 6, pp. 31–35 (in Russian).
12. Katola V.M. The reason for heavy metals in tap and drinking water. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*, 2015, vol. 92, no. 8, pp. 4–8 (in Russian).
13. Klein S.V., Vekovshinina S.A., Sboev A.S. Priority risk factors of drinking water and the related with it economical loss. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 1, pp. 10–14. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-10-14 (in Russian).
14. Zholdakova Z.I., Kharchevnikova N.V., Mamonov R.A., Sinitsyna O.O. Methods for estimating the combined effect of substances. *Gigiena i sanitariya*, 2012, vol. 91, no. 2, pp. 86–89 (in Russian).
15. Buzinov R.V., Mironovskaya A.V., Unguryanu T.N. Kachestvo pit'evoi vody v Arkhangel'skoi oblasti i ee vliyanie na sostoyanie zdorov'ya naseleniya [Drinking water quality in the Arkhangelsk region and its impact on health status of the population]. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*, 2011, vol. 44, no. 8, pp. 10–12 (in Russian).
16. Kiku P.F., Kisilitsyna L.V., Bogdanova V.D., Sabirova K.M. Hygienic evaluation of the quality of drinking water and risks for the health of the population of the Primorye territory. *Gigiena i sanitariya*, 2019, vol. 98, no. 1, pp. 94–101. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-1-94-101 (in Russian).
17. Zaitseva N.V., Ustinova O.Yu., Sboev A.S. Medical and preventive technologies for risk management of health problems associated with exposure to environmental factors. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 1, pp. 17–22. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-17-22 (in Russian).
18. Zemlyanova M.A., Fedorova N.E., Koldibekova Yu.V. Biochemical markers of adverse effects in children exposed to chlororganic compounds through drinking water. *ZhNISO*, 2011, vol. 222, no. 9, pp. 33–37 (in Russian).
19. Zyazina T.V., Vasilyeva M.V. Testing of heavy metals in drinking water and risk assessment of developing ecopathology in urban population. *Nauka i biznes: puti razvitiya*, 2014, vol. 36, no. 6, pp. 5–10 (in Russian).
20. Rodyukova O.A., Krutilin V.E., Avchinnikov A.V. Kachestvo pit'evoi vody i sostoyanie zdorov'ya naseleniya [Drinking water quality and health status of the population]. *Sanitarnyi vrach*, 2012, no. 10, pp. 045–047 (in Russian).
21. Sboev A.S., Vekovshinina S.A. To the problem of the assessment and increase of the effectiveness of control-supervisory arrangements providing Perm region population with clear drinking water. *Zdorov'e sem'i – 21 vek*, 2015, vol. 1, no. 1, pp. 116–135 (in Russian).

Boev V.M., Georgi I.V., Kryazhev D.A., Kryazheva E.A. Hygienic assessment of population health risk under exposure to chemicals that penetrate drinking water from household water mixers. Health Risk Analysis, 2021, no. 4, pp. 50–57. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.05.eng

Получена: 20.07.2021

Принята: 01.12.2021

Опубликована: 30.12.2021



Научная статья

ВНЕШНЕСРЕДОВАЯ КОНТАМИНАЦИЯ МЕТАЛЛАМИ КАК ФАКТОР РИСКА РАЗВИТИЯ АУТОИММУННОГО ТИРЕОИДИТА У ДЕТЕЙ В ЗОНАХ ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**И.Е. Штина, С.Л. Валина, К.П. Лужецкий, М.Т. Зенина, О.Ю. Устинова**

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

Негативная составляющая химических факторов окружающей среды, тропных к органам эндокринной системы, представляется в виде роста заболеваемости и патоморфоза болезней щитовидной железы.

В группу наблюдения включено 102 ребенка с диагностированным аутоиммунным тиреоидитом (АИТ), подвергающихся хроническому воздействию металлов (свинец, марганец, никель, хром, цинк) – компонентов выбросов предприятий металлургического профиля в Пермском крае. В группу сравнения вошли 46 детей с АИТ, проживающих вне зон воздействия указанных объектов на территориях относительного санитарно-гигиенического благополучия. Выполнен сравнительный анализ результатов клинического и ультразвукового исследований тиреоидного и иммунного статуса.

На территории наблюдения за десятилетний период прирост заболеваемости тиреоидитом составил 63,6 %, что в 1,6 раза выше среднего показателя в целом по региону – 40,8 %, при отсутствии прироста на территории сравнения. В крови детей группы наблюдения относительно группы сравнения концентрации хрома, никеля, свинца, цинка и марганца, превышающие региональный фоновый уровень, регистрировали в 1,7–5,5 раза чаще. У экспонированных детей установлено увеличение числа случаев формирования АИТ у мальчиков (кратность – 2,0 раза, $p = 0,070$), уровня сывороточных Ig A, M, G (кратность – до 2,9 раза, $p = 0,015–0,056$), уровня ТТГ (кратность – 2,0 раза, $p = 0,096$) и снижение содержания T_4 свободного (кратность 5,4 раза, $p = 0,057$). В условиях влияния неблагоприятных факторов металлургического производства в 1,3 раза чаще наблюдается диффузное поражение щитовидной железы ($p = 0,030$), сопряженность АИТ с другими заболеваниями ($p = 0,041$).

На территориях с размещением предприятий металлургического профиля уровень и прирост детской заболеваемости болезнями щитовидной железы и тиреоидитом превышает в 1,3–2,6 раза аналогичные показатели детей и подростков, проживающих в условиях относительного санитарно-гигиенического благополучия. На фоне повышенного содержания в крови металлов выявлена сглаженность гендерных различий по частоте выявления АИТ, увеличение нарушений тиреоидного статуса, риска диффузных изменений щитовидной железы и активации гуморальной иммунной системы в 2,2–3,4 раза при сопутствующем поражении других систем.

Ключевые слова: заболеваемость, аутоиммунный тиреоидит, дети и подростки, металлы, сглаженность половой дифференцировки, причинно-следственные связи, диффузные изменения структуры, гипотиреоз.

По данным федеральной статистической отчетности Министерства здравоохранения Российской Федерации болезни щитовидной железы в структуре эндокринной патологии занимают второе место после ожирения, составляя 10,6 случая на 1000 детского населения. Анализ динамики статистических данных

показал отсутствие снижения уровня заболеваемости этой группы болезней за период с 2015 г. [1, 2].

Учет обратимых факторов среды обитания, раннее выявление и лечение заболеваний щитовидной железы у детей и подростков имеет решающее значение для предупреждения формирования ком-

© Штина И.Е., Валина С.Л., Лужецкий К.П., Зенина М.Т., Устинова О.Ю., 2021

Штина Ирина Евгеньевна – кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией комплексных проблем здоровья детей с клинической группой медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения (e-mail: shtina_irina@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-27-92; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5017-8232>).

Валина Светлана Леонидовна – кандидат медицинских наук, заведующий отделом гигиены детей и подростков (e-mail: valina@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-27-92; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1719-1598>).

Лужецкий Константин Петрович – доктор медицинских наук, заместитель директора по организационно-методической работе (e-mail: nemo@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 236-30-12; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0998-7465>).

Зенина Мария Талгатовна – врач ультразвуковой диагностики отделения лучевой диагностики (e-mail: shtina_irina@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-27-92; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6623-3075>).

Устинова Ольга Юрьевна – доктор медицинских наук, заместитель директора по клинической работе; профессор кафедры экологии человека и безопасности жизнедеятельности (e-mail: ustanova@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 236-32-64; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9916-5491>).

пенсаторной гиперплазии ткани щитовидной железы, гормонального дисбаланса и ассоциированной с ними задержки полового, физического и ментального развития. Выявление факторов риска, ранних клинических признаков и симптомов обеспечивает эффективную диагностику этой патологии [3–6].

Аутоиммунный тиреоидит (АИТ) является мультифакторным по этиопатогенезу заболеванием, при котором генетически обусловленные особенности иммунного реагирования реализуются на фоне воздействия факторов окружающей среды, в том числе техногенных химических соединений и йодной недостаточности [1, 7–9].

Металлы характеризуются высокой распространенностью в объектах внешней среды и повреждающей способностью при длительном внешнесредовом поступлении в организм. Результаты проведенного Л.Н. Палагиной исследования свидетельствуют об увеличении частоты встречаемости патологии щитовидной железы в условиях контаминации крови хромом и свинцом [10].

Аутоиммунным процессам отводится важная роль в спектре иммунопатологических воздействий, вызываемых металлами. В обзоре современного состояния проблемы аутоиммунного тиреоидита, выполненного В.А. Рожко, подчеркнуто, что факторы внешней среды являются пусковым механизмом аутоиммунного процесса у лиц с генетической предрасположенностью к развитию АИТ, занимая 31,8 % в структуре причинно-следственных связей развития аутоиммунных заболеваний щитовидной железы [11].

Детский организм является наиболее уязвимым к техногенным факторам окружающей среды, вклад которых в формирование нарушений здоровья достигает 30 % [12]¹. Чрезмерное поступление металлов в организм детей, проживающих в городах с располагающимися предприятиями металлургической промышленности, оказывает прямое тиреоцитотоксическое действие, что может способствовать формированию и утяжелению течения хронического воспалительного заболевания щитовидной железы аутоиммунного генеза, которое часто сочетается с другой аутоиммунной патологией [13, 14].

Цель исследования – установить клинико-лабораторные и ультразвуковые особенности аутоиммунного тиреоидита у детей, подвергающихся хроническому внешнесредовому воздействию металлов.

Материалы и методы. В группу наблюдения включены 102 ребенка с установленным ранее аутоиммунным поражением щитовидной железы, прожи-

вающих на территориях с размещением предприятий металлургического профиля. Группу сравнения составили 46 детей с АИТ, проживающих в условиях относительно благоприятной санитарно-гигиенической ситуации.

Для выявления особенностей АИТ у экспонированных детей выполнен сравнительный анализ среднegrupповых результатов клинических, лабораторных и ультразвуковых исследований и частоты их отклонения от нормы. Группы были сопоставимы по критериям возраста ($13,79 \pm 12,63$ г. – в группе наблюдения и $13,10 \pm 7,95$ г. – в группе сравнения, $p = 0,688$) и социального статуса ($p > 0,05$).

Сравнительный анализ заболеваемости детского населения болезнями щитовидной железы и тиреоидитом в зависимости от территории проживания выполнен по данным статистических материалов Пермского краевого медицинского информационно-аналитического центра за период 2010–2019 гг.

Исследование крови на содержание металлов (свинец, марганец, никель, хром, цинк) проведено согласно методическим указаниям² на масс-спектрометре Agilent 7500cx (Agilent Technologies Inc.). Проведен сравнительный анализ полученных результатов с принятыми региональными фоновыми уровнями, составляющими для свинца $0,0144 \pm 0,0067$ мг/дм³, марганца – $0,013 \pm 0,00397$ мг/дм³, никеля – $0,00225 \pm 0,00202$ мг/дм³, хрома⁶⁺ – $0,0027 \pm 0,00199$ мг/дм³, цинка – $4,77705 \pm 0,7517$ мг/дм³.

Оценку тиреоидного статуса осуществляли на основании определения уровня в крови тиреотропного гормона (ТТГ), тироксина свободного (Т₄ свободный) и антител к тиреопероксидазе (АТ-ТПО). Для определения состояния гуморального иммунного ответа выполнен анализ на содержание сыровороточных иммуноглобулинов Ig G, M, A методом радиальной иммунодиффузии по Манчини.

Ультразвуковое исследование щитовидной железы (морфо- и волюмометрия) выполнено по классической методике на аппаратах экспертного класса Vivid E9 (Vingmed Ultrasound AS) и AplioXG (Toshiba AplioXG SSA-790A), результаты интерпретированы в соответствии с принятыми эталонными значениями [15].

Исследования проводили в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации (2013) и Национального стандарта РФ ГОСТ-Р 52379-2005 «Надлежащая клиническая практика» (ICH E6 GCP).

Статистический и математический анализы выполнены с применением стандартных методов пара-

¹ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2020. – 299 с.

² МУК 4.1.3230–14. Измерение массовых концентраций химических элементов в биосредах (кровь, моча) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой / утв. руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А.Ю. Поповой 19 декабря 2014 г. [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и научно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/495856222> (дата обращения: 18.09.2021).

метрической статистики. Анализ межгрупповых различий осуществлен на основании сравнения средних значений (M) параметров и стандартного отклонения (SD) ($M \pm SD$). Для сравнения качественных признаков использован метод хи-квадрата Пирсона (χ^2). В качестве количественной меры эффекта при сравнении относительных показателей нами использовался показатель отношения шансов (OR); на основании полученных данных значимость взаимосвязи исхода и фактора считалась доказанной в случае нахождения доверительного интервала за пределами границы отсутствия эффекта, принимаемой за единицу. Для количественной оценки статистического изучения связи между показателями рассчитан коэффициент ранговой корреляции Пирсона (r), тесноту связи оценивали по шкале Чеддока. Анализ зависимости «концентрация металла в крови – заболеваемость АИТ, морфологические и функциональные нарушения щитовидной железы» выполнен методом построения однофакторных регрессионных моделей с указанием значения коэффициента регрессии (b_1) и расчетом коэффициента детерминации (R^2). Результаты считали статистически значимыми при достижении значения $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Уровень заболеваемости болезнями щитовидной железы детского населения Пермского края, который характеризуется умеренной и легкой степенью природного йодного дефицита, за десятилетний период вырос в 1,5 раза, достигнув значения 6,91 %. Детальный анализ данных официальной статистики позволил установить, что уровень общей заболеваемости болезнями щитовидной железы детского населения, проживающего в зоне влияния металлургического производства, увеличился в 1,65 раза (с 6,16 до 10,17 %), а на территориях относительного санитарно-гигиенического благополучия – только в 1,3 раза (с 2,1 до 2,62 %). Среднекраевой прирост заболеваемости тиреоидитом составил 40,8 % (с 0,49 до 0,69 %), на территории наблюдения – 63,6 %, а на территории сравнения заболеваемость тиреоидитом имела стабильный характер (табл. 1).

Химико-аналитическое исследование содержания металлов в крови показало, что доля детей с превышением фонового уровня по содержанию свинца в группе наблюдения в 2,3 раза превышала показатель группы сравнения ($p < 0,001$), марганца – в 5,5 раза ($p < 0,001$), никеля – в 2,0 раза ($p = 0,027$), хрома – в 1,7 раза ($p < 0,001$), цинка – в 2,7 раза ($p < 0,001$) (табл. 2).

Установлена статистически значимая связь повышения уровня заболеваемости АИТ с увеличением концентрации в крови свинца ($R^2 = 0,68$; $b_1 = 125,6$; $p \leq 0,0001$), марганца ($R^2 = 0,17$; $b_1 = 83,9$; $p \leq 0,05$), никеля ($R^2 = 0,32$; $b_1 = 98,9$; $p = 0,02$) и цинка ($R^2 = 0,70$; $b_1 = 18,1$; $p = 0,04$).

Анализ возрастной структуры больных АИТ не выявил достоверных различий в сравниваемых группах: дети препубертатного возраста (7–13 лет) в обеих группах составили 26–27,4 %, пубертатного (старше 13 лет) – 72,6–74 % ($p > 0,1$).

Таблица 1

Показатели детской заболеваемости болезнями щитовидной железы и тиреоидитом в 2010, 2019 гг., ‰

Год исследования	Пермский край	Территория наблюдения	Территория сравнения
<i>Заболеваемость болезнями щитовидной железы</i>			
2010	4,69	6,16	2,1
2019	6,91	10,17	2,62
<i>Заболеваемость тиреоидитом</i>			
2010	0,49	0,55	0,40
2019	0,69	0,90	0,35

Таблица 2

Доля проб с повышенным содержанием металлов в крови, %

Металл	Группа наблюдения, $n = 102$		Группа сравнения, $n = 46$		χ^2	p
	абс.	%	абс.	%		
Хром ⁶⁺	96	94,1	26	56,5	23,85	< 0,001
Цинк	95	93,1	16	34,8	57,58	< 0,001
Свинец	61	59,8	12	26,0	14,42	< 0,001
Марганец	61	59,8	5	10,8	30,73	< 0,001
Никель	36	35,3	8	17,4	9,44	0,003

При изучении половой структуры установлена тенденция в два раза более частого выявления АИТ у лиц мужского пола в группе наблюдения относительно показателя группы сравнения (26,4 против 13 %, $p = 0,070$).

Сопоставление среднегрупповых уровней гормонов в крови (ТТГ и T_4 свободный) статистически значимых различий не показало ($p = 0,31–0,23$) (табл. 2), однако в группе наблюдения отмечена тенденция увеличения количества детей с признаками субклинического и манифестного гипотиреоза, о чем свидетельствует в 2,2–5,4 раза большая доля проб с повышенным уровнем ТТГ (20 (19,6 %) против 4 (8,7 %); $\chi^2 = 2,78$; $p = 0,096$) и низким – T_4 свободного в крови (12 (11,8 %) против одного (2,2 %); $\chi^2 = 3,64$; $p = 0,057$). Установлена статистически значимая связь повышения уровня ТТГ с увеличением концентрации в крови никеля и цинка ($b_1 = 2,99–3,2$; $R^2 = 0,49–0,51$; $p < 0,001$).

Среднегрупповое содержание антител к тиреоидной пероксидазе у детей группы наблюдения в 2,4 раза превышало показатель группы сравнения, но различие не достигло статистической значимости ($p = 0,11$).

При оценке состояния гуморального иммунитета установлено, что у детей с концентрацией в крови металлов, превышающей фоновые значения, в 1,8–2,9 раза чаще идентифицировалось повышенное содержание в сыворотке иммуноглобулинов класса G (30 (29,4 %) против 5 (10,9 %), $\chi^2 = 6,04$; $p = 0,015$; $OR = 3,42$; $DI = 1,23–9,49$), M (19 (18,6 %) против 3 (6,5 %), $\chi^2 = 3,67$; $p = 0,056$; $OR = 3,28$; $DI = 0,92–11,71$), A (37 (36,3 %) против 9 (19,6 %); $\chi^2 = 4,13$; $p = 0,043$; $OR = 2,34$; $DI = 1,02–5,38$).

Частота выявленных изменений при ультразвуковом исследовании щитовидной железы и окружающих тканей представлена в табл. 3. У детей, проживающих в условиях длительного воздействия химической нагрузки, при ультразвуковом исследовании щитовидной железы перестройка структуры тиреоидной ткани по диффузному типу, характерному для АИТ, регистрировалась в 1,3 раз чаще, чем у детей группы сравнения (74 (72,5 %) против 25 (54,3 %); $\chi^2 = 4,74$; $p = 0,030$), у которых преобладали минимальные изменения (28 (27,5 %) против 21 (45,7 %); $\chi^2 = 4,74$; $p = 0,03$). Вероятность диффузных изменений щитовидной железы у детей с АИТ в условиях воздействия металлов в 2,2 раза выше, чем у детей с данной патологией, проживающих на территориях относительного санитарно-гигиенического благополучия ($OR = 2,22$; $DI = 1,08-4,58$).

Увеличение объема щитовидной железы, усиление васкуляризации и реактивные изменения региональных лимфатических узлов по типу гиперплазии регистрировали с сопоставимой частотой, независимо от территории проживания ($p = 0,185-0,97$) (табл. 4).

Таблица 3

Результаты гормонального и иммунологического исследования у детей, $M \pm m$

Показатель	Группа наблюдения, $n = 102$	Группа сравнения, $n = 46$	p
ТТГ, мкМЕ/см ³	$2,41 \pm 3,87$	$1,87 \pm 2,56$	0,317
Т ₄ свободный, пмоль/дм ³	$13,8 \pm 6,62$	$14,6 \pm 4,07$	0,369
Антитела к ТПО, МЕ/см ³	$189,91 \pm 658,59$	$79,56 \pm 164,94$	0,115
IgG, г/дм ³	$12,42 \pm 3,77$	$11,32 \pm 2,73$	0,047
IgM, г/дм ³	$1,49 \pm 0,66$	$1,36 \pm 0,40$	0,144
IgA, г/дм ³	$1,81 \pm 0,92$	$1,66 \pm 0,64$	0,254

Таблица 4

Доля детей с измененными параметрами ультразвукового сканирования щитовидной железы, %

Данные ультразвукового исследования	Группа наблюдения, $n = 102$		Группа сравнения, $n = 46$		χ^2	p
	абс.	%	абс.	%		
Увеличение объема щитовидной железы	65	63,7	24	52,2	1,76	0,185
Диффузные изменения структуры	74	72,5	25	54,3	4,74	0,030
Минимальные изменения структуры	28	27,5	21	45,7	4,74	0,030
Усиление васкуляризации железы	77	75,4	33	71,7	0,23	0,629
Повышение ЛСК	35	34,3	16	34,8	0,003	0,956
Снижение индексов периферического сопротивления	38	37,2	19	41,3	0,22	0,640
Реактивная гиперплазия региональных лимфатических узлов	58	56,8	26	56,5	0,002	0,970

Методом корреляционного анализа подтверждена умеренная обратная корреляционная связь между содержанием свинца в крови и величиной индексов периферического сопротивления ($r = -0,35$; $p = 0,045$), заметная прямая связь между содержанием никеля в крови и объемом щитовидной железы ($r = 0,58$; $p = 0,027$).

Анализ структуры сопутствующей патологии показал, что в условиях влияния неблагоприятных химических факторов металлургического производства наблюдается тенденция к более частой регистрации у детей гнездовой алопеции (L63) (15 (14,7 %) против 2 (4,3 %); $\chi^2 = 3,34$; $p = 0,068$). Несмотря на то что заболевания, имеющие в основе нарушения иммунологической реактивности, такие как дерматиты (L20–30) (15 и 16 %), бронхиальная астма (J45) (12 и 18 %), другие нарушения с вовлечением иммунного механизма (D89.8; D89.9) (25 и 25 %), а также эндокринная патология в виде ожирения и избыточности питания (E65–E68) (24,5 и 17,4 %), встречались с близкой частотой, в целом сопряженность заболеваний у детей, проживающих в зоне влияния выбросов металлургического производства, была в 1,3 раза выше относительно данных группы сравнения ($4,2 \pm 4,07$ против $3,1 \pm 2,36$ заболеваний, $p = 0,041$).

Изучение заболеваемости тиреоидитом в Пермском крае показало, что среднекраевой показатель соответствует уровню Российской Федерации (0,69 ‰ – в 2019 г. в Пермском крае и 0,81 ‰ – в РФ в 2018 г.) [1, 8]. Полученные данные о более высоком уровне детской заболеваемости болезнями щитовидной железы и тиреоидитом на территориях размещения ряда промышленных производств относительно территорий санитарно-гигиенического благополучия соотносятся с результатами исследований, проведенных ранее другими авторами [16, 17].

Установлено, что у детского населения территорий с размещением металлургического производства существует тенденция к увеличению в 2,0–4,5 раза случаев нарушения гормонального статуса. Несмотря на то что у большинства обследованных нами детей (80,0–88,0 %) заболевание протекает без нарушения функции щитовидной железы, следует учесть, что несвоевременное выявление гипотиреоза негативно сказывается на развитии детского организма, что обуславливает необходимость контроля тиреоидного статуса у детей с АИТ [17–19].

Более высокая сопряженность АИТ с другими заболеваниями у детей, проживающих в условиях длительного воздействия химической нагрузки металлами, детерминирующая ухудшение прогноза болезни, сложность диагностики и лечения, вероятно, обусловлена общностью факторов риска и отдельных звеньев патогенетических механизмов развития болезней [13, 14, 20, 21].

Результаты проведенного ультразвукового исследования щитовидной железы свидетельствуют о том, что кардинальным признаком АИТ, ассоциированного с химическими факторами окружающей

среды, является более значительная перестройка структуры щитовидной железы, что подтверждает диагностическую ценность ультразвукового исследования. Отсутствие выраженной разницы между результатами гормонального и ультразвукового исследования можно объяснить тем, что Пермский край относится к территории пограничной между легкой и умеренной степенью йодной недостаточности [22–24].

Полученные математические модели и корреляционные связи указывают на негативное влияние свинца, марганца, никеля и цинка, приводящее к неблагоприятным изменениям структуры и функции щитовидной железы.

Выводы:

1. На территориях Пермского края с развитой металлургической промышленностью уровень и прирост детской заболеваемости болезнями щитовидной железы и тиреоидитом превышает до 1,7 раза средние краевые показатели и до 2,6 раза – показатели терри-

торий относительного санитарно-гигиенического благополучия.

2. У детей с АИТ при содержании в крови никеля, свинца, цинка, марганца, превышающем региональные фоновые уровни, выявлена тенденция к сглаженности гендерных различий по частоте выявления данной патологии и увеличению в 2,2–5,4 раза регистрации субклинического и манифестного гипотиреоза.

3. В условиях воздействия химических факторов окружающей среды, обладающих тропностью к органам эндокринной системы, вероятность диффузных изменений структуры щитовидной железы и активации гуморального иммунного ответа возрастает в 2,2–3,4 раза.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Огрызко Е.В., Шелепова Е.А., Кузнецова В.П. Динамика заболеваемости щитовидной железы среди детей в возрасте 0–17 лет в Российской Федерации // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. – 2020. – № 3. – С. 341–356. DOI: 10.24411/2312-2935-2020-00076
2. Герасимов Г.А. Печальная статистика // Клиническая и экспериментальная тиреоидология. – 2015. – Т. 11, № 4. – С. 6–12. DOI: 10.14341/ket201546-12
3. Информированность населения Российской Федерации о йодном дефиците, его влиянии и способах профилактики йододефицитных заболеваний / П.А. Терехов, А.А. Рыбакова, М.А. Терехова, Е.А. Трошина // Клиническая и экспериментальная тиреоидология. – 2019. – Т. 15, № 3. – С. 118–123. DOI: 10.14341/ket12239
4. Hanley P., Lord K., Bauer A.J. Thyroid Disorders in Children and Adolescents: A Review // JAMA Pediatr. – 2016. – Vol. 170, № 10. – P. 1008–1019. DOI: 10.1001/jamapediatrics.2016.0486
5. Литвицкий П. Патология эндокринной системы: этиология и патогенез эндокринопатий. Расстройства гипоталамо-гипофизарной системы // Вопросы современной педиатрии. – 2011. – Т. 10, № 4. – С. 47–60.
6. Гладкая В.С., Гришинская В.Л. Профилактика йодного дефицита: информированность и потребительский выбор студентов вузов // Здравоохранение Российской Федерации. – 2020. – Т. 64, № 4. – С. 196–201. DOI: 10.46563/0044-197X-2020-64-4-196-201
7. Урманова Ю.М., Азимова Ш.Ш., Рихсиева Н.Т. Частота и структура заболеваний щитовидной железы у детей и подростков по данным обращаемости // Международный эндокринологический журнал. – 2018. – Т. 14, № 2. – С. 163–167. DOI: 10.22141/2224-0721.14.2.2018.130562
8. Аналитический обзор по результатам мониторинга основных эпидемиологических характеристик йододефицитных заболеваний у населения Российской Федерации за период 2009–2015 гг. / Е.А. Трошина, Н.М. Платонова, Е.А. Панфилова, К.О. Панфилов // Проблемы эндокринологии. – 2018. – Т. 64, № 1. – С. 21–37. DOI: 10.14341/prob9308
9. Гельцер Б.И., Здор В.В., Котельников В.Н. Эволюция взглядов на патогенез аутоиммунных заболеваний щитовидной железы и перспективы их таргетной терапии // Клиническая медицина. – 2017. – Т. 95, № 6. – С. 524–534. DOI: 10.18821/0023-2149-2017-95-6-524-534
10. Рожко В.А. Современное состояние проблемы аутоиммунного тиреоидита // Проблемы здоровья и экологии. – 2019. – Т. 60, № 2. – С. 4–13.
11. Палагина Л.Н. Клинико-эпидемиологические особенности экзотерминированной эндокринной патологии у детей // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. – 2011. – № 2. – С. 69–72.
12. Загрязнение атмосферного воздуха [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. – URL: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (дата обращения: 25.09.2021).
13. Pasala P., Francis G.L. Autoimmune thyroid diseases in children // Expert Rev. Endocrinol. Metab. – 2017. – Vol. 12, № 2. – P. 129–142. DOI: 10.1080/17446651.2017.1300525
14. The role of environmental factors in autoimmune thyroiditis / M. Hybenova, P. Hrdá, J. Procházková, V. Stejskal, I. Sterzl // Neuro Endocrinol. Lett. – 2010. – Vol. 31, № 3. – P. 283–289.
15. Updated Provisional WHO/ICCIDD Reference Values for Sonographic Thyroid Volume in Iodine-Replete School-age Children / M.B. Zimmermann, L. Molinari, M. Spehl, J. Weidinger-Toth, J. Podoba, S. Hess, F. Delange // IDD Newsletter. – 2001. – Vol. 17, № 1. – P. 12.
16. Гегер Э.В. Влияние факторов окружающей среды на заболеваемость тиреоидной патологией // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. – Т. 250, № 1. – С. 10–11.
17. Лужецкий К.П., Цинкер М.Ю., Вековщина С.А. Структурно-динамический анализ эндокринной патологии на территориях Российской Федерации с различным уровнем и спектром загрязнения среды обитания // Здоровье населения и среда обитания. – 2017. – Т. 290, № 5. – С. 7–11. DOI: 10.35627/2219-5238/2017-290-5-7-11
18. Распространенность заболеваний щитовидной железы у детей и подростков в йододефицитном регионе / А.В. Кияев, Л.И. Савельев, Л.Ю. Герасимова, Н.П. Королева, С.Н. Боярский, С.В. Цвиренко // Клиническая и экспериментальная тиреоидология. – 2007. – Т. 3, № 2. – С. 33–38. DOI: 10.14341/ket20073233-38
19. Йодная недостаточность: диагностика и коррекция / В.И. Широкова, В.И. Голоденко, В.Ф. Демин, Н.В. Морозова, А.Ф. Фитин, О.В. Чельцова, С.А. Столярова // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. – 2005. – Т. 84, № 6. – С. 68–72.
20. Clinical and Biochemical Characteristics of Severe Hypothyroidism Due to Autoimmune Thyroiditis in Children / A.M. Kucharska, E. Witkowska-Sędek, D. Labochka, M. Rumińska // Front. Endocrinol. (Lausanne). – 2020. – Vol. 11. – P. 364. DOI: 10.3389/fendo.2020.00364
21. Hashimoto's thyroiditis in children and adolescents: a retrospective study on clinical, epidemiological and laboratory properties of the disease / H. Demirbilek, N. Kandemir, E.N. Gonce, A. Ozon, A. Alikasifoglu, N. Yordam // J. Pediatr. Endocrinol. Metab. – 2007. – Vol. 20, № 11. – P. 1199–1205. DOI: 10.1515/jpem.2007.20.11.1199
22. Таранушенко Т.Е., Киселева Н.Г. Диагностика заболеваний щитовидной железы в практике педиатра // Педиатрия. Приложение к журналу Consilium Medicum. – 2018. – № 3. – С. 92–98. DOI: 10.26442/2413-8460.2018.3.92-98
23. Алфёрова В.И., Мустафина С.В., Рымар О.Д. Йодная обеспеченность в России и мире: что мы имеем на 2019 год? // Клиническая и экспериментальная тиреоидология. – 2019. – Т. 15, № 2. – С. 73–82. DOI: 10.14341/ket10353
24. Evaluation of the role of ultrasonography in diagnosis of autoimmune thyroiditis in goitrous children / R.K. Marwaha, N. Tandon, R. Kanwar, M.A. Ganie, V. Bhattacharya, D.H. Reddy, S. Gopalakrishnan, R. Aggarwal [et al.] // Indian Pediatr. – 2008. – Vol. 45, № 4. – P. 279–284.

Внешнесредовая контаминация металлами как фактор риска развития аутоиммунного тиреоидита у детей в зонах влияния выбросов металлургических предприятий / И.Е. Штина, С.Л. Валина, К.П. Лужецкий, М.Т. Зенина, О.Ю. Устинова // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 4. – С. 58–64. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.06

UDC 613.6.01

DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.06.eng

Read
online

Research article

ENVIRONMENTAL CONTAMINATION WITH METALS AS A RISK FACTOR CAUSING DEVELOPING AUTOIMMUNE THYROIDITIS IN CHILDREN IN ZONES INFLUENCED BY EMISSIONS FROM METALLURGIC ENTERPRISES

I.E. Shtina, S.L. Valina, K.P. Luzhetskiy, M.T. Zenina, O.Yu. UstinovaFederal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies,
82 Monastyrskaya Str., Perm, 614045, Russian Federation

Chemical environmental factors trophic for the endocrine system and its organs produce negative influence on it that becomes apparent through growing incidence and pathomorphism of endocrine diseases.

Our test group was made up of 102 children with diagnosed autoimmune thyroiditis (AIT) who were chronically exposed to metals (lead, manganese, nickel, chromium, and zinc) being components in emissions from metallurgic enterprises in Perm region. Our reference group included 46 children with AIT who lived beyond zones influenced by the aforementioned enterprises in areas with the sanitary-hygienic situation being relatively favorable. We comparatively analyzed the results of clinical and ultrasound examinations that focused on evaluating children's thyroidal and immune state.

A growth in incidence with thyroiditis amounted to 63.6 % on the test territory over 10 years and it was 1.6 times higher than on average in the region (40.8 %); there was no growth in the indicator detected on the reference territory. Concentrations of chromium, nickel, lead, zinc, and manganese higher than regional background level were 1.7–5.5 times more frequently detected in blood of children from the test group against the reference one. A number of AIT cases was higher among exposed boys (by 2.0 times, $p = 0.070$); exposed children also had higher Ig A, M, and G contents in blood serum (by up to 2.9 times, $p = 0.015–0.056$), higher TSH levels (by 2.0 times, $p = 0.096$), and lower free T4 contents (by 5.4 times, $p = 0.057$). Diffuse damage to the thyroid gland was by 1.3 times more frequent under exposure to adverse factors created by metallurgic production; AIT combined with other diseases was also more frequent ($p = 0.041$).

Rates and growth in incidence of thyroid gland diseases and thyroiditis are by 1.3–2.3 times higher among children and teenagers living on territories where metallurgic enterprises are located against the same indicators on territories where sanitary-hygienic situation is relatively favorable. We detected less apparent gender-related differences in AIT frequency, a greater number of improper thyroidal state, elevated risks of diffuse changes in the thyroid gland and activation of humoral immune response that was by 2.2–3.4 times more frequent together with concomitant damage to other systems under elevated contents of metals in blood.

Key words: incidence, autoimmune thyroiditis, children and teenagers, metals, less apparent gender-related differentiation, cause–effect relations, diffuse structural changes, hypothyroidism.

References

1. Ogryzko E., Shelepova E., Kuznetsova V. Dynamics of thyroid gland incidence among children at the age of 0–17 years in the Russian Federation. *Sovremennye problemy zdoravookhraneniya i meditsinskoj statistiki*, 2020, no. 3, pp. 341–356. DOI: 10.24411/2312-2935-2020-00076 (in Russian).
2. Gerasimov G.A. Sad statistics. *Klinicheskaya i eksperimental'naya tireoidologiya*, 2015, vol. 11, no. 4, pp. 6–12. DOI: 10.14341/ket201546-12 (in Russian).
3. Terekhov P.A., Rybakova A.A., Terekhova M.A., Troshina E.A. Awareness of the population in Russian Federation about iodine deficiency, its effects and methods for prevention of iodine deficiency disorders. *Klinicheskaya i eksperimental'naya tireoidologiya*, 2019, vol. 15, no. 3, pp. 118–123. DOI: 10.14341/ket12239 (in Russian).

© Shtina I.E., Valina S.L., Luzhetskiy K.P., Zenina M.T., Ustinova O.Yu., 2021

Irina E. Shtina – Candidate of Medical Sciences, Head of the Laboratory for Complex Issues of Children's Health (e-mail: shtina_irina@mail.ru; tel.: +7 (342) 237-27-92; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5017-8232>).

Svetlana L. Valina – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department for Children and Teenagers Hygiene (e-mail: valina@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-27-92; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1719-1598>).

Konstantin P. Luzhetskiy – Doctor of Medical Sciences, Deputy Director for Organizational and Methodical Work (e-mail: nemo@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-30-12; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0998-7465>).

Mariya T. Zenina – doctor of ultrasound diagnostics at Department of Radiation Diagnostics (e-mail: shtina_irina@mail.ru; tel.: +7 (342) 237-27-92; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6623-3075>).

Olga Yu. Ustinova – Doctor of Medical Sciences, Deputy Director responsible for clinical work; Professor at the Department for Human Ecology and Life Safety (e-mail: ustinova@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-32-64; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9916-5491>).

4. Hanley P., Lord K., Bauer A.J. Thyroid Disorders in Children and Adolescents: A Review. *JAMA Pediatr.*, 2016, vol. 170, no. 10, pp. 1008–1019. DOI: 10.1001/jamapediatrics.2016.0486
5. Litvitskiy P. Pathology of endocrine system: etiology and pathogenesis of endocrinopathies. Disorders of hypothalamohypophysial system. *Voprosy sovremennoi pediatrii*, 2011, vol. 10, no. 4, pp. 47–60 (in Russian).
6. Gladkaya V.S., Gritsinskaya V.L. Prevention of iodine deficiency: awareness and consumer choice of the university students. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*, 2020, vol. 64, no. 4, pp. 196–201. DOI: 10.46563/0044-197X-2020-64-4-196-201 (in Russian).
7. Urmanova Yu.M., Azimova Sh.Sh., Rikhsieva N.T. Prevalence and structure of thyroid diseases in children and adolescents according to the data of appealability. *Mezhdunarodnyi endokrinologicheskii zhurnal*, 2018, vol. 14, no. 2, pp. 163–167. DOI: 10.22141/2224-0721.14.2.2018.130562 (in Russian).
8. Troshina E.A., Platonova N.M., Panfilova E.A., Panfilov K.O. The analytical review of monitoring of the basic epidemiological characteristics of iodine deficiency disorders among the population of the Russian Federation for the period 2009–2015. *Problemy endokrinologii*, 2018, vol. 64, no. 1, pp. 21–37. DOI: 10.14341/probl9308 (in Russian).
9. Gel'tser B.I., Zdor V.V., Kotelnikov V.N. Evolution of the views on pathogenesis of autoimmune thyroid diseases and prospects for their target therapy. *Klinicheskaya meditsina*, 2017, vol. 95, no. 6, pp. 524–534. DOI: 10.18821/0023-2149-2017-95-6-524-534 (in Russian).
10. Rozhko V.A. Current state of the autoimmune thyroiditis problem. *Problemy zdorov'ya i ekologii*, 2019, no. 2 (60), pp. 4–13 (in Russian).
11. Palagina L.N. Clinical and epidemiological features of endocrine pathology in children due to the influence of environmental factors. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Biologiya*, 2011, no. 2, pp. 69–72 (in Russian).
12. Ambient (outdoor) air pollution. *World Health Organization*. Available at: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (25.09.2021).
13. Pasala P., Francis G.L. Autoimmune thyroid diseases in children. *Expert Rev. Endocrinol. Metab.*, 2017, vol. 12, no. 2, pp. 129–142. DOI: 10.1080/17446651.2017.1300525
14. Hybenova M., Hrda P., Procházková J., Stejskal V., Sterzl I. The role of environmental factors in autoimmune thyroiditis. *Neuro Endocrinol. Lett.*, 2010, vol. 31, no. 3, pp. 283–289.
15. Zimmermann M.B., Molinari L., Spehl M., Weidinger-Toth J., Podoba J., Hess S., Delange F. Updated Provisional WHO/ICCIDD Reference Values for Sonographic Thyroid Volume in Iodine-Replete School-age Children. *IDD Newsletter*, 2001, vol. 17, no. 1, pp. 12.
16. Geger E.V. Influence of environmental factors on morbidity rate of thyroid pathology. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2014, vol. 250, no. 1, pp. 10–11 (in Russian).
17. Luzhetskii K.P., Tsinker M.Yu., Vekovshina S.A. Structural and dynamic analysis of endocrine pathology in the Russian Federation with different levels of spectrum and environmental pollution. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2017, vol. 290, no. 5, pp. 7–11. DOI: 10.35627/2219-5238/2017-290-5-7-11 (in Russian).
18. Kiyayev A.V., Saveliy L.I., Gerasimova L.Yu., Koroleva N.P., Boyarsky S.N., Tsvirenko S.V. The Prevalence of Thyroid Disease in the Children and Teenagers in Iodine-Deficient Region. *Klinicheskaya i eksperimental'naya tireoidologiya*, 2007, vol. 3, no. 2, pp. 33–38. DOI: 10.14341/ket20073233-38 (in Russian).
19. Shirokova V.I., Golodenco V.I., Demin V.F., Morozova N.V., Fitin A.F., Cheltsova O.V., Stolyarova S.A. Iodine deficiency: diagnosis and correction. *Pediatriya. Zhurnal im. G.N. Speranskogo*, 2005, vol. 84, no. 6, pp. 68–72 (in Russian).
20. Kucharska A.M., Witkowska-Sędek E., Labochka D., Rumińska M. Clinical and Biochemical Characteristics of Severe Hypothyroidism Due to Autoimmune Thyroiditis in Children. *Front. Endocrinol. (Lausanne)*, 2020, vol. 11, pp. 364. DOI: 10.3389/fendo.2020.00364
21. Demirbilek H., Kandemir N., Gönç E.N., Ozon A., Alikasifoglu A., Yordam N. Hashimoto's thyroiditis in children and adolescents: a retrospective study on clinical, epidemiological and laboratory properties of the disease. *J. Pediatr. Endocrinol. Metab.*, 2007, vol. 20, no. 11, pp. 1199–1205. DOI: 10.1515/jpem.2007.20.11.1199
22. Taranushenko T.E., Kiseleva N.G. Diagnosis of thyroid disease in pediatric practice. *Pediatriya. Prilozhenie k zhurnalu Consilium Medicum*, 2018, no. 3, pp. 92–98. DOI: 10.26442/2413-8460_2018.3.92-98 (in Russian).
23. Alferova V.I., Mustafina S.V., Rymar O.D. Iodine status of the population in Russia and the world: what do we have for 2019? *Klinicheskaya i eksperimental'naya tireoidologiya*, 2019, vol. 15, no. 2, pp. 73–82. DOI: 10.14341/ket10353 (in Russian).
24. Marwaha R.K., Tandon N., Kanwar R., Ganie M.A., Bhattacharya V., Reddy D.H., Gopalakrishnan S., Aggarwal R. et al. Evaluation of the role of ultrasonography in diagnosis of autoimmune thyroiditis in goitrous children. *Indian Pediatr.*, 2008, vol. 45, no. 4, pp. 279–284.

Shchina I.E., Valina S.L., Luzhetskii K.P., Zenina M.T., Ustinova O.Yu. Environmental contamination with metals as a risk factor causing developing autoimmune thyroiditis in children in zones influenced by emissions from metallurgic enterprises. Health Risk Analysis, 2021, no. 4, pp. 58–64. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.06.eng

Получена: 02.11.2021

Принята: 01.12.2021

Опубликована: 30.12.2021

УДК 613; 614
DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.07

Читать
онлайн



Научная статья

ПРЕДПРИЯТИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА КАК ОБЪЕКТЫ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО НАДЗОРА

А.М. Андришунас¹, С.В. Клейн^{1,2}

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

²Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера, Россия, 614000, г. Пермь, ул. Петропавловская, 26

Данное исследование направлено на аналитическую поддержку риск-ориентированной модели санитарно-эпидемиологического контроля за объектами топливно-энергетического комплекса. Задачи исследования состояли в выявлении основных видов нарушений санитарно-эпидемиологических требований объектами ТЭК, определении приоритетных показателей среды обитания, которые должны входить в программу лабораторного сопровождения контрольно-надзорных мероприятий, в оценке реальных масштабов воздействия объектов энергетики.

Установлено, что общее количество субъектов, осуществляющих деятельность по «Обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционированию воздуха» в 2020 г. составило более шести тысяч. Поскольку объекты ТЭК располагаются вблизи жилых массивов, то нарушения в сфере охраны атмосферного воздуха (ст. 20) являются следствием негативного влияния на значительное число населения. Наибольшее число выявленных нарушений требований к атмосферному воздуху (ст. 20) для предприятий теплоэнергетики в 2020 г. зафиксировано в Дальневосточном, Сибирском, Центральном, Уральском федеральных округах от 10,6 до 42,9 %. Показатель среднего потенциального риска причинения вреда здоровью на один хозяйствующий субъект при осуществлении деятельности объектов теплоэнергетики R_{cp} составил $5,44 \cdot 10^{-4}$. Доля субъектов, реализующих данный вид деятельности и относящихся к чрезвычайно высокой и высокой (1-я и 2-я соответственно) категориям по потенциальному риску причинения вреда, составила 21,7 %. Масштаб воздействия (M_i) для хозяйствующих субъектов, реализующих деятельность теплоэнергетики, может составлять до 930 тысяч человек. Наибольшая доля субъектов, относящихся к 1-й и 2-й категориям по потенциальному риску причинения вреда, зарегистрирована в Сибирском, Приволжском, Центральном, Уральском, и Дальневосточном федеральных округах – 78,5 %.

Наибольшее значение показателя среднего потенциального риска причинения вреда здоровью на один хозяйствующий субъект (R_{cp}) для деятельности по «Обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционированию воздуха» наблюдается в Сибирском федеральном округе – $9,88 \cdot 10^{-4}$. Максимальное количество хозяйствующих субъектов, реализующих деятельность по «Обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционированию воздуха», чрезвычайно высокого и высокого потенциального риска причинения вреда здоровью располагается в Красноярском крае (37,9 %), Кемеровской области (32,6 %), Томской и Омской (по 29,7 %) областях.

Ключевые слова: предприятия теплоэнергетики, выбросы, качество атмосферного воздуха, потенциальный риск причинения вреда здоровью, масштаб воздействия, нарушение законодательства.

Гарантированное обеспечение энергетической безопасности страны и ее субъектов, обеспечение потребностей социально-экономического развития страны, сохранение существующих и создание в отрасли новых рабочих мест при достаточности кадровых и производственных компетенций – основные приоритеты государственной энергетической политики Российской Федерации [1]. Важнейшие направления развития российской энергосисте-

мы реализуются в каждой из семи составляющих ее объединенных энергосистем (ОЭС): Центра, Средней Волги, Урала, Северо-Запада, Юга, Сибири и Востока [2]. Прогнозируется, что в России энергопотребление возрастет к 2030 г. на 35–45 % (относительно 2005 г.), показывая годовые темпы роста примерно вдвое меньше среднемировых [3].

Составляя базу и неотъемлемую часть экономики, промышленного и коммунального сектора

© Андришунас А.М., Клейн С.В., 2021

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

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

страны, топливно-энергетический комплекс является в то же время источником экологической опасности и загрязнения среды обитания населения [4, 5]. Объекты энергетики оказывают негативное воздействие на воздушную среду, водные объекты и почву и, как следствие, на здоровье населения [6–9]. Наиболее выражены экологические проблемы угольных ТЭЦ и ТЭЦ, работающих на ином твердом топливе (торф, горючие сланцы) и / или мазуте [10].

На сегодня доля угля в структуре энергобаланса России составляет порядка 15 %. Учитывая, что уже следующие поколения столкнутся с ограничением ресурсов нефти и газа, уголь, наряду с развитием неорганической энергетики, останется основным видом органического топлива, который будет использоваться для разных целей, включая производство электроэнергии [11–14]¹.

Несомненно, технологии переработки и использования угля получают дальнейшее развитие, прогнозируется развитие технологии конверсии угля в синтетическое жидкое и газообразное топливо [3, 12]. Однако на сегодня степень воздействия предприятий угольной теплоэнергетики на среду обитания человека, в том числе состояние воздуха урбанизированных территорий, продолжает оставаться высокой [13, 14]. Проблемы на ряде территорий усугубляются орографическими, климатическими, планировочными особенностями размещения объекта. Так, низкий потенциал рассеивания выбросов на территории Восточной Сибири Российской Федерации обуславливает повышенные уровни концентраций загрязняющих веществ в приземном слое воздуха [9, 15], поскольку именно в восточной части страны уголь является преобладающим энергоносителем. В Сибирском федеральном округе (СФО) доля тепловых электростанций, использующих в качестве основного топлива уголь, мазут и торф, составляет 90,7 %, в Дальневосточном федеральном округе (ДФО) – более 53 % (рис. 1).

Расположение ТЭЦ в низинах или в непосредственной близости к жилой застройке формирует значительные риски для здоровья населения и т.п. Кроме того, нельзя забывать, что кроме тепловых электростанций на «проблемных» территориях России функционирует значительное количество частных отопительных котельных и автономных источников теплоснабжения (АИТ): в 2018 г. в РФ их было зарегистрировано более 74,8 тысячи. Для частных отопительных котельных характерна низкая высота дымовых труб и, следовательно, концентрация загрязнения атмосферного воздуха в зоне дыхания человека [14]. Наибольшее количество автономных источников тепла, работающих на твердом топливе, также

располагается в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах (Красноярский, Забайкальский края, Кемеровская, Иркутская и Новосибирская области). Объекты располагаются внутри или максимально близко к зонам жилой застройки, что может оказывать негативное воздействие на качество атмосферного воздуха и, как следствие, на здоровье экспонированного населения [16].

Основными компонентами выбросов от предприятий теплоэнергетики являются распространенные загрязняющие вещества: оксид углерода, углекислый газ, окислы азота, диоксид серы, углеводороды, бенз(а)пирен, взвешенные вещества, аммиак [8, 9, 16–19]². Кроме перечисленных загрязняющих веществ объекты теплоэнергетики выбрасывают в атмосферный воздух парниковые газы (метан, озон), фториды, летучие органические соединения (ЛОС), углерод (сажу), пыль неорганическую, абразивную, древесную, мазутную золу, масло минеральное нефтяное и пр. Ряд отечественных и зарубежных авторов публикуют данные о наличии в выбросах объектов топливно-энергетического комплекса оксидов металлов: ванадия, алюминия, железа, кальция, магния и др. [16, 20]. Следует отметить, что нередко результаты инструментальных измерений в зонах влияния объектов энергетики позволяют идентифицировать в объектах среды обитания и атмосферном воздухе компоненты пылевых примесей, не указываемых в ведомостях инвентаризации объектов. В работах Ревича [4], Петрова [5] показано, что твердые частицы выбросов объектов энергетики могут содержать соединения марганца, хрома меди, никеля, мышьяка, свинца, кадмия и других токсичных металлов.

Как следствие значительного влияния на качество среды обитания, в том числе объектов энергетики, уровень загрязнения атмосферного воздуха за последние 10 лет в крупных промышленных центрах СФО и ДФО характеризуется как «очень высокий» и «высокий», индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) составил от 9,3 до 22².

По данным государственных докладов об охране окружающей среды² качество атмосферного воздуха в СФО и ДФО не соответствует гигиеническим нормативам, превышения предельно допустимых концентраций регистрируются по таким веществам, как углерода оксид (концентрации в воздухе превышают ПДК до 9,1 раза), азота оксид (до 3,4 раза), азота диоксид (до 2,9 раза), серы диоксид (до 4,0 раза), бенз(а)пирен (до 2,15 раза), взвешенные вещества (до 7,6 раза), аммиак (до 9,7 раза), ксилон (до 36,5 раза), толуол (до 14,8 раза), фенол (до 24,3 раза), формальдегид (до 39,0 раза) и др.

¹ Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года / утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/565068231> (дата обращения: 20.08.2021).

² О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 году: Государственный доклад. – М.: Минприроды России, МГУ им. М.В. Ломоносова. – 2020. – 1000 с.

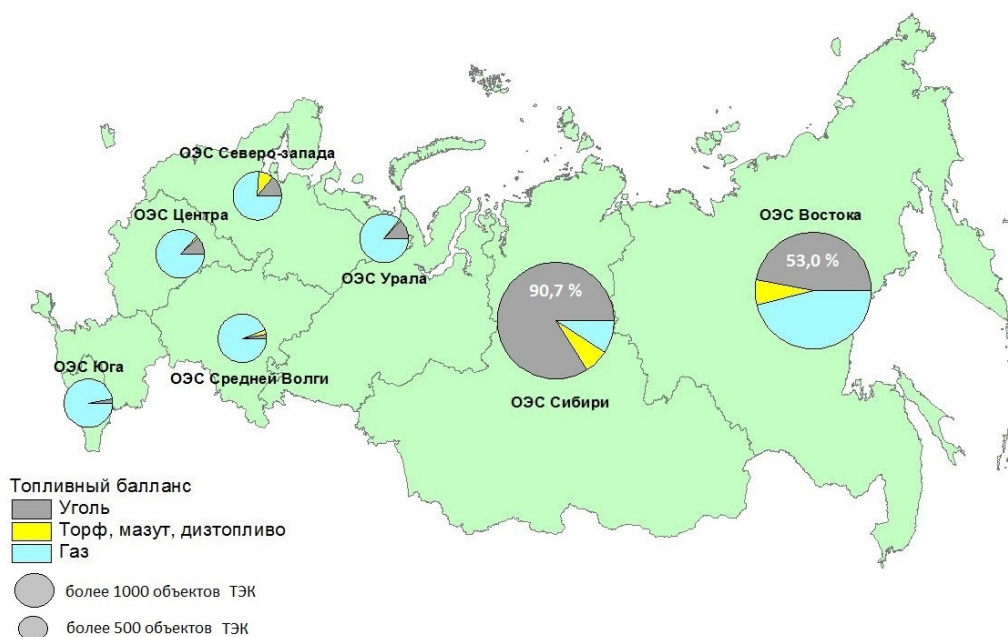


Рис. 1. Топливный баланс объединенной энергосистемы РФ, %
(размер круговой диаграммы соответствует количеству объектов ТЭК, работающих на различных видах топлива)

Результаты экологического и социально-гигиенического мониторинга свидетельствуют, что в 2020 г. наибольшее количество нестандартных проб загрязняющих веществ в атмосферном воздухе регистрировались на территориях Сибирского, Уральского и Дальневосточного федеральных округов (1,4–2,0 %)². В структуре выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников, в том числе от предприятий теплоэнергетики, в 2020 г. регистрировалось наибольшее количество нестандартных проб по оксиду углерода (0,12–1,9 %), бенз(а)пирену (3,8–21,1 %), углеводородам (3,9–4,9 %), взвешенным веществам (1,12–2,5 %), толуолу (2,3–9,8 %), ксилолу (4,3–19,2 %), формальдегиду (0,7–3,1 %), аммиаку (0,4–1,4 %).

Повышенные уровни содержания в атмосферном воздухе химических веществ, характерных для предприятий теплоэнергетики, могут вызывать неблагоприятные эффекты со стороны органов дыхания, иммунной, нервной, мочеполовой, костно-мышечной, репродуктивной систем, системы кровообращения и др., а также развитие различных новообразований [4, 18, 21–23]. В промышленных городах Сибири до 50 % случаев обострений хронических неспецифических заболеваний органов дыхания, вероятно, связаны с загрязнением атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий, в том числе объектов теплоэнергетики [22, 24].

Изложенное ставит перед органами санитарно-эпидемиологического надзора задачи адресного риск-ориентированного контроля за соблюдением хозяйствующими субъектами обязательных гигиенических требований к охране среды обитания и обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Цель исследования – аналитическая поддержка риск-ориентированной модели санитарно-эпиде-

миологического контроля соблюдения обязательных требований санитарного законодательства объектами топливно-энергетического комплекса. Задачи исследования состояли в выявлении основных видов нарушений санитарно-эпидемиологических требований объектами ТЭК, определении приоритетных показателей среды обитания, которые должны входить в программу лабораторного сопровождения контрольно-надзорных мероприятий, оценке реальных масштабов воздействия объектов энергетики.

Материалы и методы. В соответствии с «Общероссийским классификатором видов экономической деятельности» в Российской Федерации объекты теплоэнергетики осуществляют деятельность в сфере «Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха» (код 35).

Для оценки количества субъектов, осуществляющих деятельность по «Обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционированию воздуха», использовали данные Федерального реестра юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, подлежащих санитарно-эпидемиологическому надзору, (далее – Реестр) по состоянию на декабрь 2020 г.

Потенциальный риск причинения вреда здоровью населения (R^l) в связи с хозяйственной деятельностью производственных объектов ТЭК определялся как произведение вероятности нарушения санитарно-эпидемиологического законодательства (p^l), тяжести последствий для здоровья (относительный вред здоровью) при нарушении законодательства (u^l) и масштаба воздействия на население со стороны хозяйствующего субъекта (M_i^l), а его среднее значение (R_{cp}^l) – как отношение суммы рисков к количеству хозяйствующих субъектов в соответствии с Положением о федеральном государственном

санитарно-эпидемиологическом контроле (надзоре), утв. Постановлением правительства РФ от 30.06.2021 г. № 1100³ и МР 5.1.0116–17⁴.

Частота выявленных нарушений в отношении предприятий, осуществляющих деятельность в сфере «Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха», оценивалась по данным ведомственной статистической отчетности Роспотребнадзора – форме федерального статистического наблюдения № 1-контроль «Сведения об осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля» за 2014–2020 гг.

Результаты и их обсуждение. По данным Реестра хозяйствующих субъектов (ЮЛ / ИП), подлежащих санитарно-эпидемиологическому контролю / надзору (по состоянию на декабрь 2020 г.), общее количество субъектов, осуществляющих деятельность «Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха», составило более шести тысяч. В разрезе федеральных округов в 2019 г. наибольшее количество предприятий, осуществляющих деятельность по обеспечению электрической энергией, газом и паром, расположено в Центральном (1292 хозяйствующих субъекта), Сибирском (1114 субъектов), Приволжском (1100 субъектов) и Дальневосточном (883 субъекта) федеральных округах.

Анализ данных ведомственной статистической отчетности форма № 1-контроль «Сведения об осуществлении государственного контроля (надзора) и

муниципального контроля» за 2014–2020 гг. показал, что предприятия чаще всего нарушают обязательные санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда, к содержанию зданий, сооружений, помещений, к качеству питьевых вод и водоисточников, к атмосферному воздуху (табл. 1).

При этом если нарушения в сфере безопасности условий труда, качества питьевых вод на объекте контроля затрагивают в основном работающих на предприятии, то нарушения в сфере охраны атмосферного воздуха (ст. 20) имеют следствием негативное влияние на значительное число населения в городских и сельских поселениях, где расположены объекты энергетики. Выявлено, что, согласно Реестру, в Российской Федерации масштаб воздействия хозяйствующих субъектов, реализующих деятельность в области энергетики, может составлять до 930 тысяч человек. В крупных городах, где электро- и теплоснабжение населения и промышленности обеспечивает несколько генерирующих объектов, все население может испытывать негативное воздействие выбросов.

Наибольшая доля выявленных нарушений обязательных требований к охране атмосферного воздуха (ст. 20) в 2020 г. приходится на объекты энергетики в ДФО, ЦФО, УФО, СФО – от 10,6 до 42,9 % (табл. 2).

Показатель среднего потенциального риска причинения вреда здоровью на один хозяйствующий субъект ($R'_{\text{ср}}$) при осуществлении деятельности по «Обеспечению электрической энергией, газом

Таблица 1

Частота нарушений объектами топливно-энергетического комплекса обязательных требований санитарного законодательства (выявлено на одну проверку по приоритетным видам нарушений)*

Статья 52-ФЗ		2018 г.	2019 г.	2020 г.	Темп прироста роста, %
номер	содержание				
ст. 13	Требования к продукции	0,095	0,031	0,015	–84,21
ст. 17	К организации питания	0,012	0,019	0,002	–83,33
ст. 18	К водным объектам	0,105	0,054	0,032	–69,52
ст. 19	К питьевой воде	0,586	0,539	0,727	+24,06
ст. 20	К атмосферному воздуху	0,387	0,395	0,415	+7,24
ст. 21	К почвам, агропочвам	0,044	0,031	0,051	+15,91
ст. 22	К обращению с отходами	0,348	0,351	0,134	–61,49
ст. 23	К жилым помещениям	0,047	0,054	0,044	–6,38
ст. 24	К эксплуатации зданий, сооружений	1,254	1,307	0,729	–41,87
ст. 25	К условиям труда	1,154	0,921	0,798	–30,85
ст. 27	К источникам физических факторов	0,381	0,271	0,129	–66,14

Примечание: * – приведены статьи закона, с наибольшей частотой нарушений (> 0,05).

³ О федеральном государственном санитарно-эпидемиологическом контроле (надзоре): Постановление правительства РФ № 1100 от 30 июня 2021 года [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389344/ (дата обращения: 22.08.2021).

⁴ МР 5.1.0116-17. 5.1. Организация Госсанэпидслужбы России. 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: методические рекомендации / утв. Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А.Ю. Поповой 11.08.2017. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2017. – 30 с.

Таблица 2

Доля нарушений требований санитарного законодательства к атмосферному воздуху (ст. 20 52-ФЗ) хозяйствующими субъектами, осуществляющими деятельность в сфере «Обеспечения электрической энергией, газом и паром; кондиционирования воздуха» по федеральным округам РФ, 2014–2020 гг., %

Территория	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Темп прироста, %
Центральный федеральный округ	8,9	15,1	13,8	4,4	8,5	4,8	20,0	+123,5
Северо-Западный федеральный округ	16,3	6,6	14,7	3,7	5,0	2,2	2,9	–85,6
Южный федеральный округ	0,5	3,9	9,2	8,1	2,5	3,2	1,8	+235,3
Северо-Кавказский федеральный округ	1,1	1,3	1,2	0,4	0,4	0,0	1,8	+67,6
Приволжский федеральный округ	7,9	11,5	4,0	2,2	3,6	15,0	5,9	–25,5
Уральский федеральный округ	20,5	28,2	23,6	71,7	62,3	49,0	14,7	–28,4
Сибирский федеральный округ	38,4	25,2	29,8	6,5	9,6	15,6	10,6	–72,4
Дальневосточный федеральный округ	6,3	8,2	3,7	3,1	8,2	10,2	42,9	+579,9

и паром; кондиционированию воздуха» в целом по РФ составил $5,44 \cdot 10^{-4}$, при этом $R'_{\text{ср}}$ в основной группе «Деятельность промышленных предприятий» составил $4,62 \cdot 10^{-4}$.

При этом доля субъектов, реализующих данный вид деятельности и относящихся к чрезвычайно высокой и высокой (1 и 2 соответственно) категориям по потенциальному риску причинения вреда, составила 21,7 %, к категории значительного потенциального риска (3 категория) – 34,6 %, среднего (4 категория) – 30,4 %, умеренного (5 категория) – 11,5 %, низкого (6 категория) – 1,8 % (рис. 3).

Наибольшая доля субъектов, реализующих данный вид деятельности и относящихся к чрезвычайно высокой и высокой (1-й и 2-й соответственно) категориям по потенциальному риску причинения вреда, зарегистрирована в Сибирском, Приволжском, Центральном, Уральском и Дальневосточном федеральных округах – 78,5 % (табл. 3).

Сравнительный анализ в разрезе федеральных округов РФ показал, что наибольшее значение показателя среднего потенциального риска причинения вреда здоровью на один хозяйствующий субъект ($R'_{\text{ср}}$) для деятельности по «Обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционированию воздуха» наблюдается в Сибирском федеральном округе – $9,88 \cdot 10^{-4}$ (рис. 4).

При этом по Сибирскому федеральному округу (рис. 5) максимальное количество хозяйствующих субъектов, реализующих деятельность по «Обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционированию воздуха», чрезвычайно

высокого и высокого потенциального риска причинения вреда здоровью располагается в Красноярском крае (37,9 %), Кемеровской области (32,6 %), Томской и Омской (по 29,7 %) областях.

Более детальный анализ развитых промышленных городских территорий Сибирского и Дальневосточного федеральных округов, входящих в федеральный проект «Чистый воздух» (г. Красноярск, Норильск, Братск, Чита), показал, что в г. Красноярске, Норильске (Красноярский край) уровень потенциального риска (R^l) для предприятий теплоэнергетики чрезвычайно высокой и высокой категорий составил $1,12 \cdot 10^{-4}$ – $3,57 \cdot 10^{-3}$, масштаб воздействия (M^l_i) – 0,00103–0,0329 млн человек; в г. Братске (Иркутская область) уровень

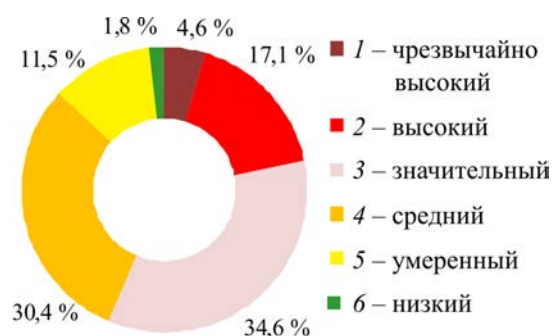


Рис. 3. Структура хозяйствующих субъектов (ЮЛ / ИП), реализующих деятельность по «Обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционированию воздуха», по категориям потенциального риска причинения вреда здоровью в Российской Федерации

Таблица 3

Распределение хозяйствующих субъектов (ЮЛ / ИП), реализующих деятельность по «Обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционированию воздуха», высоких категорий риска причинения вреда здоровью по федеральным округам РФ, %

Категория риска	Федеральный округ								
	ДФО	ПФО	СЗФО	СКФО	СФО	УФО	ЦФО	ЮФО	РФ
Количество субъектов ТЭК 1-й и 2-й категории	169	227	142	64	258	190	210	82	1342
Доля субъектов 1-й и 2-й категории, %	12,6	16,9	10,6	4,8	19,2	14,2	15,6	6,1	100

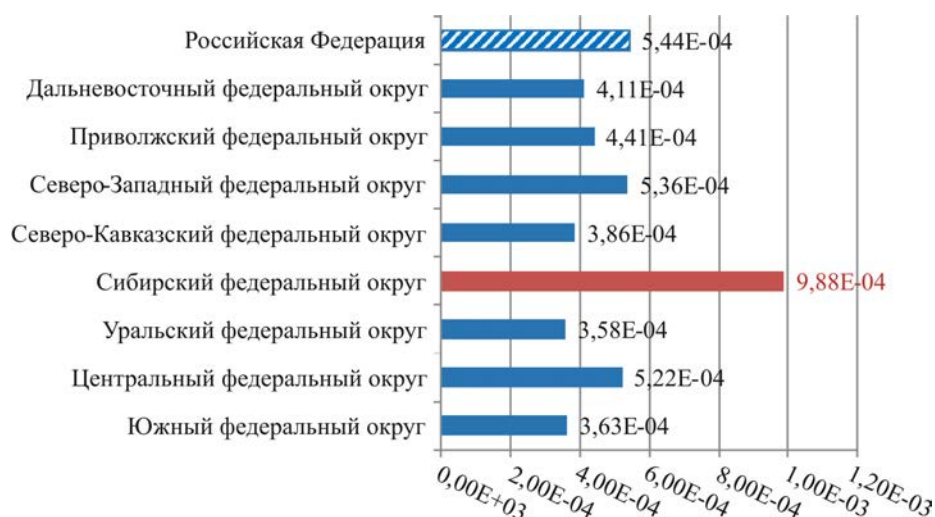


Рис. 4. Уровень среднего потенциального риска причинения вреда здоровью на один хозяйствующий субъект ($R^l_{ср}$) для деятельности по «Обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционированию воздуха» в разрезе федеральных округов РФ

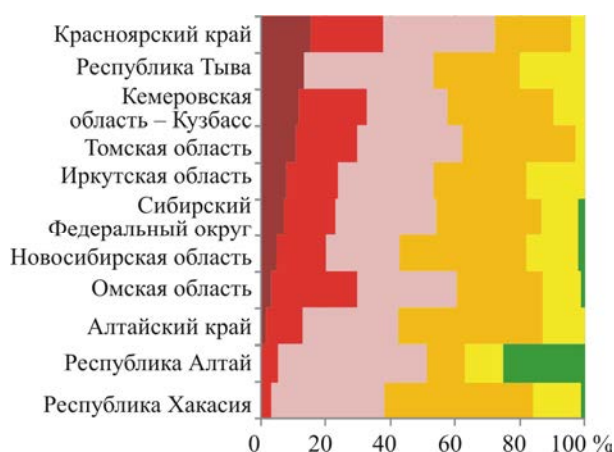


Рис. 5. Распределение хозяйствующих субъектов (ЮЛ / ИП), реализующих деятельность в сфере «Производство, передача и распределение электроэнергии, газа, пара и горячей воды», по категориям потенциального риска причинения вреда здоровью в разрезе регионов СФО

потенциального риска причинения вреда здоровью (R^l) для данных категорий хозяйствующих субъектов составил $1,09 \cdot 10^{-4}$ – $7,92 \cdot 10^{-3}$, масштаб воздействия (M^l_i) – $0,001$ – $0,073$ млн человек; в г. Чите (Забайкальский край) уровень потенциального риска причинения вреда здоровью (R^l) и масштаб воздействия (M^l_i) – $1,28 \cdot 10^{-4}$ – $1,66 \cdot 10^{-3}$ и $0,00118$ – $0,0153$ млн человек соответственно.

На постах мониторинга качества атмосферного воздуха данных городов в зонах влияния объектов топливно-энергетического комплекса по типичным для данных объектов выбросам регистрируются превышения гигиенических нормативов по взвешенным веществам (до $34,8$ ПДК_{мр}, $1,4$ ПДК_{сс}), диоксиду серы (до $34,8$ ПДК_{мр}, $1,9$ ПДК_{сс}), оксиду углерода (до $5,8$ ПДК_{мр}), оксиду азота (до $2,9$ ПДК_{мр}, $1,3$ ПДК_{сс}), диоксиду азота (до $1,5$ ПДК_{мр}, до $2,1$ ПДК_{сс}). При этом вклад источников предприятий топливно-энергети-

ческого комплекса в суммарный выброс от всех источников составляет от 75 до 90 %.

С учетом того, что нарушения требований к качеству атмосферного воздуха и его охране на объектах энергетики может являться причиной вторичного загрязнения почв, снежного покрова, поверхностных вод, нарушения здоровья населения и комфортности проживания граждан, лабораторный контроль и мониторинг атмосферного воздуха в зонах влияния этих объектов имеют первостепенное значение.

Результаты социально-гигиенического мониторинга и / или направленных исследований в таких случаях могут являться основанием для организации межведомственных проверок, пересмотра ведомостей инвентаризации таких объектов, нормативов допустимых выбросов и / или проектов санитарно-защитных зон таких объектов.

Выводы. Таким образом, риск-ориентированная модель надзора соблюдения обязательных требований санитарного законодательства на объектах топливно-энергетического комплекса предполагает:

- приоритетный контроль соблюдения законодательных требований к охране атмосферного воздуха, а также иных объектов среды обитания: поверхностных вод и почв на прилегающих территориях, природных вод (ст. 19, 20, 21 Федерального закона № 52-ФЗ);

- контроль и верификацию со стороны надзорных органов численности населения под воздействием, которая указывается самим хозяйствующим субъектом при расчете категории опасности. Такая верификация позволит избежать недооценку масштаба воздействия того или иного объекта. Особого внимания в части численности населения под воздействием требуют объекты топливно-энергетического комплекса в Дальневосточном, Сибирском и Уральском федеральных округах;

– обязательную лабораторную поддержку контрольно-надзорных мероприятий в части количественного определения компонентов загрязнения воздуха компонентами выбросов на границе санитарно-защитных зон предприятий и ближайшей жилой застройки.

Представляется целесообразным научное обоснование индикаторов риска нарушения обязательных требований объектами теплоэнергетики в сфере охраны атмосферного воздуха. При этом учет вида используемого топлива является важным элементом такого

обоснования. Важной и актуальной задачей остается установление компонентного и дисперсного состава пылей, выбрасываемых конкретным объектом энергетики, для получения максимально корректной картины загрязнения прилегающих территорий и потенциального риска для здоровья населения под воздействием.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Доклад о реализации Энергетической стратегии России на период до 2030 года по итогам 2018 года [Электронный ресурс] // Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации. – URL: <https://minenergo.gov.ru/node/15357/> (дата обращения: 16.08.2021).
2. Отчет о функционировании ЕЭС России в 2019 году [Электронный ресурс] // Системный оператор Единой энергетической системы. – 2020. – 36 с. – URL: https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2020/ups_rep2019.pdf (дата обращения: 19.08.2021).
3. Стратегические перспективы электроэнергетики России / А.А. Макаров, Ф.В. Веселов, А.С. Макарова, Т.В. Новикова, Т.Г. Панкрушина // Теплоэнергетика. – 2017. – № 11. – С. 40–52. DOI: 10.1134/S0040363617110066
4. Ревич Б.А. К оценке влияния деятельности ТЭК на качество окружающей среды и здоровье населения // Проблемы прогнозирования. – 2010. – Т. 121, № 4. – С. 87–99.
5. Петров С.Б., Петров Б.А. Оценка риска здоровью населения при воздействии твердых частиц в составе атмосферных выбросов многотопливных теплоэлектроцентралей // Экология человека. – 2019. – № 6. – С. 4–10. DOI: 10.33396/1728-0869-2019-6-4-10
6. Карабекова А.А. Развитие тепловой энергетики: анализ, проблемы, перспективы // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2017. – Т. 105, № 3. – С. 123–127.
7. Невзетаев А.Г. Правовая охрана атмосферного воздуха от загрязнения по законодательству Российской Федерации // Правовая безопасность личности, государства и общества: сборник статей XIX Международной научной конференции. – 2019. – С. 108–116.
8. Spatially and Temporally Resolved Analysis of Environmental Trade-Offs in Electricity Generation / R.A. Peer, J.B. Garrison, C.P. Timms, K.T. Sanders // Environ. Sci. Technol. – 2016. – Vol. 50, № 8. – P. 4537–4545. DOI: 10.1021/acs.est.5b05419
9. Петров А.С. Самаркина А.Н. Исследование влияния объектов теплоэнергетики на окружающую среду // Новая наука: Теоретический и практический взгляд. – 2016. – Т. 87, № 6–2. – С. 152–154.
10. Котлер В.Р. Экологические проблемы угольных ТЭЦ // Охрана труда и техника безопасности на промышленных предприятиях. – 2016. – № 8. – С. 21–28.
11. Рынок электроэнергетики России и основные игроки отрасли: аналитический отчет // Analytic Research Group (ARG). – 2018. – 487 с.
12. Катин В.Д., Маслов Г.Ф., Долгов Р.В. Новые наилучшие технологии сжигания топлива в печных и котельных установках: монография. – М.: ООО «Издательство «Спутник+», 2019. – 175 с.
13. Тихомирова Т.И., Хомутов С.А. Влияние вредных выбросов ТЭЦ на атмосферу // Безопасность, защита и охрана окружающей природной среды: фундаментальные и прикладные исследования: сборник трудов всероссийской научной конференции. – Белгород, 2019. – С. 282–286.
14. Муртазина М.Ш., Панченко М.А. Оценка негативного воздействия на экологическое состояние окружающей среды выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от предприятий теплоэнергетики // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения: сборник трудов всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов: в 2 т. – 2015. – С. 263–266.
15. Россия увеличит долю возобновляемых источников энергии в 10 раз [Электронный ресурс] // TACC. – URL: <https://tacc.ru/ekonomika/11787295> (дата обращения: 30.08.2021).
16. Бахтиярова Н.Б., Сулейменова Б.М. Влияние выбросов предприятий теплоэнергетики на окружающую среду и здоровье населения // Теория и практика современной науки. – 2016. – Т. 10, № 4. – С. 110–113.
17. Зарубежная электроэнергетика [Электронный ресурс] // Ассоциация НП Совет рынка. – URL: <https://www.np-sr.ru/ru/market/cominfo/foreign/index.htm> (дата обращения: 20.07.2021).
18. Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха выбросами предприятия теплоэнергетики на здоровье населения Новокузнецка / Р.А. Голиков, В.В. Кислицына, Д.В. Суржиков, А.М. Олещенко, М.А. Мукашева // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 6. – С. 348–352. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-6-348-352
19. Polycyclic aromatic hydrocarbons in residential soils from an Indian city near power plants area and assessment of health risk for human population / B. Kumar, V. Kumar Verma, S. Kumar, C. Shekhar Sharma // Polycyclic Aromatic Compounds. – 2014. – Vol. 34, № 3. – P. 191–213. DOI: 10.1080/10406638.2014.883414
20. Issakhov A., Alimbek A., Issakhov A. A numerical study for the assessment of air pollutant dispersion with chemical reactions from a thermal power plant // Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics. – 2020. – Vol. 14, № 1. – P. 1035–1061. DOI: 10.1080/19942060.2020.1800515
21. Penney S., Bell J., Balbus J. Estimating the Health Impacts of Coal-Fired Power Plants Receiving International Financing [Электронный ресурс] // Environmental Defense Fund. – 2009. – URL: https://www.greenpeace.org/static/planet4-thailand-stateless/2019/03/e2c6b78f-e2c6b78f-9553_coal-plants-health-impacts.pdf (дата обращения: 20.08.2021).
22. Карпин В.А. Современные медико-экологические аспекты внутренних болезней на урбанизированном севере // Терапевтический архив. – 2003. – Т. 75, № 1. – С. 31–34.
23. Селюнина С.В., Петров Б.А., Цапков П.И. Заболеваемость населения, проживающего в зонах влияния атмосферных выбросов городских предприятий теплоэнергетики // Вятский медицинский вестник. – 2005. – № 2. – С. 64–67.
24. Быкова А.А., Фандеев Н.П., Мишанов А.А. Оценка риска здоровью при энергетическом загрязнении окружающей среды // Вестник международной академии системных исследований. Информатика, экология, экономика. – Т. 11, № 1. – 2008. – С. 95–97.

Андрисиюнас А.М., Клейн С.В. Предприятия топливно-энергетического комплекса как объекты риск-ориентированного санитарно-эпидемиологического надзора // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 4. – С. 65–73. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.07



Research article

**FUEL AND ENERGY ENTERPRISES AS OBJECTS OF RISK-ORIENTED
SANITARY-EPIDEMIOLOGIC SURVEILLANCE****A.M. Andrishunas¹, S.V. Kleyn^{1,2}**¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya Str., Perm, 614045, Russian Federation²Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner, 26 Petropavlovskaya Str., Perm, 614000, Russian Federation

The present research aims to provide analytical support for the risk-oriented model of sanitary-epidemiologic control over fuel and energy enterprises. The research task were to reveal the most common violations of sanitary-epidemiologic requirements by fuel and energy enterprises; to determine priority environmental indicators that should be included into a program of laboratory support for control and surveillance activities; to estimate actual impacts exerted by fuel and energy enterprises.

We established that in 2020 there were totally more than 6 thousand economic entities that performed their activity in the sphere of "Electric energy, gas and steam supply; air conditioning". Since fuel and energy enterprises tend to be located close to residential areas, violations in the sphere of ambient air protection (Clause 20) involve negative influence on a considerable number of people. In 2020 the greatest number of revealed violation regarding requirements to ambient air quality was registered for heat and power engineering enterprises in the Far East Federal District (FEFD), Siberian FD (SFD), Central FD (CFD), and Ural FD (UFD) and varied from 10.6 to 42.9 %. Average potential health risk (R_{av}^l) per one economic entity amounted to $5.44 \cdot 10^{-4}$ for heat and power engineering. A share of economic entities dealing with this economic activity and assigned into extremely high and high (the 1st and 2nd accordingly) risk categories as per potential health risk amounts to 21.7 %. A scale of exposure (M_i) for economic entities operating in heat and power engineering can reach 930 thousand people. The greatest share of economic entities belonging to the 1st and 2nd risk categories as per potential health risk is registered in the SFD, Volga FD, CFD, UFD, and FEFD and amounts to 78.5 %.

The greatest average potential health risk per one economic entity (R_{av}^l) in the sphere of "Electric energy, gas and steam supply; air conditioning" was registered in the Siberian Federal District and amounted to $9.88 \cdot 10^{-4}$. The greatest numbers of economic entities operating in the sphere of "Electric energy, gas and steam supply; air conditioning" that belonged to the 1st and 2nd risk categories as per potential health risk are located in the Krasnoyarsk region (37.9 %), Kemerovo region (32.6 %), Tomsk and Omsk regions (29.7 % each).

Key words: heat and power engineering enterprises, emissions, ambient air quality, potential health risk, a scale of exposure, violation of legislation.

References

1. Doklad o realizatsii Energeticheskoi strategii Rossii na period do 2030 goda po itogam 2018 [The report on implementing the Energy strategy of Russian for a period up to 2030: results achieved in 2018]. Ministry of energy of Russian Federation. Available at: <https://minenergo.gov.ru/node/15357/16.08.2021> (in Russian).
2. Otchet o funktsionirovanii EES Rossii v 2019 godu [The report on functioning of the Russian Unified Energy System in 2019]. Sistemnyi operator Edinoi energeticheskoi sistemy, 2020, 36 p. Available at: https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2020/ups_rep2019.pdf (19.08.2021) (in Russian).
3. Makarov A.A., Veselov F.V., Makarova A.S., Novikova T.V., Pankrushina T.G. Strategic prospects of the electric power industry of Russia. *Thermal Engineering*, 2017, vol. 64, no. 11, pp. 817–828. DOI: 10.1134/S0040601517110064
4. Revich B.A. Assessment of the effect produced by the fuel and energy complex on the environment and health. *Studies on Russian Economic Development*, 2010, vol. 21, no. 4, pp. 403–410.
5. Petrov S.B., Petrov B.A. Assessment of health risk of particulate matter components of atmospheric emissions of multifuel power plants. *Ekologiya cheloveka*, 2019, no. 6, pp. 4–10. DOI: 10.33396/1728-0869-2019-6-4-10 (in Russian).
6. Karabekova A.A. Development of thermal energy: analysis, problems, prospects. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*, 2017, no. 3 (105), pp. 123–127 (in Russian).
7. Netsvetaev A.G. Right protection of atmosphere air from pollution according to the legislation of the Russian Federation. *Pravovaya bezopasnost' lichnosti, gosudarstva i obshchestva: sbornik statei XIX Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii*, 2019, pp. 108–116 (in Russian).

© Andrishunas A.M., Kleyn S.V., 2021

Alena M. Andrishunas – Junior researcher (e-mail: ama@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0072-5787>).

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

8. Peer R.A., Garrison J.B., Timms C.P., Sanders K.T. Spatially and Temporally Resolved Analysis of Environmental Trade-Offs in Electricity Generation. *Environ. Sci. Technol.*, 2016, vol. 50, no. 8, pp. 4537–4545. DOI: 10.1021/acs.est.5b05419
9. Petrov A.S. Samarkina A.N. Issledovanie vliyaniya ob"ektov teploenergetiki na okruzhayushchuyu sredu [Examining influence exerted by heat-power engineering objects on the environment]. *Novaya nauka: Teoreticheskii i prakticheskii vzglyad*, 2016, no. 6–2 (87), pp. 152–154 (in Russian).
10. Kotler V.R. Environmental issues at the coal PP. *Okhrana truda i tekhnika bezopasnosti na promyshlennykh predpriyatiyakh*, 2016, no. 8, pp. 21–28 (in Russian).
11. Rynok elektroenergetiki Rossii i osnovnye igroki otrasli: analiticheskiy otchet [Electrical energy market in Russia and major players in the branch: analytical report]. *Analytic Research Group (ARG)*, 2018, 487 p. (in Russian).
12. Katin V.D., Maslov G.F., Dolgov R.V. Novye nailuchshie tekhnologii szhiganiya topliva v pechnykh i kotel'nykh ustanovkakh: monografiya [The latest best available technologies for burning fuel in furnaces and boiler plants: a monograph]. Moscow, OOO "Izdatel'stvo "Sputnik+", 2019, 175 p. (in Russian).
13. Tikhomirova T.I., Khomutov S.A. Vliyanie vrednykh vybrosov TETs na atmosferu [Influence exerted on the atmosphere by hazardous emission form thermal power stations]. *Bezopasnost', zashchita i okhrana okruzhayushchei prirodnoi sredy: fundamental'nye i prikladnye issledovaniya: sbornik trudov Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii*, 2019, pp. 282–286 (in Russian).
14. Murtazina M.Sh., Panchenko M.A. Otsenka negativnogo vozdeistviya na ekologicheskoe sostoyanie okruzhayushchei sredy vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu ot predpriyatii teploenergetiki [Assessing negative influence on the ecological situation exerted by pollutants emitted into the atmosphere from heat-power engineering enterprises]. *Ekologiya i bezopasnost' v tekhnosfere: sovremennye problemy i puti resheniya: sbornik trudov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov i studentov. V 2 tomakh*, 2015, pp. 263–266 (in Russian).
15. Rossiya uvelichit dolyu vozobnovlyemykh istochnikov energii v 10 raz [Russia is going to raise a share of renewable energy sources by 10 times]. *TASS: Russian News Agency*, 2021. Available at: <https://tass.ru/ekonomika/11787295> (30.08.2021) (in Russian).
16. Bakhtierova N.B., Suleimenova B.M. Vliyanie vybrosov predpriyatii teploenergetiki na okruzhayushchuyu sredu i zdorov'e naseleniya [Impacts exerted by emission from heat-power engineering enterprises on the environment and population health]. *Teoriya i praktika sovremennoi nauki*, 2016, no. 4 (10), pp. 110–113 (in Russian).
17. Zarubezhnaya elektroenergetika [Power industry abroad]. *Association NP "Market Council"*. Available at: <http://www.eurasiancommission.org/ru/> (20.07.2021) (in Russian).
18. Golikov R.A., Kislitsyna V.V., Surzhikov D.V., Oleshchenko A.M., Mukasheva M.A. Assessment of the impact of air pollution by heat power plant emissions on the health of the population of Novokuznetsk. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2019, vol. 59, no. 6, pp. 348–352. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-6-348-352 (in Russian).
19. Kumar B., Kumar Verma V., Kumar S., Shekhar Sharma C. Polycyclic aromatic hydrocarbons in residential soils from an Indian city near power plants area and assessment of health risk for human population. *Polycyclic Aromatic Compounds*, 2014, vol. 34, no. 3, pp. 191–213. DOI: 10.1080/10406638.2014.883414
20. Issakhov A., Alimbek A., Issakhov A. A numerical study for the assessment of air pollutant dispersion with chemical reactions from a thermal power plant. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 2020, vol. 14, no. 1, pp. 1035–1061. DOI: 10.1080/19942060.2020.1800515
21. Penney S., Bell J., Balbus J. Estimating the Health Impacts of Coal-Fired Power Plants Receiving International Financing. *Environmental Defense Fund*, 2009. Available at: https://www.greenpeace.org/static/planet4-thailand-stateless/2019/03/e2c6b78f-e2c6b78f-9553_coal-plants-health-impacts.pdf (20.08.2021).
22. Karpin V.A. Current medico-ecological aspects of internal medicines in urbanic north. *Terapevticheskii arkhiv*, 2003, vol. 75, no. 1, pp. 31–34 (in Russian).
23. Selyunina S.V., Petrov B.A., Tsapok P.I. Zabolevaemost' naseleniya, prozhivayushchego v zonakh vliyaniya atmosferynykh vybrosov gorodskikh predpriyatii teploenergetiki [Population morbidity in zones influenced by missions from heat-power engineering enterprises]. *Vyatskii meditsinskii vestnik*, 2005, no. 2, pp. 64–67 (in Russian).
24. Bykova A.A., Fandeev N.P., Mishanov A.A. Otsenka riska zdorov'yu naseleniya pri energeticheskom zagryaznenii okruzhayushchei sredy [Health risk assessment under exposure to energetic environmental pollution]. *Vestnik mezhdunarodnoi akademii sistemnykh issledovaniy. Informatika, ekologiya, ekonomika*, 2008, vol. 11, no. 1, pp. 95–97 (in Russian).

Andrishunas A.M., Kleyn S.V. Fuel and energy enterprises as objects of risk-oriented sanitary-epidemiologic surveillance. Health Risk Analysis, 2021, no. 4, pp. 65–73. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.07.eng

Получена: 15.09.2021

Принята: 09.12.2021

Опубликована: 30.12.2021



Научная статья

ВОЗРАСТНЫЕ АСПЕКТЫ РИСКА РАЗВИТИЯ ПАТОЛОГИИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ У УЧАЩИХСЯ ГИМНАЗИИ

О.А. Маклакова^{1,2}, С.Л. Валина¹, И.Е. Штина¹, Д.А. Эйфельд¹¹Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82²Пермский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 614990, г. Пермь, Букирева, 15

На современном этапе одной из особенностей состояния здоровья школьников является рост нервно-психических нарушений на фоне интенсификации образовательного процесса. В связи с этим изучены возрастные особенности развития патологии нервной системы у учащихся гимназии.

У 94 младших школьников (группа А) и 56 учащихся средних классов гимназии (группа Б) проведено клиническое обследование, включающее исследование содержания в крови нейромедиаторов и нейротропных факторов, нейропсихологическое компьютерное тестирование (реакционный тест, STROOP-тест). Образовательная деятельность оценивалась на соответствие режима учебного процесса гигиеническим требованиям. Статистическая обработка данных содержала определение относительного риска, отношения шансов, установление причинно-следственных связей.

Гигиеническая оценка образовательной деятельности показала, что неблагоприятными факторами школьной среды, способствующими формированию нарушений нервной системы, являются увеличение недельной учебной нагрузки, нерациональное распределение предметов в расписании уроков, ненормативная продолжительность использования интерактивной доски на занятии. Выявлено, что у 62,8 % младших школьников и 42,9 % гимназистов средних классов регистрируется патология нервной системы. Установлено, что вероятность развития астено-невротического и неврозоподобного синдрома выше в 2,2 раза у детей начальной школы, а вегетативной дисфункции – в 1,6 раза у учеников средних классов. У младших школьников астено-невротический синдром сопровождался снижением в 41,9 % случаев уровня NOTCH-1, в 66,7 % – ацетилхолина, в 29,2 % – повышением содержания серотонина в крови и проявлялся повышенной утомляемостью, слабостью, плаксивостью, перепадами настроения. Риск снижения нейрегулина-1β, фактора некроза опухоли в крови, в 3,1–6,4 раза выше у гимназистов средней школы, развитие у них вегетативных дисфункций сопровождалось нарушением сна, головной болью, учащенным сердцебиением. Установлено, что для младших школьников характерно снижение скорости восприятия визуально-звукового раздражителя, развитие утомляемости афферентной реакции, а также ригидность когнитивного контроля и слабая автоматизация познавательных функций.

Ключевые слова: учащиеся, гимназия, образовательная деятельность, патология нервной системы, нейромедиаторы, нейротропные факторы, нейропсихологическое тестирование.

Современные научные данные свидетельствуют о сохраняющихся негативных тенденциях в состоянии здоровья школьников: увеличение частоты встречаемости патологии органов зрения, костно-мышечной системы, эндокринных заболеваний, нарушений нервно-психического развития [1–6]. За период получения среднего образования количество здоровых детей снижается в 4–10 раз, и к оконча-

нию обучения в школе практически каждый второй старшеклассник имеет ту или иную хроническую патологию [2, 4, 7–9]. Отмечено, что у учащихся начальных классов болезни нервной системы в структуре заболеваемости по данным профилактических медицинских осмотров занимают третье ранговое место, а у школьников средних и выпускных классов – четвертое или пятое место [5, 7].

© Маклакова О.А., Валина С.Л., Штина И.Е., Эйфельд Д.А., 2021

Маклакова Ольга Анатольевна – доктор медицинских наук, заведующий консультативно-поликлиническим отделением; доцент кафедры микробиологии и иммунологии (e-mail: olga_mcl@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 219-87-23; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9574-9353>).

Валина Светлана Леонидовна – кандидат медицинских наук, заведующий отделом гигиены детей и подростков (e-mail: valina@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-27-92; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1719-1598>).

Штина Ирина Евгеньевна – кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией комплексных проблем здоровья детей с клинической группой медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения (e-mail: shtina_irina@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-27-92; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5017-8232>).

Эйфельд Дарья Александровна – кандидат биологических наук, заместитель директора по общим вопросам (e-mail: eisfeld@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 236-77-06; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0442-9010>).

Проведенные исследования показывают, что на здоровье современных школьников, в том числе развитие нервно-психических нарушений, существенное негативное влияние оказывают такие факторы образовательной среды, как увеличение и интенсификация учебной нагрузки, гигиенически неоптимальный режим обучения, нерациональное применение информационных ресурсов, расширение спектра дополнительного образования, низкая двигательная активность и т.п. [10–14]. Согласно данным ряда авторов [15–17], информатизация учебного процесса, особенно у младших школьников, приводит к снижению умственной работоспособности, способствует выраженному утомлению, повышает уровень тревожности, замедляет интеллектуальное развитие.

Школьный возраст характеризуется напряженностью процессов роста и развития ребенка, особенно адаптационно-приспособительных систем организма, ведущая роль среди которых принадлежит центральной нервной системе [14, 17–21]. По данным психофизиологических исследований для детей школьного возраста характерна пластичность протекания нервных процессов, что проявляется особенностями сенсомоторного реагирования на психоэмоциональные нагрузки [21–24]. Известно, что в 7–10 лет происходит интенсивное развитие мозговых эффекторных механизмов высокоспециализированных движений, произвольного управления информационными процессами [23, 25–26]. С началом полового созревания совершенствуется интеграция афферентных и эфферентных сигналов в центральных структурах мозга, возрастает познавательная активность, формируется абстрактное мышление [27–29]. Современная организация учебного процесса, не соответствующая психофизиологическим возможностям организма ребенка, способствует развитию нарушений нервной регуляции, когнитивных функций, напряжению адаптационных механизмов, что приводит к повышенной тревожности и утомляемости, снижению работоспособности, падению успеваемости и формированию психосоматической патологии [21, 22, 30–32].

Таким образом, изучение развития нарушений со стороны нервной системы в период школьного обучения является актуальным, особенно в общеобразовательных учреждениях со специализированными учебными программами.

Цель исследования – изучить возрастные особенности развития патологии нервной системы у учащихся гимназии.

Материалы и методы. Для изучения особенностей формирования патологии нервной системы школьников проведено клиническое обследование

150 детей (43,4 % мальчиков и 56,6 % девочек), обучающихся в МАОУ «Гимназия № 6» г. Перми, из них в группу А вошли 94 ученика начальной школы (средний возраст $8,85 \pm 0,34$ г.), группа Б включала 56 учащихся средних классов (средний возраст $12,82 \pm 0,26$ г.). Группы исследования формировались методом случайной выборки и были сопоставимы по социальным показателям и половому составу ($p = 0,17–0,89$). Критерием исключения из исследования было наличие на момент осмотра у ребенка острого респираторного заболевания, обострения хронической соматической патологии или органической патологии нервной системы.

Проведенное клиническое обследование соответствовало этическим принципам Хельсинкской декларации (с изменениями и дополнениями 2008 г.) и Национальному стандарту РФ ГОСТ-Р 52379-2005 «Надлежащая клиническая практика» (ICH E6 GCP) и было одобрено этическим комитетом ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (протокол № 3, 2020 г.). Добровольное информированное согласие законных представителей детей было получено перед началом исследования.

Для изучения образовательной деятельности гимназии выполнена гигиеническая оценка режима учебного процесса на соответствие требованиям¹ (учебные программы, расписание уроков одной типовой рабочей недели и перемен, используемые при обучении детей).

Всем детям проведено медико-социальное анкетирование, клиническое обследование врачами-специалистами (педиатр, невролог) с анализом медицинской карты ребенка для образовательных учреждений (форма № 026/у-2000), лабораторная диагностика (общеклинический и биохимический анализы крови, исследование содержания в крови нейромедиаторов – адреналина, норадреналина, дофамина, серотонина, ацетилхолина; гормона стресса – кортизола; нейротропных факторов – цилиарного нейротрофического фактора, нейрегулина-1β, фактора некроза опухоли, трансмембранного рецепторного белка человека). Исследования выполнены по стандартным методикам, изменения полученных лабораторных показателей оценивались по возрастным физиологическим нормам.

Для изучения особенностей рефлекторной реакции у детей использован реакционный тест (RT) с оценкой времени реакции и времени моторной реакции, выполненный на компьютерной системе Vienna Test System. При проведении теста ребенку предъявляли световые и / или звуковые раздражители.

¹ СП 2.4.3648-20. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи / утв. главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 28.09.2020 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/566085656> (дата обращения: 23.08.2021); СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания / утв. главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 28.01.2021 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 23.08.2021).

ли. При представлении конкретного раздражителя респондент должен был нажимать клавишу и возвращать палец на клавишу покоя. Интерпретация данных проводилась по среднему времени реакции (время с момента представления раздражителя до начала ответного механического движения, мс), показателю дисперсии времени реакции (стандартное отклонение времени реакции, мс), среднему времени моторной реакции (время с момента начала ответного механического движения до нажатия на клавишу реакции, мс), показателю дисперсии времени моторной реакции (стандартное отклонение времени моторной реакции, мс).

Для исследования исполнительных психических функций проведен STROOP-тест на компьютерной системе Vienna Test System. Вначале оценивались базовые линии чтения и наименования путем нажатия соответствующей цветной клавиши. Затем выполнялись задания «условие интерференции чтения» (нажатие на клавишу цвета, которое обозначает слово) и «условие интерференции наименования» (нажатие на клавишу цвета, которым написано слово). Интерпретация результатов теста проводилась по следующим переменным: склонность к интерференции при чтении и при наименовании (разность времени реакции базовой линии и времени реакции в условиях интерференции, с), а также медианам времени реакций (с) и количеству неверных реакций.

Статистический анализ результатов исследования осуществлялся стандартными методами описательной статистики. Проведен расчет относительного риска (RR) формирования патологии нервной системы, отношения шансов (OR) и их 95%-ных доверительных интервалов (CI), достоверность нижней границы которых превышала 1,0. Установление причинно-следственных связей выполнено путем математического моделирования методом однофакторного дисперсионного анализа с оценкой критерия Фишера (F), коэффициента детерминации (R^2) и t -критерия Стьюдента при уровне статистической значимости $p \leq 0,05$ [30].

Результаты и их обсуждение. Гигиеническая оценка режима образовательной деятельности показала, что обучение детей в гимназии осуществлялось в первую смену, при этом академический час составлял 45 мин, в том числе в первых классах (требование – не более 40 мин). Длительность малых перемен соответствовала гигиеническим нормативам (10–15 мин), кроме последней перемены между седьмым и восьмым уроками, которая была сокращена до 5 мин. Продолжительность больших перемен составила 20 мин в соответствии с гигиеническими нормативами (п. 3.4.16 СП 2.4.3648-20²).

Анализ учебного расписания гимназии показал, что недельная аудиторная нагрузка в начальных классах включала 22–26 академических часов. При этом в первых классах при пятидневной учебной неделе она превышала на один час максимальную допустимую нагрузку согласно санитарным требованиям (п. 3.4.16 СП 2.4.3648-20¹). В основной школе недельная аудиторная нагрузка достигала максимальной допустимой при шестидневной учебной неделе в 7-х классах (35 академических часов), в 8-х классах была выше регламентированных 37 академических часов. В то же время количество изучаемых предметов в течение дня в средних классах соответствовало гигиеническим требованиям и не превышало семь уроков (п. 3.4.16 СП 2.4.3648-20³).

Следует отметить, что в гимназии не всегда соблюдалось чередование и время проведения различных по сложности предметов в течение учебного дня, а также в течение недели. В средней школе допускалось проведение сдвоенных уроков по изучению одного предмета, что способствовало быстрому утомлению школьников. Оценка шкалы трудности школьных предметов показала, что наибольший объем учебной нагрузки в начальных классах приходился на среду (29–31 баллов), а облегченными днями являлись либо понедельник (19 баллов), либо вторник (21 балл) вместо четверга или пятницы, когда происходит снижение работоспособности учащихся. В 6–7-х классах недельная учебная нагрузка также не соответствовала оптимальному уровню умственной работоспособности: максимальный объем нагрузки приходился на четверг–пятницу (в 8-х классах – 51–56 баллов), а облегченным днем была суббота (18–20 баллов). Уроки физической культуры в гимназии проводились в объеме максимальной допустимой недельной нагрузки, однако допускалось наличие занятия в начале учебного дня, после которого следовали уроки с письменными заданиями (п. 3.4.16 СП 2.4.3648-20⁴).

Изучение времени использования технических средств обучения в гимназии показало, что интерактивная доска (SMART Board SBD600 series) применялась на всех предметах, кроме физической культуры. Продолжительность обучения с использованием SMART Board SBD600 series соответствовала гигиеническим нормативам и составляла в начальной школе от 3 до 20 мин (медианное время – 11,75 мин), в основной школе от 5 до 20 мин (медианное значение – 12,5 мин). Однако на уроке изобразительного искусства интерактивная доска была задействована на протяжении всего занятия, превышая норматив-

² СП 2.4.3648-20. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи / утв. главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 28.09.2020 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/566085656> (дата обращения: 23.08.2021).

³ Там же.

⁴ Там же.

ную продолжительность использования в 1,5–1,8 раза в разных классах (СанПиН 1.2.3685-21⁵).

При проведении анкетирования выявлено, что учреждения дополнительного образования посещали практически все младшие школьники (95,9 %), в отличие от гимназистов средних классов (60,7 %, $p = 0,0001$), при этом каждый второй гимназист в исследуемых группах ходил в спортивную секцию (54 % в группе А и 50 % в группе Б, $p = 0,72$). В художественной школе занимались 19,2 % детей начальной школы (против 3,6 % в группе Б, $p = 0,046$), а секцию шахмат посещали только дети 1–4-х классов (16,4 %). Следует отметить, что дополнительные домашние задания выполняли в 1,3 раза чаще учащиеся начальных классов (41,1 против 32,1 % в группах А и Б соответственно, $p = 0,41$).

Сравнительный анализ частоты встречаемости жалоб показал, что у гимназистов 1–4-х классов достоверно чаще отмечались повышенная утомляемость, слабость (24,7 против 7,1 % в группах А и Б, $p = 0,046$), плаксивость, перепады настроения (47,9 и 25 % соответственно, $p = 0,037$). Школьники средних классов жаловались на нарушение сна (39,3 против 19,2 % в группе А, $p = 0,034$), головные боли (39,3 и 13,7 % соответственно, $p = 0,004$), учащенное сердцебиение (32,1 и 9,6 % соответственно, $p = 0,005$).

Клиническое обследование гимназистов показало, что патология нервной системы встречалась в 1,5 раза чаще у младших школьников (62,8 против 42,9 % в средних классах, $p = 0,018$). В структуре этого класса болезней у гимназистов 1–4-х классов в 55,4 % случаев диагностировался астеноневротический, неврозоподобный синдром (против 25 % в средней школе, $p = 0,012$), в средней школе в 1,6 раза чаще регистрировалось расстройство вегетативной нервной системы (66,7 и 42,9 % – в начальной школе, $p = 0,03$). Установлено, что вероятность возникновения астеноневротического и неврозоподобного синдрома в 2,2 раза выше у младших школьников гимназии ($RR = 2,21$; CI : 1,06–4,60),

а вегетативной дисфункции – в 1,6 раза у детей средних классов ($RR = 1,56$; CI : 1,03–2,35).

Исследование уровня кортизола в крови, являющегося гормоном стресса, не выявило значимых различий между показателями сравниваемых групп (табл. 1).

Среднее содержание нейромедиаторов в крови обследованных детей находилось в физиологических пределах, за исключением уровня ацетилхолина, и не имело различий между сравниваемыми группами ($p = 0,06–0,97$). Средние показатели ацетилхолина в группах были в 1,4 раза достоверно ниже физиологического норматива ($p < 0,05$). Сниженные значения ацетилхолина регистрировались в 1,4 раза значимо чаще у школьников группы Б (92 против 66,7 % в группе А, $p = 0,05$). Следует отметить, что повышенное содержание в крови серотонина, являющегося тормозным нейромедиатором, отмечалось у 29,2 % младших школьников, что было в 1,6 раза чаще, чем в группе Б (18,5 %, $p = 0,31$). Получена достоверная причинно-следственная связь развития астеноневротического синдрома при повышении содержания серотонина в крови ($b_0 = -2,47$; $b_1 = 0,009$; $R^2 = 0,51$; $F = 62,37$; $p = 0,0001$).

Оценка нейротропных факторов (см. табл. 1) показала, что уровень цилиарного нейротрофического фактора (CNTF), способствующего дифференровке развивающихся нейронов и глиальных клеток, находился в пределах нормативных значений и был в 1,2 раза выше у детей группы А ($p = 0,046$). Среднее значение нейрегулина-1β (NRG-1β), белка, участвующего в процессах нейронального развития и создании нервно-мышечных синапсов, у школьников средних классов было в 1,2 раза ниже физиологического норматива ($p = 0,31$) и в 1,8 раза – показателя детей группы А ($p = 0,017$). При этом низкие значения NRG-1β регистрировались у 58,3 % школьников группы Б, что в 1,9 раза чаще, чем в группе А (31,2 %, $p = 0,02$). Установлено, что шансы снижения уровня нейрегулина-1β были в 3,1 раза выше у детей средних классов ($OR = 3,08$; CI : 1,17–8,11).

Таблица 1

Лабораторные показатели у обследованных детей, $M \pm m$

Показатель	Нормативные значения	Группа А	Группа Б	Достоверность различий между группами
Кортизол, нмоль/см ³	140–600	207,41 ± 15,75	199,09 ± 21,86	0,59
Серотонин, нг/мл	70–270	222,83 ± 31,02	179,96 ± 34,39	0,06
Дофамин, пг/см ³	10–100	53,93 ± 5,49	50,30 ± 6,91	0,32
Норадреналин, пг/см ³	70–600	298,08 ± 45,65	334,41 ± 42,12	0,25
Адреналин, пг/см ³	10–100	54,43 ± 4,37	54,31 ± 5,92	0,97
Ацетилхолин, пг/мл	28,43–57,49	19,67 ± 5,93*	20,00 ± 8,84*	0,94
CNTF, пг/мл	0–27	0,26 ± 0,04	0,21 ± 0,02	0,046
NRG-1β, пг/мл	32–432	49,94 ± 10,84	27,43 ± 8,24	0,017
TWEAK, пг/мл	425–925	564,64 ± 35,79	431,19 ± 54,77	0,0001
NOTCH-1, пг/мл	50–130	69,92 ± 19,55	72,22 ± 18,44	0,68

Примечание: * – достоверность различий с нормативными значениями ($p < 0,05$).

⁵ СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания / утв. главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 28.01.2021 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 23.08.2021).

Таблица 2

Показатели RT-теста у обследованных детей, $M \pm m$

Показатель	Группа А	Группа Б	Достоверность различий между группами
Среднее время реакции, мс	581,42 ± 38,97	473,4 ± 56,31	0,0017
Степень рассеивания времени реакции, мс	106,79 ± 19,42	71,1 ± 11,97	0,0023
Среднее моторное время, мс	251,87 ± 25,27	217,4 ± 60,11	0,25
Степень рассеивания моторного времени, мс	42,33 ± 8,18	35,3 ± 11,71	0,29

Таблица 3

Показатели STROOP-теста у обследованных детей, $M \pm m$

Показатель	Группа А	Группа Б	Достоверность различий между группами
Время обработки всех частей текста, с	10,29 ± 0,99	7,59 ± 0,39	0,0007
Интерференционная склонность при назывании, с	0,23 ± 0,08	0,09 ± 0,06	0,022
Интерференционная склонность при чтении, с	0,34 ± 0,09	0,19 ± 0,13	0,06
Медиана времен реакции при назывании 1, с	0,88 ± 0,06	0,70 ± 0,06	0,0004
Медиана времен реакции при назывании 2, с	1,11 ± 0,13	0,79 ± 0,07	0,0017
Медиана времен реакции при чтении 1, с	0,94 ± 0,07	0,79 ± 0,08	0,014
Медиана времен реакции при чтении 2, с	1,29 ± 0,13	0,98 ± 0,08	0,0048

Несмотря на то что среднее содержание TWEAK, активирующего рост клеток и ангиогенез, в обследованных группах находилось в пределах физиологических нормативов, у 45,8 % детей группы Б выявлены сниженные значения показателя, что в 3,7 раза чаще соответствующих данных детей начальных классов (12,5 %, $p = 0,001$). При этом отношение шансов низких уровней TWEAK у учеников средней школы было в 6,4 раза выше ($OR = 6,42$; CI : 2,13–19,35). Получена достоверная причинно-следственная связь развития заболеваний нервной системы с повышением содержания TWEAK в сыворотке крови ($b_0 = -1,41$; $b_1 = 0,0026$; $R^2 = 0,13$; $F = 8,60$; $p = 0,005$). Показатель трансмембранного рецепторного белка NOTCH-1, регулирующий пролиферацию и дифференцировку клеток нейроглии и арборизацию нейронов, не имел значимых различий между сравниваемыми группами. Однако частота регистрации низкого содержания NOTCH-1 в крови у детей группы А (41,9 %) была в 1,7 раза выше, чем в группе Б (25 %, $p = 0,07$). Выявлена достоверная причинно-следственная связь развития патологии нервной системы, астеноневротического синдрома со снижением уровня NOTCH-1 в сыворотке крови ($b_0 = -0,56$ – $0,43$; $b_1 = -0,0061$ – $-0,0078$; $R^2 = 0,40$ – $0,48$; $F = 52,54$ – $68,68$; $p = 0,0001$). В целом полученные данные отражают неравномерность развития структурно-функциональной организации мозга, являющейся нейрофизиологической основой когнитивной деятельности в различные возрастные периоды.

Оценка сенсомоторной деятельности показала, что среднее время реакции и показатель его дисперсии были достоверно в 1,2–1,5 раза выше у гимназистов начальной школы ($p = 0,0017$ – $0,0023$), что свидетельствует о замедленной скорости восприятия визуально-звукового раздражителя и утомляемости афферентной реакции (табл. 2).

По времени и утомляемости ответной моторной реакции на раздражитель не выявлено значимых различий между сравниваемыми группами ($p = 0,25$ – $0,29$).

Анализ результатов исследования исполнительных когнитивных функций показал, что скорость чтения и распознавания цвета в целом была в 1,4 раза выше у гимназистов средних классов ($p = 0,0007$).

При сравнении значений базовых линий при назывании и чтении выявлено снижение в 1,2 раза показателей у обучающихся в средних классах ($p = 0,0004$ – $0,014$), что может быть связано у них с быстротой и автоматизацией процесса обработки соответствующей информации.

Установлено, что интерференционная склонность при чтении была в 1,8 раза выше у детей начальной школы ($p = 0,06$), что обусловлено снижением скорости переработки информации в ситуации когнитивного конфликта. Высокая склонность к интерференции при назывании у гимназистов группы А, в отличие от учеников группы Б ($0,23 \pm 0,08$ и $0,09 \pm 0,06$ с соответственно, $p = 0,022$), свидетельствовала о трудностях в переходе от вербальных функций к сенсорно-перцептивным в силу низкой степени их автоматизации. Полученные данные характеризуют ригидность когнитивного контроля и слабую автоматизацию познавательных функций у младших школьников, что может быть связано с физиологическими особенностями протекания нервных процессов в этом возрасте.

Выводы:

1. Неблагоприятными факторами, способствующими формированию патологии нервной системы у гимназистов, являются увеличение недельной учебной нагрузки, нерациональное распределение предметов при недельной и дневной аудиторной нагрузке в расписании уроков, продолжительное время использования интерактивной доски на занятии.

2. Патология нервной системы встречается у большинства детей начальной школы и у 42,9 % гимназистов средних классов, при этом риск развития астеноневротического и неврозоподобного синдрома выше в 2,2 раза у младших школьников,

а вегетативной дисфункции – в 1,6 раза у обучающихся в средней школе.

3. У каждого второго ученика начальной школы формируется астеноневротический синдром, проявляющийся повышенной утомляемостью, слабостью, плаксивостью, перепадами настроения и обусловленный снижением уровня трансмембранного рецепторного белка NOTCH-1, ацетилхолина и повышением содержания серотонина в крови.

4. Расстройства вегетативной регуляции у гимназистов средних классов характеризуются нарушением сна, головной болью, учащенным сердцебиением и сопровождаются снижением нейрегулина-1β, фактора некроза опухоли в крови.

5. По результатам нейропсихологического тестирования установлено, что для младших школьников характерно снижение скорости восприятия ви-

зуально-звукового раздражителя, развитие утомляемости афферентной реакции, а также ригидность когнитивного контроля и слабая автоматизация познавательных функций.

6. К возрастным особенностям риска развития патологии нервной системы у младших школьников следует отнести пластичность нервных процессов в виде замедленного развития нервных клеток и увеличения тормозных механизмов в мозге, у детей средних классов – несовершенство синаптической передачи в нейронах мозга.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Состояние здоровья детей и подростков и факторы, влияющие на его формирование / В.Н. Лучанинова, М.М. Цветкова, Л.В. Веремчук, Е.В. Крукович, И.Д. Мостовая // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 6. – С. 561–568. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-6-561-568
2. Популяционное здоровье детского населения, риски здоровью и санитарно-эпидемиологическое благополучие обучающихся: проблемы, пути решения, технологии деятельности / В.Р. Кучма, Л.М. Сухарева, И.К. Рапопорт, Е.И. Шубочкина, Н.А. Скоблина, О.Ю. Милушкина // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 10. – С. 990–995. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-10-990-995
3. Зайцева Н.В., Устинова О.Ю. Риск-ориентированные нарушения здоровья детей и подростков: оценка, профилактика, коррекция // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2016. – № 1. – С. 20–31.
4. Рязанкина М.Ф., Костромина С.А., Васильева Ж.Б. Школьная медицина: итоги и перспективы развития научного направления // Дальневосточный медицинский журнал. – 2020. – № 3. – С. 124–130. DOI: 10.35177/1994-5191-2020-3-124-129
5. Синельников И.Ю. Состояние здоровья российских школьников: факторы влияния, риски, перспективы // Наука и школа. – 2016. – № 3. – С. 155–164.
6. Сизова Н.Н., Исмагилова Ю.Д. Анализ состояния здоровья современных школьников // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – Т. 95, № 5–3. – С. 133–137. DOI: 10.23670/IRJ.2020.95.5.109
7. Порецкова Г.Ю., Печуров Д.В., Рапопорт И.К. К вопросу о систематизации школьно-обусловленной патологии // Здоровье населения и среда обитания. – 2018. – Т. 302, № 5. – С. 30–34. DOI: 10.35627/2219-5238/2018-302-5-30-34
8. Теплер Е.А., Таранушенко Т.Е., Гришкевич Н.Ю. Особенности формирования «школьной» патологии в течение десяти лет обучения // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2013. – Т. 9, № 1. – С. 101–106.
9. Риск-ассоциированные нарушения состояния здоровья учащихся младших классов школьных образовательных организаций с повышенным уровнем интенсивности и напряженности учебно-воспитательного процесса / Н.В. Зайцева, О.Ю. Устинова, К.П. Лукецкий, О.А. Маклакова, М.А. Землянова, О.В. Долгих, С.В. Клейн, Н.В. Никифорова // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 1. – С. 66–83. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.08
10. Оценка приоритетных факторов риска здоровья городских школьников / Т.В. Бадеева, Е.С. Богомолова, Н.А. Матвеева, М.В. Шапошникова, Н.В. Котова, Е.А. Олюшина, М.В. Ашина, С.Н. Ковальчук [и др.] // Здоровье населения и среда обитания. – 2016. – Т. 276, № 3. – С. 42–47.
11. Оценка риска здоровья обучающихся общеобразовательных учреждений, обусловленного факторами среды обитания / И.Ю. Тармаева, Н.В. Ефимова, С.С. Ханжарев, О.Г. Богданова // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2015. – Т. 136, № 5. – С. 105–108.
12. Сетко И.М., Сетко Н.П. Современные проблемы состояния здоровья школьников в условиях комплексного влияния факторов среды обитания // Оренбургский медицинский вестник. – 2018. – Т. 6, № 2 (22). – С. 4–13.
13. Особенности нервно-психического статуса и качества жизни детей и подростков как результат воздействия факторов риска образовательной среды / А.Г. Сетко, Е.А. Терехова, А.В. Тюрин, М.М. Мокеева // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 2. – С. 62–69. DOI: 10.21668/health.risk/2018.2.07
14. Ткачук Е.А., Мильникова И.В., Ефимова Н.В. Гигиеническая оценка напряженности учебного труда школьников // Экология человека. – 2014. – № 6. – С. 20–24.
15. Уланова С.А., Степанова М.И. Профилактические возможности технологий обучения младших школьников в условиях активной сенсорно-развивающей среды // Здоровье населения и среда обитания. – 2018. – Т. 305, № 8. – С. 39–43. DOI: 10.35627/2219-5238/2018-305-8-39-43
16. Саньков С.В., Кучма В.Р. Гигиеническая оценка влияния на детей факторов современной информационно-образовательной среды школ // Вестник новых медицинских технологий: электронное издание. – 2019. – № 3. – С. 98–103. DOI: 10.24411/2075-4094-2019-16380
17. Кучма В.Р., Ткачук Е.А., Тармаева И.Ю. Психофизиологическое состояние детей в условиях информатизации их жизнедеятельности и интенсификации образования // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 12. – С. 1183–1188. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-12-1183-1188
18. Войтович А.А. Научное обоснование влияния образовательной среды на адаптационные процессы организма подростков // Санитарный врач. – 2020. – № 1. – С. 54–59. DOI: 10.33920/med-08-2001-07
19. Сетко Н.П., Булычева Е.В., Бейлина Е.Б. Функциональное состояние организма младших школьников при различных формах организации учебного дня // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2013. – № 1. – С. 18–21.
20. Лапонова Е.Д. Гигиеническая оценка умственной работоспособности и эмоционального состояния учащихся разного пола 5–9-х классов на уроках с разной временной продолжительностью использования персонального компьютера // Здоровье населения и среда обитания. – 2018. – Т. 305, № 8. – С. 31–38. DOI: 10.35627/2219-5238/2018-305-8-31-38
21. Кондакова О.Э., Шилов С.Н., Кирко В.И. Психофизиологические и адаптивные характеристики детей и подростков, проживающих на Крайнем Севере // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 312–322. DOI: 10.17516/1997-1389-0028
22. Тухтаева О.Т., Алимова А.В., Каримова М.Н. Психофизиологическое состояние школьников на переходных этапах обучения // Педиатрия. – 2011. – Т. 90, № 2. – С. 131–134.
23. Вергунова У.Е. Анализ проблемы: пластичность нервных процессов, интеллектуальная деятельность и успешность обучения школьников // Вестник психофизиологии. – 2015. – № 4. – С. 44–59.
24. Ахутина Т.В., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. Возрастная динамика когнитивных функций у младших школьников с дефицитом регуляции активности // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2014. – Т. 98, № 4. – С. 7–10.
25. Development of the updating executive function: From 7-year-olds to young adults / N. Carriedo, A. Corral, P.M. Montoro, L. Herrero, M. Rucian // Dev. Psychol. – 2016. – Vol. 52, № 4. – P. 666–678. DOI: 10.1037/dev0000091
26. Development of cognitive control and executive functions from 4 to 14 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition and task switching / M.C. Davidson, D. Amso, L.C. Anderson, A. Diamond // Neuropsychologia. – 2006. – Vol. 44, № 11. – P. 2037–2078. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2006.02.006
27. Смирнова В.С., Мальцев В.П. Гендерные особенности пластичности нервных процессов младших подростков 11–13 лет // Новые исследования. – 2016. – Т. 46, № 1. – С. 37–45.
28. Fernandes D., Carvalho A. Mechanisms of homeostatic plasticity in the excitatory synapse // J. Neurochem. – 2016. – Vol. 139, № 6. – P. 973–996. DOI: 10.1111/jnc.13687

29. Пизова Н.В. Когнитивные нарушения в детском возрасте при некоторых неврологических заболеваниях // Медицинский совет. – 2012. – № 7. – С. 86–91.
30. Зорина И.Г. Донозологические нервно-психические заболевания у школьников и их связь с экологическими факторами // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2012. – Т. 67, № 7. – С. 30–34. DOI: 10.15690/vrnam.v67i7.337
31. Актуальные неврологические проблемы подростков / В.Ф. Прусаков, Е.А. Морозова, В.И. Марулина, Д.В. Морозов, О.В. Князева // Практическая медицина. – 2012. – Т. 62, № 7–1. – С. 147–150.
32. Агрис А.Р., Ахутина Т.В. Регуляция активности у детей с трудностями обучения по данным нейропсихологического обследования // Национальный психологический журнал. – 2014. – Т. 16, № 4. – С. 64–78. DOI: 10.11621/npj.2014.0407

Возрастные аспекты риска развития патологии нервной системы у учащихся гимназии / О.А. Маклакова, С.Л. Валина, И.Е. Штина, Д.А. Эйфельд // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 4. – С. 74–81. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.08

UDC 613.955: 612.821

DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.08.eng



Research article

AGE-RELATED ASPECTS IN RISK OF DEVELOPING NERVOUS SYSTEM PATHOLOGY IN GYMNASIUM STUDENTS

O.A. Maklakova^{1,2}, S.L. Valina¹, I.E. Shtina¹, D.A. Eisfeld¹

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

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

Growing neuropsychic disorders caused by intensified educational process are a peculiar feature of schoolchildren's health at present.

Our research aim was to examine age-related peculiarities in risks of developing nervous system pathology in schoolchildren attending a gymnasium.

We performed clinical examination of 94 children in primary school (Group A) and 56 children in middle school (Group B) who attended a gymnasium. The examination included determining contents of neuromediators and neurotrophic factors in blood, neuro-psychological computer testing (reaction test and STROOP-test). Educational activities were evaluated to determine whether the educational process conformed to hygienic standards. Statistical data analysis involved determining relative risk and odds ratio as well as establishing cause-effect relations.

Hygienic assessment of educational activities revealed several adverse factors that made for developing disorders of the nervous system. They included growing weekly educational loads, irrational distribution of school subjects in schedules, and too long use of interactive whiteboards during lessons. We established that nervous system pathology was already developing in 62.8 % children in primary school and 42.9 % children in middle school. We also revealed that asthenoneurotic syndrome and neurosis-like syndrome were by 2.2 times more probable among primary schoolchildren whereas vegetative dysfunction was by 1.6 times more probable among middle school children. Asthenoneurotic syndrome in primary school children was accompanied with lower NOTCH-1 levels in 41.9 % cases; lower acetylcholine content in blood, in 66.7 %; greater serotonin content in blood, in 29.2 %. The disorder became apparent through increased fatigability and weakness, as well as children being too whiny and moody. Middle school children had by 3.1–6.4 times higher risks of lower neuregulin-1 β and tumor necrosis factor contents in blood; developing vegetative dysfunctions in them were accompanied with sleeping disorders, headaches, and palpitation. Primary school children were established to have slower perception of a visual and sound stimulus, developing fatigue of kinesthetic reactions as well as rigid cognitive control and poorly automated gnostic functions.

Key words: schoolchildren, gymnasium, educational activities, nervous system pathology, neuromediators, neurotrophic factors, neuro-psychological testing.

© Maklakova O.A., Valina S.L., Shtina I.E., Eisfeld D.A., 2021

Olga A. Maklakova – Doctor of Medical Sciences, Head of the Consulting and Polyclinic Department; Associate professor at the Department for Human Ecology and Life Safety (e-mail: olga_mcl@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-80-98; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9574-9353>).

Svetlana L. Valina – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department for Children and Teenagers Hygiene (e-mail: valina@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-27-92; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1719-1598>).

Irina E. Shtina – Candidate of Medical Sciences, Head of the Laboratory for Complex Issues of Children's Health with a Clinical Group dealing with Medical and Preventive Health Risk Management Technologies (e-mail: shtina_irina@mail.ru; tel.: +7 (342) 237-27-92; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5017-8232>).

Darja A. Eisfeld – Candidate of Biological Sciences, Deputy Director responsible for general issues (e-mail: eisfeld@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-77-06; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0442-9010>).

References

1. Luchaninova V.N., Tsvetkova M.M., Veremchuk L.V., Krukovich E.V., Mostovaya I.D. Health state of children and teenagers and factors affecting on its formation. *Gigiena i sanitariya*, 2017, vol. 96, no. 6, pp. 561–568. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-6-561-568 (in Russian).
2. Kuchma V.R., Sukhareva L.M., Rapoport I.K., Shubochkina E.I., Skobolina N.A., Milushkina O.Yu. Population health of children, risks to health and sanitary and epidemiological wellbeing of students: problems, ways of solution and technology of the activity. *Gigiena i sanitariya*, 2017, vol. 96, no. 10, pp. 990–995. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-10-990-995 (in Russian).
3. Zaitseva N.V., Ustinova O.Yu. Risk-associated health disorders in children and teenagers: assessment, prevention, correction. *Voprosy shkol'noi i universitetskoi meditsiny i zdorov'ya*, 2016, no. 1, pp. 20–31 (in Russian).
4. Rzyankina M.F., Kostromina S.A., Vasilieva Zh.B. School medicine: results and perspectives of further scientific research. *Dal'nevostochnyi meditsinskii zhurnal*, 2020, no. 3, pp. 124–130. DOI: 10.35177/1994-5191-2020-3-124-129 (in Russian).
5. Sinelnikov I.Yu. Health status of Russian students: influence factors, risks and perspectives. *Nauka i shkola*, 2016, no. 3, pp. 155–164 (in Russian).
6. Sizova N.N., Ismagilova Yu.D. Health analysis of modern schoolchildren. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, 2020, vol. 95, no. 5–3, pp. 133–137. DOI: 10.23670/IRJ.2020.95.5.109 (in Russian).
7. Poretskova G.Yu., Pechkurov D.V., Rapoport I.K. To the question of systematization of school-related disorders. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2018, vol. 302, no. 5, pp. 30–34. DOI: 10.35627/2219-5238/2018-302-5-30-34 (in Russian).
8. Tepper E.A., Taranushenko T.E., Grishkevich N.Yu. Osobennosti formirovaniya «shkol'noi» patologii v techenie desyati let obucheniya [Features of the formation of “school” pathology during ten years of study]. *Saratovskii nauchno-meditsinskii zhurnal*, 2013, vol. 9, no. 1, pp. 101–106 (in Russian).
9. Zaitseva N.V., Ustinova O.Yu., Luzhetskiy K.P., Maklakova O.A., Zemlyanova M.A., Dolgikh O.V., Kleyn S.V., Nikiforova N.V. Risk-associated health disorders occurring in junior schoolchildren who attend schools with higher stress and intensity of educational process. *Health Risk Analysis*, 2017, no. 1, pp. 66–83. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.08.eng
10. Badeeva T.V., Bogomolova E.S., Matveeva N.A., Shaposhnikova M.V., Kotova N.V., Olushina E.A., Ashina M.V., Koval'chuk S.N. [et al.]. Assessment of priority risk factors to the health of urban schoolchildren. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2016, vol. 276, no. 3, pp. 42–47 (in Russian).
11. Tarmaeva I.Yu., Efimova N.V., Khankhareev S.S., Bogdanova O.G. Assessment of health risks of pupils of educational institutions due to habitat factors. *Sibirskii meditsinskii zhurnal (Irkutsk)*, 2015, vol. 136, no. 5, pp. 105–108 (in Russian).
12. Setko I.M., Setko N.P. Modern problems of health status of schoolchildren in conditions of integrated influence of factors of environment. *Orenburgskii meditsinskii vestnik*, 2018, vol. 6, no. 2 (22), pp. 4–13 (in Russian).
13. Setko A.G., Terekhova E.A., Tyurin A.V., Mokeeva M.M. Peculiarities of neuro-psyche state and life quality of children and teenagers formed under influence exerted by risk factors existing in educational environment. *Health Risk Analysis*, 2018, no. 2, pp. 62–69. DOI: 10.21668/health.risk/2018.2.07.eng
14. Tkachuk E.A., Mylnikova I.V., Efimova N.V. Hygienic assessment of schoolchildren's learning labour intensity. *Ekologiya cheloveka*, 2014, no. 6, pp. 20–24 (in Russian).
15. Ulanova S.A., Stepanova M.I. Preventive possibilities of younger schoolchildren teaching technology in the conditions of active sensory-developing environment. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2018, vol. 305, no. 8, pp. 39–43. DOI: 10.35627/2219-5238/2018-305-8-39-43 (in Russian).
16. Sankov S.V., Kuchma V.R. Hygienic assessment of the impact of the modern schools' electronic information-educational environment on children. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. Elektronnoe izdanie*, 2019, no. 3, pp. 98–103. DOI: 10.24411/2075-4094-2019-16380 (in Russian).
17. Kuchma V.R., Tkachuk E.A., Tarmaeva I.Yu. Psychophysiological state of children in conditions of informatization of their life activity and intensification of education. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 12, pp. 1183–1188. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-12-1183-1188 (in Russian).
18. Voytovich A.A. Scientific substantiation of the influence of educational environment on adaptive processes in the body of adolescents. *Sanitarnyi vrach*, 2020, no. 1, pp. 54–59. DOI: 10.33920/med-08-2001-07 (in Russian).
19. Setko N.P., Bulychева E.V., Beilina E.B. Functional state of primary schoolchildren in different forms of organization of the school day. *Voprosy shkol'noi i universitetskoi meditsiny i zdorov'ya*, 2013, no. 1, pp. 18–21 (in Russian).
20. Laponova E.D. Hygienic assessment of mental performance and emotional state of schoolchildren of different gender of 5–9 grades in lessons with different time duration of use a personal computer. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2018, vol. 305, no. 8, pp. 31–38. DOI: 10.35627/2219-5238/2018-305-8-31-38 (in Russian).
21. Kondakova O.E., Shilov S.N., Kirko V.I. Psychophysiological and adaptive characteristics of children and teenagers living in the Far North. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya: Biologiya*, 2017, vol. 10, no. 3, pp. 312–322. DOI: 10.17516/1997-1389-0028 (in Russian).
22. Tukhtaeva O.T., Alimova A.V., Karimova M.N. Psikhofiziologicheskoe sostoyanie shkol'nikov na perekhodnykh etapakh obucheniya [The psychophysiological state of schoolchildren at the transitional stages of education]. *Pediatrics*, 2011, vol. 90, no. 2, pp. 131–134 (in Russian).
23. Vergunova U.E. Problem analysis: the plasticity of nervous processes, intellectual activity and success of teaching students. *Vestnik psikhofiziologii*, 2015, no. 4, pp. 44–59 (in Russian).
24. Akhutina T.V., Korneev A.A., Matveeva E.Yu. Age-dependent dynamics of cognitive functions in primary schoolchildren with deficit of arousal regulation. *Byulleten' VSNtS SO RAMN*, 2014, vol. 98, no. 4, pp. 7–10 (in Russian).
25. Carriedo N., Corral A., Montoro P.M., Herrero L., Rucian M. Development of the updating executive function: From 7-year-olds to young adults. *Dev. Psychol.*, 2016, vol. 52, no. 4, pp. 666–678. DOI: 10.1037/dev0000091
26. Davidson M.C., Amso D., Anderson L.C., Diamond A. Development of cognitive control and executive functions from 4 to 14 years: evidence from manipulations of memory, inhibition and task switching. *Neuropsychologia*, 2006, vol. 44, no. 11, pp. 2037–2078. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2006.02.006
27. Smirnova V.S., Mal'tsev V.P. Gendernye osobennosti plastichnosti nervnykh protsessov mladshikh podrostkov 11–13 let [Gender characteristics of nervous processes plasticity in children aged 11–13]. *Novye issledovaniya*, 2016, vol. 46, no. 1, pp. 37–45 (in Russian).
28. Fernandes D., Carvalho A. Mechanisms of homeostatic plasticity in the excitatory synapse. *J. Neurochem.*, 2016, vol. 139, no. 6, pp. 973–996. DOI: 10.1111/jnc.13687
29. Pizova N.V. Cognitive impairments in children with certain neurological diseases. *Meditsinskii sovet*, 2012, no. 7, pp. 86–91 (in Russian).
30. Zorina I.G. Prenatological neuro-psychiatric disorders among schoolchildren and their relationship to environmental factors. *Vestnik RAMN*, 2012, vol. 67, no. 7, pp. 30–34. DOI: 10.15690/vramn.v67i7.337 (in Russian).
31. Prusakov V.F., Morozova E.A., Marulina V.I., Gamirova R.G., Morozov D.V. Actual neurological problems of adolescents. *Prakticheskaya meditsina*, 2012, vol. 62, no. 7–1, pp. 147–150 (in Russian).
32. Agris A.R., Akhutina T.V. Regulating activity in children with learning disabilities: neuropsychological testing data. *Natsional'nyi psikhologicheskii zhurnal*, 2014, vol. 16, no. 4, pp. 64–78. DOI: 10.11621/npj.2014.0407 (in Russian).

Maklakova O.A., Valina S.L., Shtina I.E., Eisfeld D.A. Age-related aspects in risk of developing nervous system pathology in gymnasium students. *Health Risk Analysis*, 2021, no. 4, pp. 74–81. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.08.eng

Получена: 18.09.2021

Принята: 01.12.2021

Опубликована: 30.12.2021

Научная статья

ТИПОЛОГИЗАЦИЯ РОССИЙСКИХ РЕГИОНОВ ПО КОМПЛЕКСУ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ, УЧЕБНО-ВОСПИТАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА И ЗДОРОВЬЯ ШКОЛЬНИКОВ

С.В. Клейн^{1,2}, Д.А. Эйфельд², Н.В. Никифорова²

¹Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера, Россия, 614000, г. Пермь, ул. Петропавловская, 26

²Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

Структура детского населения в разрезе групп здоровья является интегральной характеристикой популяционно-го здоровья населения данной возрастной группы и может выступать критерием для формирования медико-профилактических программ управления демографическими процессами и оценки их эффективности. Нарушение здоровья детского населения является следствием многих причин, включая влияние социально-экономических, санитарно-эпидемиологических факторов, особенностей учебно-воспитательного процесса, характера питания, образа жизни и др. Осуществлена типологизация российских регионов по комплексу факторов среды обитания, учебно-воспитательного процесса и здоровья школьников. Выделение типов регионов рассматривалось как информационная платформа для выработки общих стратегий и механизмов улучшения здоровья детей школьного возраста. Типологизация регионов по группам здоровья показала, что наиболее благоприятная ситуация наблюдается в 31 регионе, наиболее неблагоприятная – лишь в двух. При этом по условиям учебно-воспитательного процесса наиболее благоприятная ситуация сложилась в 55 регионах, в которых дети обучаются в одну смену, наиболее неблагоприятная – в двух субъектах РФ, обучение в которых проходит в две или три смены. Относительное санитарно-эпидемиологическое благополучие отмечается в 20 регионах, 21 регион отнесен к наиболее неблагоприятным по ряду маркерных показателей, характеризующих качество питьевой воды, воздуха, почвы. Анализ социально-экономического состояния регионов показал, что наиболее благоприятными являются лишь три, наименее благоприятными – 28 территорий, объединенных в крупный кластер с наиболее низкими значениями комплекса маркерных показателей: валового регионального продукта на душу населения, величины прожиточного минимума, обеспеченности врачами и медицинскими койками.

Каждый регион отражает картину закономерностей влияния комплекса факторов на формирование здоровья детского населения, что актуализирует необходимость создания маршрутной карты каждого субъекта Федерации с механизмами улучшения ситуации по конкретным направлениям.

Ключевые слова: *детское население, группы здоровья, факторы учебно-воспитательного процесса, санитарно-эпидемиологическое состояние, социально-экономические условия, питание, кластерный анализ.*

Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации и сохранение здоровья граждан является одним из приоритетных направлений деятельности правительства Российской Федерации. Это закреплено в

майском указе президента¹ и программе основных направлений деятельности Правительства Российской Федерации до 2024 г.²

Под особым контролем находятся разделы, посвященные детям. Так, в целях совершенствования

© Клейн С.В., Эйфельд Д.А., Никифорова Н.В., 2021

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

Эйфельд Дарья Александровна – кандидат биологических наук, заместитель директора по общим вопросам (e-mail: eisfeld@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 236-77-06; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0442-9010>).

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>).

¹ О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201805070038> (дата обращения: 13.09.2021).

² Основные направления деятельности Правительства Российской Федерации на период до 2024 года / утв. Председателем Правительства Российской Федерации Д. Медведевым 29 сентября 2018 г. [Электронный ресурс] // Правительство России. – URL: <http://static.government.ru/media/files/ne0vGNJuk9SQjIGNNsXlX2d2CpCho9qS.pdf> (дата обращения: 13.09.2021).

государственной политики в сфере защиты детства Указом президента Российской Федерации 2018–2027 гг. объявлены Десятилетием детства.

В связи с этим актуальным и своевременным является выявление комплекса факторов, влияющих на здоровье детского населения, и разработка системы адекватных мер, направленных на минимизацию их негативного влияния. Важной составляющей Десятилетия детства должна стать реализация пилотного проекта Минздрава России «Современная модель охраны здоровья детей в общеобразовательных организациях (“Школьная медицина”)», предполагающего превращение школьной среды в ресурс для улучшения здоровья каждого обучающегося [1–3].

На фоне общего ухудшения состояния здоровья населения в последние годы все более усугубляется ситуация в детском возрасте, особенно в период обучения [4]. Ряд авторов указывает на существенное увеличение напряжения функциональных возможностей учащихся и высокую физиологическую цену обучения по причине значительного возрастания нагрузок, связанных с интенсификацией обучения в современной школе [5, 6]. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (ст. 40) (в ред. Федерального закона от 10.01.2003 № 15-ФЗ) относит образовательную деятельность к видам деятельности, представляющим потенциальную опасность для человека³. Авторы исследований обращают внимание на то, что степень влияния условий внутри образовательного учреждения на формирование здоровья детей по силе своего воздействия сопоставима даже с такими мощными факторами, как экологические [7]⁴. Международное сообщество рассматривает физическую среду обучения как критически важную для оптимального обучения [8]. По данным ВОЗ и российских ученых [9, 10], от 25 до 40 % вклада в формирование здоровья детей приходится на социально-гигиенические факторы. Многочисленные исследования свидетельствуют о наличии взаимосвязи между санитарно-эпидемиологическим состоянием образовательных учреждений, территорий нахождения образовательных учреждений и отклонениями состояния здоровья школьников [11, 12]. Особо остро влияние сочетанных факторов, таких как химические факторы и факторы образовательного процесса при формировании различных патологий [13–15].

Важнейшим фактором, влияющим на состояние здоровья учащихся, является также питание, как школьное, так и внешкольное, связанное с социаль-

но-экономическим статусом семей учащихся и культурой питания как таковой. Длительные отклонения от так называемого сбалансированного питания приводят к нарушению антропометрических показателей, параметров композиционного состава тела, нарушениям в работе систем организма [16, 17]. Ряд авторов настаивает на возникновении заболеваний в результате нарушения питания не только в детском возрасте, но и на более поздних этапах онтогенеза [18–20].

Таким образом, здоровье детской популяции формируется под влиянием сложного комплекса различных факторов, выявление и управление которыми является актуальной задачей на современном этапе.

Цель исследования – типологизация российских регионов по комплексу факторов среды обитания, учебно-воспитательного процесса и здоровья школьников. Выделение типов регионов рассматривали как информационную платформу для выработки общих стратегий и механизмов улучшения здоровья детей школьного возраста.

Материалы и методы. Для изучения тенденций и направленности влияния факторов среды обитания на распределение детского населения по группам здоровья в настоящем исследовании были использованы методические подходы по типологизации регионов РФ, основанные на проведении кластерного анализа.

Основная идея методологии заключалась в разработке нескольких систем классификации регионов, отражающих территориальную дифференциацию по нескольким комплексам показателей, характеризующим различные социально-экономические, санитарно-эпидемиологические аспекты, факторы образа жизни, оказывающие влияние на здоровье детей, с последующим анализом закономерностей отнесения регионов к различным типам.

В качестве исходных использовали данные ведомственной статистической отчетности Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (форма № 18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта Российской Федерации», форма № 9 «Сведения о санитарно-эпидемиологическом состоянии организаций для детей и подростков»), данные Федеральной службы государственной статистики, сборники Министерства здравоохранения Российской Федерации «Ресурсы и деятельность медицинских организаций здравоохранения».

В рамках настоящего исследования выделены следующие комплексы показателей:

³ О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ (ред. от 02.07.2021) [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. – URL: <https://demo.consultant.ru/cgi/online.cgi?req=doc&cacheid=07D4283DE8ED09967ECA937492134B2B&SORTTYPE=0&BASENODE=32913&ts=159816446406232318219454958&base=RZR&n=389728&md=01A083387EAF08BBF2BDE77748AB9DBB#2w8tu5xmcgm> (дата обращения: 19.09.2021).

⁴ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. – 256 с.

– характеризующие распределение детского населения по группам здоровья (пять показателей: доля детей с I группой здоровья; доля детей со II группой здоровья; доля детей с III группой здоровья, доля детей с IV группой здоровья; доля детей с V группой здоровья);

– характеризующие учебно-воспитательную нагрузку на детей (четыре показателя: количество организаций, занимающихся в первую смену (в %); количество организаций, занимающихся во вторую смену (в %); количество организаций, занимающихся в третью смену (в %); доля детей, посещающих детские и подростковые организации);

– характеризующие социально-экономические условия проживания (семь показателей: валовый региональный продукт на душу населения (рублей); величина прожиточного минимума на душу населения и по основным социально-демографическим группам населения (дети); обеспеченность врачами по гигиене детей и подростков (на 10 тысяч населения); обеспеченность круглосуточными стационарными койками для детей (на 10 тысяч детского населения); обеспеченность педиатрическими койками (на 10 тысяч соответствующего населения) и т.п.);

– характеризующие санитарно-эпидемиологическое состояние территории и условия проживания и обучения (29 показателей: доля несоответствия проб питьевой воды, отобранной в организациях, по санитарно-химическим показателям; доля городского населения, обеспеченного доброкачественной водой; доля городского населения, обеспеченного условно-доброкачественной водой; доля городского населения, обеспеченного недоброкачественной водой; доля несоответствия проб питьевой воды, отобранной в организациях, по микробиологическим показателям и т.п.);

– характеризующие питание детей (11 показателей: доля несоответствия проб готовых блюд по калорийности и химическому составу; доля несоответствия проб готовых блюд по микробиологическим показателям; доля несоответствия проб готовых блюд по содержанию витамина С; доля несоответствия проб готовых блюд по санитарно-химическим показателям; доля общеобразовательных учреждений, имеющих столовую или буфет (в общем числе общеобразовательных учреждений, в процентах) и т.п.).

В рамках проведения исследования была сформирована электронная база данных, включающая значения 56 показателей по пяти комплексам факторов за период с 2010 по 2019 г. При проведении этапа предварительного анализа и подготовки данных были выполнены расчеты относительных показателей и определены среднегодовые значения каждого.

Для каждого комплекса показателей выполнялась процедура кластеризации регионов (субъектов РФ) методом k -средних с применением пакета программ по статистическому анализу данных Statistica 10. В качестве переменных при выполнении процедуры

кластеризации выступали стандартизированные показатели, отнесенные к изучаемым комплексам. Стандартизация показателей позволила исключить влияние масштаба измерения на результаты кластеризации и проводилась по соотношению (1):

$$\tilde{x}_i = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\sigma_i}, \quad (1)$$

где x_i – значение i -го показателя; \bar{x}_i , σ_i – среднее и стандартное отклонение i -го показателя соответственно.

В результате выполнения процедуры по каждому комплексу показателей было получено распределение регионов РФ по четырем типам (кластерам).

Для проведения сравнительной оценки различных типов территорий в рамках отдельных комплексов показателей была разработана система весовых коэффициентов, характеризующих степень негативного влияния показателей в отношении здоровья детского населения. Весовые коэффициенты задавали экспертно, придавая им значения в диапазоне от нуля до единицы. Значения, близкие к нулю свидетельствовали о низкой степени негативного влияния показателя на здоровье детского населения, а значения, близкие к единице, – о высокой степени негативного влияния. Так, для показателей, характеризующих распределение детского населения по группам здоровья, весовые коэффициенты варьировались в диапазоне от 0 до 0,8; показатели, характеризующие учебно-воспитательную нагрузку на детей, – в диапазоне 0,1–0,3; показатели, характеризующие социально-экономические условия проживания, – в диапазоне 0,3–0,6; показатели, характеризующие санитарно-эпидемиологическое состояние территории и условия проживания и обучения, – в диапазоне 0,3–0,6; показатели, характеризующие питание детей, – 0,2–0,7.

Вес кластера для каждого комплекса показателей определялся в виде средневзвешенного значения весовых коэффициентов относительно кластерных средних (2):

$$W_k = \frac{\sum_i \bar{x}_{ki} w_i}{\sum_i \bar{x}_{ki}}, \quad (2)$$

где W_k – весовой коэффициент для k -го кластера; \bar{x}_{ki} – среднее значение i -го показателя для k -го кластера; w_i – весовой коэффициент для i -го показателя.

Полученные в результате расчетов веса кластеров данные выступали в качестве интегральной характеристики степени неблагополучия регионов, отнесенных к различным кластерам, по отношению к состоянию здоровья детского населения, характеризующегося отнесением к группам здоровья, и были использованы в качестве критерия для получения ранговых оценок.

В результате проведения расчетов создана система ранговых характеристик по пяти комплексам

показателей, позволяющим проводить оценку тенденций наличия негативного влияния данных комплексов показателей на состояние здоровья детского населения.

Результаты и их обсуждение. Типологизация территорий РФ по группам здоровья детей дала возможность разделить регионы Российской Федерации на четыре кластера. В первый кластер вошло 19 субъектов, во второй – 33, в третий – 31 субъект, в четвертый кластер вошло лишь два субъекта (рис. 1).

Наиболее благоприятная ситуация отмечена в третьем кластере (1-й тип), для которого характерно наибольшее среднекластерное значение доли детей с I группой здоровья – 29 %. Это выше среднероссийского показателя в 1,2 раза. В третий кластер вошли такие регионы, как Белгородская, Владимирская, Московская, Новосибирская, Ленинградская области, г. Москва, Республики Адыгея, Крым, Чеченская, Краснодарский, Ставропольский края, г. Севастополь и другие регионы РФ. Среднекластерные значения доли детей III, IV и V групп здоровья соответствуют среднероссийским значениям: 16; 1; 1 % соответственно (таблица).

Наиболее неблагоприятная ситуация формируется в четвертом кластере (4-й тип), для которого характерно наибольшее среднекластерное значение доли детей с IV и V группами здоровья – 4,3 и 2,8 %

соответственно. Это выше среднероссийского показателя в 4,4 и 2,9 раза соответственно. В четвертый кластер вошли Республика Дагестан и Республика Ингушетия.

Типологизация регионов РФ по условиям учебно-воспитательного процесса показала, что первый в кластер вошли 28 субъектов РФ, во второй – 37, в третий – 18, и в четвертый – два субъекта РФ (рис. 2).

Наиболее благоприятная ситуация отмечается в третьем кластере (1-й тип), для которого характерно наибольшее среднекластерное значение организаций, в которых дети занимаются в первую смену – 88,79 %, и полностью отсутствуют организации, осуществляющие работу в третью смену. В третьем кластере представлены такие субъекты РФ, как: г. Москва, Ленинградская, Мурманская, Тюменская, Новосибирская, Томская области, Кабардино-Балкарская, Карачаево-Черкесская Республики, Республика Татарстан.

Среднекластерные значения показателей второго кластера (2-й тип), в который входит 37 территорий, приближены к значениям третьего кластера. Отличия регистрируются только по показателю «Доля детского населения, посещающего общеобразовательные учреждения, от общего количества детского населения». Данный показатель во втором кластере самый высокий из всех других – 55 %. Во второй кластер вошли такие регионы, как Белгородская,

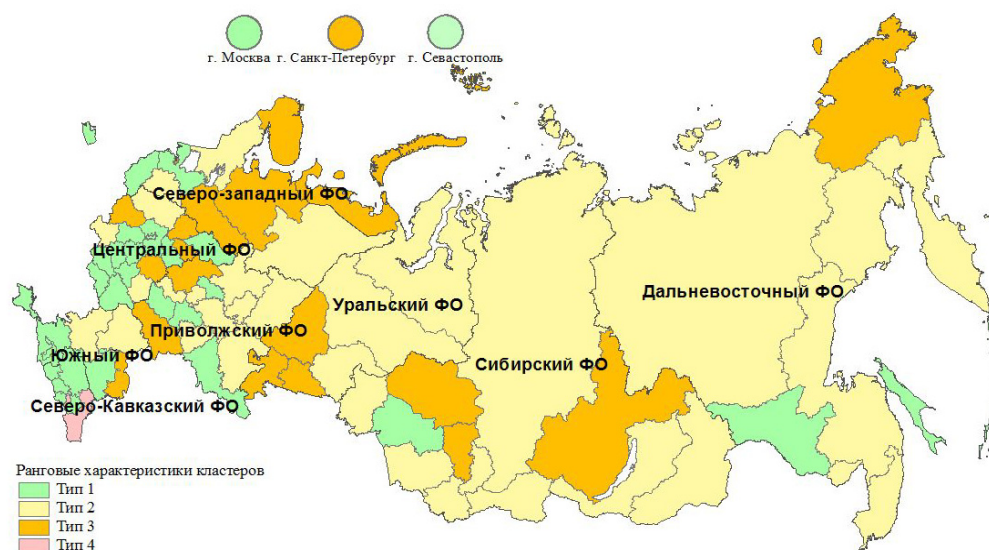


Рис. 1. Кластеризация субъектов РФ по группам здоровья детского населения

Среднекластерные значения и ранжирование регионов по группам здоровья детей

Показатель	Кластер				Средне-многолетнее значение по РФ
	1	2	3	4	
Доля детей с I группой здоровья	0,16	0,20	0,29	0,24	0,23
Доля детей с II группой здоровья	0,59	0,65	0,53	0,49	0,59
Доля детей с III группой здоровья	0,23	0,13	0,16	0,20	0,16
Доля детей с IV группой здоровья	0,009	0,009	0,010	0,043	0,010
Доля детей с V группой здоровья	0,010	0,008	0,010	0,028	0,010
Ранговое значение кластера	0,22	0,20	0,18	0,23	
Количество субъектов РФ в кластере	19	33	31	2	
Ранг кластера	3	2	1	4	

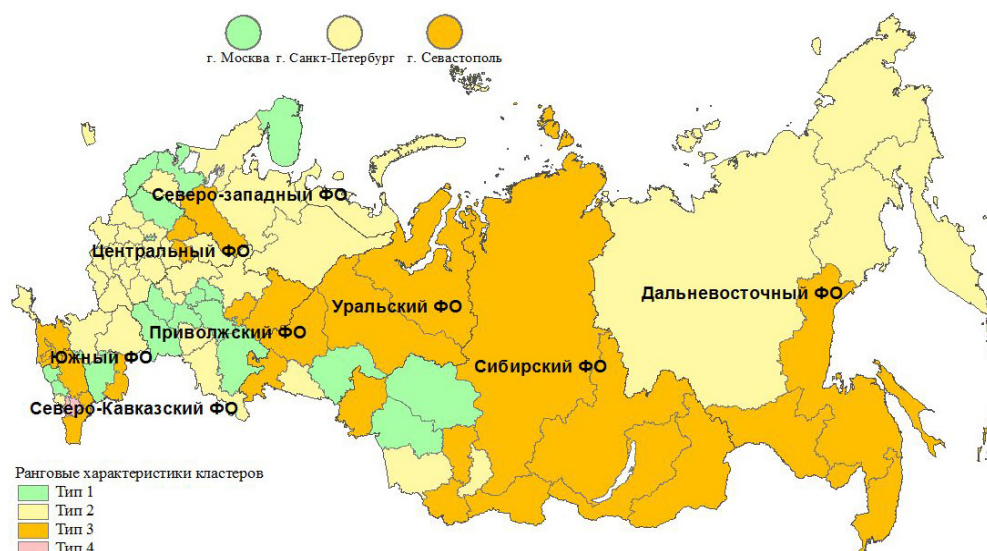


Рис. 2. Кластеризация субъектов РФ по комплексу показателей учебно-воспитательного процесса



Рис. 3. Кластеризация субъектов РФ по комплексу показателей санитарно-эпидемиологического состояния территории, условиям проживания и обучения детского населения

Владимирская, Воронежская, Московская, Орловская, Рязанская, Архангельская, Калининградская, Новгородская, Курганская, Магаданская области, Республики Карелия, Крым, Коми, Саха (Якутия), г. Санкт-Петербург, Камчатский край, Чукотский автономный округ и др.

Наиболее неблагоприятная ситуация сформирована в четвертом кластере (4-й тип), для которого характерно наибольшее среднекластерное значение организаций, занимающихся не только в две, но и в три смены – 59,58 и 6,6 % соответственно. Это выше среднероссийского уровня в 3,1 и 40,8 раза соответственно. В четвертом кластере объединены Чеченская Республика и Республика Ингушетия.

Типологизация регионов по показателям *санитарно-эпидемиологического состояния территории, условиям проживания и обучения* позволи-

ла разделить регионы страны на четыре кластера. Так, в первый кластер вошло 38 субъектов РФ, во второй – 6, в третий – 21, в четвертый – 20 (рис. 3).

Наиболее благоприятная ситуация наблюдается в четвертом кластере (1-й тип). Для него характерно наименьшее среднекластерное значение следующих показателей: доли проб воды, отобранные из водопроводов, не соответствующие гигиеническим требованиям по санитарно-химическим, микробиологическим, паразитологическим показателям; отобранные из распределительной сети – по санитарно-химическим, микробиологическим, паразитологическим показателям, суммарной альфа- и бета-активности; в общеобразовательных учреждениях – по микробиологическим показателям; удельный вес населения, обеспеченного условно-доброкачественной водой; доля проб почвы на территориях детских

организаций и детских площадок, не соответствующих нормам по санитарно-химическим показателям, в том числе по содержанию тяжелых металлов, а также доля проб атмосферного воздуха с превышением ПДК. В данный кластер вошли такие регионы, как Воронежская, Орловская, Астраханская области, Республики Адыгея, Крым, Алтай, Краснодарский, Ставропольский, Камчатский края и др.

Наиболее неблагоприятная ситуация при комплексной оценке отмечена в третьем кластере (4-й тип). Для него характерно наибольшее среднекластерное значение удельного веса городского населения, обеспеченного условно-доброкачественной водой. В данный кластер входит 21 регион, в том числе Белгородская, Владимирская, Ивановская, Московская, Смоленская области, Республики Карелия, Коми, Мордовия, Хакасия, Красноярский, Забайкальский, Хабаровский края и т.д.

Типологизация территорий Российской Федерации по показателям *социально-экономического состояния* показала, что в первый кластер вошли три субъекта РФ, во второй – 22, в третий – 32, в четвертый – 28 (рис. 4).

Наиболее благоприятная ситуация формируется в регионах, которые вошли в первый кластер (1-й тип). Для него характерны следующие показатели: величина прожиточного минимума составляет 19 917,4 руб., валовый региональный продукт на душу населения – 3 823 тыс. руб., обеспеченность врачами по гигиене детей и подростков – 0,32 врача на 10 тысяч детского населения, обеспеченность круглосуточными стационарными койками для детей – 83,9 коек на 10 тысяч детского населения, педиатрическими койками – 50,5 коек на 10 тысяч детского населения. Первый кластер представляют только Ненецкий, Ямало-Ненецкий и Чукотский автономные округа.

Наиболее неблагоприятная ситуация выявлена на территориях четвертого кластера (4-й тип). Для

четвертого кластера характерны самые низкие значения валового регионального продукта на душу населения – 334,2 тыс. руб., величины прожиточного минимума – 10 133,4 руб., обеспеченности круглосуточными стационарными и педиатрическими койками для детей – 51,74 и 18,03 койки на 10 тысяч населения соответственно, обеспеченности врачами-педиатрами и врачами-педиатрами-участковыми – 14,1 и 8,11 врача на 10 тысяч детского населения соответственно. В четвертый кластер вошли 28 субъектов РФ, в том числе Воронежская, Курская, Липецкая, Орловская, области, Республики Адыгея, Крым, Северная Осетия-Алания, Краснодарский, Алтайский, Камчатский края и др.

Типологизация регионов РФ по показателям, характеризующим *особенности питания детского населения*, делит регионы на четыре кластера следующим образом: первый кластер – 16 субъектов РФ, второй – 36, третий – 18, четвертый – 15 (рис. 5).

Наиболее благоприятная ситуация по результатам оценки показателей сформирована на территориях, представляющих четвертый кластер (1-й тип). Для него характерны следующие показатели: самые низкие среднекластерные доли проб готовых блюд, не соответствующих гигиеническим нормативам по калорийности и химическому составу, микробиологическим и санитарно-химическим показателям, по содержанию витамина С; самые высокие среднекластерные значения по охвату школьников горячим питанием – 43,2 %. В четвертый кластер вошли такие территории, как Курская, Тамбовская, Калининградская области, г. Санкт-Петербург, Пермский край и др.

Наиболее неблагоприятная ситуация формируется на территории первого кластера (4-й тип). Для него характерны самые высокие значения следующих анализируемых показателей: доля проб готовых блюд, не соответствующих гигиеническим нормативам по калорийности и химическому составу, – 16,2 %,



Рис. 4. Кластеризация субъектов РФ по комплексу факторов социально-экономического состояния регионов

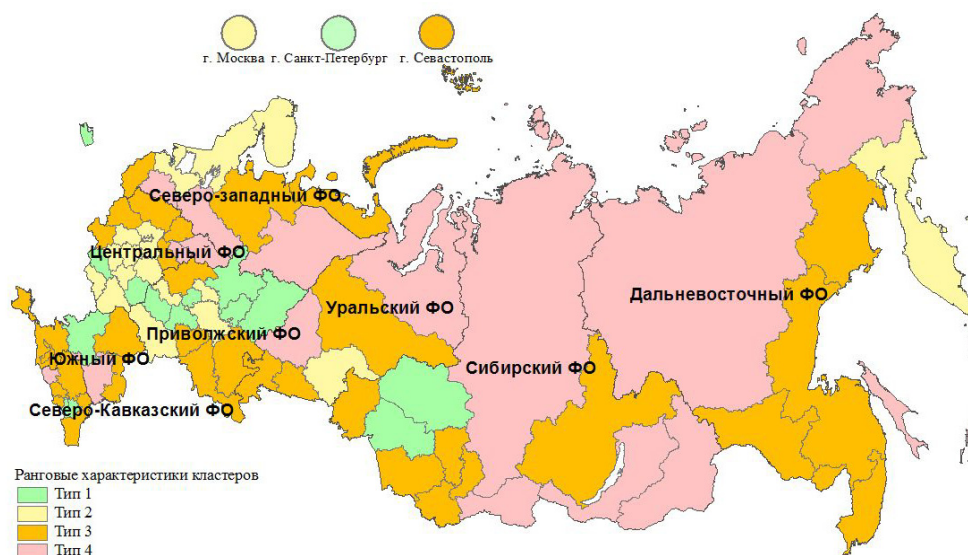


Рис. 5. Кластеризация субъектов РФ по особенностям питания детского населения



Рис. 6. Примеры среднеранговых значений комплексов показателей

микробиологическим и санитарно-химическим показателям — 3,8 и 6,8 % соответственно, по содержанию витамина С — 18,2 %, а также наибольшему количеству образовательных организаций, где организация питания полностью отсутствует, — 3,3 %.

Расчет среднеранговых характеристик комплексов показателей, отражающих степень их влияния на состояние здоровья детского населения, показал, что значения по субъектам РФ варьируются в диапазоне 1,5–3,5. Наибольшие значения наблюдаются в Вологодской, Свердловской, Челябинской областях, Красноярском крае, Иркутской области, Республике Бурятия, Забайкальском крае (рис. 6).

Сопоставление результатов кластеризации по комплексам модифицирующих показателей свидетельствует о том, что в 49 субъектах РФ по тем или иным комплексам наблюдается неблагоприятная ситуация, относящая регионы к 4-му типу.

В 36 субъектах РФ взвешенные значения ранговых характеристик кластеров по комплексам показателей варьируются от первого, наиболее благоприятного, до третьего, среднего типа. В эту группу входят такие регионы, как Брянская, Воронежская, Калужская, Рязанская, Тульская области, г. Москва,

г. Санкт-Петербург, Республики Северная Осетия-Алания, Башкортостан, Марий Эл, Пермский край, Алтайский край, Еврейская автономная область и др. Среднеранговое значение модифицирующих комплексов, а именно учебно-воспитательная нагрузка, санитарно-эпидемиологическое состояние территории, среда проживания и обучения, социально-экономические условия, питание в данных регионах, составило от 1,2 до 2,4.

Детальный анализ каждого региона отражает ситуацию на данной территории и роль анализируемых факторов в формировании здоровья детского населения. Так, Пензенская область (среднеранговое значение — 1,5), относящаяся к третьему типу по социально-экономическим условиям, обеспечивает максимально благоприятную санитарно-эпидемиологическую обстановку (1-й тип), создает наилучшие условия при формировании учебно-воспитательной нагрузки (1-й тип), питания детей в образовательных учреждениях (1-й тип) и, как следствие, входит в кластер с наибольшей долей детей I группы здоровья (1-й тип, значение в кластере — 29 %, в субъекте — 24 %).

Челябинская и Иркутская области, занимая последние ранговые места (4-й тип) и по социально-экономическим условиям проживания, и по санитарно-эпидемиологической обстановке, находясь на предпоследнем месте (3-й тип) по качеству питания и распределению учебно-воспитательной нагрузки в образовательных организациях, ожидаемо входят в кластер с наименьшей долей детей I группы здоровья (16 %) и высокой долей детей III, IV, V групп здоровья (25 %). Для данных территорий необходим комплекс мер, направленных на улучшение социально-экономической ситуации и санитарно-экологической обстановки, корректировка планов учебно-воспитательной работы. Кроме того, целесообразно внесение изменений в школьные меню для того,

чтобы сделать питание учащихся максимально удовлетворяющим потребностям растущих детских организмов. В частности, необходимо достижение баланса между потребностями организма в энергии, основных нутриентах и фактическим их поступлением с предлагаемым рационом питания; расширение ассортимента и возможность осуществления школьниками выбора завтрака, что повышает реальное потребление; дополнительное включение овощей, рыбных, мясных блюд. В свете перехода к финансированию питания учащихся начальной школы важно рассмотреть возможность обоснованного с точки зрения физиологических потребностей и норм санитарно-законодательства субсидирования, относительно существующих на сегодняшний день нормативов.

Таким образом, каждый регион отражает существующую картину закономерностей влияния комплекса факторов на формирование здоровья детского населения, что актуализирует необходимость создания маршрутной карты каждого субъекта Федерации с механизмами улучшения ситуации по конкретным направлениям.

Выводы:

1. Выполненные оценки и типологизация территорий РФ позволили выявить закономерности и тенденции влияния различных комплексов показателей на здоровье детского населения с учетом их региональной дифференциации.

2. Типологизация территорий РФ по группам здоровья показала, что наиболее благоприятная ситуация наблюдается в 31 регионе, где доля детей с I группой здоровья составляет 29 %, что выше среднероссийского показателя в 1,2 раза, наиболее неблагоприятная – в двух (Республики Дагестан и Ингушетия). В них доли детей с IV и V группами здоровья составили 4,3 и 2,8 % соответственно, что выше среднероссийского показателя в 4,4 и 2,9 раза соответственно.

3. По условиям учебно-воспитательного процесса школьников наиболее благоприятная ситуация

сформирована в 55 регионах (1-й и 2-й типы), которые обучают детей преимущественно в первую смену (87,1 и 88,8 % соответственно). Наиболее неблагоприятная ситуация сформирована в двух регионах (Республика Ингушетия и Чеченская Республика), обучение в которых проходит в две и три смены (59,6 и 6,6 % соответственно).

4. Типологизация регионов по показателям санитарно-эпидемиологического благополучия, условиям проживания и обучения также делит страну на четыре кластера, относя 20 регионов к максимально благоприятным (1-й тип) по показателям, характеризующим качество воды, воздуха и почвы, и 21 регион (4-й тип) – к максимально неблагоприятным.

5. Анализ социально-экономического состояния регионов РФ показал, что наиболее благоприятными по перечню анализируемых факторов являются лишь три региона (Ненецкий, Ямало-Ненецкий, Чукотский автономные округа), для которых характерны в том числе высокие среднекластерные показатели валового регионального продукта на душу населения – 3,823 тысячи руб. и величина прожиточного минимума – 19 917 руб. Наименее благоприятными предстают 28 регионов (4-й тип), для которых характерны данные показатели в размере: 334,2 тысячи руб. и 10 133 руб. соответственно.

6. Выявленные приоритеты и закономерности, обуславливающие влияние комплекса регионально дифференцированных факторов среды обитания и учебно-воспитательного процесса на здоровье школьников РФ, актуализируют необходимость создания маршрутной карты каждого субъекта Федерации с механизмами улучшения ситуации по конкретным направлениям.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

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

Список литературы

1. Сетко И.М., Сетко Н.П. Современные проблемы состояния здоровья школьников в условиях комплексного влияния факторов среды обитания // Оренбургский медицинский вестник. – 2018. – Т. VI, № 2 (22). – С. 4–13.
2. Promoting intersectoral and interagency action for health and well-being in the WHO European Region: working together for better health and well-being. Meeting Report [Электронный ресурс]. – Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2017. – 74 p. – URL: https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/348099/Complete-Paris-meeting-report_30-08-17-15h00.pdf (дата обращения: 19.09.2021).
3. The role of school-based health education in adolescent spiritual, moral, social and cultural development / K.L. Chester, E. Klemmer, J. Magnusson, N.H. Spencer, F.M. Brooks // Health Education Journal. – 2019. – Vol. 78, № 5. – P. 582–594. DOI: 10.1177/0017896919832341
4. Health complaints among adolescents in Norway: A twenty-year perspective on trends / T. Potrebny, N. Wiium, A. Haugstvedt, R. Sollesnes, T. Torshheim, B. Wold, F. Thuen // PLoS ONE. – 2019. – Vol. 14, № 1. – P. e0210509. DOI: 10.1371/journal.pone.0210509
5. Заболеваемость детей школьного возраста в условиях крупного города по данным обращаемости / Е.В. Кулакова, Е.С. Богомолова, Т.В. Бадеева, Ю.Г. Кузмичев // Медицинский альманах. – 2015. – № 2 (37). – С. 74–76.
6. Саньков С.В., Кучма В.Р. Гигиеническая оценка влияния на детей факторов современной электронной информационно-образовательной среды школ // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2019. – № 3. – С. 98–103. DOI: 10.24411/2075-4094-2019-1638
7. Валитов А.А., Томилов И.С., Федотова Д.Ю. Санитария и школьная гигиена в учебных заведениях Тобольской губернии в конце XIX в. // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 3. – С. 273–280. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-3-273-280
8. Altenburg T.M., Chinapaw M.J., Singh A.S. Effects of one versus two bouts of moderate intensity physical activity on selective attention during a school morning in Dutch primary schoolchildren: A randomized controlled trial // J. Sci. Med. Sport. – 2016. – Vol. 19, № 10. – P. 820–824. DOI: 10.1016/j.jsams.2015.12.003
9. Situation of child and adolescent health in Europe [Электронный ресурс]. – Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2018. – 220 p. – URL: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0007/381139/situation-child-adolescent-health-eng.pdf (дата обращения: 19.09.2021).
10. Комплексная оценка состояния здоровья городских школьников по данным углубленных медицинских осмотров (1980–2015 гг.) / Е.С. Богомолова, Ю.Г. Кузмичев, Т.В. Бадеева, А.Н. Писарева, М.В. Ашина, С.Н. Ковальчук // Медицинский альманах. – 2016. – Т. 42, № 2. – С. 63–66.
11. Методические аспекты оценки потенциального ущерба здоровью школьников / И.И. Новикова, Ю.В. Ерофеев, А.В. Денисов, И.В. Мыльникова // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 10. – С. 1124–1128. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-10-1124-1128
12. Зайцева Н.В., Устинова О.Ю. Риск-ориентированные нарушения здоровья детей и подростков: оценка, профилактика, коррекция // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2016. – № 1. – С. 20–25.

13. Сетко И.М., Кузнецова Е.И. Современные подходы к оценке гигиенической безопасности внутришкольной среды как фактора риска инфекционной заболеваемости школьников // Медицинский альманах. – 2011. – Т. 17, № 4. – С. 136–138.
14. Оценка приоритетных факторов риска здоровья городских школьников / Т.В. Бадеева, Е.С. Богомолова, Н.А. Матвеева, М.В. Шапошникова, Н.В. Котова, Е.А. Олюшина, М.В. Ашина, С.Н. Ковальчук [и др.] // Здоровье населения и среда обитания: ЗНиСО. – 2016. – Т. 276, № 3. – С. 42–47.
15. Актуальные медико-социальные аспекты антропогенного влияния окружающей среды на заболеваемость в детском и подростковом возрасте / О.В. Мячина, И.Э. Есауленко, С.Н. Пузин, М.А. Шургая, А.М. Маммаева // Вестник Всероссийского общества специалистов по медико-социальной экспертизе, реабилитации и реабилитационной индустрии. – 2018. – № 3. – С. 60–68. DOI: 10.17238/issn1999-2351.2018.3.60-68
16. Patchy progress on obesity prevention: emerging examples, entrenched barriers, and new thinking / C.A. Roberto, B. Swinburn, C. Hawkes, T.T.-K. Huang, S.A. Costa, M. Ashe, L. Zwicker, J.H. Cawley, K.D. Brownell // Lancet. – 2015. – Vol. 385, № 9985. – P. 2400–2409. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)61744-X
17. Цукарева Е.А., Авчинникова Д.А. Сравнительная характеристика фактического питания младших школьников с различными показателями пищевого статуса // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100, № 5. – С. 512–518. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-5-512-518
18. Sedentary time and behavior during school: a systematic review and meta-analysis / C.A. Egan, C.A. Webster, M.W. Beets, R.G. Weaver, L. Russ, D. Michael, D. Nesbitt, K.L. Orendorff // Am. J. Health Educ. – 2019. – Vol. 50, № 5. – P. 283–290. DOI: 10.1080/19325037.2019.1642814
19. Sugar-sweetened beverages, obesity, type 2 diabetes mellitus, and cardiovascular disease risk / V.S. Malik, B.M. Popkin, G.A. Bray, J.-P. Després, F.B. Hu // Circulation. – 2010. – Vol. 121, № 11. – P. 1356–1364. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.876185
20. Мыльникова И.В., Богданова О.Г. Алиментарнозависимая заболеваемость детей разных возрастных групп (на примере промышленного центра Иркутской области) // Гигиена и санитария. – 2020. – Т. 99, № 10. – С. 1139–1144. DOI: 10.47470/0016-9900-2020-99-10-1139-1144

Клейн С.В., Эйфельд Д.А., Никифорова Н.В. Типологизация российских регионов по комплексу факторов среды обитания, учебно-воспитательного процесса и здоровья школьников // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 4. – С. 82–91. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.09

UDC 614.72
DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.09.eng

Read
online



Research article

TYPOLOGIZATION OF RUSSIAN REGIONS AS PER ENVIRONMENTAL FACTORS, FACTORS RELATED TO EDUCATIONAL PROCESS AND SCHOOLCHILDREN'S HEALTH

S.V. Kleyn^{1,2}, D.A. Einfeld², N.V. Nikiforova²

¹Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner, 26 Petropavlovskaya Str., Perm, 614000, Russian Federation

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

The structure of children population determined as per health groups is an integral characteristic of population health in this age group; it can be used as a criterion in creating medical and preventive programs aimed at managing demographic processes and assessing their efficiency. Health disorders among children occur due to many reasons including influence by socioeconomic and sanitary-epidemiological factors, peculiarities of the educational process, eating habits, life-style, etc. Our research aim was to determine types of regions in Russia as per environmental factors, the educational process and schoolchildren's health. Determining different types of regions was considered to be an information basis for developing common strategies and mechanisms for improving schoolchildren's health. Typologization of regions as per health groups revealed that the most favorable situation was in 31 regions; the last favorable, only in 2. The most favorable situation as per the educational process was in 55 regions where schools operated in one shift; the least favorable situation was observed in two RF regions where schools had to operate in two or even three shifts. Relative sanitary-epidemiological welfare was found in 20 regions and the situation in 21 regions was the least favorable as per several markers that characterized quality of drinking water, ambient air, and soils. Socioeconomic situations in the regions were analyzed to reveal that only 3 regions could be considered the most favorable and 28 regions were the least favorable; the latter were combined into one cluster with the lower values of the relevant markers including gross regional products per capita, living standard, provision with qualified medical personnel and in-patient hospital beds.

© Kleyn S.V., Einfeld D.A., Nikiforova N.V., 2021

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

Darja A. Einfeld – Candidate of Biological Sciences, Deputy Director responsible for general issues (e-mail: einfeld@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-77-06; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0442-9010>).

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>).

A situation in each particular region is a reflection of regularities related to influence exerted by a set of aforementioned factors on children's health; this proves the necessity to create a road map for each region in the RF with feasible mechanisms aimed at improving the existing situation as per specific aspects.

Keywords: children's population, health groups, factors related to the educational process, sanitary and epidemiological state, socio-economic state, nutrition, cluster analysis.

References

1. Setko I.M., Setko N.P. Modern problems of health status of schoolchildren in conditions of integrated influence of factors of environment. *Orenburgskii meditsinskii vestnik*, 2018, vol. VI, no. 2 (22), pp. 4–13 (in Russian).
2. Promoting intersectoral and interagency action for health and well-being in the WHO European Region: working together for better health and well-being. Meeting Report. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2017, 74 p. Available at: https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/348099/Complete-Paris-meeting-report_30-08-17-15h00.pdf (19.09.2021).
3. Chester K.L., Klemmer E., Magnusson J., Spencer N.H., Brooks F.M. The role of school-based health education in adolescent spiritual, moral, social and cultural development. *Health Education Journal*, 2019, vol. 78, no. 5, pp. 582–594. DOI: 10.1177/0017896919832341
4. Potrebny T., Wiium N., Haugstvedt A., Sollesnes R., Torsheim T., Wold B., Thuen F. Health complaints among adolescents in Norway: A twenty-year perspective on trends. *PLoS ONE*, 2019, vol. 14, no. 1, pp. e0210509. DOI: 10.1371/journal.pone.0210509
5. Kulakova E.V., Bogomolova E.S., Badeeva T.V., Kuzmichev Yu.G. Morbidity rate of preschool children in accordance with the data of seeking medical advice under conditions of a large city. *Meditsinskii al'manakh*, 2015, no. 2 (37), pp. 74–76 (in Russian).
6. Sankov S.V., Kuchma V.R. Hygienic assessment of the impact of the modern schools' electronic information-educational environment on children. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii*, 2019, no. 3, pp. 98–103. DOI: 10.24411/2075-4094-2019-16380 (in Russian).
7. Valitov A.A., Tomilov I.S., Fedotova D.Yu. Sanitation and school hygiene in the school institutions of the Tobolsk province in the late XIX century. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 3, pp. 273–280. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-3-273-280 (in Russian).
8. Altenburg T.M., Chinapaw M.J., Singh A.S. Effects of one versus two bouts of moderate intensity physical activity on selective attention during a school morning in Dutch primary schoolchildren: A randomized controlled trial. *J. Sci. Med. Sport*, 2016, vol. 19, no. 10, pp. 820–824. DOI: 10.1016/j.jsams.2015.12.003
9. Situation of child and adolescent health in Europe. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2018, 220 p. Available at: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0007/381139/situation-child-adolescent-health-eng.pdf (19.09.2021).
10. Bogomolova E.S., Kuzmichev Yu.G., Badeeva T.V., Pisareva A.N., Ashina M.V., Koval'chuk S.N. Comprehensive evaluation of state of health of city school students in accordance with the data of enhanced medical examinations (1980–2015). *Meditsinskii al'manakh*, 2016, no. 2 (42), pp. 63–66 (in Russian).
11. Novikova I.I., Erofeev Yu.V., Denisov A.V., Mylnikova I.V. Methodological aspects of assessment of potential damage to schoolchildren's health. *Gigiena i sanitariya*, 2019, vol. 98, no. 10, pp. 1124–1128. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-10-1124-1128 (in Russian).
12. Zaitseva N.V., Ustinova O.Yu. Risk-associated health disorders in children and teenagers: assessment, prevention, correction. *Voprosy shkol'noi i universitetskoi meditsiny i zdorov'ya*, 2016, no. 1, pp. 20–25 (in Russian).
13. Setko I.M., Kuznetsova E.I. The modern approaches to the assessment of hygienic safety of intraschool environment as a risk factor of infectious sickness rate of schoolchildren. *Meditsinskii al'manakh*, 2011, no. 4 (17), pp. 136–138 (in Russian).
14. Badeeva T.V., Bogomolova E.S., Matveeva N.A., Shaposhnikova M.V., Kotova N.V., Olushina E.A., Ashina M.V., Koval'chuk S.N. [et al.]. Assessment of priority risk factors to the health of urban schoolchildren. *ZNISO*, 2016, no. 3 (276), pp. 42–47 (in Russian).
15. Myachina O.V., Esaulenko I.E., Puzin S.N., Shurgaya M.A., Mammaraeva A.M. Actual medical and social aspects of anthropogenic impact of the environment on the incidence in childhood and adolescence. *Vestnik Vserossiiskogo obshchestva spetsialistov po mediko-sotsial'noi ekspertize, reabilitatsii i reabilitatsionnoi industrii*, 2018, no. 3, pp. 60–68. DOI: 10.17238/issn1999-2351.2018.3.60-68 (in Russian).
16. Roberto C.A., Swinburn B., Hawkes C., Huang T.T.-K., Costa S.A., Ashe M., Zwickler L., Cawley J.H., Brownell K.D. Patchy progress on obesity prevention: emerging examples, entrenched barriers, and new thinking. *Lancet*, 2015, vol. 385, no. 9985, pp. 2400–2409. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)61744-X
17. Tsukareva E.A., Avchinnikova D.A. Comparative characteristics of the actual nutrition of younger schoolchildren with different indices of nutritional status. *Gigiena i sanitariya*, 2021, vol. 100, no. 5, pp. 512–518. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-5-512-518 (in Russian).
18. Egan C.A., Webster C.A., Beets M.W., Weaver R.G., Russ L., Michael D., Nesbitt D., Orendorff K.L. Sedentary time and behavior during school: a systematic review and meta-analysis. *Am. J. Health Educ.*, 2019, vol. 50, no. 5, pp. 283–290. DOI: 10.1080/19325037.2019.1642814
19. Malik V.S., Popkin B.M., Bray G.A., Després J.-P., Hu F.B. Sugar-sweetened beverages, obesity, type 2 diabetes mellitus, and cardiovascular disease risk. *Circulation*, 2010, vol. 121, no. 11, pp. 1356–1364. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.876185
20. Mylnikova I.V., Bogdanova O.G. Alimentary-dependent prevalence in children of different age groups (on the example, of the industrial center of the Irkutsk region). *Gigiena i sanitariya*, 2020, vol. 99, no. 10, pp. 1139–1144. DOI: 10.47470/0016-9900-2020-99-10-1139-1144 (in Russian).

Kleyn S.V., Eisfeld D.A., Nikiforova N.V. Typologization of Russian regions as per environmental factors, factors related to educational process and schoolchildren's health. Health Risk Analysis, 2021, no. 4, pp. 82–91. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.09.eng

Получена: 07.10.2021

Принята: 08.12.2021

Опубликована: 30.12.2021



Научная статья

ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРСОНАЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА С УТОЧНЕНИЕМ ЕГО КАТЕГОРИЙ ПРИ ПОМОЩИ ВЕРОЯТНОСТНЫХ МЕТОДОВ

В.А. Фокин, Н.В. Зайцева, П.З. Шур, С.В. Редько, Е.В. Хрущева

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

Существующие подходы к оценке профессионального риска чаще предусматривают его оценку на групповом уровне и реже – на индивидуальном. Данные подходы дают детерминированную оценку уровней риска, не учитывая неопределенность в категорировании риска при его значениях, близких к границе смежных категорий риска, что обуславливает необходимость оценки уровней профессионального риска с использованием вероятностных методов.

Объектом исследования являлся профессиональный риск, предметом исследования – распределение уровней персонального профессионального риска среди работников. Группа наблюдения – операторы по добыче нефти и газа (ОДНГ) с уровнем шума на рабочих местах 80–85 дБА (173 человека). Группа сравнения – ОДНГ и инженерно-технический персонал с уровнем шума на рабочих местах 60–77,8 дБА (259 человек). Проведены: априорная оценка профессионального риска; эпидемиологический анализ причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой; расчет группового уровня профессионального риска; расчет и прогнозирование персонального профессионального риска с использованием математического моделирования зависимости вероятности негативных ответов от условий труда, возраста и стажа; уточнение категории риска с использованием метода нечетких множеств путем расчета функции принадлежности.

В результате установлено, что распределение доказанных персональных уровней риска по категориям внутри группы, характеризующейся подозреваемым средним уровнем риска, является неравномерным ($1,06 \cdot 10^{-4}$ – $1,47 \cdot 10^{-2}$). Распределение вероятности принадлежности доказанных персональных уровней риска после уточнения их категории с использованием метода нечетких множеств показало, что на момент исследования доля работников, доказанный персональный риск которых относится к более низким категориям риска ($p > 0,5$), составила 89,6 %.

Прогнозирование риска на период всего трудового стажа при продолжении трудовой деятельности в тех же условиях без проведения профилактических мероприятий показало, что уровни персонального риска будут являться неприемлемыми для всех работников группы наблюдения и составят $2,53 \cdot 10^{-2}$ – $3,51 \cdot 10^{-2}$, также ожидается увеличение категории риска. Для большинства работников персональный риск будет категорирован как средний, для 23 % ($p < 0,5$) – как высокий.

Ключевые слова: профессиональный риск, шум, вероятностная оценка, категорирование уровня риска, регрессионные модели, прогнозирование уровней риска, нейросенсорная тугоухость, нечеткие множества.

Существующие в настоящее время методические подходы к оценке профессионального риска здоровью предусматривают чаще всего его оценку на групповом уровне [1–4] и гораздо реже – на индивидуальном [5]. В зарубежной практике профессиональный риск с использованием эпидемиологических оценок связи заболеваемости с условиями

труда и расчета относительного риска также в основном рассчитывается на групповом уровне [6–8].

Указанные выше подходы позволяют провести оценку профессиональных рисков больших групп работников различных профессий на основе данных об условиях труда и состоянии здоровья работников, преимущественно профессиональной заболе-

© Фокин В.А., Зайцева Н.В., Шур П.З., Редько С.В., Хрущева Е.В., 2021

Фокин Владимир Андреевич – научный сотрудник отдела анализа риска здоровью (e-mail: fokin@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0539-7006>).

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

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

Редько Светлана Валентиновна – старший научный сотрудник отдела анализа риска здоровью (e-mail: redkovs@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2736-5013>).

Хрущева Екатерина Вячеславовна – старший научный сотрудник отдела анализа риска здоровью (e-mail: hrusheva@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2107-8993>).

ваемости. При этом данные подходы дают детерминированную оценку уровней риска, которая может обуславливать неопределенность в категорировании риска при значениях уровней профессионального риска, близких к границам смежных категорий.

Вместе с тем индивидуальные особенности развития заболеваний, возникающих под воздействием вредных факторов условий труда, обуславливают необходимость количественной оценки профессиональных рисков не только на групповом, но и на персональном уровне. Категорирование группового уровня профессионального риска для больших групп работников не учитывает особенности распределения уровней риска на индивидуальном уровне по категориям внутри группы.

Наиболее значительных отклонений оценок персональных рисков от групповых можно ожидать в случаях, когда величина группового риска близка к границе смежных категорий риска. Анализ вероятности отнесения уровней персонального риска к той или иной категории может позволить уточнить результаты оценки профессионального риска и более адекватно формировать группы риска для проведения профилактических мероприятий.

К настоящему времени предложены методические подходы к вероятностным оценкам профессионального риска с использованием теории нечетких множеств с целью уточнения степени принадлежности персональных уровней риска к той или иной категории [9].

Наиболее актуальным является применение этих подходов при оценке профессионального риска для работающих в условиях воздействия шума на уровне выше гигиенических нормативов. Шум, в том числе на уровне выше ПДУ, остается одним из ведущих факторов в формировании профессиональной патологии, прежде всего нейросенсорной тугоухости [10–13]¹. По мнению ряда авторов, это связано с ростом механизации и автоматизации в различных отраслях производства (нефтедобыче и нефтепереработке, металлургии и металлообработке, машиностроении, строительстве и др.) [14]. Как следствие, увеличивается контингент лиц, подвергающихся такому влиянию в условиях длительного использования устаревшего оборудования, не отвечающего санитарно-гигиеническим нормативам [10, 14, 15]¹. Число работников, подвергающихся производственному воздействию сверхнорматив-

ных уровней шума, составляет ежегодно более 3 млн человек [16].

Увеличение периода трудоспособности в связи с пенсионной реформой [17] обуславливает необходимость прогнозирования профессионального риска в течение всей трудовой деятельности [18, 19]. Исходя из изложенного, можно заключить, что оценка уровней профессионального риска для здоровья работников, находящихся под воздействием производственного шума на уровне выше гигиенических нормативов, с использованием вероятностных методов является актуальной.

Цель исследования – оценка и прогнозирование персонального профессионального риска для работников, находящихся под воздействием производственного шума на уровне выше гигиенических нормативов, за период трудовой деятельности и изучение изменения категорий риска с применением вероятностных методов.

Материалы и методы. Анализ информации об условиях труда (данные специальной оценки условий труда, производственного лабораторного контроля), стаже и возрасте работающих, оценка классов условий труда в соответствии с Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда»², категорирование риска в соответствии с Р 2.2.1766-03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки»³.

Применение методических подходов к вероятностной оценке принадлежности уровней профессионального риска к той или иной категории для работников, находящихся под воздействием производственного шума на уровне выше гигиенических нормативов, производилось на примере оценки риска для здоровья работников нефтедобывающей промышленности.

В группу наблюдения вошли операторы по добыче нефти и газа с уровнем шума на рабочих местах 80–85 дБА (173 человека, средний возраст – 39,7 г.; средний стаж – 12,7 г.). В группу сравнения вошли операторы по добыче нефти и газа и инженерно-технологический персонал с уровнем шума на рабочих местах 60–77,8 дБА (259 человек, средний возраст – 46,8 г.; средний стаж – 12,6 г.).

¹ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. – 256 с.

² Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда / утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 29 июля 2005 г. [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200040973> (дата обращения: 17.08.2021).

³ Р 2.2.1766-03. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки / утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 24 июня 2003 г. [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901902053> (дата обращения: 17.08.2021).

Оценка профессионального риска здоровью выполнялась по следующему алгоритму:

1. Априорная оценка профессионального риска по результатам СОУТ в соответствии с положениями руководства Р 2.2.1766-03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки»³.

2. Эпидемиологический анализ причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой.

3. Оценка группового уровня профессионального риска.

4. Оценка персонального профессионального риска с использованием математического моделирования зависимости величины вероятности негативных ответов от условий труда, возраста и стажа.

5. Оценка персонального риска здоровью, обусловленного заболеваниями, связанными с работой, с использованием полученных параметров модели.

6. Уточнение категории риска с использованием метода нечетких множеств.

Предлагаемый алгоритм предполагает использование комплекса методов, включая:

– оценку причинно-следственной связи изменений здоровья с шумовой экспозицией, осуществленной по критериям отношения рисков (RR) и этиологической доли (EF) негативных ответов;

– анализ зависимости «экспозиция – ответ», проводившийся с использованием логистических регрессионных моделей зависимости величины вероятности изменений здоровья от условий труда, возраста и стажа, сформированных с использованием программного средства Statistica 6.0 [20] (1):

$$p_1 = \frac{1}{1 + e^{-(b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3)}}, \quad (1)$$

где p_1 – вероятность негативного ответа (профессионального заболевания или болезни, связанной с условиями труда); x_1 – уровень экспозиции фактора; x_2 – стаж; x_3 – возраст; b_0, b_1, b_2 – параметры математической модели.

Параметры представленной модели были использованы для расчета прогнозных величин развития заболеваний и профессионального риска к моменту достижения возраста 65 лет. Риск здоровью определяли как произведение вероятности развития заболевания на его тяжесть⁴. В качестве критерия приемлемости (допустимости) уровня профессионального риска здоровью рассматривалась величина $1 \cdot 10^{-3}$ и ниже, соответствующая категориям пренебрежимо малого и малого риска.

Полученные уровни профессионального риска рассматривались как детерминированные величины,

оценку которых (отнесение к определенной категории риска) осуществляли в соответствии со шкалой, представленной в табл. 1 [9].

Таблица 1

Шкала оценки уровней профессионального риска

Уровень профессионального риска	Категория профессионального риска
Менее $1 \cdot 10^{-4}$	Пренебрежимо малый риск
$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3}$	Малый риск
$1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$	Умеренный риск
$1 \cdot 10^{-2} - 3 \cdot 10^{-2}$	Средний риск
$3 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-1}$	Высокий риск
$1 \cdot 10^{-1} - 3 \cdot 10^{-1}$	Очень высокий риск
$3 \cdot 10^{-1} - 1$	Экстремально высокий риск

Вероятностная оценка принадлежности персонального риска проводилась путем определения функции принадлежности с использованием шкалы нечетких чисел, построенной на основе детерминированной шкалы оценки уровней профессионального риска.

Принадлежность уровней риска к той или иной категории определяется с использованием трапециевидных нечетких чисел: пренебрежимо малый риск – 0; 0; 0,00005; 0,00033; малый риск – 0,00005; 0,00033; 0,00078; 0,00325; умеренный риск – 0,00078; 0,00325; 0,0775; 0,015; средний риск – 0,0775; 0,015; 0,025; 0,0475; высокий риск – 0,025; 0,0475; 0,0825; 0,15; очень высокий риск – 0,0825; 0,15; 0,25; 0,53; экстремально высокий риск – 0,25; 0,53; 1; 1⁵.

Для графического представления шкалы трапециевидных нечетких чисел для оценки уровней профессионального риска использована следующая система координат: на оси абсцисс – риск, а по оси ординат – значение функции принадлежности для этого значения (рис. 1).

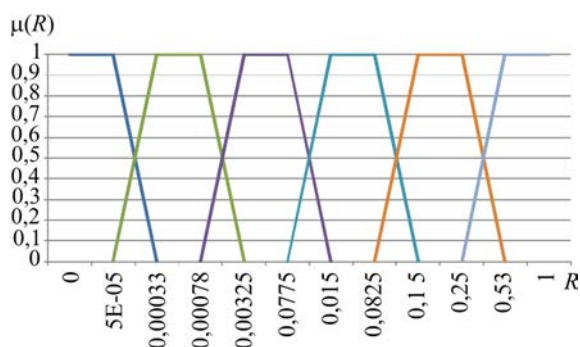


Рис. 1. Графическое представление шкалы трапециевидных нечетких чисел для оценки уровней профессионального риска

⁴ Профессиональная патология: национальное руководство / под ред. Н.Ф. Измерова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 784 с.

⁵ Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 166 с.

Использование трапецевидных нечетких чисел позволяет уточнять принадлежность величины риска к категориям. С учетом полученных оценок функций принадлежности трапецевидного нечеткого числа, которая показывает вероятность отнесения риска к определенной категории от 0 до 1, производится определение уточненных уровней риска, при значении функции принадлежности, равном 1, дальнейшее уточнение категории риска не проводится.

С учетом полученных оценок функций принадлежности трапецевидного нечеткого числа производится определение веса категории риска (P_k) по формуле (2):

$$P_k = \sum_i q_i \cdot \mu_{ki}(R_{ПЗ(БСР)}^{\text{проф}}), \quad k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, \quad (2)$$

где q_i – весовой вклад риска категории i в общий уровень риска; k – степень значимости категории риска.

Весовой вклад риска категории i в общий уровень риска (q_i) рассчитывается с помощью формулы Фишберна (3):

$$q_i = \frac{2(n-i+1)}{(n+1)n}, \quad i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, \quad (3)$$

где n – количество категорий риска.

Находим степень тяжести для уточнения риска по формуле (4):

$$SR_k = \sum_{k=1}^7 \bar{r}_k \cdot P_k, \quad (4)$$

где r – значение переменной, отражающей уточненный риск в виде заболевания определенной степени тяжести; \bar{r}_k – середина каждого диапазона шкалы значений степени риска; P_k – вес категории риска; SR_k – степень тяжести для уточнения риска по каждому из заболеваний.

Принадлежность уточненных уровней риска к той или иной категории определяется с помощью трапецевидных нечетких чисел: пренебрежимо малый риск – 0; 0; 0,042; 0,125; малый риск – 0,042; 0,125; 0,208; 0,292; умеренный риск – 0,208; 0,292; 0,375; 0,458; средний риск – 0,375; 0,458; 0,542; 0,625; высокий риск – 0,542; 0,625; 0,708; 0,792; очень высокий риск – 0,708; 0,792; 0,875; 0,958; экстремально высокий риск – 0,875; 0,958; 1; 1.

Результаты и их обсуждение. В результате априорной оценки подозреваемого профессионального риска по классу условий труда (уровень шума от 80 до 85 дБА соответствует классу условий труда 3.1) в соответствии с руководством Р 2.2.1766-03³ риск отнесен к категории «малый риск»; риск для работников группы сравнения отнесен к категории «пренебрежимо малый риск» (уровень шума ниже 80 дБА, КУТ 2).

В ходе медицинского осмотра и анализа заключительных актов по результатам проведения ПМО среди 173 работников группы наблюдения было выявлено семь случаев профессиональных заболеваний

(нейросенсорной тугоухости), а также ряд болезней, связанных, вероятно, с условиями труда: 40 случаев артериальной гипертензии, один случай мигрени, 52 – нарушений функций вегетативной нервной системы. В группе сравнения среди 259 работников выявлены: один случай нейросенсорной тугоухости, 66 – артериальной гипертензии, один случай мигрени, 145 – нарушений функций вегетативной нервной системы.

Достоверных причинно-следственных связей болезней, связанных вероятно, с условиями труда (артериальной гипертензии, мигрени, нарушений функций вегетативной нервной системы) с экспозицией шумового фактора не выявлено, поэтому дальнейшая оценка уровней профессионального риска проводилась в отношении установленных центром профессиональной патологии случаев нейросенсорной тугоухости.

Вероятность развития нейросенсорной тугоухости составила $3,91 \cdot 10^{-2}$ в группе наблюдения и $3,86 \cdot 10^{-3}$ в группе сравнения. Дополнительная вероятность развития нейросенсорной тугоухости составила $3,52 \cdot 10^{-2}$.

Уровень доказанного группового риска с учетом тяжести ($0,3^4$) нейросенсорной тугоухости составил $1,13 \cdot 10^{-2}$ (категория риска – «средний»), полученный уровень незначительно отличается от умеренного риска, в связи с чем проведены дальнейший расчет персональных уровней риска и уточнение категории полученных значений риска.

В ходе оценки зависимости «экспозиция – ответ» были получены параметры математической модели, отражающие вероятность развития нейросенсорной тугоухости в зависимости от уровня шума, стажа и возраста работников: $b_0 = -7,35$, $b_1 = 0,00014$, $b_2 = 0,074$. Уровни доказанного персонального риска в группе наблюдения, рассчитанные с использованием полученных параметров, составили от $1,06 \cdot 10^{-4}$ до $1,47 \cdot 10^{-2}$. Неприемлемые уровни профессионального риска (выше $1 \cdot 10^{-3}$ – «умеренный риск» и выше) отмечались у 139 работников из 173 (80,35 % от общего числа лиц, находящихся под воздействием шума выше 80 дБА).

Результаты категорирования уровней доказанного персонального профессионального риска с использованием вероятностной оценки представлены в табл. 2.

Уточненные уровни риска рассматриваются как базис для обоснования действий по управлению профессиональным риском в соответствии с его категорией.

В результате применения предложенного алгоритма по результатам оценки степени принадлежности персонального профессионального риска к той или иной категории на настоящий момент установлены следующие уточненные категории доказанного персонального риска:

– профессиональный риск категорирован как «малый» для 19,7 % работников группы наблюдения, при этом 32,4 % работников с малым уровнем риска находятся на границе с умеренным риском;

Таблица 2

Результаты категорирования уровней персонального профессионального риска

Категория риска	Количество работников, отнесенных к категории риска, абс.	Вероятность принадлежности работников к категории риска, абс.	
		0,51–0,99	1
<i>Малый:</i>	34	11	23
из них на границе с умеренным риском	11	–	–
<i>Умеренный:</i>	121	45	76
из них на границе с малым риском	26	–	–
из них на границе со средним риском	19	–	–
<i>Средний</i>	18	13	5
из них на границе с умеренным риском	13	–	–

– профессиональный риск категорирован как «умеренный» для 69,9 % работников группы наблюдения, при этом 21,5 % работников с умеренным уровнем риска находятся на границе с малым риском, а 15,7 % – на границе со средним уровнем риска;

– профессиональный риск категорирован как «средний» для 10,4 % работников наблюдения, 72,2 % работников со средним уровнем риска находятся на границе с умеренным уровнем риска.

В результате расчета прогнозных уровней персонального риска, рассчитанных к моменту достижения работниками 65-летнего возраста, установлено, что уровни доказанного риска повысятся и достигнут величин от $2,53 \cdot 10^{-2}$ до $3,51 \cdot 10^{-2}$. Вероятностная оценка принадлежности персонального риска позволила классифицировать риск как средний (табл. 3).

Вероятностная оценка персонального риска с целью уточнения категории показывает, что для всей группы наблюдения к моменту достижения возраста 65 лет доказанный персональный риск будет категорирован как средний; 23 % работников находятся на границе с категорией высокого риска.

Выводы. В результате исследования состояния здоровья работающих в условиях шумовой нагрузки выше гигиенических нормативов установлено, что подозреваемый риск, установленный при оценке результатов СОУТ, относится к категории среднего риска. При этом распределение доказанных персональных уровней риска, обусловленного профессиональным заболеванием (нейросенсорной туго-

ухостью), внутри группы является неравномерным (от $1,06 \cdot 10^{-4}$ до $1,47 \cdot 10^{-2}$). Категория малого (примлемого) персонального риска установлена для 19,7 % работников, категория умеренного риска – для 69,9 %, категория среднего риска – для 10,4 %.

Распределение вероятности принадлежности доказанных персональных уровней риска после уточнения их категории показало, что на момент исследования доля работников, персональный риск которых с вероятностью более 0,5 относится к более низким категориям риска, составила 89,6 %.

Результаты оценки принадлежности доказанных уровней персонального риска на момент исследования и на момент достижения работниками 65-летнего возраста представлены на рис. 2.

Таблица 3

Вероятностная оценка принадлежности персонального риска к определенной категории на момент достижения работниками 65-летнего возраста

Категория риска	Количество работников, отнесенных к категории риска, абс.	Вероятность принадлежности работников к категории риска, абс.	
		0,51–0,99	1
<i>Средний</i>	173	40	133
из них на границе с высоким риском	40	–	–

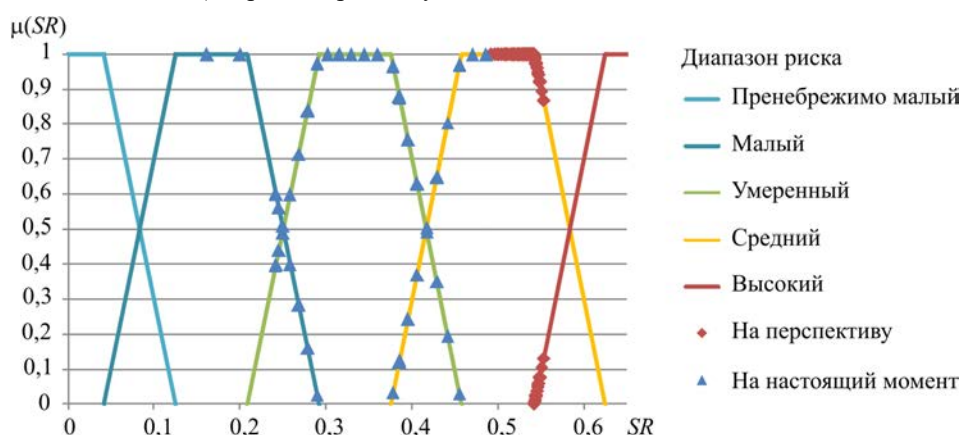


Рис. 2. Результаты оценки принадлежности доказанных уровней персонального риска на момент исследования и на момент достижения работниками 65-летнего возраста

При прогнозировании изменения величин доказанного риска для здоровья обследованных работников на период всего трудового стажа (до 65 лет) определено, что при продолжении трудовой деятельности в тех же условиях без проведения профилактических мероприятий отмечается увеличение категории риска. Уровни доказанного персонального риска будут являться неприемлемыми для всех работников группы наблюдения и составят от $2,53 \cdot 10^{-2}$ до $3,51 \cdot 10^{-2}$. При этом для большинства работников доказанный персональный риск будет

категорирован как средний, а для 23 % ($p < 0,5$) уровень риска будет относиться к категории высокого риска. Этим работникам следует рассматривать как приоритетный контингент для проведения профилактических мероприятий, направленных на снижение профессионального риска.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Итоги оценки профессионального риска для здоровья работников по материалам СОУТ, производственного контроля и профессиональной заболеваемости / О.Ф. Рослый, А.А. Федорук, О.Г. Другова, Э.Г. Плотно // Управление риском для здоровья работающих и населения в связи с хозяйственной деятельностью предприятий металлургической промышленности: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Екатеринбург: Изд-во ФБУН ЕМНЦ ИОЗРПП Роспотребнадзора, 2017. – С. 119–125.
2. Головкина Н.П., Котова Н.И., Чеботарев А.Г. Оценка уровня профессионального риска у работников горно-металлургических предприятий по результатам специальной оценки условий труда // Современные проблемы медицины труда: материалы всероссийской научно-практической конференции, посвященной 80-летию академика РАН Н.Х. Амирова. – Казань: Казанский ГМУ, ФГБНУ «НИИ МТ», 2019. – С. 51–54. DOI: 10.31089/978-5-6042929-0-7-2019-1-51-54
3. Громкость и вредность шума: феноменология, измерение и оценка / Э.И. Денисов, Л.В. Прокопенко, И.В. Степанян, П.В. Чесалин // Гигиена и санитария. – 2009. – № 5. – С. 26–29.
4. Денисов Э.И., Чесалин П.В. Профессионально обусловленная заболеваемость и ее доказательность // Медицина труда и промышленная экология. – 2007. – № 10. – С. 1–9.
5. Сравнительный анализ результатов оценки профессионального риска на основе различных методических подходов / Н.И. Симонова, И.В. Низяева, С.Г. Назаров, Е.А. Журавлева, Н.С. Кондрова, Е.Г. Степанов, Р.М. Фасиков, С.М. Григорьева [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2012. – № 1. – С. 13–19
6. Quantitative differences between common occupational health risk assessment models / Q. Xu, F. Yu, F. Li, H. Zhou, K. Zheng, M. Zhang // J. Occup. Health. – 2020. – Vol. 62, № 1. – P. e12164. DOI: 10.1002/1348-9585.12164
7. Occupational risk for post-traumatic stress disorder and trauma-related depression: a systematic review with meta-analysis / G. Petereit-Haack, U. Bolm-Audorff, K. Romero Starke, A. Seidler // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2020. – Vol. 17, № 24. – P. 9369. DOI: 10.3390/ijerph17249369
8. Gunnarsson L.-G., Bodin L. Occupational exposures and neurodegenerative diseases – a systematic literature review and meta-analyses // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2019. – Vol. 16, № 3. – P. 337 DOI: 10.3390/ijerph16030337
9. Методические подходы к оценке категорий профессионального риска, обусловленного различными видами нарушений здоровья работников, связанными с комплексом факторов рабочей среды и трудового процесса / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, В.Б. Алексеев, А.А. Савочкина, А.И. Савочкин, Е.В. Хрущева // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 4. – С. 23–30. DOI: 10.21668/health.risk/2020.4.03
10. 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.
11. Благинина Т.Ф., Болотнова Т.В. Нейросенсорная тугоухость – предиктор эндотелиальной дисфункции при некоторых неинфекционных заболеваниях у работающих (обзор междисциплинарных исследований) // Кубанский научный медицинский вестник. – 2020. – Т. 27, № 2. – С. 113–126. DOI: 10.25207/1608-6228-2020-27-2-113-126
12. Сюрин С.А. Производственный шум и профессиональная тугоухость на предприятиях арктической зоны России // Безопасность и охрана труда. – 2020. – Т. 82, № 1. – С. 49–53.
13. Кузнецова Г.И. Влияние шума на здоровье работников нефтедобывающей промышленности // Здравоохранение Югры: опыт и инновации. – 2021. – Т. 28, № 3. – С. 53–60.
14. Шайхлисламова Э.Р., Волгарева А.Д. Профессиональная патология, вызванная воздействием шумовибрационного фактора в Республике Башкортостан: динамика, клинические особенности // Безопасность и охрана труда. – 2019. – Т. 81, № 4. – С. 38–41.
15. Зинкин В.Н., Шешегов П.М., Чистов С.Д. Клинические аспекты профессиональной сенсоневральной тугоухости акустического генеза // Вестник оториноларингологии. – 2015. – Т. 80, № 6. – С. 65–70.
16. Панкова В.Б., Таварткиладзе Г.А., Мухамедова Г.Р. Профессиональная тугоухость: новые подходы к диагностике, экспертизе трудоспособности и реабилитации // Медицина экстремальных ситуаций. – 2013. – Т. 43, № 1. – С. 25–29.
17. Кравченко Е.В., Суховеева А.А. Целевые ориентиры и современные тенденции развития пенсионного обеспечения в России // Экономика, предпринимательство и право. – 2021. – Т. 11, № 5. – С. 1063–1076. DOI: 10.18334/epw.11.5.112081
18. Новикова Т.А., Михайлова Н.А., Райкин С.С. Профессиональный риск ускоренного старения работников, занятых во вредных и опасных условиях труда (обзор литературы) // Гигиена, экология и риски здоровью в современных условиях: материалы межрегиональной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Саратов, 2018. – С. 114–129.
19. Риск повреждения здоровья работающих во вредных и опасных условиях труда и возможность его минимизации / Е.М. Власова, О.Ю. Устинова, Г.З. Файнбург, А.Н. Петров // Актуальные проблемы охраны труда и безопасности производства, добычи и использования калийно-магниевых солей: материалы I Международной научно-практической конференции. – Пермь, 2018. – С. 11–24.
20. Фокин В.А. Оценка риска здоровью работников добывающих отраслей в условиях воздействия шума выше 80 дБА // Медицина труда и промышленная экология. – 2020. – Т. 60, № 11. – С. 867–869. DOI: 10.31089/1026-9428-2020-60-11-867-869

Оценка и прогнозирование персонального профессионального риска с уточнением его категорий при помощи вероятностных методов / В.А. Фокин, Н.В. Зайцева, П.З. Шур, С.В. Редько, Е.В. Хрущева // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 4. – С. 92–99. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.10



Research article

ASSESSING AND PREDICTING INDIVIDUAL OCCUPATIONAL RISK AND DETERMINING ITS EXACT CATEGORIES USING PROBABILISTIC METHODS

V.A. Fokin, N.V. Zaitseva, P.Z. Shur, S.V. Redko, E.V. Khrusheva

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

Existing approaches to occupational risk assessment more often involve evaluating its group levels and individual risks are assessed less frequently. These approaches provide deterministic risk assessment which doesn't take into account uncertainty in risk categorizing when its values are close to boundaries between adjoining risks categories. It substantiates the necessity to assess occupational risk levels using probabilistic methods.

Our research object was occupational risk and the basic subject was distribution of individual occupational risk levels among workers. Our test group was made up of oil and gas extraction operators exposed to noise equal to 80–85 dBA at their workplaces (173 people). Our control group included oil and gas extraction operators and engineering and technical personnel occupationally exposed to noise equal to 60–77.8 dBA (259 people). We performed a priori assessment of occupational health risks; accomplished epidemiologic analysis of a cause-effect relation between health disorders and work; calculated group occupational health risks; calculated and predicted individual occupational risk using mathematical modeling of dependence between probable negative responses and working conditions, age, and period of employment; determined risk categories more precisely using fuzzy sets by calculating the membership function.

As a result, we established that proven individual risk levels were distributed unevenly ($1.06 \cdot 10^{-4}$ – $1.47 \cdot 10^{-2}$) as per categories within a group characterized with a suspected average risk level. A category of proven individual risk levels was determined more precisely using fuzzy sets; after that distribution of probability of their membership was evaluated to detect that at the moment of the research a share of workers with their proven individual occupational risks falling into lower risk categories ($p > 0.5$) amounted to 89.6 %.

We attempted to predict risks for the whole employment period given that working conditions remained the same and no prevention activities were provided. Our prediction revealed that individual occupational risks would remain unacceptable for all workers in the test group and would amount to $2.53 \cdot 10^{-2}$ – $3.51 \cdot 10^{-2}$; a risk category was also expected to become higher. Individual occupational risk would be categorized as average for most workers and as high for 23 % of them ($p < 0.5$).

Key words: occupational risk, noise, probabilistic assessment, risk level categorizing, regression models, risk level prediction, sensorineural hearing loss, fuzzy sets.

References

1. Roslyi O.F., Fedoruk A.A., Drugova O.G., Plotko E.G. Itogi otsenki professional'nogo riska dlya zdorov'ya rabotnikov po materialam SOUT, proizvodstvennogo kontrolya i professional'noi zaboлеваemosti [The results of assessing occupational health risks for workers based on the materials of a special assessment of working conditions, production control and occupational morbidity]. *Upravlenie riskom dlya zdorov'ya rabotayushchikh i naseleniya v svyazi s khozyaistvennoy deyatel'nost'yu predpriyatiy metallurgicheskoy promyshlennosti: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. Ekaterinburg, FBUN EMNTs POZRPP Rospotrebnadzora Publ., 2017, pp. 119–125 (in Russian).
2. Golovkova N.P., Kotova N.I., Chebotarev A.G. Otsenka urovnya professional'nogo riska u rabotnikov gorno-metallurgicheskikh predpriyatiy po rezul'tatam spetsial'noi otsenki uslovii truda [Assessment of the level of occupational risk among workers employed at mining and metallurgical enterprises based on the results of a special assessment of working conditions]. *Sovremennye problemy meditsiny truda: materialy vs Rossiiskoi nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 80-letiyu akademika RAN N.Kh. Amirova*. Kazan', Kazanskii GMU, FGBNU "NII MT" Publ., 2019, pp. 51–54. DOI: 10.31089/978-5-6042929-0-7-2019-1-51-54 (in Russian).

© Fokin V.A., Zaitseva N.V., Shur P.Z., Redko S.V., Khrusheva E.V., 2021

Vladimir A. Fokin – researcher at the Health Risk Analysis Department (e-mail: fokin@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0539-7006>).

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

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

Svetlana V. Red'ko – senior researcher at the Health Risk Analysis Department (e-mail: redkosv@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2736-5013>).

Ekaterina V. Khrusheva – senior researcher at the Health Risk Analysis Department (e-mail: hrusheva@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2107-8993>).

3. Denisov E.I., Prokopenko L.V., Stepanyan I.V., Chesalin P.V. The loudness and hazard of noise; phenomenology, measurement, and evaluation. *Gigiena i sanitariya*, 2009, no. 5, pp. 26–29 (in Russian).
4. Denisov E.I., Tchesalin P.V. Occupationally related morbidity and its evidence. *Medsitsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2007, no. 10, pp. 1–9 (in Russian).
5. Simonova N.I., Nizyaeva I.V., Nazarov S.G., Zhuravlyova E.A., Kondrova N.S., Stepanov E.G., Fasikov R.M., Grigorieva S.M. [et al.]. Comparative analysis of occupational risk evaluation results through various methodic approaches. *Medsitsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2012, no. 1, pp. 13–19 (in Russian).
6. Xu Q., Yu F., Li F., Zhou H., Zheng K., Zhang M. Quantitative differences between common occupational health risk assessment models. *J. Occup. Health*, 2020, vol. 62, no. 1, pp. e12164. DOI: 10.1002/1348-9585.12164
7. Petereit-Haack G., Bolm-Audorf U., Romero Starke K., Seidler A. Occupational risk for post-traumatic stress disorder and trauma-related depression: a systematic review with meta-analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2020, vol. 17, no. 24, pp. 9369. DOI: 10.3390/ijerph17249369
8. Gunnarsson L.G., Bodin L. Occupational exposures and neurodegenerative diseases – a systematic literature review and meta-analyses. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2019, vol. 16, no. 3, pp. 337. DOI: 10.3390/ijerph16030337
9. Zaitseva N.V., Shur P.Z., Alekseev V.B., Savochkina A.A., Savochkin A.I., Khrushcheva E.V. Methodical approaches to assessing categories of occupational risk predetermined by various health disorders among workers related to occupational and labor process factors. *Health Risk Analysis*, 2020, no. 4, pp. 23–30. DOI: 10.21668/health.risk/2020.4.03.eng
10. Shlyapnikov D.M., Shur P.Z., Alexeev V.B., Uhabov V.M., Novoselov V.G., Perevalov A.Ya. New potential of MTHFR gene variations application as an individual sensitivity marker in evaluation of occupational risk of arterial hypertension under exposure to noise. *Medsitsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2016, no. 8, pp. 6–10 (in Russian).
11. Blaginitina T.F., Bolotnova T.V. Sensorineural hearing loss as a predictor of endothelial dysfunction in some non-communicable diseases in the working population (a review of interdisciplinary studies). *Kubanskii nauchnyi medicinskii vestnik*, 2020, vol. 27, no. 2, pp. 113–126. DOI: 10.25207/1608-6228-2020-27-2-113-126 (in Russian).
12. Syurin S.A. Industrial noise and occupational noise-induced hearing loss at enterprises in the Russian arctic. *Bezopasnost' i okhrana truda*, 2020, vol. 82, no. 1, pp. 49–53 (in Russian).
13. Kuznetsova G.I. Vliyaniye shuma na zdorov'e rabotnikov nefteobrabatovayushchei promyshlennosti [Effects of noise on health of workers employed in oil extracting industry]. *Zdravookhraneniye Yugry: opyt i innovatsii*, 2021, vol. 28, no. 3, pp. 53–60 (in Russian).
14. Shaikhislamova E.R., Volgareva A.D. Occupational pathology caused by the influence of the noise-vibration factor in the republic of Bashkortostan: dynamics, clinical features. *Bezopasnost' i okhrana truda*, 2019, vol. 81, no. 4, pp. 38–41 (in Russian).
15. Zinkin V.N., Sheshegov P.M., Chistov S.D. The clinical aspects of occupational sensorineural impairment of hearing of the acoustic origin. *Vestnik otorinolaringologii*, 2015, no. 6, pp. 65–70 (in Russian).
16. Pankova V.B., Tavartkiladze G.A., Mukhamedova G.R. Occupational hearing loss: new approach to diagnostic, labour capacity examination and rehabilitation. *Medsitsina ekstremal'nykh situatsii*, 2013, vol. 43, no. 1, pp. 25–29 (in Russian).
17. Kravchenko E.V., Suhoveeva A.A. Targets and current trends in the development of pension provision in Russia. *Ekonomika, predprinimatel'stvo i pravo*, 2021, vol. 11, no. 5, pp. 1063–1076. DOI: 10.18334/epp.11.5.112081 (in Russian).
18. Novikova T.A., Mikhailova N.A., Raikin S.S. Professional'nyi risk uskorennoy stareniya rabotnikov, zanyatykh vo vrednykh i opasnykh usloviyakh truda (obzor literatury) [Occupational risk of accelerated aging of workers employed in hazardous and adverse working conditions]. *Gigiena, ekologiya i riski zdorov'yu v sovremennykh usloviyakh: materialy mezhrregional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov*, 2018, pp. 114–129 (in Russian).
19. Vlasova E.M., Ustinova O.Yu., Fainburg G.Z., Petrov A.N. Health damage risk for workers in harmful and dangerous working conditions and possibility of its minimization. *Aktual'nye problemy ohrany truda i bezopasnosti proizvodstva, dobychi i ispol'zovaniya kaliino-magnevykh solei: materialy I Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Perm', 2018, pp. 11–24 (in Russian).
20. Fokin V.A. Health risk assessment for workers in the extractive industries under conditions of noise exposure above 80 dBA. *Medsitsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2020, vol. 60, no. 11, pp. 867–869. DOI: 10.31089/1026-9428-2020-60-11-867-869 (in Russian).

Fokin V.A., Zaitseva N.V., Shur P.Z., Redko S.V., Khrushcheva E.V. Assessing and predicting individual occupational risk and determining its exact categories using probabilistic methods. *Health Risk Analysis*, 2021, no. 4, pp. 92–99. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.10.eng

Получена: 06.09.2021

Принята: 10.12.2021

Опубликована: 30.12.2021

Научная статья

РИСК РАЗВИТИЯ СИНДРОМА АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ У РАБОТНИКОВ ПОДЗЕМНОГО ТРУДА ПРИ ТРАНСФОРМАЦИИ ПСИХОВЕГЕТАТИВНОГО СТАТУСА

Н.Н. Малютинa¹, С.В. Парамонова¹, Н.С. Сединина¹, О.Ю. Устинова^{2,3}

¹Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера, Россия, 614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, 26

²Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

³Пермский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 15614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Исследование определено актуальностью изучения факторов риска смертности населения от болезней системы кровообращения, прежде всего в трудоспособном возрасте. Установлены предпосылки развития артериальной гипертензии на основе изучения состояния психовегетативного статуса, биохимических и функциональных показателей сердечно-сосудистой системы у работников подземного труда в зависимости от возраста.

Обследовано 109 мужчин, работающих на горнодобывающем предприятии хромовой руды, подвергающихся воздействию профессиональных и психосоциальных факторов. Пациентов разделили на две группы: основная – 60 мужчин, работающих в подземных условиях, которые квалифицированы как «вредные» и отнесены к классам 3.3–3.4; группа сравнения – 49 мужчин, осуществляющих наземные работы, условия которых отнесены к классу 3.2. Основную группу разделили на две подгруппы в зависимости от возраста: лица моложе 45 лет ($n = 20$, в среднем $38,45 \pm 2,95$ г.) и лица старше 45 лет ($n = 40$, в среднем $50,90 \pm 1,46$ г.). Соответственно разделена группа сравнения. Пациентам проведено исследование психовегетативного состояния с оценкой уровня нервно-психического напряжения, личностной и ситуативной тревожности, функции внимания, субъективного отражения психовегетативного неблагополучия. Состояние сердечно-сосудистой системы исследовано по результатам функциональной и клинко-лабораторной диагностики.

Снижение внимания, повышение личностной тревожности и увеличение количества жалоб психовегетативного характера достоверно чаще выявлялись в группе пациентов с синдромом артериальной гипертензии (OR 7,50; 95 % CI 2,39–23,58; OR 11,06; 95 % CI 4,35–28,10; OR 22,50; 95 % CI 7,09–71,41). В двух подгруппах выделены различия адаптационных психовегетативных фенотипов. У пациентов моложе 45 лет установлена корреляция параметров психовегетативного статуса с возрастом и стажем при отсутствии их связи с показателями гомеостаза. У пациентов старше 45 лет установлена отрицательная связь между возрастом, стажем и некоторыми параметрами психовегетативного статуса, а также прямая связь данных параметров с некоторыми показателями гомеостаза при диагностике синдрома артериальной гипертензии у 95 % пациентов в данной подгруппе.

С увеличением возраста и стажа происходит трансформация адаптационного психовегетативного фенотипа с инверсией связей с психовегетативными параметрами на фоне усиления функциональных нарушений сердечно-сосудистой системы. Диагностика трансформации данного фенотипа позволяет оценивать риск развития артериальной гипертензии и способствует профилактике гипертонической болезни путем формирования групп риска.

Ключевые слова: психовегетативный статус, опасная подземная работа, функциональные изменения, психовегетативный фенотип, артериальная гипертензия, психосоциальные факторы.

© Малютинa Н.Н., Парамонова С.В., Сединина Н.С., Устинова О.Ю., 2021

Малютинa Наталья Николаевна – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой факультетской терапии № 2, профпатологии и клинической лабораторной диагностики (e-mail: dr-malyutina@yandex.ru; тел.: 8 (963) 88-01-708; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3475-2505>).

Парамонова Светлана Васильевна – ассистент кафедры психиатрии, наркологии и медицинской психологии (e-mail: sereniti90@gmail.com; тел.: 8 (919) 48-42-851).

Сединина Наталья Степановна – доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой психиатрии, наркологии и медицинской психологии (e-mail: nsedinina@mail.ru; тел.: 8 (951) 93-85-409).

Устинова Ольга Юрьевна – доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по клинической работе (e-mail: ustanova@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 236-32-64; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9916-5491>).

Диагностическая значимость профессиональных и психосоциальных факторов в формировании производственно обусловленных заболеваний является актуальной проблемой. В связи с увеличением интенсивности производства многих отраслей, в том числе горнодобывающей, возрастают напряженность трудового процесса, нагрузка на психовегетативные адаптационные механизмы работников, увеличивается риск развития кортиковисцеральной дисфункции и дисбаланса вегетативной нервной системы, что приводит к дистресс-реакции, нарушению основного обмена, нейроэндокринной патологии, активизации свободнорадикального окисления липидов, дисфункции эндотелия сосудов [1].

Данные патологические изменения, в первую очередь, влияют на состояние сердечно-сосудистой системы (ССС). С увеличением стажа адаптационные психологические функции истощаются, формируется патологический вариант психологического реагирования на производственную ситуацию, при этом компенсаторная роль и функция психологической адаптации снижаются. Психовегетативное напряжение проявляется в реализации соматических функциональных нарушений, а в последующем приводит к увеличению доли психосоматической патологии, чаще – формированию артериальной гипертензии (АГ) [2, 3].

АГ включена в перечень факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) трудоспособного населения, способствует увеличению жесткости артериальных сосудов (как один из патогномичных синдромов сосудистого старения)¹. Доля смертности от болезней системы кровообращения от общего числа умерших в РФ во всех возрастных группах в 2014 г. составляла 50,1 %, причем в старших возрастных группах эта доля сохраняется непропорционально высокой [4].

Психосоциальные факторы (низкая автономность, отсутствие социальной поддержки и неудовлетворенность работой, депрессия, стресс дома и на работе, тяжелое финансовое положение, неблагоприятные жизненные события) значимы в развитии стресс-обусловленных нарушений здоровья, в том числе ССЗ, и оценка рабочего стресса рекомендована для включения в профилактические программы на предприятиях [5–9]. Установлено, что высокая частота ССЗ работающего населения в Сибири связана с широким распространением таких психосоциальных факторов риска, как высокий уровень тревожности, депрессии и нарушения сна [10]. Значимость виталь-

ного истощения, тревожности и депрессивной симптоматики отмечалась у пациентов Bern University Hospital, перенесших острый коронарный синдром или инфаркт миокарда, большинству из них требовалось психологическое консультирование [11]. Кроме того, по данным American Heart Association депрессия с тревогой рекомендована для включения в список факторов риска острых нарушений CCC [12].

Метаанализ состояния здоровья и психологического состояния работников Китая показал ассоциацию депрессии и тревожности с риском развития ССЗ [13]. Депрессия повышает риск смертности на 77 %, совместно с тревогой [14], в том числе от заболеваний CCC [15]. Изучена значимость комплексных исследований психоэмоциональных и личностных особенностей пациентов с сердечно-сосудистой патологией в целях совершенствования мероприятий, направленных на коррекцию психологических факторов риска ишемической болезни сердца (ИБС) и ее последствий, а также на снижение их негативного воздействия [16, 17]. На сегодняшний день психологическое сопровождение работников опасных производств входит в корпоративные программы сохранения здоровья работников многих отраслей [18].

Согласно позиции ВОЗ (WHO, Fact sheet of mental health, 2015), «Стратегии формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025»², принятой Правительством Российской Федерации, разработана программа мероприятий по сохранению психического здоровья для стабильной производительности труда и профессионального долголетия [19].

В связи с вышесказанным актуальна своевременная диагностика психовегетативного состояния работников. Комплекс мероприятий, направленных на выявление ранних признаков заболеваний, проведение периодических медицинских осмотров (ПМО) данного контингента определяется многочисленными правовыми актами: Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 28.01.2021 № 29н «Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и

¹ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Татарстан в 2019 году: Государственный доклад [Электронный ресурс]. – Казань: Управление Роспотребнадзора по Республике Татарстан, 2020. – 356 с. – URL: http://16.rosпотребнадзор.ru/c/document_library/get_file?uuid=e952e8fb-d3f5-467a-a301-f3b082a9b477&groupId=10156 (дата обращения: 21.07.2021).

² Об утверждении Стратегии формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 года: Приказ Министерства здравоохранения РФ от 15 января 2020 г. № 8 [Электронный ресурс] // Гарант: информационно-правовой портал. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73421912/> (дата обращения: 03.07.2021).

периодические медицинские осмотры»; Федеральный закон Российской Федерации от 21.11.2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации», а также стандартами порядка оказания медицинской помощи, федеральными клиническими рекомендациями³. Работник обязан проходить в том числе обязательное психиатрическое освидетельствование с учетом положений Закона РФ от 2 июля 1992 г. № 3185-1 «О психиатрической помощи и гарантиях прав граждан при ее оказании»⁴.

В функции психиатра на ПМО входит установление психиатрических противопоказаний к осуществлению профессиональной деятельности. Однако с учетом вышеуказанной значимости психологической адаптации при формировании психосоматической патологии целесообразно комплексное описание психологического состояния работника с акцентом на состояние психических функций, имеющих этиопатогенетическое значение в психосоматической патологии. Полученные данные соотносятся со сведениями о структуре и выраженности соматической патологии работников для формирования батареи методик исследования, а затем анализа взаимоотношений психических функций с возрастом, стажем, функциональными и органическими проявлениями соматической патологии. Таким образом, формируется клинико-психовегетативный фенотип работника интенсивного труда [20], разрабатываются и рекомендуются меры профилактики, принципы ранней диагностики соматической патологии для формирования групп риска.

Цель исследования – установить предпосылки развития АГ на основе изучения изменения состояния психовегетативного статуса, биохимических и функциональных показателей ССС работников подземного труда среднего и старшего возраста.

Материалы и методы. Обследованы 60 мужчин, выполняющих подземные работы (основная группа, $n = 60$, возраст – $46,8 \pm 2,0$ г., стаж – $22,0 \pm 2,4$ г.), при наличии подписанного информированного согласия. Группа сравнения представлена 49 работниками наземных профессий (возраст – $43,6 \pm 3,8$ г., стаж – $16,6 \pm 1,6$ г.). Для изучения показателей здоровья в возрастном аспекте пациентов разделили на две группы с использованием возрастной классификации ВОЗ, согласно которой люди моложе

45 лет входят в группу лиц молодого возраста, в возрасте 45–60 лет – среднего возраста. Группу I ($n = 20$) составили работники в возрасте $38,45 \pm 2,95$ г., стаж – $12,7 \pm 3,0$ г., группу II ($n = 40$) – работники в возрасте $50,90 \pm 1,46$ г., стаж – $26,7 \pm 1,9$ г. Из группы сравнения сформированы две подгруппы: 23 работника в возрасте $38,0 \pm 2,8$ г., стаж – $9,3 \pm 1,5$ г. (группа сравнения < 45 лет); и 26 работников в возрасте $49,2 \pm 2,1$ г., стаж – $24,0 \pm 1,8$ г. (группа сравнения > 45 лет). Группы сопоставимы по возрасту, гендерности, социально-бытовому и производственным условиям; I и II группы сопоставимы по условиям труда ($p < 0,05$). Клиническое обследование проводилось в терапевтическом отделении ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора.

Анализ специальной оценки условий труда основной группы работников шахты по подземной добыче хромовой руды показал, что уровень эквивалентного шума на рабочих местах шахтеров составлял от 65,3–70,9 до 108,2–114,9 дБА (проходчик, бурильщик шпуров, машинист буровой установки – класс 3.4). Локальная вибрация на рабочих местах превышала предельно допустимый уровень (ПДУ – 126 дБ) и достигала 135 дБ, а общая вибрация – 127 дБ (ПДУ – 115 дБ – класс 3.3). Имела место пониженная температура воздуха (9°C – класс 3.3). Физическая нагрузка и частое нахождение в неудобной (фиксированной) позе позволили отнести условия труда у данного контингента к классу 3.3. Содержание взвешенных веществ (пыли) в воздухе рабочей зоны (ВРЗ) проходчика, бурильщика шпуров, машиниста буровой установки, машиниста скреперной лебедки соответствовало классу условий труда 3.1. Содержание хрома на рабочих местах не превышало $0,002\text{--}0,012\text{ мг/м}^3$, среднесменная концентрация составила менее $0,5\text{ мг/м}^3$ при ПДК_{рз} – $1,0\text{ мг/м}^3$. В целом условия труда на рабочих местах квалифицированы как «вредные» и отнесены к классам 3.3–3.4 (табл. 1).

Гигиеническая оценка условий труда группы сравнения проведена на 34 рабочих местах работников (табл. 2).

При проведении ПМО у группы обследуемых было диагностировано повышение артериального давления выше 140/90 мм рт. ст. Для уточнения

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 [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375353/ (дата обращения: 23.07.2021); Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации: Федеральный закон № 323-ФЗ от 21.11.2011 [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/ (дата обращения: 23.07.2021).

⁴ О психиатрической помощи и гарантиях прав граждан при ее оказании: Закон РФ № 3185-1 от 02.07.1992 [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_4205/ (дата обращения: 23.07.2021).

Таблица 1

Условия труда подземных горнорабочих основных профессий, занятых шахтной добычей хромовой руды

Профессия	Класс условий труда по степени вредности и (или) опасности								
	Химический фактор	Аэро-золи	Шум (Лэкв.)	Вибрация (общ.)	Вибрация (лок.)	Микро-климат	Тяжесть труда	Напряжённость труда	Общая оценка
Горнорабочий	2	3.1	2	–	–	3.3	3.2	1	3.3
Проходчик	2	3.1	3.4	3.2	3.3	3.3	3.3	1	3.4
Крепильщик	2	3.1	3.2	–	3.2	3.3	3.2	1	3.3
Бурильщик шпуров	2	3.1	3.4	3.2	3.3	3.3	3.3	1	3.4
Машинист скреперной лебедки	2	3.1	3.3	3.1	3.1	3.3	3.3	1	3.4
Машинист буровой установки	2	3.1	3.4	2	2	3.3	3.2	1	3.4

Таблица 2

Условия труда наземных рабочих основных профессий, занятых добычей хромовой руды

Профессия	Класс условий труда по степени вредности и (или) опасности								
	Химический фактор	Аэро-золи	Шум (Лэкв.)	Вибрация (общ.)	Вибрация (лок.)	Микро-климат	Тяжесть труда	Напряжённость труда	Общая оценка
Слесарь-ремонтник	2	2	3.2	2	2	–	3.1	–	3.2
Машинист конвейера	2	2	3.2	2	–	–	3.1	–	3.2
Концентраторщик	2	2	3.2	2	–	–	3.1	–	3.2
Грузчик	2	2	2	–	–	–	3.2	–	3.2

диагноза данные пациенты направлены в терапевтическое отделение ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». В результате комплексного стационарного обследования у 38 пациентов (63,3 %) основной группы был установлен окончательный диагноз: артериальная гипертензия I ст. Все они входили в группу лиц среднего возраста (II группа).

Использована методика клинической беседы и анкетирование для выделения личностных особенностей пациентов. Проведена оценка психовегетативной дисфункции с использованием батареи психофизиологических тестов (компьютерный комплекс «НС-Психотест»). Применялись следующие тесты: «Определение нервно-психического напряжения Т. Немчина», 2011 г. (оценка психического напряжения в баллах); «Интегративный тест тревожности» (оценка в баллах). Произвольное внимание исследовано с помощью пробы с таблицей Шульте – Горбова. Оценка субъективного отражения психовегетативной дисфункции проведена по опроснику «Выраженность симптомов психовегетативного синдрома», результат в баллах. Проведены: ЭКГ, суточное мониторирование АД, УЗИ сердца. Оценивались результаты общего и биохимического анализа крови (глюкоза, креатинин, АСТ, АЛТ, натрий, калий, мочевиная кислота сыворотки крови, липидный спектр, С-реактивный белок). Статистическая обработка проводилась на ПК с использованием встроенного пакета анализа табличного процессора Excel®2016 MSO (© Microsoft, 2016), авторского (© В.С. Шелудько, 2001–2016) пакета прикладных электронных таблиц (ППЭТ) Stat2015.

Результаты и их обсуждение. Всем пациентам основной группы и группы сравнения проведены

клинико-лабораторные и инструментальные исследования, результаты которых показывают, что показатели гомеостаза находились в пределах референсных значений (табл. 3).

В ходе клинической беседы установлены личностные особенности пациентов: обстоятельность, опора при принятии решений на внешние обстоятельства и морально-этические убеждения, ориентированность на благополучие и переживания на его счет. В основной группе подземных работников установлен низкий уровень функции внимания (ФВ) ($69,72 \pm 6,03$ с, $p < 0,05$), в отличие от группы сравнения, соответствующий особенностям монотонного длительного труда в условиях повышенной опасности с высокой концентрацией, но сниженной переключаемостью внимания как результат адаптации к труду. Определен значимый уровень личностной тревожности (ЛТ) ($5,0 \pm 0,4$ балла, $p < 0,05$), демонстрирующий готовность к изменениям ситуации как на производстве, так и в социально-бытовых условиях. Длительная экспозиция ЛТ сопровождается постоянным напряжением психических функций и активизацией симпатической нервной системы. Средний уровень ЛТ обусловлен особенностями условий труда: производственные вредности, риск для жизни во время смены, беспокойство о состоянии здоровья и возможности потери рабочего места и права льготного выхода на пенсию, риск ухудшения социального и материального положения. Установлен средний уровень нервно-психического напряжения (НПН) ($42,7 \pm 1,5$ балла, $p < 0,05$), а также повышение количества жалоб психовегетативного характера, в отличие от данных группы сравнения ($1,5 \pm 0,3$ балла, $p < 0,05$). Вышеуказанные особенности психического состояния пациентов расцениваются как адаптация психики к опасным условиям

Таблица 3

Функциональные изменения ССС и клинико-лабораторные показатели крови подземных горнорабочих

Параметры	Основная группа ($n = 60$), $M \pm 2m$	Группа сравнения ($n = 49$), $M \pm 2m$
<i>Функциональные изменения ССС</i>		
Среднее САД, мм рт. ст.	131,20 \pm 2,10	128,81 \pm 2,21
Пульсовое АД, мм рт. ст.	46,17 \pm 1,88	46,23 \pm 2,30
ТМЖП, см	0,97 \pm 0,06*	0,86 \pm 0,07
<i>Клинико-лабораторные показатели крови</i>		
Индекс атерогенности	2,12 \pm 0,15*	1,76 \pm 0,20
Общий холестерин, ммоль/л	5,52 \pm 0,37*	4,81 \pm 0,29
ЛПВП, ммоль/л	1,78 \pm 0,09	1,77 \pm 0,10
Мочевая кислота, мкмоль/л	311,43 \pm 13,69*	296,42 \pm 19,43
Тромбоциты, $10^9/\text{дм}^3$	250,08 \pm 13,05	231,19 \pm 13,18

Примечание: * – $p < 0,05$ – статистически значимые различия с показателями группы сравнения.

Таблица 4

Показатели психовегетативного статуса у работников основной группы

Параметры психовегетативного статуса	Основная группа ($n = 60$), $M \pm 2m$	Группа сравнения ($n = 49$), $M \pm 2m$
Истощение внимания, с	69,72 \pm 6,03*	40 \pm 1,80
Индекс нервно-психического напряжения (НПН), балл	42,72 \pm 1,50*	40,5 \pm 1,10
Ситуативная тревожность, балл	1,92 \pm 0,40	1,91 \pm 0,38
Личностная тревожность, балл	5,00 \pm 0,39*	4,3 \pm 0,21
Психовегетативные жалобы, балл	1,52 \pm 0,28*	0,8 \pm 0,10

Примечание: * – $p < 0,05$ – статистически значимые различия с показателями группы сравнения.

труда и представляют собой «психологический портрет» подземного работника (табл. 4).

В возрастном аспекте проанализированы корреляции функциональных показателей ССС, крови и психовегетативных параметров. Установлена связь между стажем и уровнем НПН ($r = 0,301$, $p = 0,0192$); между истощением ФВ и уровнем креатинина ($r = 0,310$, $p = 0,0160$); между средним САД и пульсовым АД ($r = 0,755$, $p = 0,000$), индексом атерогенности (ИА) и толщиной межжелудочковой перегородки (ТМЖП) ($r = 0,407$, $p = 0,0013$), ИА и общим холестерином (ОХ) ($r = 0,651$, $p = 0,000$); ТМЖП и ОХ ($r = 0,369$, $p = 0,0037$).

Кроме того, установлено, что преодоление возрастной границы связано как с усилением показателей психовегетативного состояния, так и с установлением диагноза «Синдром артериальной гипертензии» (рис. 1).

На основе полученных корреляций проведена оценка рисков психовегетативных и клинико-функциональных показателей у пациентов с синдромом АГ.

Снижение ФВ, повышение ЛТ и увеличение количества жалоб психовегетативного характера достоверно чаще выявлялись в группе пациентов с синдромом АГ ($OR\ 7,50$; 95 % $CI\ 2,39-23,58$; $OR\ 11,06$; 95 % $CI\ 4,35-28,10$; $OR\ 22,50$; 95 % $CI\ 7,09-71,41$). Также достоверно чаще повышение САД ($OR\ 4,48$; 95 % $CI\ 1,80-11,16$), пульсового АД ($OR\ 3,00$; 95 % $CI\ 1,14-7,86$), ТМЖП ($OR\ 2,98$; 95 % $CI\ 1,26-7,06$), ИА ($OR\ 3,20$; 95 % $CI\ 1,08-9,50$), мочевой кислоты

сыворотки крови ($OR\ 3,86$; 95 % $CI\ 1,41-10,55$). Таким образом, у пациентов обследуемой группы с установленным синдромом АГ повышается риск психовегетативных изменений в виде снижения ФВ, повышения ЛТ и увеличения количества жалоб психовегетативного характера.

Для выявления особенностей адаптации проведен анализ клинико-психовегетативного состояния в зависимости от возраста обследованных (табл. 5).

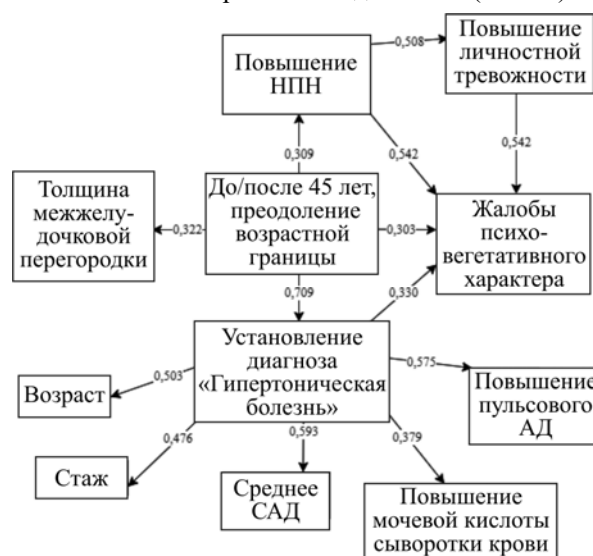


Рис. 1. Корреляции функциональных показателей ССС, клинико-лабораторных показателей крови и психовегетативных параметров основной группы

Таблица 5

Результаты психофизиологического и клинического обследования в I и II группах

Параметр	I группа (< 45 лет), n = 20	Группа сравнения (< 45 лет), n = 23	p	II группа (> 45 лет), n = 40	Группа сравнения (> 45 лет), n = 26	p
<i>Демографические показатели</i>						
Возраст, лет	38,45 ± 2,95	38,00 ± 2,75		50,90 ± 1,46	49,15 ± 1,50	
Стаж, лет	12,75 ± 3,02	9,30 ± 1,51		26,68 ± 1,99	23,92 ± 1,27	
<i>Параметры психовегетативного статуса</i>						
Внимание, с	67,20 ± 6,68*	36,39 ± 2,58	0,0001	70,98 ± 8,44*	39,15 ± 2,12	0,0000
НПН, баллы	40,15 ± 1,53*	40,04 ± 1,83	0,0018	44,00 ± 2,01*	41,04 ± 1,48	0,0074
Жалобы ВСД, баллы	1,05 ± 0,44*	0,65 ± 0,20	0,0017	1,75 ± 0,33*	0,92 ± 0,24	0,0002
Личностная тревожность, балл	4,85 ± 0,61	4,22 ± 0,72	0,3015	5,08 ± 0,50*	4,23 ± 0,62	0,0423
<i>Функциональные показатели ССС</i>						
САД, мм рт. ст	128,45 ± 3,60	126,96 ± 2,90	0,4147	132,58 ± 2,51*	128,81 ± 2,21	0,0441
Пульсовое АД, мм рт. ст.	42,75 ± 2,52	44,43 ± 2,54	0,7326	47,88 ± 2,37	46,23 ± 2,30	0,1993
ТМЖП, см	0,86 ± 0,10	0,84 ± 0,08	0,4465	1,02 ± 0,07*	0,86 ± 0,07	0,0032
<i>Клинико-лабораторные показатели гомеостаза</i>						
Индекс атерогенности (ИА)	2,04 ± 0,32*	1,83 ± 0,16	0,0067	2,16 ± 0,16*	1,76 ± 0,20	0,0032
ЛПВП, ммоль/л	1,72 ± 0,18*	1,68 ± 0,08	0,0035	1,81 ± 0,10	1,77 ± 0,10	0,3264
АСТ, Е/л	16,20 ± 2,84*	12,52 ± 1,33	0,0292	14,85 ± 1,33*	12,35 ± 1,11	0,0061
СОЭ, мм/ч	8,15 ± 1,71*	5,74 ± 1,24	0,0283	9,48 ± 1,49*	6,31 ± 1,19	0,0056
Общий холестерин, ммоль/л	5,03 ± 0,41	4,73 ± 0,29	0,2111	5,77 ± 0,51*	4,81 ± 0,29	0,0021
Креатинин, мкмоль/л	69,10 ± 6,18	66,96 ± 4,98	0,5059	71,53 ± 6,37*	66,58 ± 4,67	0,0346
Калий сыворотки, ммоль/л	4,22 ± 0,22	4,10 ± 0,23	0,6669	4,48 ± 0,20*	4,03 ± 0,21	0,0048
Мочевая кислота сыворотки крови, мкмоль/л	300,45 ± 22,28	297,26 ± 22,03	0,8027	316,93 ± 17,19*	296,42 ± 19,43	0,0456
С-реактивный белок, мг/л	5,05 ± 1,17	4,18 ± 0,92	0,4560	7,23 ± 1,14*	4,23 ± 0,84	0,0001
Тромбоциты, 10 ⁹ /дм ³	231,30 ± 16,30	226,96 ± 14,76	0,8850	259,48 ± 17,19*	231,19 ± 13,18	0,0129

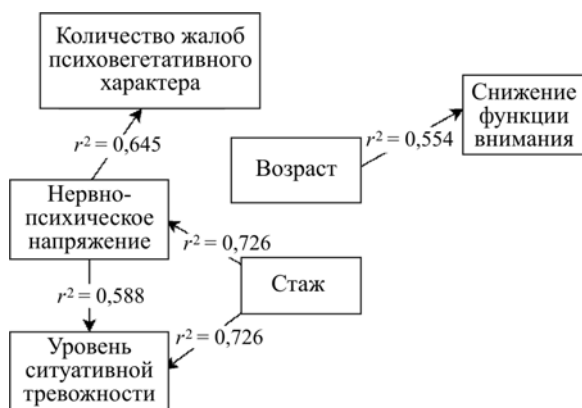
Примечание: * – $p < 0,05$ – статистически значимые различия с показателями группы сравнения.

Рис. 2. Корреляционные связи возраста и стажа работников I группы с параметрами психовегетативного состояния

В I группе выявлено: снижение ФВ, повышение уровня НПН с симпатикотонией, повышение количества жалоб психовегетативного характера. Достоверные изменения уровней ЛТ и СТ не выявлены, в отличие от группы сравнения.

Из функциональных показателей ССС установлено: тенденция к повышению среднего систолического артериального давления (САД), увеличению ТМЖП. Имеется тенденция к повышению ОХ, повышению С-реактивный белок.

Проведен анализ корреляции в I группе (рис. 2). Установлено наличие выраженной корреляции между

стажем и уровнем НПН ($r = 0,726$; $p = 0,0003$), выраженной корреляции между уровнем НПН и количеством психовегетативных жалоб ($r = 0,645$; $p = 0,0021$), умеренной корреляции между возрастом и ФВ ($r = 0,554$; $p = 0,011$). Корреляция между параметрами психовегетативного состояния и функциональными изменениями ССС не установлена.

Оценка рисков психовегетативных и клинико-функциональных показателей не выявила достоверной связи с установлением диагноза «Синдром АГ» в данной группе.

Таким образом, у подземных горнорабочих моложе 45 лет имеется особый адаптационный клинико-психовегетативный фенотип, который выделен нами как «*психологически реализуемый адаптационный фенотип*». Он проявляется в виде снижения ФВ, повышения НПН, увеличения количества жалоб психовегетативного характера при корреляции данных показателей с возрастом и стажем. Полученные результаты демонстрируют реализацию психовегетативного напряжения преимущественно психологическими механизмами, не сопровождающимися нарушениями ССС, которые в данной группе не зарегистрированы.

Во II группе установлено снижение ФВ, повышение уровня НПН с симпатикотонией, увеличение жалоб психовегетативного характера, значимо более высокий уровень ЛТ. Кроме того, выявлено повышение САД, увеличение ТМЖП, повышение ИА, ОХ.



Рис. 3. Корреляционные связи возраста и стажа работников II группы с параметрами психовегетативного состояния и лабораторными изменениями гомеостаза

Во II группе при анализе корреляции установлено (рис. 3): умеренная отрицательная связь между возрастом и индексом НПН ($r = -0,505$; $p = 0,0009$), возрастом и ЛТ ($r = -0,325$; $p = 0,026$), умеренная отрицательная корреляция между стажем и снижением ФВ ($r = -0,394$; $p = 0,0119$), стажем и индексом НПН ($r = -0,343$; $p = 0,0303$), стажем и ЛТ ($r = -0,331$; $p = 0,037$), а также СТ ($r = -0,352$; $p = 0,026$). Кроме того, умеренную корреляцию имеют ИА с ТМЖП (подана заявка на изобретение). Таким образом, у работников старше 45 лет качественно меняются взаимосвязи показателей психовегетативного состояния с возрастом и стажем на фоне более выраженных функциональных изменений ССС и лабораторных показателей крови. Это позволяет выделить «*психосоматически реализуемый адаптационный фенотип*».

Проведена оценка рисков психовегетативных и клинко-функциональных показателей у пациентов с синдромом АГ в группе работников старше 45 лет.

Снижение ФВ, повышение НПН достоверно чаще выявлялись в группе пациентов с синдромом АГ ($OR\ 4,98$; $95\ \% CI\ 1,45-17,07$; $OR\ 2,97$; $95\ \% CI\ 1,07-8,26$), но количество жалоб психовегетативного характера достоверно снижается ($OR\ 0,17$; $95\ \% CI\ 0,04-0,85$). У пациентов обследуемой группы старше 45 лет с установленным синдромом АГ риск изменения психовегетативного состояния отличается от такового в основной группе, в первую очередь, снижением количества жалоб психовегетативного характера, что подтверждает инверсию особенностей психовегетативного реагирования с увеличением возраста.

Таким образом, выявленные адаптационные психовегетативные фенотипы демонстрируют психологическое приспособление работников подземного труда к вредным производственным условиям в разных возрастных группах. В первые годы рабо-

ты до достижения 45-летнего возраста формируется «психологически реализуемый адаптационный фенотип» с характерным повышением уровня НПН, количества жалоб психовегетативного характера и снижением ФВ. Данные изменения носят приспособительный характер, не выходят за рамки нормы психологического реагирования, а формирующаяся под их воздействием симпатикотония сохраняет свою регуляторную функцию, не вызывает функциональные изменения со стороны ССС. С увеличением стажа в результате истощения психологического адаптационного потенциала у работников старше 45 лет формируется «психосоматически реализуемый адаптационный фенотип», характеризующийся снижением ФВ, повышением уровня НПН, увеличением жалоб психовегетативного характера и уровня ЛТ, повышением САД, увеличением ТМЖП, повышением ИА, ОХ. С увеличением стажа и возраста происходит инверсия их связи с психовегетативными изменениями, и накопленное со стажем напряжение психологических адаптационных функций начинает реализовываться путем психосоматизации, симпатикотония утрачивает регуляторный потенциал, встраивается в патогенез АГ и способствует ее развитию и повышает риск ГБ.

Выводы. В группе подземных горнорабочих изменяются особенности психовегетативного статуса, который сочетается с некоторыми функциональными изменениями ССС и биохимическими изменениями гомеостаза на фоне формирования синдрома АГ: снижается внимание, повышается ЛТ и увеличивается количество жалоб психовегетативного характера ($OR\ 7,50$; $95\ \% CI\ 2,39-23,58$; $OR\ 11,06$; $95\ \% CI\ 4,35-28,10$; $OR\ 22,50$; $95\ \% CI\ 7,09-71,41$). Изучение психовегетативного статуса позволяет выделить два возрастзависимых фенотипа: «психологически реализуемый адаптационный фенотип» и «психосоматически реализуемый адаптационный фенотип». С увеличением возраста и стажа происходит трансформация адаптационного психовегетативного фенотипа с инверсией связей с психовегетативными параметрами на фоне усиления функциональных нарушений ССС. В группе подземных горнорабочих формирование адаптационного клинко-психовегетативного фенотипа лежит в основе прогнозирования риска развития гипертонической болезни и способствует профилактике АГ в условиях психологического сопровождения (получена приоритетная справка на патент «Способ прогнозирования риска формирования гипертонической болезни у подземных горнорабочих», регистрационный номер № 2020137973).

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Особенности эмоционального состояния работников железнодорожного транспорта / Н.Н. Малютина, А.Л. Сединин, С.В. Лузина, Н.С. Сединина // Электронный научно-образовательный вестник: Здоровье и образование в XXI веке. – 2017. – Т. 19, № 7. – С. 97–98.
2. Workplace stress: A collective challenge [Электронный ресурс] // International Labour Organization. – Geneva, 2016. – URL: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_466547.pdf (дата обращения: 17.07.2021).

3. Ромасенко Л.В., Махов В.М., Чичкова Н.В. Функциональные (психосоматические) расстройства в общей медицинской практике // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. – 2019. – Т. 11, № 3. – С. 69–73. DOI: 10.14412/2074-2711-2019-3-69-73
4. Нозологическая и возрастная структура смертности от болезней системы кровообращения в 2006 и 2014 годах / И.В. Самородская, М.А. Старинская, В.Ю. Семёнов, Е.П. Какорина // Российский кардиологический журнал. – 2016. – Т. 21, № 6. – С. 7–14. DOI: 10.15829/1560-4071-2016-6-7-14
5. Фатхутдинова Л.М., Леонтьева Е.А. Мониторинг рабочего стресса как составная часть системы управления охраной труда // Медицина труда и промышленная экология. – 2018. – № 1. – С. 28–32. DOI: 10.31089/1026-9428-2018-1-28-32
6. Громова Е.А. Психосоциальные факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний (обзор литературы) // Сибирский медицинский журнал (г. Томск). – 2012. – Т. 27, № 2. – С. 22–29.
7. A systematic review including meta-analysis of work environment and burnout symptoms / G. Aronsson, T. Theorell, T. Grape, A. Hammarström, C. Hogstedt, I. Marteinsdottir, I. Skoog, L. Träskman-Bendz, C. Hall // BMC Public Health. – 2017. – Vol. 17, № 1. – P. 264. DOI: 10.1186/s12889-017-4153-7
8. The psychosocial work environment is associated with risk of stroke at working age / K. Jood, N. Karlsson, J. Medin, H. Pessah-Rasmussen, P. Wester, K. Ekberg // Scand. J. Work. Environ. Health. – 2017. – Vol. 43, № 4. – P. 367–374. DOI: 10.5271/sjweh.3636
9. Organizational uptake of NICE guidance in promoting employees' psychological health / A. Weinberg, J.H. Hudson, A. Pearson, S.B. Chowdhury // Occupational Medicine. – 2019. – Vol. 69, № 1. – P. 47–53. DOI: 10.1093/occmed/kqy148
10. Депрессия, тревога и нарушения сна среди населения 45–69 лет в России (Сибирь): эпидемиологическое исследование / В.В. Гафаров, И.В. Гагулин, Е.А. Громова, Д.О. Панов, А.А. Гафарова // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. – 2017. – Т. 9, № 4. – С. 31–37. DOI: 10.14412/2074-2711-2017-4-31-37
11. Psychosocial Risk Factors in Cardiac Rehabilitation: Time to Screen Beyond Anxiety and Depression / C. Mesa-Vieira, J. Grolimund, R. von Känel, O.H. Franco, H. Saner // Global Heart. – 2021. – Vol. 16, № 1. – P. 16. DOI: 10.5334/gh.896
12. Depression as a risk factor for poor prognosis among patients with acute coronary syndrome: systematic review and recommendations: a scientific statement from the American Heart Association / J.H. Lichtman, E.S. Froelicher, J.A. Blumenthal, R.M. Carney, L.V. Doering, N. Frasure-Smith, K.E. Freedland, A.S. Jaffe [et al.] // Circulation. – 2014. – Vol. 129, № 12. – P. 1350–1369. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000019
13. Depression and the risk of coronary heart disease: a meta-analysis of prospective cohort studies / Y. Gan, Y. Gong, X. Tong, H. Sun, Y. Cong, X. Dong, Y. Wang, X. Xu [et al.] // BMC Psychiatry. – 2014. – Vol. 14. – P. 371. DOI: 10.1186/s12888-014-0371-z
14. Depression and anxiety symptoms as predictors of mortality in PCI patients at 10 years of follow-up / M.R. van Dijk, E.M. Utens, K. Dulfer, M.N. Al-Qezweny, R.J. van Geuns, J. Daemen, R.T. van Domburg // Eur. J. Prev. Cardiol. – 2016. – Vol. 23, № 5. – P. 552–558. DOI: 10.1177/2047487315571889
15. Direction of Association Between Depressive Symptoms and Lifestyle Behaviors in Patients with Coronary Heart Disease: the Heart and Soul Study / N.L. Sin, A.D. Kumar, A.K. Gehi, M.A. Whooley // Ann. Behav. Med. – 2016. – Vol. 50, № 4. – P. 523–532. DOI: 10.1007/s12160-016-9777-9
16. Особенности психоэмоциональной сферы пациентов с ишемической болезнью сердца: обзор исследований / А.А. Великанов, А.А. Столярова, Н.Е. Круглова, Е.А. Демченко // Психология. Психофизиология. – 2020. – Т. 13, № 1. – С. 23–33. DOI: 10.14529/jpps200103
17. Long V., Brown V. Conceptualizing work-related mental distress in the British coalfields (c. 1900–1950) // Palgrave Commun. – 2018. – Vol. 4. – P. 133. DOI: 10.1057/s41599-018-0187-4
18. Rugulies R. What is a psychosocial work environment? // Scand. J. Work Environ. Health. – 2019. – Vol. 45, № 1. – P. 1–6. DOI: 10.5271/sjweh.3792
19. Бухтияров И.В., Матюхин В.В., Рубцов М.Ю. Профессиональный стресс в свете реализации глобального плана действий по здоровью работающих // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 3 (45), ч. 3. – С. 53–55. DOI: 10.18454/IJIR.2016.45.014
20. Малиютина Н.Н., Парамонова С.В., Сединина Н.С. Формирование психо-вегетативного фенотипа работников интенсивного труда // Вестник «Биомедицина и социология». – 2020. – Т. 5, № 2. – С. 5–10. DOI: 10.26787/nydha-2618-8783-2020-5-2-5-10

Риск развития синдрома артериальной гипертензии у работников подземного труда при трансформации психо-вегетативного статуса / Н.Н. Малиютина, С.В. Парамонова, Н.С. Сединина, О.Ю. Устинова // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 4. – С. 100–108. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.11

UDC 613.6.02: 613.65

DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.11.eng



Research article

RISK OF DEVELOPING HYPERTENSION IN UNDERGROUND WORKERS WHEN PSYCHO-VEGETATIVE STATUS IS TRANSFORMING

N.N. Malyutina¹, S.V. Paramonova¹, N.S. Sedinina¹, O.Yu. Ustinova^{2,3}

¹Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner, 26 Petropavlovskaya Str., Perm, 614990, Russian Federation

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

³Perm State National Research University, 15 Bukireva Str., Perm, 614990, Russian Federation

© Malyutina N.N., Paramonova S.V., Sedinina N.S., Ustinova O.Yu., 2021

Natalia N. Malyutina – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department for Faculty Therapy No. 2, Occupational Pathology, and Clinical Laboratory Diagnostics (e-mail: dr-malyutina@yandex.ru; tel.: +7 (963) 88-01-708; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3475-2505>).

Svetlana V. Paramonova – Assistant at the Department of Psychiatry, Narcology and Medical Psychology (e-mail: sereniti90@gmail.com; tel.: +7 (919) 48-42-851).

Natalia S. Sedinina – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Psychiatry, Narcology and Medical Psychology (e-mail: nsedinina@mail.ru; tel.: +7 (951) 93-85-409).

Olga Yu. Ustinova – Doctor of Medical Sciences, Professor, 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>).

The present research work is vital given the importance of studying risk factors that can cause mortality due to diseases of the circulatory system, especially among population of employable age. Our research aim was to establish what factors might induce developing hypertension based on examining psycho-vegetative status, biochemical and functional parameters of the cardiovascular system in underground workers depending on their age.

We examined 109 men who were employed at a chromium mining enterprise and were exposed to occupational and psychosocial factors. The patients were divided into two groups; the test group was made up of 60 men who worked under ground under working conditions ranked as "hazardous" and belonging to hazard category 3.3–3.4; the reference group consisted of 49 men who dealt with surface works under working conditions belonging to hazard category 3.2. The test group was further divided into two sub-groups depending on workers' age: people younger than 45 ($n = 20$, average age was 38.45 ± 2.95) and people older than ($n = 40$, average age was 50.90 ± 1.46). The reference group was also divided accordingly. The patients had their psycho-vegetative status examined profoundly with assessing neuropsychic stress, personal and situational anxiety, attention function, and subjective reflection of psycho-vegetative distress. The state of the cardiovascular system (CVS) was examined using results of functional and clinical-laboratory diagnostics.

Decreased attention, greater personal anxiety and a greater number of psycho-vegetative complaints were detected authentically more frequently among patients with hypertension (OR 7.50, 95 % CI 2.39–23.58; OR 11.06, 95 % CI 4.35–28.10; OR 22.50, 95 % CI 7.09–71.41). We detected differences in adaptation psycho-vegetative phenotypes between two sub-groups. A correlation between age and working experience and indicators of psycho-vegetative status was established for patients younger than 45 but there was no correlation with homeostasis indicators. There was a negative correlation between age and working experience and some indicators of psycho-vegetative status revealed for patients older than 45; there was a direct correlation between these parameters and certain homeostasis indicators given hypertension diagnosed in 95 % patients in this sub-group.

As age and working experience grew, adaptation psycho-vegetative phenotype transformed and the process involved inversion of correlations with psycho-vegetative indicators together with aggravating functional disorders of the CVS. When transformation of this phenotype is diagnosed, it allows assessing risks of developing hypertension and makes for primary hypertension prevention through determining risk groups among workers.

Key words: psycho-vegetative status, hazardous underground work, functional changes, psycho-vegetative phenotype, hypertension, psychosocial factors.

References

1. Malyutina N.N., Sedinina A.L., Luzina S.V., Sedinina N.S. The features of emotional state of the workers of railway transport. *Elektronnyi nauchno-obrazovatel'nyi vestnik: Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke*, 2017, vol. 19, no. 7, pp. 97–98 (in Russian).
2. Workplace stress: A collective challenge. Geneva, International Labor Organization Publ., 2016. Available at: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_466547.pdf (17.07.2021).
3. Romasenko L.V., Makhov V.M., Chichkova N.V. Functional (psychosomatic) disorders in general medical practice. *Nevrologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika*, 2019, vol. 11, no. 3, pp. 69–73. DOI: 10.14412/2074-2711-2019-3-69-73 (in Russian).
4. Samorodskaya I.V., Starinskaya M.A., Semyonov V.Yu., Kakorina E.P. Nosologically and age-stratified mortality structure from cardiovascular diseases in the years 2006 and 2014. *Rossiiskii kardiologicheskii zhurnal*, 2016, vol. 21, no. 6, pp. 7–14. DOI: 10.15829/1560-4071-2016-6-7-14 (in Russian).
5. Fatkhutdinova L.M., Leontyeva E.A. Monitoring work stress as a part of occupational hygiene management system. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2018, no. 1, pp. 28–32. DOI: 10.31089/1026-9428-2018-1-28-32 (in Russian).
6. Gromova E.A. Psychosocial factors risk of cardiovascular diseases (review of the literature). *Sibirskii meditsinskii zhurnal (g. Tomsk)*, 2012, vol. 27, no. 2, pp. 22–29 (in Russian).
7. Aronsson G., Theorell T., Grape T., Hammarström A., Hogstedt C., Marteinsdottir I., Skoog I., Träskman-Bendz L., Hall C. A systematic review including meta-analysis of work environment and burnout symptoms. *BMC Public Health*, 2017, vol. 17, no. 1, pp. 264. DOI: 10.1186/s12889-017-4153-7
8. Jood K., Karlsson N., Medin J., Pessah-Rasmussen H., Wester P., Ekberg K. The psychosocial work environment is associated with risk of stroke at working age. *Scand. J. Work Environ. Health*, 2017, vol. 43, no. 4, pp. 367–374. DOI: 10.5271/sjweh.3636
9. Weinberg A., Hudson J.H., Pearson A., Chowdhury S.B. Organizational uptake of NICE guidance in promoting employees' psychological health. *Occupational Medicine*, 2019, vol. 69, no. 1, pp. 47–53. DOI: 10.1093/occmed/kqy148
10. Gafarov V.V., Gagulin I.V., Gromova E.A., Panov D.O., Gafarova A.V. Depression, anxiety and sleep disorders in 45–69-year-old population in Russia (Siberia): epidemiological survey. *Nevrologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika*, 2017, vol. 9, no. 4, pp. 31–37. DOI: 10.14412/2074-2711-2017-4-31-37 (in Russian).
11. Mesa-Vieira C., Grolmund J., von Känel R., Franco O.H., Saner H. Psychosocial Risk Factors in Cardiac Rehabilitation: Time to Screen Beyond Anxiety and Depression. *Global Heart*, 2021, vol. 16, no. 1, pp. 16. DOI: 10.5334/gh.896
12. Lichtman J.H., Froelicher E.S., Blumenthal J.A., Carney R.M., Doering L.V., Frasure-Smith N., Freedland K.E., Jaffe A.S. [et al.]. Depression as a risk factor for poor prognosis among patients with acute coronary syndrome: systematic review and recommendations: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 2014, vol. 129, no. 12, pp. 1350–1369. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000019
13. Gan Y., Gong Y., Tong X., Sun H., Cong Y., Dong X., Wang Y., Xu X. [et al.]. Depression and the risk of coronary heart disease: a meta-analysis of prospective cohort studies. *BMC Psychiatry*, 2014, vol. 14, pp. 371. DOI: 10.1186/s12888-014-0371-z
14. van Dijk M.R., Utens E.M., Dulfier K., Al-Queweny M.N., van Geuns R.J., Daemen J., van Domburg R.T. Depression and anxiety symptoms as predictors of mortality in PCI patients at 10 years of follow-up. *Eur. J. Prev. Cardiol.*, 2016, vol. 23, no. 5, pp. 552–558. DOI: 10.1177/2047487315571889
15. Sin N.L., Kumar A.D., Gehi A.K., Whoolley M.A. Direction of Association Between Depressive Symptoms and Lifestyle Behaviors in Patients with Coronary Heart Disease: the Heart and Soul Study. *Ann. Behav. Med.*, 2016, vol. 50, no. 4, pp. 523–532. DOI: 10.1007/s12160-016-9777-9
16. Velikanov A.A., Stolyarova A.A., Kruglova N.E., Demchenko E.A. Psychoemotional features in patients with coronary heart disease: literature review. *Psikhologiya. Psikhofiziologiya*, 2020, vol. 13, no. 1, pp. 23–33. DOI: 10.14529/jpps200103
17. Long V., Brown V. Conceptualizing work-related mental distress in the British coalfields (c. 1900–1950). *Palgrave Commun.*, 2018, vol. 4, pp. 133. DOI: 10.1057/s41599-018-0187-4
18. Rugulies R. What is a psychosocial work environment? *Scand. J. Work Environ. Health*, 2019, vol. 45, no. 1, pp. 1–6. DOI: 10.5271/sjweh.3792
19. Bukhtiyarov I.V., Matiukhin V.V., Rubtsov M.Yu. Occupational stress in light of WHO Global Plan of action on workers' health. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, 2016, no. 3 (45), Part 3, pp. 53–55. DOI: 10.18454/IRJ.2016.45.014 (in Russian).
20. Malyutina N.N., Paramonova S.V., Sedinina N.S. The formation of the psycho-vegetative phenotype of intensive workers. *Vestnik «Biomeditsina i sotsiologiya»*, 2020, vol. 5, no. 2, pp. 5–10. DOI: 10.26787/nydha-2618-8783-2020-5-2-5-10 (in Russian).

Malyutina N.N., Paramonova S.V., Sedinina N.S., Ustinova O.Yu. Risk of developing hypertension in underground workers when psycho-vegetative status is transforming. *Health Risk Analysis*, 2021, no. 4, pp. 100–108. DOI: 10.21668/health.risk.2021.4.11.eng

Получена: 23.08.2021

Принята: 15.10.2021

Опубликована: 30.12.2021



Научная статья

ОЦЕНКА РИСКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ РАКОМ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В КОГОРТЕ РАБОТНИЦ, ПОДВЕРГШИХСЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОМУ ОБЛУЧЕНИЮ

А.В. Румянцева, Т.В. Азизова, М.В. Банникова

Южно-Уральский институт биофизики Федерального медико-биологического агентства, Россия, 456780,
г. Озерск, Озерское шоссе, 19

Рак молочной железы (РМЖ) как мультифакторное заболевание у женщин Российской Федерации занимает первое место в структуре заболеваемости и смертности от злокачественных новообразований. Одним из факторов, повышающих риск развития РМЖ, является ионизирующее излучение.

Осуществлена оценка относительного риска (ОР) заболеваемости РМЖ у женщин, подвергшихся профессиональному хроническому облучению, с учетом радиационных и нерадиационных факторов.

Анализ ОР заболеваемости РМЖ проведен в когорте женщин, нанятых на предприятие атомной промышленности – производственное объединение (ПО) «Маяк» в период 1948–1982 гг. У 95 % женщин начало работы на ПО «Маяк» пришлось на репродуктивный возраст. В процессе профессионально-производственной деятельности все женщины подвергались хроническому облучению. Средняя суммарная поглощенная молочной железой доза внешнего гамма-излучения составила 0,45 (стандартное отклонение: 0,68) Гр; средняя суммарная поглощенная в мышцах доза внутреннего альфа-излучения – 0,003 (0,01) Гр.

На основе медико-дозиметрической базы данных «Клиника» у 157 женщин изучаемой когорты идентифицировано 165 случаев РМЖ (у 8 женщин РМЖ был диагностирован также и в другой молочной железе).

Анализ включал расчет ОР заболеваемости РМЖ в зависимости от установленных нерадиационных и радиационных факторов. Категориальный анализ проведен без стратификации и со стратификацией по возрасту и календарному периоду. Анализ ОР выполнен на основе регрессии Пуассона с помощью модуля AMFIT программы EPICURE.

Выявлена зависимость заболеваемости РМЖ от достигнутого возраста, возраста начала менархе, возраста наступления менопаузы, количества аборт, наличия сопутствующих заболеваний до установления диагноза, роста, индекса массы тела, возраста на момент найма на ПО «Маяк». Не обнаружено зависимости заболеваемости РМЖ от суммарной дозы профессионального внешнего гамма-, хронического внутреннего альфа- и нейтронного облучений.

Ключевые слова: рак молочной железы, репродуктивное здоровье, заболеваемость, факторы риска, когортное исследование, женщины, профессиональное пролонгированное облучение, ПО «Маяк».

Рак молочной железы (РМЖ) – самый распространенный тип рака у женщин в развитых и развивающихся странах мира [1, 2]. Причем в последние десятилетия в большинстве стран, в том числе в РФ, наблюдается устойчивый рост заболеваемости РМЖ. В структуре заболеваемости злокачественными новообразованиями (ЗНО) женского населения РФ РМЖ занимает первое место (21,1 % в 2017 г.) Показатели заболеваемости РМЖ у женщин в РФ в период 2007–2017 гг. выросли на 22 %, а среднегодовые темпы прироста составили 2,8 % [3, 4].

РМЖ является мультифакторным заболеванием. Установленными (доказанными) факторами, повышаю-

щими риск развития РМЖ, являются: возраст старше 40 лет, раннее менархе (до 12 лет), поздняя менопауза (после 55 лет), аборт при первой беременности, бесплодие, возраст первых родов (старше 30 лет), кормление грудью, репродуктивные потери, пролиферативные изменения в молочных железах (МЖ), наличие РМЖ у ближайших родственников, образование, рост, индекс массы тела, курение и др. [2, 5–23].

Известно, что МЖ является одним из наиболее радиочувствительных органов [24, 25]. В обзоре научного комитета по действию атомной радиации (НКДАР) ООН показано, что ионизирующее излучение (ИИ) повышает риск развития РМЖ [26].

© Румянцева А.В., Азизова Т.В., Банникова М.В., 2021

Румянцева Анна Валерьевна – кандидат биологических наук, научный сотрудник (e-mail: clinic@subi.su; тел.: 8 (35130) 2-95-84; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3056-3395>).

Азизова Тамара Васильевна – кандидат медицинских наук, заместитель директора по науке, руководитель клинического отдела (e-mail: clinic@subi.su; тел.: 8 (35130) 2-95-84; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6954-2674>).

Банникова Мария Владимировна – младший научный сотрудник (e-mail: clinic@subi.su; тел.: 8 (35130) 2-95-84; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2755-6282>).

Анализ смертности от РМЖ, проведенный Preston et al. [27] в объединенной когорте, включающей японскую когорту лиц, выживших после атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки (Live Span Study, LSS), и семь других когорт лиц, подвергшихся радиотерапии по поводу доброкачественных новообразований, инфекционных болезней и эндокринной патологии, показал линейную зависимость смертности от РМЖ от дозы облучения [28]. В то же время данные о зависимости «доза – эффект» для заболеваемости РМЖ при хроническом облучении с низкой мощностью дозы ограничены [24, 29]. Практически отсутствуют данные о влиянии известных нерадикационных факторов на заболеваемость РМЖ в когортах лиц, подвергшихся облучению.

Целью настоящего исследования является оценка относительного риска (ОР) заболеваемости РМЖ в когорте женщин, подвергшихся профессиональному хроническому облучению, в зависимости от радиационных и нерадикационных факторов.

Материалы и методы. Это исследование является ретроспективным когортным. В исследуемую когорту (далее – когорта) включены все женщины ($n = 5689$), нанятые в 1948–1982 гг. на первое в бывшем СССР предприятие атомной промышленности – производственное объединение (ПО) «Маяк». Идентификация когорты осуществлялась на основании профессиональных маршрутов «Дозиметрической системы для работников ПО “Маяк” – 2013» («ДСРМ–2013») [30]. Доля работниц, нанятых на предприятие до 1954 г., составила 51,34 %. Начало работы на ПО «Маяк» у преобладающего большинства женщин (95 %) пришлось на репродуктивный возраст (18–45 лет); средний возраст найма был 27,32 (7,97)¹ лет. Жизненный статус на 31 декабря 2018 г. был известен у 95,8 % женщин; их них умерли 3346 (58,8 %) женщин (средний возраст – 72,07 г.), живы – 2103 (37,0 %) женщины (средний возраст – 75,82 г.). Период наблюдения за когортой начинался от даты найма на один из основных заводов ПО «Маяк» и продолжался до: даты установления диагноза РМЖ; даты смерти; 31 декабря 2018 г. у тех женщин, кто жив и проживает в г. Озерске; даты последней медицинской информации для женщин, уехавших из г. Озерска на другое постоянное место жительства (мигранты).

На основании сведений, содержащихся в медико-дозиметрической базе данных «Клиника», были идентифицированы 157 женщин с установленным РМЖ (II класс МКБ-10, код C50).

Дозы внешнего гамма-излучения были доступны для всей когорты на основе «ДСРМ – 2013» [30]. Средняя продолжительность работы в контакте с источниками гамма-излучения составила 15,6 (10,55) г. Средняя суммарная поглощенная в МЖ доза внешнего гамма-излучения составила 0,45 (0,72) Гр.

Следует отметить, что в «ДСРМ – 2013» оценки доз внутреннего облучения МЖ отсутствуют, но

доступны поглощенные в мышцах дозы внутреннего альфа-излучения от инкорпорированного плутония, поэтому в настоящем исследовании были использованы эти дозы на момент установления диагноза РМЖ. Средняя суммарная поглощенная в мышцах доза внутреннего альфа-излучения составила 0,001 (0,002) Гр.

Анализ включал расчет ОР заболеваемости РМЖ в зависимости от различных нерадикационных факторов (достигнутый возраст, репродуктивные характеристики, наличие сопутствующей патологии, рост, индекс массы тела (ИМТ), постменопаузальное ожирение, РМЖ у ближайших родственников, образование, курение, алкоголь, календарный период установления диагноза, возраст и период найма работниц на ПО «Маяк») и радиационных факторов (внешнее гамма- и нейтронное излучение и внутреннее альфа-излучение от инкорпорированного плутония).

Был проведен категориальный анализ и рассчитаны ОР заболеваемости РМЖ для категорий суммарной поглощенной в МЖ дозы внешнего гамма-излучения ($< 0,2$ Гр, $0,2–0,5$ Гр, $0,5–1,0$ Гр, $\geq 1,0$ Гр); для категорий суммарной поглощенной в мышцах дозы внутреннего альфа-излучения, ($< 0,001$ Гр, $0,001–0,005$ Гр, $\geq 0,005$ Гр) и категорий суммарной поглощенной в мышцах дозы нейтронного излучения ($< 0,0001$ Гр, $0,0001–0,0005$ Гр, $\geq 0,0005$ Гр). Референтными группами являлись работники, подвергшиеся облучению в низких дозах ($< 0,2$ Гр для внешнего гамма-излучения, $< 0,001$ Гр для внутреннего альфа-излучения и $< 0,0001$ Гр для нейтронного излучения).

Категориальный анализ для расчета ОР заболеваемости РМЖ был проведен без стратификации (модель 1) и со стратификацией по достигнутому возрасту и календарному периоду (модель 2).

Анализ ОР заболеваемости РМЖ в зависимости от внутреннего альфа-облучения был ограничен работниками, у которых проводился мониторинг внутреннего облучения. Анализ ОР заболеваемости РМЖ в зависимости от нейтронного облучения проводился только для тех, кто подвергался воздействию нейтронного излучения.

Анализ ОР выполнен на основе регрессии Пуассона с помощью модуля AMFIT программы EPICURE [31]. Данные были сгруппированы в многомерные таблицы с помощью модуля DATAB программы EPICURE. 95%-ные доверительные интервалы для ОР были рассчитаны методом максимального правдоподобия. Результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. В структуре хронической заболеваемости у женщин исследуемой когорты на конец периода наблюдения новообразования (II класс МКБ-10) составили 1,9 %; первое место среди них занял РМЖ (17,6 %).

Жизненный статус на 31.12.2018 г. был установлен для всех женщин с РМЖ; из них 21 % живы и 79 % умерли. Средний возраст живых женщин составил 80,61 (6,17) г. (медиана – 80; минимум – 67, максимум – 90);

¹ В скобках указаны стандартные отклонения.

средний возраст умерших женщин – 70,96 (12,35) г. (медиана – 73,5; минимум – 28, максимум – 92).

За весь период наблюдения в когорте идентифицированы 157 женщин с подтвержденным РМЖ. Средний возраст на момент установления диагноза РМЖ составил 62,89 (13,10) г. (медиана – 65 лет, минимум – 28 лет, максимум – 90 лет). У 8 женщин РМЖ был двусторонним и метакронным, то есть РМЖ в другой МЖ был диагностирован после первого РМЖ через шесть месяцев. Таким образом, у 157 женщин установлено 165 случаев РМЖ, из которых в 82 случаях (49,7 %) был рак левой МЖ и в 83 случаях (50,3 %) – рак правой МЖ. Наличие дру-

гого ЗНО до установления диагноза РМЖ зарегистрировано у 13 (8,3 %) женщин.

ОР заболеваемости РМЖ в исследуемой когорте женщин в зависимости от достигнутого возраста представлен в табл. 1.

ОР заболеваемости РМЖ во всех возрастных группах был статистически значимо ниже единицы при сравнении с группой женщин в возрасте 70 лет и старше (референтная группа). ОР заболеваемости РМЖ увеличивался с увеличением достигнутого возраста.

В табл. 2 представлен ОР заболеваемости РМЖ в исследуемой когорте в зависимости от репродуктивных характеристик.

Таблица 1

Относительный риск заболеваемости РМЖ в зависимости от достигнутого возраста

Достигнутый возраст, лет	Число случаев	Человеко-лет наблюдения/ 100 тысяч	Относительный риск (95%-ный доверительный интервал) (модель 1)	Относительный риск (95%-ный доверительный интервал) (модель 2)
< 40	9	0,54912	0,07 (0,03, 0,14)	0,13 (0,05, 0,33)
40–49	21	0,36711	0,25 (0,15, 0,40)	0,34 (0,17, 0,65)
50–59	31	0,34663	0,39 (0,25, 0,59)	0,48 (0,28, 0,82)
60–69	39	0,28093	0,60 (0,40, 0,90)	0,68 (0,43, 1,06)
> 70	57	0,24585	1	1

Таблица 2

Относительный риск заболеваемости РМЖ в зависимости от репродуктивных характеристик

Характеристика	Число случаев	Человеко-лет наблюдения/ 100 тысяч	Относительный риск (95%-ный доверительный интервал) (модель 1)	Относительный риск (95%-ный доверительный интервал) (модель 2)
<i>Возраст менархе, лет</i>				
< 13	18	0,26422	1	1
14–15	59	0,74931	1,16 (0,70, 2,02)	0,93 (0,56, 1,64)
16–17	42	0,46862	1,32 (0,77, 2,34)	1,09 (0,63, 1,98)
> 18	23	0,17073	1,98 (1,07, 3,71)	1,62 (0,86, 3,11)
<i>Возраст наступления менопаузы, лет</i>				
< 44	19	0,1418	1,48 (0,87, 2,41)	1,74 (1,02, 2,82)
45–49	39	0,48423	0,89 (0,60, 1,31)	0,95 (0,64, 1,39)
50–54	71	0,78586	1	1
> 55	9	0,12096	0,82 (0,38, 1,56)	0,82 (0,38, 1,56)
<i>Бесплодие (Класс XIV МКБ-10, код N97)</i>				
Нет	154	1,66065	1	1
Да	3	0,08642	0,37 (0,09, 0,99)	0,34 (0,09, 0,91)
<i>Возраст первых родов живым ребенком, лет</i>				
< 24	88	1,01416	1	1
25–29	45	0,44132	1,18 (0,81, 1,67)	1,14 (0,78, 1,64)
> 30	11	0,12317	1,03 (0,52, 1,84)	1,18 (0,58, 0,21)
<i>Первая беременность закончилась абортom</i>				
Нет	135	1,53303	1	1
Да	16	0,20354	0,89 (0,51, 1,45)	0,89 (0,51, 1,45)
<i>Количество родов</i>				
1	26	0,34499	1	1
2	90	0,92107	1,30 (0,85, 2,05)	1,11 (0,73, 1,76)
3	25	0,27666	1,20 (0,69, 2,08)	1,01 (0,58, 1,76)
> 4	8	0,12123	0,88 (0,37, 1,85)	0,83 (0,35, 1,79)
<i>Количество абортов</i>				
0	19	0,34073	1	1
1–2	49	0,49395	1,78 (1,07, 3,10)	1,55 (0,92, 2,70)
3–5	54	0,55259	1,75 (1,06, 3,03)	1,37 (0,82, 2,38)
> 6	32	0,37803	1,52 (0,87, 2,73)	1,08 (0,61, 1,97)

Анализ показал, что ОР заболеваемости РМЖ у женщин с началом менархе после 13 лет был повышенным и возрастал с увеличением возраста начала менархе, но статистически значимый ОР обнаружен только у женщин, начало менструального цикла которых приходилось на возраст 18 лет и старше (модель 1). Однако при включении в модель поправок на возраст и календарный период риск становился статистически незначимым.

Выявлен повышенный статистически значимый ОР заболеваемости РМЖ у женщин, у которых менопауза наступила до 45 лет.

В группе женщин с установленным диагнозом бесплодия ОР заболеваемости РМЖ был статистически значимо ниже при сравнении с женщинами, не имеющими этого диагноза. Однако полученный результат следует интерпретировать с осторожностью в связи с тем, что среди всех женщин с РМЖ диагноз «бесплодие» был установлен только у 3 (1,91 %) женщин.

Обнаружен повышенный, но статистически незначимый ОР заболеваемости РМЖ у женщин в возрасте старше 25 лет на момент рождения первого живого ребенка. У женщин, прервавших первую беременность аборт, ОР заболеваемости РМЖ был ниже единицы по сравнению с женщинами, сохранившими беременность, но риск был статистически незначимым.

Анализ зависимости заболеваемости РМЖ от количества родов показал повышенный (но статистически незначимый) ОР у женщин с двумя и тремя родами в анамнезе при сравнении с теми, у кого были только одни роды. Кроме этого у женщин с четырьмя родами и более обнаружен пониженный (но статистически незначимый) риск заболеваемости РМЖ.

У женщин, прервавших несколько беременностей аборт, был выявлен повышенный ОР заболеваемости РМЖ (статистически значимый с использованием модели 1) при сравнении с группой женщин, у которых не было репродуктивных потерь.

В табл. 3 представлен ОР заболеваемости РМЖ в исследуемой когорте в зависимости от наличия сопутствующей патологии.

В результате анализа выявлен повышенный статистически значимый ОР заболеваемости РМЖ у женщин с доброкачественной дисплазией МЖ, доброкачественными новообразованиями МЖ и миомой матки (табл. 3).

При использовании модели 1 повышенный статистически значимый риск РМЖ обнаружен у женщин с установленным диагнозом «сахарный диабет», «артериальная гипертензия», «невротические, связанные со стрессом и соматоформные расстройства». При использовании модели 2 эти оценки ОР существенно снижались, и риск становился статистически незначимым.

В табл. 4 представлен ОР заболеваемости РМЖ в исследуемой когорте в зависимости от нерадикальных факторов.

В результате анализа выявлен повышенный статистически значимый риск заболеваемости РМЖ у женщин с ростом выше 170 см при сравнении с женщинами со средним ростом 150–170 см. Кроме этого, обнаружен повышенный (но статистически незначимый) риск заболеваемости РМЖ при ИМТ > 25 кг/м² и при ожирении в постменопаузальный период ($p < 0,05$ при использовании модели 1).

ОР заболеваемости РМЖ был повышен ($p > 0,05$) среди женщин, имеющих близких родственников с РМЖ.

Таблица 3

Относительный риск заболеваемости РМЖ в зависимости от наличия сопутствующей патологии

Фактор	Число случаев	Человеко-лет наблюдения/ 100 тысяч	Относительный риск (95%-ный доверительный интервал) (модель 1)	Относительный риск (95%-ный доверительный интервал) (модель 2)
<i>Доброкачественная дисплазия МЖ (N60 код МКБ-10)</i>				
Нет	140	1,71181	1	1
Да	17	0,03468	5,99 (3,49, 9,62)	3,90 (2,24, 6,36)
<i>Доброкачественные новообразования МЖ (D24 код МКБ-10)</i>				
Нет	140	1,71459	1	1
Да	17	0,0319	6,53 (3,80, 10,48)	4,64 (2,70, 7,48)
<i>Миома матки (D25 код МКБ-10)</i>				
Нет	118	1,452	1	1
Да	39	0,29564	1,62 (1,12, 2,31)	0,96 (0,65, 1,38)
<i>Сахарный диабет (E10–E11 коды МКБ-10)</i>				
Нет	144	1,7168	1	1
Да	13	0,07285	2,13 (1,15, 3,60)	1,00 (0,53, 1,71)
<i>Артериальная гипертензия (I10–I15 коды МКБ-10)</i>				
Нет	67	1,26266	1	1
Да	90	0,52698	3,22 (2,35, 4,43)	1,29 (0,88, 1,91)
<i>Невротические, связанные со стрессом и соматоформные расстройства (F40–F48 коды МКБ-10)</i>				
Нет	52	0,84505	1	1
Да	105	0,9446	1,81 (1,30, 2,54)	1,02 (0,73, 1,44)

Таблица 4

Относительный риск заболеваемости РМЖ в зависимости от нерадиационных факторов

Фактор	Число случаев	Человеко-лет наблюдения/ 100 тысяч	Относительный риск (95%-ный доверительный интервал) (модель 1)	Относительный риск (95%-ный доверительный интервал) (модель 2)
<i>Рост, см</i>				
< 150	5	0,09305	0,64 (0,23, 1,40)	0,65 (0,23, 1,43)
150–170	130	1,54558	1	1
> 170	9	0,05153	2,08 (0,98, 3,85)	2,64 (1,24, 4,91)
<i>ИМТ, кг/м²</i>				
< 18,5	14	0,25033	0,53 (0,28, 0,96)	0,57 (0,3, 1,03)
18,5–24,9	39	0,3723	1	1
≥ 25	46	0,34947	1,26 (0,82, 1,93)	1,25 (0,82, 1,93)
<i>Ожирение в постменопаузальном периоде (Е66 код МКБ-10)</i>				
Нет	119	1,5677	1	1
Да	38	0,22194	2,26 (1,55, 3,22)	0,92 (0,61, 1,36)
<i>РМЖ у близких родственников</i>				
Нет	104	0,71004	1	1
Да	5	0,02405	1,42 (0,50, 3,14)	1,58 (0,56, 3,5)
<i>Образование</i>				
Не высшее	140	1,50888	1	1
Высшее	11	0,21895	0,54 (0,28, 0,95)	0,68 (0,35, 1,20)
<i>Курение</i>				
Не курила	144	1,66776	1	1
Курила когда-либо	9	0,09867	1,06 (0,5, 1,95)	1,34 (0,63, 2,50)
<i>Алкоголь</i>				
Не употребляла	85	0,92939	1	1
Употребляла умеренно	66	0,74429	0,97 (0,70, 1,34)	0,87 (0,62, 1,22)
Злоупотребление	2	0,07328	0,30 (0,05, 0,94)	0,38 (0,06, 1,20)

Таблица 5

Относительный риск заболеваемости РМЖ в зависимости от календарного периода установления диагноза и нерадиационных производственных факторов

Фактор	Число случаев	Человеко-лет наблюдения/ 100 тысяч	Относительный риск (95%-ный доверительный интервал) (модель 1)	Относительный риск (95%-ный доверительный интервал) (модель 2)
<i>Календарный период, лет</i>				
< 1960	2	0,25467	0,06 (0,01, 0,18)	0,49 (0,07, 2,04)
1961–1975	16	0,40781	0,27 (0,15, 0,46)	0,82 (0,40, 1,64)
1976–1990	38	0,50502	0,52 (0,35, 0,78)	0,90 (0,56, 1,43)
1991–2005	60	0,41812	1	1
2006–2018	41	0,20403	1,4 (0,94, 2,08)	1,12 (0,72, 1,73)
<i>Период найма на предприятие, лет</i>				
1948–1953	67	0,80503	1	1
1954–1958	19	0,23603	0,97 (0,57, 1,58)	0,97 (0,57, 1,58)
1959–1982	71	0,74859	1,14 (0,82, 1,59)	1,14 (0,82, 1,59)
<i>Возраст на момент найма, лет</i>				
< 20	19	0,32094	0,77 (0,45, 1,24)	0,82 (0,47, 1,36)
20–30	73	0,94314	1	1
> 30	65	0,52556	1,60 (1,14, 2,23)	1,30 (0,91, 1,86)

Пониженный ОР заболеваемости РМЖ ($p < 0,05$) обнаружен у женщин с высшим образованием при сравнении с женщинами, не имеющими высшего образования (при использовании модели 1).

У женщин, куривших когда-либо, ОР заболеваемости РМЖ был повышенным, но статистически незначимым. При злоупотреблении алкоголем ОР заболеваемости РМЖ был снижен, но этот результат получен в группе, состоящей из двух женщин, поэто-

му его следует интерпретировать с осторожностью (недостаточная статистическая мощность анализа).

В табл. 5 представлен ОР заболеваемости РМЖ в исследуемой когорте в зависимости от календарного периода установления диагноза и нерадиационных производственных факторов.

При использовании модели 1 выявлен ОР заболеваемости РМЖ ниже единицы ($p < 0,05$) во все календарные периоды (за исключением 2006–2018 гг.)

при сравнении с 1991–2005 гг. Не выявлено статистически значимой зависимости заболеваемости РМЖ от периода найма. В то же время в группе женщин, возраст которых на момент найма на ПО «Маяк» был старше 30 лет, наблюдался повышенный ОР заболеваемости РМЖ при сравнении с группой женщин, возраст которых на момент найма составлял от 20 до 30 лет.

Оценки ОР заболеваемости РМЖ в исследуемой когорте в зависимости от суммарной дозы профессионального облучения представлены в табл. 6–8.

В результате анализа не выявлено зависимости заболеваемости РМЖ ни от суммарной поглощенной в МЖ дозы внешнего гамма-излучения, ни от дозы нейтронного излучения, ни от дозы внутреннего альфа-излучения.

Результаты проведенного исследования показали, что заболеваемость РМЖ в когорте работников предприятия атомной промышленности ПО «Маяк» зависит от большого количества нерадиационных факторов, что в основном хорошо согласуется с данными других исследований [2, 5, 6, 8, 12, 14–22, 32]. Например, риск заболеваемости РМЖ ожидаемо воз-

растал с увеличением достигнутого возраста [2, 5, 6], как и во многих других исследованиях.

Напротив, в отличие от ряда исследований, в которых показано, что ранний возраст менархе (до 13 лет) повышает вероятность риска развития РМЖ [8–10], в настоящем исследовании статистически значимый повышенный риск заболеваемости РМЖ был обнаружен у женщин, возраст начала менструальной функции которых приходился на 18 лет и старше (при использовании модели 1). Причем при включении в модель дополнительных поправок на возраст и календарный период (модель 2) риск оставался повышенным, но статистически незначимым. В исследуемой когорте обнаружен повышенный риск РМЖ в группе женщин, менопауза у которых наступила в возрасте до 45 лет, в то время как в других исследованиях [9, 11] показано, что поздняя менопауза (старше 55 лет) повышает риск развития РМЖ.

Данные, полученные в ходе настоящего исследования, свидетельствуют о повышенном риске заболеваемости РМЖ у женщин с поздними первыми родами (в возрасте старше 25 лет), что хорошо согласуется с результатами, полученными в других исследованиях [6, 9, 10, 13].

Таблица 6

Относительный риск заболеваемости РМЖ в зависимости от суммарной поглощенной в МЖ дозы внешнего гамма-излучения

Параметр	Суммарная доза внешнего гамма-облучения, Гр			
	< 0,2	0,2–0,5	0,5–1,0	> 1,00
Количество случаев	91	26	18	22
Человеко-лет наблюдения/100 тысяч	0,96002	0,2781	0,20983	0,27402
Относительный риск (95%-ный доверительный интервал) (модель 1)	1	0,99 (0,63, 1,50)	0,91 (0,53, 1,46)	0,85 (0,52, 1,32)
Относительный риск (95%-ный доверительный интервал) (модель 2)	1	0,89 (0,56, 1,37)	0,88 (0,51, 1,46)	0,81 (0,49, 1,31)

Таблица 7

Относительный риск заболеваемости РМЖ в зависимости от суммарной поглощенной в МЖ дозы нейтронного излучения

Параметр	Суммарная доза нейтронного облучения, Гр			
	0	< 0,0001	0,0001–0,0005	> 0,0005
Количество случаев	137	8	6	6
Человеко-лет наблюдения/100 тысяч	1,56911	0,04058	0,05842	0,05842
Относительный риск (95%-ный доверительный интервал) (модель 1)	–	1	0,52 (0,17, 1,50)	1,27 (0,50, 2,63)
Относительный риск (95%-ный доверительный интервал) (модель 2)	–	1	0,49 (0,16, 1,41)	0,49 (0,16, 1,41)

Таблица 8

Относительный риск заболеваемости РМЖ в зависимости от суммарной поглощенной в мышцах дозы внутреннего альфа-излучения

Параметр	Суммарная доза внутреннего альфа-облучения, Гр		
	< 0,001	0,001–0,005	> 0,005
Количество случаев	82	15	3
Человеко-лет наблюдения/100 тысяч	0,934	0,13898	0,04014
Относительный риск (95%-ный доверительный интервал) (модель 1)	1	1,23 (0,68, 2,07)	0,85 (0,21, 2,27)
Относительный риск (95%-ный доверительный интервал) (модель 2)	1	0,75 (0,41, 1,29)	0,57 (0,14, 1,55)

В исследуемой когорте риск заболеваемости РМЖ был ниже у женщин, имеющих четверо родов и более ($p < 0,05$), что хорошо согласуется с результатами метаанализа [14] и других исследований [8], которые показывали, что риск развития РМЖ снижается с увеличением количества беременностей и родов.

В исследуемой когорте выявлен повышенный риск заболеваемости РМЖ у женщин, прервавших беременность абортom, что хорошо согласуется с результатами других исследований, свидетельствующих о том, что риск развития РМЖ существенно повышают три аборта и более [15, 16].

Результаты настоящего исследования свидетельствуют о повышенном риске заболеваемости РМЖ у женщин, имеющих в анамнезе фиброзно-кистозную мастопатию (ФКМ) и доброкачественные заболевания МЖ до установления диагноза РМЖ, что хорошо согласуется с результатами, полученными в других исследованиях [6, 17, 18].

У женщин изучаемой когорты выявлен повышенный статистически значимый риск заболеваемости РМЖ при наличии сопутствующей патологии (миома матки, сахарный диабет, артериальная гипертензия, невротические расстройства) до установления диагноза РМЖ, что хорошо совпадает с результатами, полученными в других исследованиях [5, 15, 16, 18–20]. В то же время следует отметить, что при использовании модели, включающей поправки на достигнутый возраст и календарный период (модель 2), риск теряет свою статистическую значимость. Скорее всего, этот результат обусловлен недостаточной статистической мощностью дополнительных анализов, но этот факт требует дополнительного изучения.

В результате настоящего анализа выявлена зависимость заболеваемости РМЖ от роста и ИМТ, что хорошо совпадает с результатами других исследований [5, 15, 16]. Так, при наблюдении от 6 до 18 лет за женщинами в возрасте от 30 до 69 лет (около 570 тысяч пациентов) обнаружено, что во всех возрастных группах у высоких женщин отмечался высокий риск развития РМЖ [21]. Избыточный вес также является одним из факторов риска развития РМЖ, поскольку в жировой ткани в репродуктивном периоде продуцируются экстраовариальные эстрогены, дисбаланс которых повышает риск РМЖ [26]. Постменопаузальное ожирение, как показано в многочисленных работах, включая настоящую, является установленным фактором, повышающим риск развития РМЖ [5, 6, 8, 12, 15, 18, 22].

В настоящем исследовании выявлен повышенный риск развития РМЖ среди женщин, родственники которых болели РМЖ, что хорошо согласуется с другими исследованиями, в которых показано, что женщины,

имеющие среди кровных родственников больных РМЖ, рискуют заболеть РМЖ в 6–7 раз чаще [5, 6].

Положительная статистически значимая связь между употреблением алкоголя, даже в умеренном количестве, и риском заболеваемости РМЖ подтверждена целым рядом исследований [6]. Однако в настоящем исследовании, так же, как в исследовании [32], мы не нашли подтверждение данному факту, что, возможно, обусловлено тем, что только две женщины изучаемой когорты злоупотребляли алкоголем, и этот анализ имел недостаточную статистическую мощность. Напротив, в результате анализа обнаружена связь курения с повышенным риском заболеваемости РМЖ, что хорошо согласуется с результатами других исследований, в которых показано, что даже при учете множества факторов у курящих женщин ОР заболеваемости РМЖ составляет 2,3 [16].

В изучаемой когорте женщин не выявлено зависимости заболеваемости РМЖ ни от суммарной поглощенной в МЖ дозы внешнего гамма-излучения, ни от суммарной поглощенной в мышцах дозы внутреннего альфа-излучения, ни от суммарной поглощенной в МЖ дозы нейтронного излучения.

Выводы. Таким образом, результаты исследования когорты работниц предприятия атомной промышленности, подвергшихся хроническому облучению, показали, что заболеваемость РМЖ зависит от большого количества нерадиационных факторов (достигнутый возраст, возраст начала менструальной функции, возраст наступления менопаузы, количество абортов, наличие сопутствующих заболеваний до установления диагноза (фиброзно-кистозная мастопатия, доброкачественные новообразования МЖ, миомы матки, сахарный диабет, артериальная гипертензия, стресс и невротические расстройства, постменопаузальное ожирение), рост, ИМТ, возраст на момент найма на ПО «Маяк») и не зависит от дозы профессионального облучения. В то же время мы обнаружили величину риска, близкую к единице, с верхней границей доверительного интервала, превышающей единицу на 30–50 %. Так как статистическая мощность настоящих анализов небольшая, эти результаты не следует рассматривать как окончательные. Наблюдение за когортой женщин-работниц ПО «Маяк» продолжается, и в будущем при расширении периода наблюдения и накопления новых данных мы планируем оценить избыточный относительный риск на единицу поглощенной в МЖ дозы и пожизненный риск заболеваемости РМЖ.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Рак молочной железы [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. – 2021. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer> (дата обращения: 06.07.2021).
2. Выявление рака молочной железы: состояние проблемы, пути решения / Л.М. Александрова, А.М. Калинина, П.В. Ипатов, О.П. Грецова, В.В. Старинский, А.Д. Каприн, С.А. Бойцов // Онкология. Журнал им. П.А. Герцена. – 2016. – № 2. – С. 34–39. DOI: 10.17116/onkolog20165234-39

3. Злокачественные новообразования в России в 2017 году (заболеваемость и смертность) / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. – М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2018. – 250 с.
4. Лактионов К.П., Николаенко Л.О., Бершвили А.И. Рак молочной железы и репродуктивная функция женщины (обзор литературы) // Опухоли женской репродуктивной системы. – 2015. – Т. 11, № 1. – С. 8–11. DOI: 10.17650/1994-4098-2015-1-8-11
5. Французова И.С. Анализ факторов риска развития рака молочной железы // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – Т. 81, № 3. – С. 68–74. DOI: 10.23670/IRJ.2019.81.3.011
6. Нелюбина Л.А. Рак молочной железы: стратегии оценки и снижения риска заболевания // Вестник Тамбовского университета. – 2014. – Т. 19, № 6. – С. 1919–1927.
7. Effect of age and comorbidity in postmenopausal breast cancer patients aged 55 years and older / R. Yancik, M.N. Wesley, L.A. Ries, R.J. Havlik, B.K. Edwards, J.W. Yates // JAMA. – 2001. – Vol. 285, № 7. – P. 885–892. DOI: 10.1001/jama.285.7.885
8. Муханова И.Ф. Анализ некоторых показателей онкологической помощи при раке молочной железы населению республики Башкортостан и Российской Федерации // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. – 2017. – № 2. – С. 46–56.
9. Портной С.М. Основные риски развития рака молочной железы и предложения по его профилактике // Опухоли женской репродуктивной системы. – 2018. – Т. 14, № 3. – С. 25–39. DOI: 10.17650/1994-4098-2018-14-3-25-39.
10. Федоров В.Э., Чебуркаева М.Ю. Распространенность и факторы риска рака молочной железы // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 1 (часть 2). – С. 414–419.
11. Collaborative Group on Hormonal Factors in Breast Cancer. Menarche, menopause, and breast cancer risk: individual participant meta-analysis, including 118 964 women with breast cancer from 117 epidemiological studies // Lancet Oncol. – 2012. – Vol. 13, № 11. – P. 1141–1151. DOI: 10.1016/S1470-2045(12)70425-4
12. Weir R., Day P., Ali W. Risk factors for breast cancer in women: A systematic review of the literature // NZHTA Report. – 2007. – Vol. 10, № 2. – 361 p.
13. Снежко О.А. Рак молочной железы и беременность // Главный врач Юга России. – 2018. – Т. 63, № 4. – С. 49–51.
14. Collaborative Group on Hormonal Factors in Breast Cancer. Breast cancer and breastfeeding: collaborative reanalysis of individual data from 47 epidemiological studies in 30 countries, including 50302 women with breast cancer and 96973 women without the disease // Lancet. – 2002. – Vol. 360, № 9328. – P. 187–195. DOI: 10.1016/S0140-6736(02)09454-0
15. Синкина Т.В., Петрова В.Д., Лазарев А.Ф. Современные представления о факторах риска рака молочной железы // Российский биотерапевтический журнал. – 2009. – Т. 8, № 1. – С. 88–94.
16. Муранова О.Ю. Факторы риска рака молочной железы // Сибирский онкологический журнал. – 2007. – № S2. – С. 76–77.
17. Беспалов В.Г., Травина М.Л. Фиброзно-кистозная болезнь и риск рака молочной железы (обзор литературы) // Опухоли женской репродуктивной системы. – 2015. – Т. 11, № 4. – С. 58–70. DOI: 10.17650/1994-4098-2015-11-4-58-70
18. Чеснокова Н.П., Барсуков В.Ю., Плохов В.Н. Факторы риска развития рака молочной железы // Успехи современного естествознания. – 2008. – № 1. – С. 18–24.
19. Сахарный диабет и рак молочной железы / Н.В. Крючкова, Т.П. Бардымова, В.В. Дворниченко, Е.В. Панферова // Сибирский медицинский журнал. – 2012. – № 7. – С. 5–7.
20. Выявление злокачественных новообразований молочной железы и органов женской репродуктивной системы при диспансеризации определенных групп взрослого населения / Л.М. Александрова, О.П. Грецова, Г.В. Петрова, В.В. Старинский, А.Д. Каприн, А.М. Калинина, П.В. Ипатова, С.А. Бойцов // Профилактическая медицина. – 2016. – № 3. – С. 4–11. DOI: 10.17116/profmed20161934-11
21. Body mass index, height, and postmenopausal breast cancer mortality in a prospective cohort of US women / J.M. Petrelli, E.E. Calle, C. Rodriguez, M.J. Thun // Cancer Causes Control. – 2002. – Vol. 13, № 4. – P. 325–332. DOI: 10.1023/a: 1015288615472
22. The global burden of women's cancers: a grand challenge in global health / O. Ginsburg, F. Bray, M.P. Coleman, V. Vanderpuye, A. Eniu, S.R. Kotha, M. Sarker, T.T. Huong [et al.] // Lancet. – 2017. – Vol. 389, № 10071. – P. 847–860. DOI: 10.1016/S0140-6736 (16) 31392-7
23. Иванов В.Г. Эпидемиологические факторы риска, ранняя диагностика рака молочной железы // Практическая онкология. – 2002. – Т. 3, № 1 (09). – С. 1–5.
24. Заболеваемость раком молочной железы в когорте женщин, подвергшихся хроническому радиационному воздействию в населенных пунктах на реке Теча / Е.В. Остроумова, Д.Л. Престон, И. Рон, Л.Ю. Крестинина, Ф.Г. Дэвис, М.М. Косенко, А.В. Аклеев // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2010. – Т. 55, № 3. – С. 37–47.
25. Sources, effects and risks of ionizing radiation UNSCEAR 2013 Report, Volume 1, Scientific Annex A: Report to the General Assembly with Scientific Annexes [Электронный ресурс] // United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) Reports. – New York: United Nations, 2014. – 321 p. – URL: https://www.unscear.org/docs/publications/2013/UNSCEAR_2013_Report_Vol.I.pdf (дата обращения: 27.06.2021).
26. Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2008 Report, Volume II: Report to the General Assembly, with Scientific Annexes C, D and E – Effects [Электронный ресурс] // United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) Reports. – 2011. – 316 p. – URL: <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210544825> (дата обращения: 27.06.2021).
27. Radiation effects on breast cancer risk: a pooled analysis of eight cohorts / D.L. Preston, A. Mattsson, E. Holmberg, R. Shore, N.G. Hildreth, J.D. Boice Jr. // Radiat. Res. – 2002. – Vol. 158, № 2. – P. 220–235. DOI: 10.1667/0033-7587(2002)158[0220:reobcr]2.0.co;2
28. Incidence of Breast Cancer in the Life Span Study of Atomic Bomb Survivors: 1958–2009 / A.V. Brenner, D.L. Preston, R. Sakata, H. Sugiyama, A.B. de Gonzalez, B. French, M. Utada, E.K. Cahoon [et al.] // Radiat. Res. – 2018. – Vol. 190, № 4. – P. 433–444. DOI: 10.1667/RR15015.1
29. Solid cancer incidence other than lung, liver and bone in Mayak workers: 1948–2004 / N. Hunter, I.S. Kuznetsova, E.V. Labutina, J.D. Harrison // Br. J. Cancer. – 2013. – Vol. 109, № 7. – P. 1989–1996. DOI: 10.1038/bjc.2013.543
30. Napier B.A. The Mayak worker dosimetry system (MWDS-2013): an introduction to the documentation // Radiation Protection Dosimetry. – 2017. – Vol. 176, № 1–2. – P. 6–9. DOI: 10.1093/rpd/ncx020
31. Epicure: user's guide / D.L. Preston, J.H. Lubin, D.A. Pierce, M.E. McConney. – Seattle, 1993. – 186 p.
32. Risk factors for the incidence of breast cancer: do they affect survival from the disease? / G.C. Barnett, M. Shah, K. Redman, D.F. Easton, B.A.J. Ponder, P.D.P. Pharoah // Journal of Clinical Oncology. – 2008. – Vol. 26, № 20. – P. 3310–3316. DOI: 10.1200/JCO.2006.10.3168

Румянцева А.В., Азизова Т.В., Банникова М.В. Оценка риска заболеваемости раком молочной железы в когорте работниц, подвергшихся профессиональному облучению // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 4. – С. 109–118. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.12

UDC 616-06

DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.12.eng

Read
online

Research article

RISKS OF INCIDENCE OF BREAST CANCER IN A COHORT OF FEMALES OCCUPATIONALLY EXPOSED TO IONIZING RADIATION

A.V. Rumyantseva, T.V. Azizova, M.V. Bannikova

Southern Urals Biophysics Institute, 19 Ozyorskoe shosse, Ozyorsk, 456780, Russian Federation

Breast cancer (BrCa) holds the first rank place in morbidity and mortality due to malignant neoplasms among Russian women.

BrCa is a multifactorial disease and ionizing radiation is among factors that cause elevated risks of developing BrCa.

Our research aim was to assess relative risk (RR) of incidence of BrCa among women who were occupationally exposed to chronic ionizing radiation taking into account radiation and non-radiation factors.

RR of incidence of BrCa was analyzed in a cohort of women employed at a nuclear production enterprise, namely Mayak PA, in 1948–1982. 95 % of women started working at the enterprise at their reproductive age. All those women were chronically exposed to ionizing radiation at their workplaces. A mean cumulative breast absorbed dose of external gamma-ray exposure amounted to 0.45 (standard deviation was 0.68) Gy; an average cumulative muscle absorbed dose of internal alpha-particle exposure amounted to 0.003 (0.01) Gy.

According to data taken from “Clinic” medical-dosimetric database, 165 BrCa cases were detected in 157 women of the analyzed cohort (8 women had BrCa in both breasts).

Our analysis involved calculating RR of incidence of BrCa in relation to known non-radiation and radiation factors. Categorical data analysis was performed without age-related and calendar period-related stratification and with them. RR was analyzed based on Poisson regression with AMFIT module in EPICURE software package.

Incidence of BrCa was revealed to be associated with attained age, age of menarche, age of menopause, number of abortions, age of concomitant diseases prior to cancer diagnosis, height, body mass index, age of hiring at the Mayak PA. There was no relationship between BrCa incidence and cumulative doses of occupational chronic external gamma-ray, internal alpha-particle and neutron exposure.

Keywords: breast cancer, reproductive health, incidence, risk factors, cohort study, women, long-term occupational radiation exposure, Mayak PA.

References

1. Breast cancer. *World health organization*, 2021. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer> (30.06.2021).
2. Aleksandrova L.M., Kalinina A.M., Ipatov P.V., Gretsova O.P., Starinsky V.V., Kaprin A.D., Boytsov S.A. Detection of breast cancer: State-of-the-art, ways of solution. *Onkologiya. Zhurnal im. P.A. Gertsena*, 2016, no. 2, pp. 34–39. DOI: 10.17116/onkolog20165234-39 (in Russian).
3. Zlokachestvennye novoobrazovaniya v Rossii v 2017 godu (zabolevaemost' i smertnost') [Malignant neoplasms in Russia in 2017 (morbidity and mortality)]. In: A.D. Kaprin, V.V. Starinsky, G.V. Petrova eds. Moscow, MNIOI im. P.A. Gertsena – filial FGBU «NMITs radiologii» Minzdrava Rossii Publ., 2018, 250 p. (in Russian).
4. Laktionov K.P., Nikolaenko L.O., Berishvili A.I. Breast cancer and woman's reproductive function (literature review). *Opukholi zhenskoi reproduktivnoi sistemy*, 2015, vol. 11, no. 1, pp. 8–11. DOI: 10.17650/1994-4098-2015-1-8-11 (in Russian).
5. Frantsuzova I.S. Analysis of risk factors of breast cancer development. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, 2019, vol. 81, no. 3, pp. 68–74. DOI: 10.23670/IRJ.2019.81.3.011 (in Russian).
6. Nelyubina L.A. Rak molochnoi zhelezy: strategii otsenki i snizheniya riska zabolevaniya [Breast cancer: risk assessment and risk reduction strategies]. *Vestnik Tambovskogo universiteta*, 2014, vol. 19, no. 6, pp. 1919–1927 (in Russian).
7. Yancik R., Wesley M.N., Ries L.A., Havlik R.J., Edwards B.K., Yates J.W. Effect of age and comorbidity in postmenopausal breast cancer patients aged 55 years and older. *JAMA*, 2001, vol. 285, no. 7, pp. 885–892. DOI: 10.1001/jama.285.7.885
8. Mukhanova I.F. Analysis of some indicators of cancer care in breast cancer population of the republic of Bashkortostan and the Russian Federation. *Sovremennye problemy zdoravookhraneniya i meditsinskoi statistiki*, 2017, no. 2, pp. 46–56 (in Russian).
9. Portnoy S.M. Main risk factors for breast cancer and proposals for its prevention. *Opukholi zhenskoi reproduktivnoi sistemy*, 2018, vol. 14, no. 3, pp. 25–39 (in Russian).
10. Fedorov V.E., Cheburkaeva M.Y. Prevalence and risk factors of the breast cancer. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2015, no. 1 (part 2), pp. 414–419 (in Russian).

© Rumyantseva A.V., Azizova T.V., Bannikova M.V., 2021

Anna V. Rumyantseva – Candidate of Biological Sciences, researcher (e-mail: clinic@subi.su; tel.: +7 (35130) 2-95-84; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3056-3395>).

Tamara V. Azizova – Candidate of Medical Sciences, Deputy Director for Science, Head of Clinical Department (e-mail: clinic@subi.su; tel.: +7 (35130) 2-95-84; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6954-2674>).

Maria V. Bannikova – Junior researcher (e-mail: clinic@subi.su; tel.: +7 (35130) 2-95-84; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2755-6282>).

11. Collaborative Group on Hormonal Factors in Breast Cancer. Menarche, menopause, and breast cancer risk: individual participant meta-analysis, including 118 964 women with breast cancer from 117 epidemiological studies. *Lancet Oncol.*, 2012, vol. 13, no. 11, pp. 1141–1151. DOI: 10.1016/S1470-2045(12)70425-4
12. Weir R., Day P., Ali W. Risk factors for breast cancer in women. A systematic review of the literature. *NZHTA Report*, 2007, vol. 10, no 2. 361 p.
13. Snezhko O.A. Breast cancer and pregnancy. *Glavnyi vrach Yuga Rossii*, 2018, vol. 63, no. 4, pp. 49–51 (in Russian).
14. Collaborative Group on Hormonal Factors in Breast Cancer. Breast cancer and breastfeeding: collaborative reanalysis of individual data from 47 epidemiological studies in 30 countries, including 50302 women with breast cancer and 96973 women without the disease. *Lancet*, 2002, vol. 360, no. 9328, pp. 187–195. DOI: 10.1016/S0140-6736(02)09454-0
15. Sinkina T.V., Petrova V.D., Lazarev A.F. Modern view of breast cancer risk factors. *Rossiiskii bioterapevticheskii zhurnal*, 2009, vol. 8, no. 1, pp. 88–94 (in Russian).
16. Muranova O.Yu. Faktory riska raka molochnoi zhelezy [Risk factors of breast cancer]. *Sibirskii onkologicheskii zhurnal*, 2007, no. S2, pp. 76–77 (in Russian).
17. Bespalov V.G., Travina M.L. Fibrocystic disease and breast cancer risk (A review of literature). *Opukholi zhenskoi reproduktivnoi sistemy*, 2015, vol. 11, no. 4, pp. 58–70 (in Russian).
18. Chesnokova N.P., Barsukov V.Y., Plokhov V.N. Risk factors of breast cancer development. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2008, no. 1, pp. 18–24 (in Russian).
19. Kryuchkova N.V., Bardimova T.P., Dvornichenko V.V., Panferova E.V. Sakharnyi diabet i rak molochnoi zhelezy [Diabetes and breast cancer]. *Sibirskii meditsinskii zhurnal*, 2012, no. 7, pp. 5–7 (in Russian).
20. Aleksandrova L.M., Gretsova O.P., Petrova G.V., Starinsky V.V., Kaprin A.D., Kalinina A.M., Ipatov P.V., Boitsov S.A. Detection of malignant tumors of the breast and female reproductive organs during medical prophylactic examination of certain adult population groups. *Profilakticheskaya meditsina*, 2016, no. 3, pp. 4–11 (in Russian). DOI: 10.17116/profmed20161934-11 (in Russian).
21. Petrelli J.M., Calle E.E., Rodriguez C., Thun M.J. Body mass index, height, and postmenopausal breast cancer mortality in a prospective cohort of US women. *Cancer Causes Control*, 2002, vol. 13, no. 4, pp. 325–332. DOI: 10.1023/a:1015288615472
22. Ginsburg O., Bray F., Coleman M.P., Vanderpuye V., Eniu A., Kotha S.R., Sarker M., Huong T.T. [et al.]. The global burden of women's cancers: a grand challenge in global health. *Lancet*, 2017, vol. 389, no. 10071, pp. 847–860. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)31392-7
23. Ivanov V.G. Epidemiologicheskie faktory riska, rannaya diagnostika raka molochnoi zhelezy [Epidemiological risk factors, early diagnosis of breast cancer]. *Prakticheskaya onkologiya*, 2002, vol. 3, no. 1 (09), pp. 1–5 (in Russian).
24. Ostroumova E.V., Preston D.L., Ron I., Krestinina L.Yu. Davis F.G., Kosenko M.M., Akleev A.V. Breast cancer morbidity in women cohort of Techa river catchment settlements. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'*, 2010, vol. 55, no. 3, pp. 37–47 (in Russian).
25. Sources, effects and risks of ionizing radiation UNSCEAR 2013 Report, Volume 1, Scientific Annex A. Report to the General Assembly with Scientific Annexes. *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) Reports*. New York, United Nations Publ., 2014, 321 p. Available at: https://www.unscear.org/docs/publications/2013/UNSCEAR_2013_Report_Vol.I.pdf (27.06.2021).
26. Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2008 Report, Volume II. Report to the General Assembly, with Scientific Annexes C, D and E – Effects. *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) Reports*, 2011, 316 p. Available at: <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210544825> (27.06.2021).
27. Preston D.L., Mattsson A., Holmberg E., Shore R., Hildreth N.G., Boice J.D. Jr. Radiation effects on breast cancer risk: a pooled analysis of eight cohorts. *Radiat. Res.*, 2002, vol. 158, no. 2, pp. 220–235. DOI: 10.1667/0033-7587(2002)158[0220:reober]2.0.co;2
28. Brenner A.V., Preston D.L., Sakata R., Sugiyama H., de Gonzalez A.B., French B., Utada M., Cahoon E.K. [et al.]. Incidence of Breast Cancer in the Life Span Study of Atomic Bomb Survivors: 1958–2009. *Radiat. Res.*, 2018, vol. 190, no. 4, pp. 433–444. DOI: 10.1667/RR15015.1
29. Hunter N., Kuznetsova I.S., Labutina E.V., Harrison J.D. Solid cancer incidence other than lung, liver and bone in Mayak workers: 1948–2004. *Br. J. Cancer*, 2013, vol. 109, no. 7, pp. 1989–1996. DOI: 10.1038/bjc.2013.543
30. Napier B.A. The Mayak worker dosimetry system (MWDS-2013): an introduction to the documentation. *Radiation Protection Dosimetry*, 2017, vol. 176, no. 1–2, pp. 6–9. DOI: 10.1093/rpd/ncx020
31. Preston D.L., Lubin J.H., Pierce D.A., McConney M.E. *Epicure: user's guide*. Seattle, 1993, 186 p.
32. Barnett G.C., Shah M., Redman K., Easton D.F., Ponder B.A.J., Pharoah P.D.P. Risk factors for the incidence of breast cancer: do they affect survival from the disease? *Journal of Clinical Oncology*, 2008, vol. 26, no. 20, pp. 3310–3316. DOI: 10.1200/JCO.2006.10.3168

Rumyantseva A.V., Azizova T.V., Bannikova M.V. Risks of incidence of breast cancer in a cohort of females occupationally exposed to ionizing radiation. *Health Risk Analysis*, 2021, no. 4, pp. 109–118. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.12.eng

Получена: 14.07.2021

Принята: 15.11.2021

Опубликована: 30.12.2021



Научная статья

АНАЛИЗ РИСКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В ОСНОВНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В.А. Панков, М.В. Кулешова

Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований, Россия, 665827, г. Ангарск, 12а микрорайон, 3

Проведен анализ производственного травматизма в основных отраслях промышленности Иркутской области. Анализ производственного травматизма (ПТ) в основных отраслях промышленности выполнен по статистическим отчетным формам за 2010–2019 гг. Для анализа динамики ПТ использовались рассчитанные относительные величины ПТ, линейный регрессионный анализ, статистические контрольные карты. Для выявления отраслей с разной вероятностью риска, а также прогнозирования риска ПТ применялся метод нормированных интенсивных показателей.

Анализ динамики ПТ свидетельствует об устойчивом снижении количества несчастных случаев. Однако, несмотря на прослеживаемые тенденции к снижению, показатели ПТ в ряде отраслей промышленности стабильно превышают среднеобластные в 1,3–3,0 раза. Наибольший коэффициент частоты травматизма выявлен при обработке древесины – 5,35 [2,90–7,71] на 1000 работников, в других отраслях промышленности этот показатель варьировался в пределах 1,00–2,93 на 1000 работников. Контрольная карта Шухарта для коэффициента частоты свидетельствует, что система управления охраной труда во всех анализируемых отраслях недостаточно эффективна, так как коэффициент частоты в отдельные годы превышает верхнее предельное значение. Установлена тенденция к увеличению тяжести производственных травм при обработке древесины ($K_m = +3,23$; 5,33 %), металлургическом производстве ($K_m = +0,94$; 1,26 %), деятельности сухопутного транспорта ($K_m = +2,42$; 4,39 %), производстве летательных аппаратов ($K_m = +0,59$; 1,68 %). Наибольшее число смертельных случаев регистрируется при добыче полезных ископаемых, в строительстве, в сельском хозяйстве; доля травм со смертельным исходом в общей структуре производственных смертельных случаев составляет в указанных отраслях 22,0; 19,2; 11,7 % соответственно. Вероятность смертельного травмирования в указанных отраслях также самая высокая – 11,7; 9,0; 6,0 % соответственно. В группу наибольшей вероятности риска получения производственной травмы отнесены «Обработка древесины и производство изделий из дерева», «Производство летательных аппаратов» и «Строительство».

Ключевые слова: производственный травматизм, риск, работники, отрасли промышленности, охрана труда.

Иркутская область является регионом с высокой концентрацией промышленного производства. На её территории находятся предприятия металлургии, деревообработки, авиастроения, горнорудной, угледобывающей и других отраслей промышленности, в которых заняты более 500 тысяч человек [1]. Профилактика несчастных случаев на производстве имеет особое значение, так как они являются причиной снижения доли трудоспособного населения и увеличения затрат на социальную помощь [2, 3], возрастания смертности трудового населения, о чем свидетельствуют многочисленные эпидемиологические исследования [4–8]. Так как уровень производственного травматизма определяется текущим состоянием условий и безопасности труда и практически мгновенно реагирует на перемены, связанные

с изменением этих условий, особенно важен его анализ. Кроме того, являясь индикатором состояния здоровья работающего населения, условий и охраны труда [9], он может служить важнейшим критерием оценки профессионального риска и, соответственно, необходим для управления охраной труда, а также позволяет разрабатывать варианты профилактических мероприятий [10]. Необходимо отметить, что в настоящее время государственная политика в области охраны труда направлена на переход к риск-ориентированной модели, которая базируется на проведении превентивных мероприятий, позволяющих экономить или снижать издержки, связанные с неблагоприятными условиями труда [11, 12]. На предприятиях многих отраслей промышленности отмечаются значительная степень износа про-

© Панков В.А., Кулешова М.В., 2021

Панков Владимир Анатольевич – доктор медицинских наук, заведующий лабораторией эколого-гигиенических исследований, старший преподаватель кафедры профпатологии и гигиены, профессор кафедры экологии и безопасности деятельности человека (e-mail: lmt_angarsk@mail.ru; тел.: 8 (3955) 58-69-10; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3849-5630>).

Кулешова Марина Владимировна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории эколого-гигиенических исследований (e-mail: lmt_angarsk@mail.ru; тел.: 8 (3955) 58-69-10; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9253-2028>).

изводственного оборудования, недостаточно высокий технологический уровень производства и темпов модернизации, внедрения новых современных безопасных технологий и техники, сокращение объемов капитального и профилактического ремонта промышленных зданий, сооружений, машин и оборудования [1, 13]. В литературе недостаточно полно представлена информация о состоянии производственного травматизма в разрезе отраслей экономики [3, 4, 14, 15]. Учитывая структуру производства в Иркутской области, в которой высока доля травмоопасных отраслей, можно сделать вывод о необходимости проведения анализа уровня и динамики производственного травматизма в ведущих отраслях промышленности области.

Цель исследования – провести анализ производственного травматизма в основных отраслях промышленности Иркутской области.

Материалы и методы. Анализ производственного травматизма (ПТ) выполнен по статистическим отчетным формам № 7-травматизм «Сведения о травматизме на производстве и профессиональных заболеваниях» и приложения к форме № 7-травматизм «Сведения о распределении числа пострадавших при несчастных случаях на производстве по основным видам происшествий и причинам несчастных случаев» Федеральной службы государственной статистики за 2010–2019 гг.¹ В разработку вошли основные отрасли промышленности Иркутской области: «Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство», «Обработка древесины и производство изделий из дерева», «Металлургическое производство», «Производство летательных аппаратов, включая космические», «Производство, передача и распределение электроэнергии», «Строительство», «Деятельность сухопутного транспорта», «Деятельность в области здравоохранения», «Добыча полезных ископаемых»². Для анализа использовались следующие данные: среднесписочная численность работающих, численность пострадавших с утратой трудоспособности на один рабочий день и более и со смертельным исходом, число человеко-дней нетрудоспособности у пострадавших с утратой трудоспособности на один рабочий день и более и со смертельным исходом, численность пострадавших, частично утративших трудоспособность и переведенных с основной работы на другую на один рабочий день и более. Выполнены расчеты относительных величин ПТ: коэффициент частоты травматизма (K_t), коэффициент тяжести

травматизма (K_r), показатель потерь рабочего времени (K_n), коэффициент частоты несчастных случаев со смертельным исходом ($K_{см}$), коэффициент обобщенных трудовых потерь ($K_{об}$), а также показатель S [16], учитывающий отношение общего числа несчастных случаев к числу несчастных случаев со смертельным исходом и наиболее объективно оценивающий степень безопасности производства. Использован метод статистических контрольных карт Шухарта³. Для выявления отраслей с разной вероятностью риска, а также прогнозирования риска ПТ применен метод нормированных интенсивных показателей [17]. Уровень риска ПТ (R) в отрасли рассчитывался по формуле

$$R = \text{НИП}_{\text{отр}} \cdot K,$$

где $\text{НИП}_{\text{отр}}$ – нормированный интенсивный показатель по отрасли, K – весовой коэффициент; $\text{НИП}_{\text{отр}}$ = интенсивный показатель по отрасли / интенсивный показатель по области, $K = \max \text{НИП}_{\text{отр}} / \min \text{НИП}_{\text{отр}}$.

Информация обрабатывалась с помощью пакета прикладных программ Microsoft Office 2003. Для анализа динамики ПТ проводился линейный регрессионный анализ. Результаты исследований отображены в виде экстенсивных (%) и интенсивных (в расчете на 1000 работающих) показателей, средних величин, минимальных и максимальных значений в разные годы за изучаемый период.

Результаты и их обсуждение. Анализ динамики ПТ за изучаемый период свидетельствует об устойчивом снижении количества несчастных случаев как в целом по Иркутской области, так и в ряде отраслей промышленности: при обработке древесины (с 6,14 до 4,27 на 1000 работников, $y = -0,3382x + 7,2073$, $R^2 = 0,6067$), в сельском хозяйстве (с 3,74 до 2,46 на 1000 работников, $y = -0,2582x + 4,352$, $R^2 = 0,7737$), в металлургическом производстве (с 2,08 до 1,23 на 1000 работников, $y = -0,1169x + 1,92$, $R^2 = 0,5865$), при добыче полезных ископаемых (с 2,82 до 2,19 на 1000 работников, $y = -0,1156x + 3,002$, $R^2 = 0,7252$) (рис. 1). Характер динамики ПТ в некоторых отраслях, таких как производство, передача и распределение электроэнергии ($y = -0,0045x + 1,0267$, $R^2 = 0,0036$), деятельность сухопутного транспорта ($y = -0,1022x + 1,832$, $R^2 = 0,4684$), производство летательных аппаратов ($y = -0,1591x + 3,418$, $R^2 = 0,2453$), строительство ($y = 0,0516x + 1,984$, $R^2 = 0,0378$), и в области здравоохранения ($y = 0,0049x + 1,16$, $R^2 = 0,005$) свидетельствует о нестабильности показателей ПТ.

¹ Условия труда [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. – URL: https://rosstat.gov.ru/working_conditions (дата обращения: 03.02.2021).

² Общероссийский классификатор видов экономической деятельности (ОКВЭД 2) ОК 029-2014 (КДЕС Ред. 2): принят и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 января 2014 г. № 14-ст (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс] // База ГАРАНТ. – URL: <https://base.garant.ru/70650726/> (дата обращения: 08.04.2021).

³ ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015. Национальный стандарт Российской Федерации. Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта (дата введения: 12.01.2016) [Электронный ресурс] // ТЕХЭКСПЕРТ. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200124585> (дата обращения: 25.03.2021).

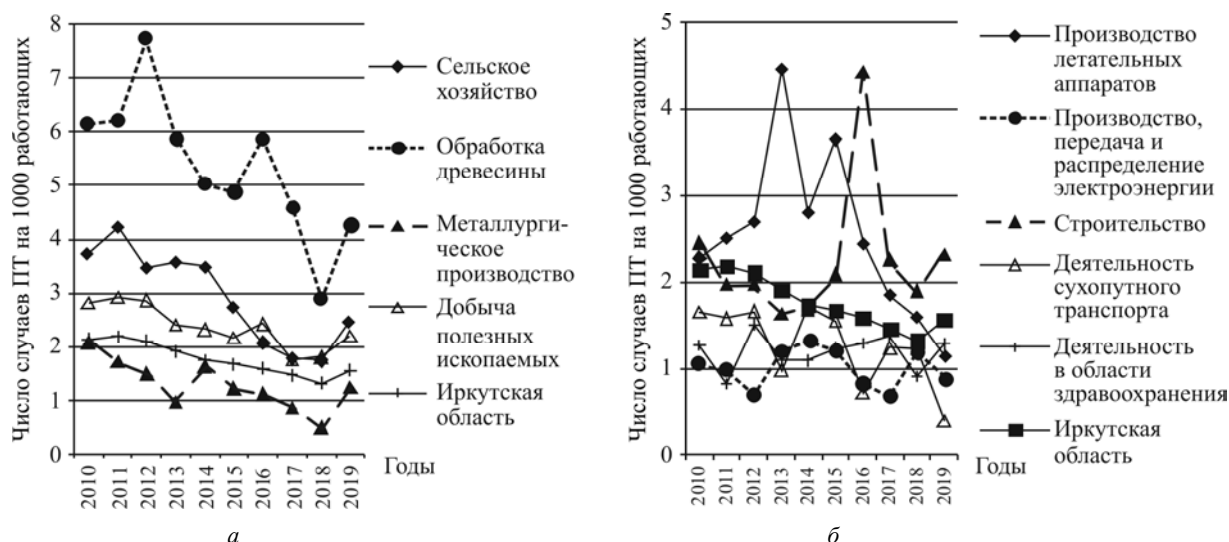


Рис. 1. Динамика показателей производственного травматизма в основных отраслях промышленности Иркутской области в 2010–2019 гг. (на 1000 работающих): а – отрасли со стабильной динамикой, б – отрасли с нестабильной динамикой

Таблица 1

Среднегодовы́е показатели производственного травматизма в основных отраслях промышленности Иркутской области в 2010–2019 гг. (на 1000 работающих), M [min–max]

Отрасль	Показатель травматизма			
	Коэффициент частоты травматизма ($K_{\text{ч}}$)	Коэффициент тяжести травматизма ($K_{\text{т}}$)	Показатель потерь рабочего времени ($K_{\text{п}}$)	Коэффициент обобщенных потерь ($K_{\text{об}}$)
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	2,93 [1,74–4,21]	59,23 [34,12–78,51]	167,92 [74,8–294,6]	1252,9
Обработка древесины и производство изделий из дерева	5,35 [2,90–7,71]	60,94 [36,72–85,13]	295,79 [251,4–398,7]	2157,3
Металлургическое производство	1,28 [0,49–2,08]	75,12 [35,66–92,30]	91,25 [38,2–179,1]	299,6
Производство летательных аппаратов, включая космические	2,55 [1,13–4,47]	35,35 [20,37–56,89]	82,46 [38,7–137,3]	528,5
Производство, передача и распределение электроэнергии	1,00 [0,68–1,34]	62,64 [34,81–118,23]	59,22 [32,3–121,8]	310,8
Строительство	2,27 [1,63–4,42]	61,52 [47,04–80,0]	126,29 [73,4–140,7]	1200,9
Деятельность сухопутного транспорта	1,27 [0,38–1,70]	55,21 [38,09–102,14]	61,44 [39,6–93,9]	404,8
Деятельность в области здравоохранения	1,20 [0,82–1,38]	41,14 [27,30–61,68]	47,74 [28,4–78,2]	168,3
Добыча полезных ископаемых	2,37 [1,75–2,91]	77,39 [37,68–214,54]	171,34 [58,8–527,4]	1850,3

Однако, несмотря на прослеживающиеся тенденции к снижению, показатели ПТ в ряде отраслей стабильно превышают среднеобластные в 1,3–3,0 раза, что косвенно указывает на опасные условия труда и недостаточную защищенность работников. Некоторые авторы также указывают на резкое снижение частоты показателей производственного травматизма на производстве, причиной которого, кроме влияния риск-ориентированного подхода при организации государственного контроля (надзора) [11], снижения числа работников в отраслях промышленности с высоким уровнем риска [2], является сокращение несчастных случаев на производстве [18].

Доля несчастных случаев, приходящихся на женщин, занятых в анализируемых отраслях, составляет в среднем 21,0 [3,2–66,7] %, мужчин – 79,0 [33,4–96,8] %, что обусловлено, скорее всего, тем,

что в более травмоопасных сферах трудятся мужчины [19].

Результаты относительных величин производственного травматизма, к которым относятся коэффициент частоты травматизма ($K_{\text{ч}}$), коэффициент тяжести травматизма ($K_{\text{т}}$), коэффициент обобщенных потерь ($K_{\text{об}}$), показатель потерь рабочего времени ($K_{\text{п}}$) представлены в табл. 1.

Наибольший коэффициент частоты травматизма выявлен при обработке древесины – 5,35 [2,90–7,71] на 1000 работников. В других отраслях этот показатель варьировался в пределах 1,00–2,93 на 1000 работников. Практически во всех анализируемых отраслях, кроме строительства, установлено отрицательное значение среднего темпа изменения $K_{\text{ч}}$ несчастных случаев, что, с одной стороны, указывает на тенденцию к снижению частоты производствен-

ных травм, а с другой – может быть связано с недоучетом травм средней и легкой тяжести. Снижение $K_{\text{ч}}$ составляет в среднем 5,49 % в год. Построена карта Шухарта, включающая верхний и нижний пределы коэффициентов частоты и тяжести несчастных случаев (табл. 2). В сравнении с данными карты установлено, что $K_{\text{ч}}$ в отдельные годы превышает верхнее предельное значение, следовательно, система управления охраной труда во всех анализируемых отраслях промышленности недостаточно эффективна.

Анализ расчетов коэффициента тяжести полученных травм, косвенным индикатором которых является число дней нетрудоспособности пострадавшего, показал, что наибольший среднееголетний коэффициент тяжести травматизма ($K_{\text{т}}$) установлен при добыче полезных ископаемых и в металлургическом производстве, а наименьший – в здравоохранении и при производстве летательных аппаратов. Расчеты среднего темпа изменения $K_{\text{т}}$ несчастных случаев свидетельствуют о тенденции к увеличению тяжести производственных травм при обработке древесины ($K_{\text{т}} = +3,23$; 5,33 %), металлургическом производстве ($K_{\text{т}} = +0,94$; 1,26 %), деятельности сухопутного транспорта ($K_{\text{т}} = +2,42$; 4,39 %), производстве летательных аппаратов ($K_{\text{т}} = +0,59$; 1,68 %). В других изучаемых

отраслях установлены отрицательные значения среднего темпа изменения $K_{\text{т}}$, что указывает на тенденцию к снижению тяжелых производственных травм.

Снижение в динамике наблюдения коэффициента частоты травм в ряде анализируемых отраслей противоречит величине коэффициента тяжести несчастных случаев и росту удельного веса смертельных несчастных случаев, что, возможно, объясняется неполным учетом всех травм (регистрируются только наиболее тяжелые травмы и травмы со смертельным исходом).

Среднееголетнее число несчастных случаев со смертельным исходом в основных отраслях промышленности Иркутской области в рассматриваемый период варьировалось от 0,02 до 0,31 случаев на 1000 работников. В общей структуре смертельных случаев на производстве, зарегистрированных в отраслях промышленности Иркутской области, наибольшая доля приходится на такие отрасли, как добыча полезных ископаемых (22,0 %), строительство (19,2 %), сельское хозяйство (11,7 %) (рис. 2).

Показатель S также свидетельствует, что вероятность смертельного травмирования в указанных отраслях самая высокая – 11,7, 9,0, 6,0 % соответственно, что требует, по мнению ряда авторов [13–15, 21–23],

Таблица 2

Пределы рассчитанных изменений коэффициентов частоты и тяжести несчастных случаев в основных отраслях промышленности

Отрасль	Коэффициент частоты травматизма		Коэффициент тяжести травматизма	
	нижний предел изменения	верхний предел изменения	нижний предел изменения	верхний предел изменения
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	2,29	3,57	49,58	68,86
Обработка древесины и производство изделий из дерева	4,43	6,15	50,53	70,71
Металлургическое производство	0,94	1,61	60,89	89,34
Производство летательных аппаратов, включая космические	1,85	3,23	26,55	44,15
Производство, передача и распределение электроэнергии	0,84	1,17	45,34	79,94
Строительство	1,69	2,84	53,38	69,62
Деятельность сухопутного транспорта	0,95	1,59	42,32	68,07
Деятельность в области здравоохранения	1,05	1,37	33,59	48,68
Добыча полезных ископаемых	2,07	2,66	38,29	116,49

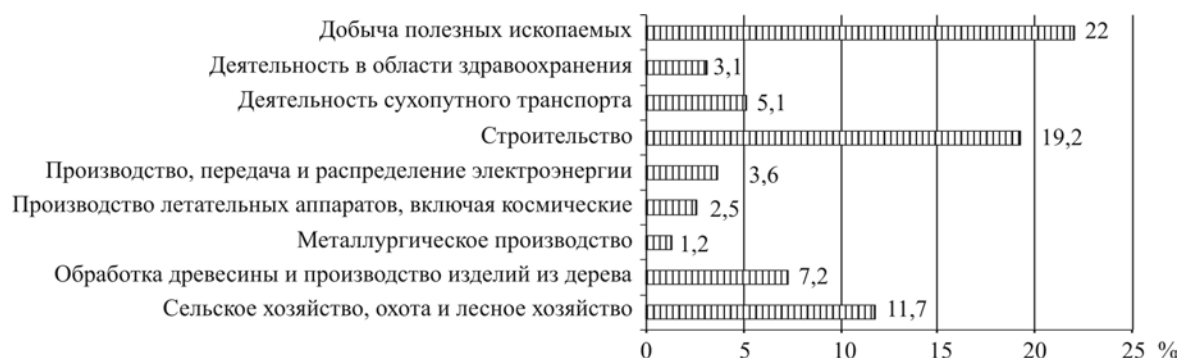


Рис. 2. Доля несчастных случаев со смертельным исходом в общей структуре смертельных случаев на производстве в Иркутской области в 2010–2019 гг., %

Таблица 3

Риск производственного травматизма в основных отраслях промышленности Иркутской области

Отрасль	Риск ПТ
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	2,710
Обработка древесины и производство изделий из дерева	5,008
Металлургическое производство	1,846
Производство летательных аппаратов, включая космические	4,643
Производство, передача и распределение электроэнергии	1,611
Строительство	4,313
Деятельность сухопутного транспорта	2,832
Деятельность в области здравоохранения	1,739
Добыча полезных ископаемых	1,693

интенсификации работы по обеспечению безопасных и безвредных условий труда. Кроме того, авторы указывают, что требования охраны труда выполняются только на 45–65 % [14].

Показатели ПТ со смертельным исходом составляют у лиц мужского пола – 0,06–0,41 на 1000 работающих мужчин, у женщин – 0–0,10 на 1000 работающих женщин во всех анализируемых отраслях. Согласно оценкам МОТ, в целом по миру на долю мужчин приходится около 80 % всех случаев с летальным исходом, сопряженных с производственными факторами [2].

Анализ состояния травматизма по показателю потерь рабочего времени ($K_{\text{п}}$) в отрасли свидетельствует, что наибольший $K_{\text{п}}$ характерен для отрасли по обработке древесины, наименьший – для здравоохранения.

Расчеты коэффициента обобщенных потерь ($K_{\text{об}}$) показали, что первое ранговое место занимает отрасль «Обработка древесины и производство изделий из дерева», второе – «Добыча полезных ископаемых», на третьем месте – «Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство», четвертое место занимает «Строительство», далее, в порядке убывания $K_{\text{об}}$ – «Производство летательных аппаратов», «Деятельность сухопутного транспорта», «Производство, передача и распределение электроэнергии», «Метал-

лургическое производство», «Деятельность в области здравоохранения».

Показатели риска ПТ (R) в основных отраслях промышленности представлены в табл. 3.

Следует отметить, что ситуация по некоторым отраслям выглядит неоднозначно. Так, при добыче полезных ископаемых выявлен наименьший уровень риска ПТ, хотя коэффициент частоты травматизма сопоставим с показателями $K_{\text{ч}}$ в производстве летательных аппаратов и строительстве, уровень риска ПТ в которых значительно выше. Это обусловлено, по нашему мнению, прежде всего среднегодовыми колебаниями показателей, участвующих в расчете риска ПТ, и, возможно, сокрытием производственных травм.

Оценка риска ПТ, выполненная с использованием метода нормированных интенсивных показателей, позволила классифицировать анализируемые отрасли промышленности по группам риска: благоприятного прогноза, внимания и неблагоприятного прогноза (табл. 4).

В соответствии с рассчитанным диапазоном колебаний установлено, что к группе благоприятного прогноза отнесены следующие отрасли: «Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство», «Металлургическое производство», «Производство, передача и распределение электроэнергии», «Деятельность в области здравоохранения», «Добыча полезных ископаемых». В группу внимания вошла «Деятельность сухопутного транспорта». К группе наибольшей вероятности риска получения производственной травмы отнесены «Обработка древесины и производство изделий из дерева», «Производство летательных аппаратов, включая космические» и «Строительство».

Выводы. Таким образом, анализ основных тенденций производственного травматизма в отраслях промышленности Иркутской области свидетельствует об их разнонаправленности. Особенно неблагоприятная ситуация складывается при обработке древесины и производстве изделий из дерева, строительстве, добыче полезных ископаемых, сельском хозяйстве. Несмотря на то что не все реальные случаи попадают в официальную статистику [16, 18, 23], результаты выполненных исследований

Таблица 4

Оценка риска возникновения производственных травм в отраслях промышленности

Группа риска	Диапазон колебаний	Отрасль
I – группа благоприятного прогноза (наименьшая вероятность)	1,61–2,74	Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство
		Металлургическое производство
		Производство, передача и распределение электроэнергии
		Деятельность в области здравоохранения
		Добыча полезных ископаемых
II – группа внимания (средняя вероятность)	2,75–3,87	Деятельность сухопутного транспорта
III – группа неблагоприятного прогноза (наибольшая вероятность)	3,88–5,00	Обработка древесины и производство изделий из дерева
		Производство летательных аппаратов, включая космические
		Строительство

свидетельствуют о том, что профилактика производственного травматизма требует серьезного подхода. Кроме того, учитывая, что показатели производственного травматизма изменчивы [24] и могут происходить серьезные ежегодные колебания из-за неожиданных, но значительных в плане тяжести несчастных случаев, необходимо разрабатывать целенаправленные, системные механизмы профилактики, соответствующую политику в области охраны здоровья работников, приоритетами которой долж-

ны быть предупреждение потенциально опасных ситуаций, оценка и управление рисками профессионального травматизма.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках средств, выделяемых для выполнения государственного задания ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Состояние, динамика профессиональной заболеваемости в Восточной Сибири / В.А. Панков, О.Л. Лахман, А.Н. Пережогин, Г.А. Тюткина, М.В. Кулешова, О.В. Смирнова // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 12. – С. 1171–1175. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-12-1171-1175
2. Лукьянчикова Т.Л., Ямщикова Т.Н., Клецова Н.В. Компаративистский анализ производственного травматизма: Россия и мир // Экономика труда. – 2018. – Т. 5, № 3. – С. 647–662. DOI: 10.18334/et.5.3.39334
3. Гальянов И.В., Студенникова Н.С. Состояние общего производственного травматизма в субъектах РФ и в основных видах экономической деятельности // Вестник сельского развития и социальной политики. – 2014. – Т. 2, № 2. – С. 5–9.
4. Позднякова Т.Н. Анализ производственного травматизма в Российской Федерации и Пензенской области // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2020. – Т. 9, № 4 (52). – С. 140–145. DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0027
5. Tessier-Sherman B., Cantley L.F., Galusha D., Slade M.D., Taiwo O.A., Cullen M.R. Occupational injury risk by sex in a manufacturing cohort // Occup. Environ. Med. – 2014. – Vol. 71, № 9. – P. 605–610. DOI: 10.1136/oemed-2014-102083
6. Hoskins A.B. Occupational injuries, illnesses, and fatalities among women // Monthly Labor Review. – 2005. – Vol. 128, № 10. – P. 31–37.
7. Global trends on occupational accidents and diseases [Электронный ресурс]. – 2015. – URL: https://www.ilo.org/legacy/english/osh/en/story_content/external_files/fs_st_1-ILO_5_en.pdf (дата обращения: 07.06.2021).
8. Панков В.А., Кулешова М.В. Анализ профессиональной заболеваемости женщин трудоспособного возраста // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 10. – С. 1056–1061. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-10-1056-1061
9. Производственный травматизм как критерий профессионального риска / И.В. Бухтияров, Н.Ф. Измеров, Г.И. Тихонова, А.Н. Чуранова // Проблемы прогнозирования. – 2017. – Т. 164, № 5. – С. 140–149.
10. Левашов С.П. Анализ и разработка критериев оценки и оценивания рисков профессионального травматизма на основе «Кодекса лучшей практики» // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 2. – С. 37–46. DOI: 10.21668/health.risk/2017.2.04
11. Сайфутдинов Р.А., Козлов А.А. Анализ производственного травматизма при оценке профессиональных рисков // Вестник Ульяновского государственного технического университета. – 2020. – Т. 89, № 1. – С. 60–69.
12. Солонщиков П.Н. Интегральная оценка тяжести труда, как один из методов прогнозирования несчастных случаев на предприятии // Advanced Science. – 2017. – Т. 6, № 2. – С. 35–41.
13. Татаров Л.Г., Киреева Н.С., Стрельцов С.В. Анализ травматизма в АПК и пути его снижения // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы VIII Международной научно-практической конференции. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2017. – С. 234–238.
14. Сравнительный анализ травматизма работающих в различных видах экономической деятельности / В.Г. Еникеев, В.А. Смелик, Р.В. Шикраб, В.Т. Смирнов, Н.И. Джаббаров // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 6. – С. 41–44. DOI: 10.28983/asj.v0i6.502
15. Графкина М.В., Клиндух М.А. Анализ производственного травматизма в Приморском крае // XXI век. Техносферная безопасность. – 2017. – Т. 2, № 4. – С. 19–25.
16. К проблеме оценки производственного травматизма в России / А.А. Хадарцев, В.М. Панарин, Л.В. Кашинцева, А.А. Маслова, О.А. Митюшкина // Вестник новых медицинских технологий. – 2019. – № 4. – С. 90–102. DOI: 10.24411/2075-4094-2019-16472
17. Шиган Е.Н. Методы прогнозирования и моделирования в социально-гигиенических исследованиях. – М.: Медицина, 1986. – 208 с.
18. Тихонова Г.И., Чуранова А.Н. Производственный травматизм в Российской Федерации // Здоровье и окружающая среда. – 2011. – № 18. – С. 44–50.
19. Trend Analysis of Construction Industrial Accidents in Korea from 2011 to 2015 / B.W. Jo, Y.S. Lee, J.H. Kim, R.M.A. Khan // Sustainability. – 2017. – Vol. 9, № 8. – P. 1297. DOI: 10.3390/su9081297
20. Анализ условий и охраны труда в Ленинградской области и пути их улучшения / Р.В. Шикраб, Ю.Н. Брагинец, В.С. Шикраб, О.Г. Огнев, В.С. Сечкин // Вестник аграрной науки Дона. – 2016. – Т. 33, № 1. – С. 72–80.
21. Симанкина Т.Л., Юферева А.Д., Урбанцова М. Уровень травматизма в строительстве в России и Чехии // Alfabuild. – 2019. – Т. 9, № 2. – С. 29–40.
22. Ястребинская А.В., Едаменко А.С., Дивиченко И.В. Анализ производственного травматизма и пути его снижения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 11. – С. 100–105. DOI: 10.12737/article_5a001ab7ca4ff7.55606117
23. Измеров Н.Ф., Тихонова Г.И. Проблемы здоровья работающего населения в России // Проблемы прогнозирования. – 2011. – Т. 126, № 3. – С. 56–70.
24. Occupational injuries [Электронный ресурс] // International Labor Organization. – URL: https://www.ilo.org/ilostat-files/Documents/description_INJ_EN.pdf (дата обращения: 08.04.2021).

Панков В.А., Кулешова М.В. Анализ риска производственного травматизма в основных отраслях промышленности // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 4. – С. 119–126. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.13

UDC 614.8: 33+331.45

DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.13.eng

Read
online

Research article

ANALYZING RISKS OF OCCUPATIONAL INJURIES IN BASIC INDUSTRIES

V.A. Pankov, M.V. Kuleshova

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 3 12a mikrorayon, Angarsk, 665827, Russian Federation

Our research aim was to analyze occupational injuries in basic industries in Irkutsk region.

Materials and methods. Occupational injuries (OI) in basic industries were analyzed using data from statistical reports issued in 2010–2019. To analyze OI in dynamics, we calculated relative values of OI and applied linear regression and Shewhart charts. Normalized intensity indicators method was used to reveal different probability of injuries in various industries as well as to predict OI risks.

Results. Analysis of OI in dynamics indicates that there is a stable descending trend in a number of injuries. However, in spite of this apparent descending trend, OI values are stably by 1.3–3.0 times higher in some industries than on average in the region. The highest frequency coefficient (FC) for occupational injuries was detected in wood processing where it was equal to 5.35 [2.90–7.71] per 1,000 workers; the indicator varied within 1.00–2.93 per 1,000 workers in other industries. Shewhart chart for FC indicates that systems of occupational health and safety management are not efficient enough in all the analyzed industries since FC exceeds the upper limit in some years. We established that severity of occupational injuries tended to grow in wood processing ($C_s = +3.23$; 5.33 %), metallurgy ($C_s = +0.94$; 1.26 %), land transport ($C_s = +2.42$; 4.39 %), and aircraft production ($C_s = +0.59$; 1.68 %). The greatest number of fatal OI was detected in mining, construction, and agriculture as a share of fatal OI in the overall structure of occupational injuries amounted to 22.0 %, 19.2 %, and 11.7 % in these branches accordingly. A probability that an injury becomes fatal is also the highest in them, 11.7, 9.0, and 6.0 accordingly. “Wood processing and production of wood articles”, “Aircraft production”, and “Construction” are among industries where risks of occupational injuries are the most probable.

Key words: occupational injuries, risk, workers, industries, occupational health and safety.

References

1. Pankov V.A., Lakhman O.L., Perezhogin A.N., Tyutkina G.A., Kuleshova M.V., Smirnova O.V. The dynamics of the occupational morbidity rate in the Eastern Siberia. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 12, pp. 1171–1175. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-12-1171-1175 (in Russian).
2. Lukyanchikova T.L., Yamschikova T.N., Kletsova N.V. Komparativistic analysis of production traumatism: Russia and the world. *Ekonomika truda*, 2018, vol. 5, no. 3, pp. 647–662. DOI: 10.18334/et.5.3.39334 (in Russian).
3. Gal'yanov I.V., Studennikova N.S. Sostoyanie obshchego proizvodstvennogo travmatizma v sub"ektakh RF i v osnovnykh vidakh ekonomicheskoi deyatel'nosti [Overall situation with industrial injuries in regions of the Russian Federation and in basic economic activities]. *Vestnik sel'skogo razvitiya i sotsial'noi politiki*, 2014, vol. 2, no. 2, pp. 5–9 (in Russian).
4. Pozdnyakova T.N. Analysis of occupational injuries in the Russian Federation and Penza region. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus*, 2020, vol. 9, no. 4 (52), pp. 140–145. DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0027 (in Russian).
5. Tessier-Sherman B., Cantley L.F., Galusha D., Slade M.D., Taiwo O.A., Cullen M.R. Occupational injury risk by sex in a manufacturing cohort. *Occup. Environ. Med.*, 2014, vol. 71, no. 9, pp. 605–610. DOI: 10.1136/oemed-2014-102083
6. Hoskins A.B. Occupational injuries, illnesses, and fatalities among women. *Monthly Labor Review*, 2005, vol. 128, no. 10, pp. 31–37.
7. Global trends on occupational accidents and diseases. Geneva, 2015. Available at: https://www.ilo.org/legacy/english/osh/en/story_content/external_files/fs_st_1-ILO_5_en.pdf (07.06.2021).
8. Pankov V.A., Kuleshova M.V. Analysis of the occupational morbidity among working-age women. *Gigiena i sanitariya*, 2019, vol. 98, no. 10, pp. 1056–1061. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-10-1056-1061 (in Russian).
9. Bukhtiyarov I.V., Izmerov N.F., Tikhonova G.I., Churanova A.N. Occupational injuries as a criterion of professional risk. *Studies on Russian economic development*, 2017, vol. 28, no. 5, pp. 568–574. DOI: 10.1134/S1075700717050045
10. Levashov S.P. Analyzing and developing criteria for assessing occupational traumatism risks basing on «Best Practice Code». *Health Risk Analysis*, 2017, no. 2, pp. 37–46. DOI: 10.21668/health.risk/2017.2.04.eng
11. Sayfutdinov R.A., Kozlov A.A. Analysis of industrial injuries in the evaluation of professional risk. *Vestnik Ul'yanovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2020, vol. 89, no. 1, pp. 60–69 (in Russian).
12. Solonshchikov P.N. Integral'naya otsenka tyazhesti truda, kak odin iz metodov prognozirovaniya neschastnykh sluchaev na predpriyatii [Integral assessment of labor hardness as one of the methods for predicting accidents at an enterprise]. *Advanced Science*, 2017, vol. 6, no. 2, pp. 35–41.

© Pankov V.A., Kuleshova M.V., 2021

Vladimir A. Pankov – Doctor of Medical Sciences, Head of the Laboratory for Ecological and Hygienic Research, Senior Lecturer at the Occupational Pathology and Hygiene Department, Professor at the Department of Ecology and Safety of Human Activities (e-mail: lmt_angarsk@mail.ru; tel.: +7 (3955) 58-69-10; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3849-5630>).

Marina V. Kuleshova – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at the Laboratory for Ecological and Hygienic Research (e-mail: lmt_angarsk@mail.ru; tel.: +7 (3955) 58-69-10; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9253-2028>).

13. Tatarov L.G., Kireeva N.S., Streltsov S.V. Analysis of injuries in agriculture and ways of its reduction. *Agrarnaya nauka i obrazovanie na sovremennoy etape razvitiya: opyt, problemy i puti ikh resheniya: materialy VIII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ul'yanovsk, Ul'yanovskiy gosudarstvennyi agrarniy universitet im. P.A. Stolypina Publ., 2017, pp. 234–238 (in Russian).
14. Enikeev V.G., Smelik V.A., Shkrabak R.V., Smirnov V.T., Dzhabborov N.I. The comparative analysis of injury working in different types of economic activities. *Agrarniy nauchnyy zhurnal*, 2018, no. 6. pp. 41–44. DOI: 10.28983/asj.v0i6.502 (in Russian).
15. Grafkina M.V., Klindukh M.A. Analysis of industrial traumatism in Primorsk region. *XXI vek. Tekhnosferная bezopasnost'*, 2017, vol. 2, no. 4. pp. 19–25 (in Russian).
16. Khadartsev A.A., Panarin V.M., Kashintseva L.V., Maslova A.A., Mityushkina O.A. To the problem of the assessment of industrial injury in Russia. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii*, 2019, no. 4, pp. 90–102. DOI: 10.24411/2075-4094-2019-16472 (in Russian).
17. Shigan E.N. *Metody prognozirovaniya i modelirovaniya v sotsial'no-gigienicheskikh issledovaniyakh* [Forecasting and modeling procedures in social and hygienic research]. Moscow, Meditsina, 1986, 208 p. (in Russian).
18. Tikhonova G.I., Churanova A.N. Industrial traumatism in the Russian Federation. *Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda*, 2011, no. 18. pp. 44–50 (in Russian).
19. Jo B.W., Lee Y.S., Kim J.H., Khan R.M.A. Trend Analysis of Construction Industrial Accidents in Korea from 2011 to 2015. *Sustainability*, 2017, vol. 9, no. 8, pp. 1297. DOI: 10.3390/su9081297
20. Shkrabak R.V., Braginets Yu.N., Shkrabak V.S., Ognev O.G., Sechkin V.S. Analiz uslovii i okhrany truda v Leningradskoi oblasti i puti ikh uluchsheniya [Analysis of working conditions and labor protection in Leningrad region and ways to improve them]. *Vestnik agrarnoi nauki Dona*, 2016, vol. 33, no. 1, pp. 72–80 (in Russian).
21. Simankina T.L., Yufereva A.D., Urbancova M. Accident rate in construction in Russia and the Czech Republic. *Alfabuild*, 2019, vol. 9, no. 2, pp. 29–40 (in Russian).
22. Yastrebinskaya A.V., Edamenko A.S., Divichenko I.V. Analiz proizvodstvennogo travmatizma i puti ego snizheniya [Analysis of operational injuries and way to reduce them]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*, 2017, no. 11, pp. 100–105. DOI: 10.12737/article_5a001ab7ca4ff7.55606117 (in Russian).
23. Izmerov N.F., Tikhonova G.I. Health protection problems in Russia's working population. *Studies on Russian Economic Development*, 2011, vol. 22, no. 3, pp. 265–275.
24. Occupational injuries. *International Labor Organization*. Available at: https://www.ilo.org/ilostat-files/Documents/description_INJ_EN.pdf (08.04.2021).

Pankov V.A., Kuleshova M.V. Analyzing risks of occupational injuries in basic industries. *Health Risk Analysis*, 2021, no. 4, pp. 119–126. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.13.eng

Получена: 05.07.2021

Принята: 15.10.2021

Опубликована: 30.12.2021



Научная статья

АНАЛИЗ РИСКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ КЛЕЩЕВЫМ ВИРУСНЫМ ЭНЦЕФАЛИТОМ В РАЙОНАХ С РАЗНЫМИ КЛИМАТОГЕОГРАФИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ

Н.К. Токаревич^{1,2}, А.А. Тронин³, Р.В. Бузинов^{4,5}, О.В. Соколова^{5,6}, Т.Н. Унгурияну^{5,6}

¹Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Россия, 197101, г. Санкт-Петербург, ул. Мира, 14

²Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, Россия, 191015, г. Санкт-Петербург, ул. Кирочная, 41

³Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности Российской академии наук, Россия, 197110, г. Санкт-Петербург, ул. Корпусная, 18

⁴Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья, Россия, 191036, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Советская, 4

⁵Северный государственный медицинский университет, Россия, 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, 51

⁶Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Архангельской области, Россия, 163000, г. Архангельск, ул. Гайдара, 24

Иксодовые клещи являются резервуаром и переносчиком вируса клещевого энцефалита – возбудителя инфекции, имеющей важное медицинское и социальное значение. Клещевой вирусный энцефалит (КВЭ) широко распространен на территории Архангельской области (АО), относящейся к приарктическому региону России, в котором происходят существенные климатические изменения.

В рамках исследования изучено пространственно-временное распределение числа пострадавших от нападения клещей, показатель «покусанности» клещами (ППК), число заболевших и заболеваемость КВЭ по районам и городам Архангельской области, рассчитан относительный риск заболеваемости КВЭ среди лиц, пострадавших от укусов иксодовых клещей в АО в период с 1980 по 2019 г.

В результате анализа динамики показателей «покусанности» клещами и заболеваемости КВЭ жителей Архангельской области были получены следующие результаты. ППК в Архангельской области показывает медленный рост в период 1980–1990 гг., затем наблюдается экспоненциальный рост, приходящийся на период 1990–2010 гг., в период 2010–2019 гг. фиксируется фаза стабилизации. Характер динамики заболеваемости КВЭ полностью соответствовал изменению ППК до 2014 г., после которого последовало существенное падение заболеваемости.

Пространственная характеристика уровня «покусанности» и заболеваемости КВЭ показала, что средний уровень «покусанности» в районах северной зоны за 1980–2019 гг. составил 25,1 на 100 тысяч населения и был статистически значимо ниже по сравнению с районами центральной и южной зон ($p < 0,001$), среднемноголетняя частота заболеваемости была наибольшей (7,9 на 100 тысяч населения) в районах южной зоны по сравнению с районами центральной (3,0 на 100 тысяч населения; $p < 0,001$) и северной зон (0,7 на 100 тысяч населения; $p < 0,001$). Максимальный относительный риск заболеваемости КВЭ выявлен в южной зоне в период с 1990–1999 гг. (38,8) по сравнению с северной зоной.

Высказано предположение о причинах снижения заболеваемости КВЭ в Архангельской области, регистрируемого в последние годы на фоне роста ППК.

Ключевые слова: иксодовые клещи, клещевой вирусный энцефалит, относительный риск, Архангельская область.

© Токаревич Н.К., Тронин А.А., Бузинов Р.В., Соколова О.В., Унгурияну Т.Н., 2021

Токаревич Николай Константинович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией зооантропонозных инфекций, профессор кафедры эпидемиологии (e-mail: zoonoses@mail.ru; тел.: 8 (812) 232-21-36; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6433-3486>).

Тронин Андрей Аркадьевич – доктор геолого-минералогических наук, директор (e-mail: a.a.tronin@ecosafety-spb.ru; тел.: 8 (812) 499-64-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7852-8396>).

Бузинов Роман Вячеславович – доктор медицинских наук, доцент, заместитель директора по развитию, профессор кафедры гигиены и медицинской экологии (e-mail: r.buzinov@s-znc.ru; тел.: 8 (812) 717-97-83; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8624-6452>).

Соколова Ольга Витальевна – заместитель начальника отдела эпидемиологического надзора, ассистент кафедры гигиены и медицинской экологии (e-mail: sokolovaov@29.rospotrebnadzor.ru; тел.: 8 (8182) 20-06-56; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1385-5975>).

Унгурияну Татьяна Николаевна – доктор медицинских наук, доцент, главный специалист-эксперт отдела организации деятельности, профессор кафедры гигиены и медицинской экологии (e-mail: unguryanu_tn@mail.ru; тел.: 8 (8182) 20-04-61; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8936-7324>).

Иксодовые клещи имеют важное медицинское значение. Эти кровососущие членистоногие являются не только переносчиками возбудителей многих инфекций, например, вируса клещевого энцефалита, иксодовых клещевых боррелиозов, моноцитарного эрлихиоза и гранулоцитарного анаплазмоза человека, но и резервуарами ряда патогенов [1, 2]¹. Следует считать, что каждое присасывание иксодовых клещей к человеку является потенциально опасным для его здоровья; оно должно рассматриваться как потенциальное заражение микст-инфекциями². Между тем количество случаев нападения клещей на людей в Российской Федерации (РФ) постоянно растет. В 2018 г. оно увеличилось, по сравнению со средними показателями 2013–2017 гг. на 12,6 %, и достигло 502 794 [3]. Клещевой вирусный энцефалит (КВЭ) является наиболее социально значимой проблемой для РФ среди инфекций, передающихся иксодовыми клещами. В 2018 г. в РФ зарегистрировано 1508 случаев этой болезни, в том числе у детей в возрасте до 14 лет – 153. КВЭ был зарегистрирован в 46 субъектах РФ, показатель заболеваемости составил 1,3 на 100 тысяч жителей; в 98 % случаев заболевание развилось после нападения клещей. Летальным исходом закончились 22 случая КВЭ; показатель летальности – 0,7 [3].

Ранее мы констатировали, что показатели заболеваемости КВЭ в Архангельской области (АО) и в РФ в целом имеют противоположные тенденции. В АО регистрировался значительный рост заболеваемости, который мы во многом связывали с расширением территорий, на которых стали выявляться случаи КВЭ; напротив, в РФ с конца 90-х гг. прошлого века отмечается выраженное его снижение¹.

Цель настоящей работы – выявление современных тенденций изменения ареалов обитания *I. Persulcatus*, динамики показателей заболеваемости КВЭ, а также описание относительного риска заболеваемости КВЭ среди лиц, пострадавших от укусов иксодовых клещей в АО.

Материалы и методы. В работе использованы формы федерального статистического наблюдения № 1, № 2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях», результаты оперативного сезонного мониторинга КВЭ, предоставленные Управлением Роспотребнадзора по Архангельской области.

Проанализированы данные о количестве жителей разных районов области, пострадавших от напа-

дения клещей, за 1980–2020 гг. Каждый случай подтвержден официальным документом, в котором указаны дата и место события (учетная форма № 058/у – экстренное извещение об инфекционном, паразитарном заболевании, пищевом отравлении, необычной реакции на прививку, поствакцинальном осложнении). При анализе данных использовали показатель «покусанности» клещами (ППК), то есть количество жителей, пострадавших от нападения клещей в течение года, на 100 тысяч населения, проживающего на данной административной территории.

Рассчитаны показатели заболеваемости КВЭ (количество случаев КВЭ в год на 100 тысяч населения) в АО за 1980–2020 гг. Диагноз КВЭ ставился на основании клинико-эпидемиологических данных (от 84,1 % случаев в 2008 г. до 100 % случаев в 2020 г.) и, как правило, был подтвержден серологическими методами диагностики.

Для сравнения ППК и заболеваемости КВЭ в разные годы весь период наблюдения был разбит на равные временные отрезки по 10 лет (декады): I – с 1980 по 1989 г., II – с 1990 по 1999 г., III – с 2000 по 2009 г., IV – с 2010 по 2019 г. Официальные статистические данные о численности населения Архангельской области взяты с сайта Росстата³.

Для выявления различий в уровнях «покусанности» и заболеваемости КВЭ между районами южной, центральной и северной зон использовался однофакторный дисперсионный анализ с поправкой Бонферрони. Для сравнения уровней заболеваемости КВЭ по декадам между зонами рассчитан относительный риск (ОР) и 95%-ные доверительные интервалы (95 % ДИ). Критический уровень статистической значимости (*p*) принимался равным 0,05. Статистический анализ данных выполнен с помощью программного обеспечения SPSS 28.

Географические данные. Архангельская область находится на севере Европейской части Российской Федерации в приарктической зоне. Она имеет в своём составе 19 районов и шесть городов общей площадью 330,1 тыс. км² (не считая Ненецкого автономного округа и полярных островов). Для большей наглядности изменений территориального распространения пострадавших жителей АО от присасывания клещей и регистрации КВЭ мы разделили территорию области на три условные зоны: северную, центральную и южную (рис. 1), существенно различающиеся по эколого-эпидемиологической ситуации в отношении этой инфекции. Общая площадь лесов Архангельской области не претерпела

¹ Инфекции, передающиеся иксодовыми клещами, в Северо-Западном федеральном округе России. Аналитический обзор / Н.К. Токаревич, Н.А. Стоянова, Л.И. Грачева, Г.Ф. Трифонова, А.А. Тронин, Г.М. Шумилина, Л.И. Глушкова, Р.Р. Галимов [и др.]. – СПб.: Феникс, 2008. – 120 с.

² Коренберг Э.И., Помелова В.Г., Осин Н.С. Природно-очаговые инфекции, передающиеся иксодовыми клещами / под ред. А.Л. Гинцбурга, В.Н. Злобина. – М.: ООО Комментарий, 2013. – 464 с.

³ Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 12.06.2021).

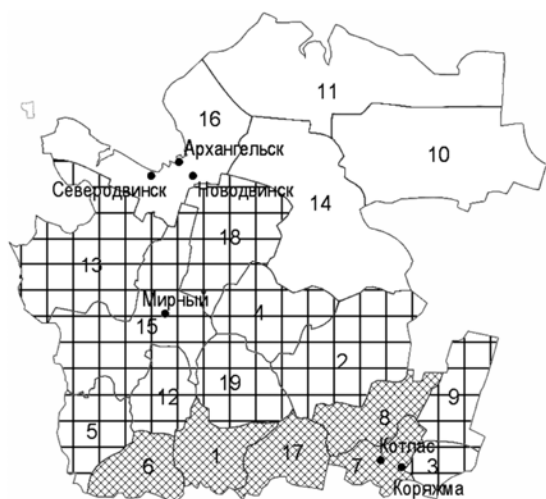


Рис. 1. Районы Архангельской области: 1 – Вельский, 2 – Верхнетоемский, 3 – Вилегодский, 4 – Виноградовский, 5 – Каргопольский, 6 – Коношский, 7 – Котласский, 8 – Красноборский, 9 – Ленский, 10 – Лешуконский, 11 – Мезенский, 12 – Нядомский, 13 – Онежский, 14 – Пинежский, 15 – Плещеевский, 16 – Приморский, 17 – Устьянский, 18 – Холмогорский, 19 – Шенкурский

существенных изменений за анализируемый период и составляла в 2019 г. 23 млн гектаров⁴.

На территории АО абсолютно доминирует *Ixodes persulcatus* (более 99 %), который является основным источником заражения людей вирусом клещевого энцефалита [4].

Результаты и их обсуждение. Территориально-временное распределение жителей области, пострадавших от клещей. Всего за анализируемый период зарегистрировано 122 470 пострадавших от клещей жителей АО. Количество случаев присасывания клещей постоянно увеличивалось. Так, в 1980–1989 гг. оно составляло 2840, в 1990–1999 гг. – 15 030, в 2000–2009 гг. – 39 820, в 2010–2019 гг. – 64 780. Средние за декаду значения ППК – ППК¹⁰ за период с 2010 по 2019 г., по сравнению с 1980–1989 гг., выросли в 22,8 раза. В целом за 40-летний период уровни «покусанности» между районами южной и центральной зон (540,9 и 356,5 на 100 тысяч населения соответственно) не имели статистически значимых различий ($p = 0,159$). Средний уровень «покусанности» в районах северной зоны за 1980–2019 гг. составил 25,1 на 100 тысяч населения и был статистически значимо ниже по сравнению с данными, относящимися к районам центральной и южной зон ($p < 0,001$).

В 1980–1989 гг. пострадавшие от нападения клещей жители проживали, как правило, в южной

зоне АО. Наиболее часто присасыванию клещей подвергались жители Вельского и Котласского районов, находящихся в южной зоне, Красноборского и Нядомского районов, находящихся в центральной зоне. В остальных административных территориях центрального района регистрировались лишь единичные случаи нападения клещей. В северной зоне в этот период присасывания клещей не отмечалось. Динамика количества пострадавших от клещей жителей АО и их территориальное распределение представлены в табл. 1 и на рис. 2.

За анализируемый период на большинстве территорий АО наблюдался их выраженный рост. В IV декаду наблюдений жители почти всей области, включая северные районы, подвергались нападению этих кровососущих членистоногих. Лишь в двух районах: Лешуконском и Мезенском регистрировались единичные обращения жителей за медицинской помощью по поводу присасывания клещей. На остальных северных территориях количество пострадавших увеличилось более заметно. Например, в Пинежском районе до 1999 г. случаев нападения клещей не было зарегистрировано, в 2000–2009 гг. ППК¹⁰ равнялось 6, а в 2010–2019 гг. – уже 25. Сравнительно высокие показатели ППК¹⁰ в северных городах – Архангельске и Северодвинске, вероятно, в значительной степени обусловлены широкой миграцией жителей этих городов в другие районы АО и даже за пределы области. Однако и среди жителей Приморского района, в пределах которого расположены эти города, регистрируется заметный рост ППК¹⁰.

Заболеваемость клещевым вирусным энцефалитом. За анализируемый 40-летний период в АО было зарегистрировано 1582 случая заболевания КВЭ. За всю первую декаду эта инфекция была диагностирована лишь у 14 больных. Значительный подъем заболеваемости наблюдался с 1990 по 2013 г. Максимальные показатели заболеваемости были зарегистрированы в 2009 и в 2013 гг. и составили 9,9 и 8,7 больных на 100 тысяч жителей соответственно. Затем количество больных стало существенно снижаться. И в 2020 г. этот показатель равнялся 2,4 или 2,2 на 100 тысяч жителей. Напротив, количество пострадавших от клещей в этот период продолжало увеличиваться (рис. 3).

Пространственная характеристика уровней заболеваемости КВЭ показала, что в районах южной зоны среднемноголетняя частота заболеваемости была наибольшей (7,9 на 100 тысяч населения) по сравнению с районами центральной (3,0 на 100 тысяч населения; $p < 0,001$) и северной (0,7 на 100 тысяч населения; $p < 0,001$) зон.

⁴ О состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2019 году: государственный (национальный) доклад [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии. – М., 2020. – URL: <https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%20%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%BA%D0%B0%2011.12.pdf> (дата обращения: 12.06.2021).

Таблица 1

Распределение жителей АО, пострадавших от клещей, по декадам и административным территориям за 1980–2019 гг. (ППК¹⁰)

Территория	Зона	Декада			
		I (1980–1989)	II (1990–1999)	III (2000–2009)	IV (2010–2019)
Вельский район	Южная	46	244	653	942
Верхнотоемский район	Южная	16	7	159	234
Вилегодский район	Южная	2	6	60	168
Виноградовский район	Центральная	3	40	162	285
Каргопольский район	Центральная	22	59	135	304
Коношский район	Южная	17	76	304	417
Котласский район	Южная	41	327	296	296
Красноборский район	Центральная	45	163	264	338
Ленский район	Центральная	2	6	64	125
Лешуконский район	Северная	0	0	1	3
Мезенский район	Северная	0	0	0	1
Няндомский район	Центральная	16	38	218	414
Онежский район	Центральная	3	12	99	242
Пинежский район	Северная	0	0	6	25
Плесецкий район	Центральная	4	20	139	274
Приморский район	Северная	0	0	3	13
Устьянский район	Южная	7	14	263	488
Холмогорский район	Центральная	1	10	78	171
Шенкурский район	Центральная	5	11	174	316
г. Архангельск	Северная	0	11	83	271
г. Котлас	Южная	41	276	464	539
г. Новодвинск	Северная	0	0	12	32
г. Северодвинск	Северная	0	8	58	204
г. Мирный	Центральная	1	8	10	51
г. Коржма	Южная	12	125	280	331
Архангельская область		284	1503	3982	6478

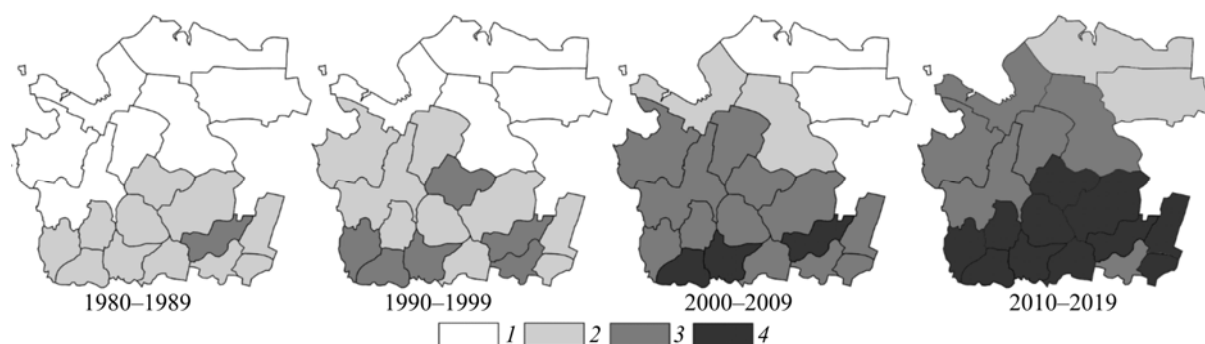


Рис. 2. Территориальное распределение жителей АО, пострадавших от клещей в период 1980–2019 гг., на 100 тысяч жителей: 1) < 10; 2) 10–100; 3) 100–1000; 4) > 1000



Рис. 3. Динамика показателей заболеваемости КВЭ и «покусанности» в Архангельской области (ППК)

Среднее количество больных КВЭ в 2000–2009 гг. выросло по сравнению с 1980–1989 гг. почти в 50 раз (табл. 2).

При этом, если в первой декаде наблюдения КВЭ регистрировался лишь на семи административных территориях АО (в Вельском, Каргопольском, Коношском, Котласском районах, расположенных в южной зоне области, Красноборском районе – в центральной зоне, и городах Архангельске и Северодвинске – в северной зоне), то в четвертой декаде эта инфекция выявлялась по всей территории области, за исключением двух северных районов – Лешуконского и Мезенского (рис. 4).

В первой декаде различия в уровнях заболеваемости КВЭ между зонами Архангельской области не установлены. Во второй декаде относительный

Таблица 2

Распределение больных КВЭ по административным территориям и декадам (среднее количество)

Территория	Зона	Декада			
		I (1980–1989)	II (1990–1999)	III (2000–2009)	IV (2010–2019)
Вельский район	Южная	0,10	2,40	20,50	13,50
Верхнетоемский район	Южная	0,00	0,00	1,90	3,40
Вилегодский район	Южная	0,00	0,40	0,00	0,20
Виноградовский район	Центральная	0,00	0,00	0,00	1,30
Каргопольский район	Центральная	0,20	0,10	2,89	2,10
Коношский район	Южная	0,10	1,10	7,11	5,50
Котласский район	Южная	0,30	4,50	4,80	2,00
Красноборский район	Центральная	0,40	1,40	3,10	2,50
Ленский район	Центральная	0,00	0,00	0,70	0,60
Лешуконский район	Северная	0,00	0,00	0,00	0,00
Мезенский район	Северная	0,00	0,00	0,00	0,00
Няндомский район	Центральная	0,00	0,30	1,80	4,10
Онежский район	Центральная	0,00	0,30	0,70	0,50
Пинежский район	Северная	0,00	0,00	0,10	0,10
Плесецкий район	Центральная	0,00	0,00	1,00	0,90
Приморский район	Северная	0,00	0,00	0,20	0,10
Устьянский район	Южная	0,00	0,00	2,40	3,30
Холмогорский район	Центральная	0,00	0,20	0,30	0,30
Шенкурский район	Центральная	0,00	0,00	4,80	6,50
г. Архангельск	Северная	0,10	1,00	3,80	6,60
г. Котлас	Южная	0,00	4,10	7,50	4,40
г. Новодвинск	Северная	0,00	0,00	0,50	0,30
г. Северодвинск	Северная	0,20	0,30	1,40	4,30
г. Мирный	Центральная	0,00	0,00	0,00	0,10
г. Коржма	Центральная	0,00	4,60	5,20	3,80
Архангельская область		1,40	20,70	69,70	66,40

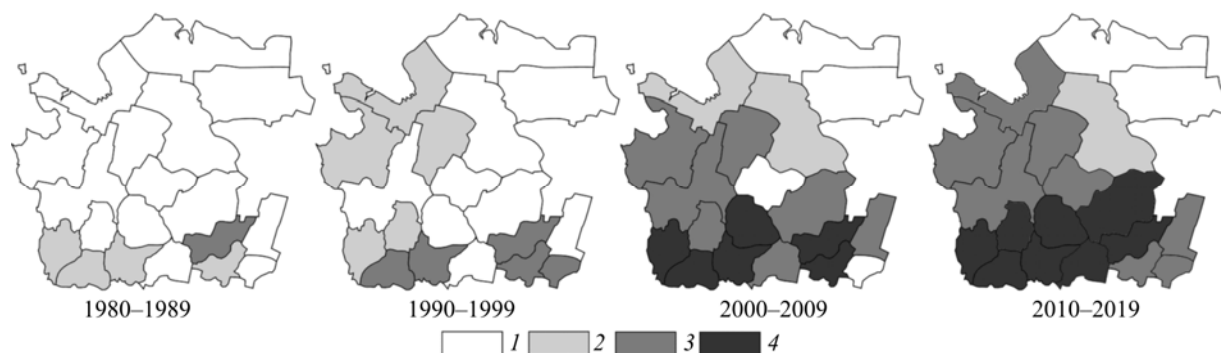


Рис. 4. Показатели заболеваемости КВЭ в АО, случаев на 100 тысяч населения: 1) 0,0–0,09; 2) 0,1–0,9; 3) 1,0–4,9; 4) > 5,0

Таблица 3

Относительный риск заболеваемости КВЭ по зонам Архангельской области

Декада	Показатель	Зоны		
		Северная	Южная	Центральная
1980–1989	ОР	контрольная	2,1	2,2
	95 % ДИ		0,1–34,0	0,1–35,9
1990–1999	ОР	контрольная	38,8	4,6
	95 % ДИ		5,2–292,0	0,42–51,4
2000–2009	ОР	контрольная	18,5	6,1
	95 % ДИ		7,9–43,1	2,4–15,6
2010–2019	ОР	контрольная	6,9	4,6
	95 % ДИ		3,5–13,6	2,2–9,7

риск заболеваемости КВЭ в южной зоне был максимальным и составил 38,8 по сравнению с северной зоной, в центральной зоне уровень заболеваемости статистически значимо не отличался от такового в северной зоне (табл. 3).

Высокие значения относительного риска наблюдались в третьей декаде в районах южной и центральной зон (18,5 и 6,1 соответственно) по сравнению с северной зоной. Снижение значений относительного риска заболеваемости КВЭ установлено в четвертую декаду наблюдения как для районов южной зоны (ОР = 6,9), так и для районов центральной зоны (ОР = 4,6), что свидетельствует о распространении КВЭ в районах северной зоны.

Современные виды клещей, включая *Ixodes persulcatus* Sch. 1930, вероятно, появились уже в конце плейстоцена – начале голоцена [5]. В результате столь длительной эволюции иксодовые клещи приспособились к обитанию на разнообразных территориях и паразитированию практически на всех отрядах наземных млекопитающих, на многих видах птиц и рептилиях. Главными прокормителями для них обычно оказываются наиболее массовые виды млекопитающих или птиц в данной экосистеме⁵.

В последние десятилетия произошли существенные изменения биотических компонентов ландшафтов на европейском севере России, например, зарегистрировано перемещение лесных зон с юга на север. Изменение растительности в значительной степени сказывается на характере животного мира, который в северных широтах динамично реагирует на изменения климатических условий. Дикие млекопитающие мигрируют на северные территории. Грызуны и насекомоядные служат питанием для личинок и нимф клещей, заражая их вирусом клещевого энцефалита. Крупные млекопитающие, подвергшиеся нападению этих кровососущих членистоногих, существенно влияют на инфицированность популяции переносчиков, повышая вирусозоносность напивавшихся кровью самок и эффективность трансовариальной передачи патогена. В таежных ландшафтах на западе Русской равнины за последнюю четверть XX в. было зарегистрировано 12 видов птиц, ранее не встречавшихся на этих территориях [6]. Мигрирующие птицы при нападении на них иксодовых клещей могут переносить вирус клещевого энцефалита на новые территории [7, 8].

За анализируемый период в АО зарегистрирован значительный рост ППК не только в южной зоне, где сравнительно редкое нападение клещей регистрировалось в 80-е гг. прошлого века, но и в северной зоне, жители которой не отмечали присасывания этих кровососущих членистоногих. Значительный подъём ППК в определённой степени можно объяснить более частым обращением за медицинской помощью в связи с возросшей осведомлённостью населения об опасных последствиях нападения клещей.

Вместе с тем данные о регистрации присасывания клещей и случаев КВЭ на новых территориях АО, где ранее эта инфекция не регистрировалась, свидетельствуют о распространении заражённых вирусом клещей на Север. Ранее северная граница обитания иксодовых клещей проходила значительно

южнее, в западной части АО, примерно по 62-й параллели, а в восточной доходила до широты населённых пунктов Шангалы и Кизема [9]. За сорокалетний период наблюдения миграция клещей из южных районов АО на север составила, по нашему мнению, не менее чем 200 км. В 2019 г. в перечень эндемичных районов Архангельской области дополнительно включены два района: Пинежский и Приморский⁶. Аналогичные процессы наблюдаются на соседних с АО территориях, например в Республиках Коми [10] и Карелии [11]. Основной причиной миграции иксодовых клещей явилось существенное повышение как среднегодовых температур, так и суммы «эффективных» температур, определяющих удовлетворительные условия обитания *Ixodes persulcatus* и удлинение периода их активности [12]. Социально-экономические факторы могут способствовать повышению «покусанности» населения иксодовыми клещами [10].

Экспансия клещей на новые территории и, как следствие этого, выявление КВЭ на ранее свободных от этой инфекции местностях описаны во многих странах, где, как правило, доминирует *I. ricinus* [13–16]. Существенное отличие настоящего исследования от цитированных в данном обзоре работ заключается в том, что оно проведено в регионе, где абсолютно доминирует *I. persulcatus*. Этот вид иксодовых клещей значительно отличается по биологическим свойствам от *I. ricinus*, например, он обладает большей хладостойкостью, поэтому ареал его обитания может достигать более северных территорий. Более того, в целом инфицированность *I. persulcatus* вирусом клещевого энцефалита обычно значительно выше, чем *I. ricinus* [17]⁷.

Несмотря на некоторое снижение заболеваемости КВЭ в АО, инфекции, передающиеся иксодовыми клещами, не теряют своей актуальности. Во-первых, значительная доля вируса клещевого энцефалита (35 %) в клещах, собранных в соседней с АО Республикой Коми, относится к дальневосточному генотипу, вызывающему высокую летальность [18]. Во-вторых, в АО *I. persulcatus* заражены не только вирусом клещевого энцефалита, но и другими патогенами, против которых в настоящее время не разработаны специфические средства профилактики⁸. В-третьих, значительная часть коренного населения, ранее не подвергавшаяся нападению клещей, может быть более уязвима к клещевым инфекциям, чем жители южных районов АО [19].

⁵ Балашов Ю.С. Паразитизм клещей и насекомых на наземных позвоночных. – СПб.: Наука, 2009. – 357 с.

⁶ О перечне эндемичных территорий по клещевому вирусному энцефалиту в 2019 году: Письмо Роспотребнадзора от 31.01.2020 № 02/1305-2020-32 [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – URL: <https://www.rosпотребнадзор.ru/upload/iblock/365/o-perechne-endemichnykh-terr.-po-kve-v-2019-g.-31.01.2020.pdf> (дата обращения: 15.06.2021).

⁷ Балашов Ю.С. Иксодовые клещи – паразиты и переносчики инфекции. – СПб.: Наука, 1998. – 287 с.

⁸ Об итогах сезона активности клещей в 2021 году [Электронный ресурс] // Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – URL: http://29.rosпотребнадзор.ru/c/journal/view_article_content?groupId=10156&articleId=902166&version=1.0 (дата обращения: 13.06.2021).

Анализ динамики изменения ППК¹⁰ показывает медленный рост в период 1980–1990 гг., затем наблюдается экспоненциальный рост, приходящийся на период 1990–2010 гг. Такой же бурный рост наблюдался в соседнем регионе – Республике Коми. В период 2010–2020 гг. в Республике Коми фиксируется период стабилизации или насыщения, при котором число пострадавших мало изменяется во времени. Характер такого распределения, возможно, определяется температурой атмосферного воздуха – основным абиотическим фактором влияния на экологию *I. persulcatus* [10].

Выраженное снижение заболеваемости КВЭ в АО, регистрируемое в последние годы на фоне роста ППК, в значительной степени обусловлено увеличением объемов специфической профилактики в отношении этой инфекции. Так, количество вакцинированных жителей АО с 2005 по 2015 г. увеличилось в 3,6 раза – с 6699 до 23 939 человек, и почти 30 % пострадавших от присасывания клещей в 2015 г. была проведена экстренная серопротекция иммуноглобулином [4]. Другой причиной снижения заболеваемости КВЭ может быть рост естественной иммунизации населения. С 1980 по 2020 г. число пострадавших от нападения клещей составило более 127 тысяч человек, что составляет 12 % современного населения области. Серопревалентность в отношении вируса клещевого энцефалита среди жителей южных районов АО составляет более 20 % [4].

Выявленная миграция иксодовых клещей и рост заболеваемости КВЭ на северных территориях Архангельской области могут быть характерны и для других регионов, имеющих аналогичные природно-климатические условия. Однако следует учесть, что при выяснении факторов, влияющих на заболеваемость КВЭ, необходимо принимать во внимание снижение количества случаев КВЭ в России в целом. По нашему мнению, можно предположить, что на показатели заболеваемости влияют и пока недостаточно полно изученные биоценотические закономерности, обуславливающие

циклические изменения лоймопотенциала природных очагов.

Выводы. Таким образом, многолетний анализ динамики ППК и заболеваемости КВЭ населения АО свидетельствует о продолжающейся экспансии *I. persulcatus* в северные районы АО, которая обусловила заболевания КВЭ на ранее свободных от этой инфекции местностях. В период с 1980 по 2014 г. количество лиц, пострадавших от присасывания клещей, постоянно увеличивалось; синхронно росла заболеваемость КВЭ. В последние годы наблюдается существенное падение заболеваемости КВЭ и стабилизация показателей «покусанности» клещами. Распространение клещей на северные территории обосновывает необходимость их исследования на инфицированность не только в отношении вируса клещевого энцефалита, но и других «клещевых» патогенов, а также изучение серопревалентности населения этих районов в отношении «клещевых» возбудителей с целью повышения эффективности профилактических мероприятий.

Выполненное исследование показывает, что риск заражения КВЭ в северных районах Архангельской области, связанный с миграцией иксодовых клещей, растет. Кроме того, население северных неэндемичных территорий, ранее не встречавшееся с клещевыми инфекциями и не подлежащее иммунизации против КВЭ, является группой повышенного риска заболевания в случае экспозиции клещей. На основании проведенного анализа необходимо принятие управленческих решений по организации на ранее свободных от иксодовых клещей территориях эпидемиологического и эпизоотологического мониторинга и мероприятий по специфической и неспецифической профилактике КВЭ и других инфекций, передающихся иксодовыми клещами.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

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

Список литературы

1. A clear and present danger: tick-borne diseases in Europe / P. Heyman, C. Cochez, A. Hofhuis, J. van der Giessen, H. Sprong, S.R. Porter, B. Losson, C. Saegerman [et al.] // Expert Rev. Anti Infect. Ther. – 2010. – Vol. 8, № 1. – P. 33–50. DOI: 10.1586/eri.09.118
2. Старые и новые клещевые инфекции в России / В.В. Проворова, Е.И. Краснова, Н.И. Хохлова, М.А. Савельева, Е.С. Филимонова, В.Г. Кузнецова // Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение. – 2019. – Т. 8, № 2 (29). – С. 102–112. DOI: 10.24411/2305-3496-2019-12013
3. Заболеваемость клещевым вирусным энцефалитом в субъектах Российской Федерации. Сообщение 1: Эпидемиологическая ситуация по клещевому вирусному энцефалиту в 2018 г. и прогноз на 2019 г. / А.К. Носков, Е.И. Андаев, А.Я. Никитин, Н.Д. Пакскина, Е.В. Яценко, Е.В. Веригина, М.И. Толмачёва, С.В. Балахонов // Проблемы особо опасных инфекций. – 2019. – № 1. – С. 74–80. DOI: 10.21055/0370-1069-2019-1-74-80
4. Эпидемиологические особенности распространения клещевого вирусного энцефалита в Архангельской области / О.В. Соколова, Р.В. Бузинов, О.Н. Попова, М.М. Пасынкова, А.Б. Гудков, В.П. Чашин // Экология человека. – 2017. – № 4. – С. 12–19. DOI: 10.33396/1728-0869-2017-4-12-19
5. Коренберг Э.И., Сироткин М.Б., Ковалевский Ю.В. Адаптивные черты биологии близких видов иксодовых клещей, определяющие их распространение (на примере таежного *Ixodes persulcatus* Sch. 1930 и европейского лесного *Ixodes ricinus* L. 1758) // Успехи современной биологии. – 2021. – Т. 141, № 3. – С. 271–286. DOI: 10.31857/S0042132421030078
6. Шварцман Ю.Г., Болотов И.Н. Пространственно-временная неоднородность таежного биота в области плейстоценовых материковых оледенений. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2008. – 263 с.
7. Hasle G. Transport of ixodid ticks and tick-borne pathogens by migratory birds // Front. Cell. Infect. Microbiol. – 2013. – Vol. 3. – P. 48. DOI: 10.3389/fcimb.2013.00048
8. Arthropods and associated arthropod-borne diseases transmitted by migrated birds. The case of ticks and tick-borne pathogens / O. Sparagano, D. George, A. Giangaspero, E. Spitalaska // Vet. Parasitol. – 2015. – Vol. 213, № 1–2. – P. 61–66. DOI: 10.1016/j.vetpar.2015.08.028
9. Распространение таежного клеща в СССР / Э.И. Коренберг, В.И. Жуков, А.В. Шаткаускас, Л.К. Бушуева // Зоологический журнал. – 1969. – Т. 48, № 7. – С. 1003–1013.
10. Study of the Relationship between the Average Annual Temperature of Atmospheric Air and the Number of Tick-Bitten Humans in the North of European Russia / A. Tronin, N. Tokarevich, O. Blinova, B. Gnativ, R. Buzinov, O. Sokolova, B. Evengard, T. Pahomova [et al.] // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2020. – Vol. 17, № 21. – P. 8006. DOI: 10.3390/ijerph17218006

11. Субботина Н.С., Доршакова Н.В., Петрова А.В. Эпидемиологическая характеристика клещевого энцефалита в Северо-Западном регионе России // Экология человека. – 2007. – № 7. – С. 15–19.
12. Социально-экономические и поведенческие факторы риска нарушений здоровья среди коренного населения Крайнего Севера / В.П. Чашин, А.А. Ковшов, А.Б. Гудков, Б.А. Моргунов // Экология человека. – 2016. – № 6. – С. 3–8. DOI: 10.33396/1728-0869-2016-6-3-8
13. Emerging tick-borne diseases / S. Madison-Antenucci, L.D. Kramer, L.L. Gebhardt, E. Kauffman // Clin. Microbiol. Rev. – 2020. – Vol. 33, № 2. – P. e00083-18. DOI: 10.1128/CMR.00083-18
14. Why is tick-borne encephalitis increasing? A review of the key factors causing the increasing incidence of human TBE in Sweden / T.G. Jaenson, M. Hjertqvist, T. Bergström, A. Lundkvist // Parasit. Vectors. – 2012. – Vol. 5. – P. 184. DOI: 10.1186/1756-3305-5-184
15. Tick-borne encephalitis virus, Norway and Denmark / T. Skarpaas, I. Golovljova, S. Vene, U. Ljostad, H. Sjursen, A. Plyusnin, A. Lundkvist // Emerg. Infect. Dis. – 2006. – Vol. 12, № 7. – P. 1136–1138. DOI: 10.3201/eid1207.051567
16. Suss J. TBE – a short overview on epidemiological status in Europe // ISW-TBE. – Vienna, February 2–3, 2012.
17. Suss J. Tick-borne encephalitis 2010: epidemiology risk areas and virus strains in Europe and Asia – an overview // Ticks Tick Borne Dis. – 2011. – Vol. 2, № 1. – P. 2–15. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2010.10.007
18. Генотипирование возбудителей клещевого энцефалита и лихорадки Кемерово в таежных клещах, собранных в Республике Коми / М.Ю. Карташов, Т.П. Микрюкова, Е.И. Кривошеина, А.И. Кузнецов, Л.И. Глушкова, И.В. Коробельников, Ю.И. Егорова, В.А. Терновой, В.Б. Локтев // Инфекция и иммунитет. – 2020. – Т. 10, № 1. – С. 159–166. DOI: 10.15789/2220-7619-GOT-1147
19. Hedlund C., Blomstedt Y., Schumann B. Association of climatic factors with infectious diseases in the Arctic and subarctic region – a systematic review // Glob. Health Action. – 2014. – Vol. 7. – P. 24161. DOI: 10.3402/gha.v7.24161

Анализ риска заболеваемости клещевым вирусным энцефалитом в районах с разными климатогеографическими условиями / Н.К. Токаревич, А.А. Тронин, Р.В. Бузинов, О.В. Соколова, Т.Н. Унгурияну // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 4. – С. 127–135. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.14

UDC 616.988.25

DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.14.eng



Research article

ANALYZING RISKS OF INCIDENCE OF TICK-BORNE ENCEPHALITIS IN AREAS WITH DIFFERENT CLIMATIC AND GEOGRAPHICAL CONDITIONS

N.K. Tokarevich^{1,2}, A.A. Tronin³, R.V. Buzinov^{4,5}, O.V. Sokolova^{5,6}, T.N. Unguryanu^{5,6}

¹Pasteur's Saint-Petersburg Institute, 14 Mira Str., St. Petersburg, 197101, Russian Federation

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

³Scientific Research Centre for Ecological Safety of the Russian Academy of Sciences, 18 Korpusnaya Str., St. Petersburg, 197110, Russian Federation

⁴North-Western Public Health Research Center, 4 2 Sovetskaya Str., St. Petersburg, 191036, Russian Federation

⁵Northern State Medical University, 51 Troitskii Ave., Arkhangelsk, 163000, Russian Federation

⁶Arkhangelsk Region Department of the Federal Service for Surveillance over Customers Rights Protection and Human Well-Being, 24 Gaidara Str., Arkhangelsk, 163000, Russian Federation

Ticks are natural reservoirs and vectors of a virus that is an infectious agent of tick-borne encephalitis, a communicable disease with great medical and social significance. Tick-borne encephalitis (TBE) is widely spread in Arkhangelsk region (AR) located in the Arctic zone in Russia where substantial climatic changes are taking place at the moment.

© Tokarevich N.K., Tronin A.A., Buzinov R.V., Sokolova O.V., Unguryanu T.N., 2021

Nikolay K. Tokarevich – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Zoonoses; Professor at the Department of Epidemiology (e-mail: zoonoses@mail.ru; tel.: +7 (812) 232-21-36; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6433-3486>).

Andrei A. Tronin – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Director (e-mail: a.a.tronin@ecosafety-spb.ru; tel.: +7 (812) 499-64-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7852-8396>).

Roman V. Buzinov – Doctor of Medical Sciences, Associate professor, Deputy director for development; Professor at the Department for Hygiene and Medical Ecology (e-mail: r.buzinov@s-znc.ru; tel.: +7 (812) 717-97-83; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8624-6452>).

Olga V. Sokolova – Deputy Head of the Epidemiological Surveillance Department; Assistant at the Department for Hygiene and Medical Ecology (e-mail: sokolovaov@29.rosпотренадзор.ru; tel.: +7 (812) 20-06-56; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1385-5975>).

Tatiana N. Unguryanu – Doctor of Medical Sciences, Associate professor, Chief Expert at the Activity Organization Department; Professor at the Department for Hygiene and Medical Ecology (e-mail: unguryanu_tn@mail.ru; tel.: +7 (812) 21-04-61; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8936-7324>).

Our research involved examining spatial and temporal distribution of numbers of people bitten by ticks, a number of people bitten by ticks per 100 thousand, a number of TBE cases and TBE incidence in districts and settlements in AR. We calculated relative risks of TBE incidence among people bitten by ticks in AR from 1980 to 2019.

We analyzed dynamics of indicators showing numbers of people bitten by ticks per 100 thousand and TBE incidence among people living in Arkhangelsk region. The analysis revealed that a number of bitten people grew slowly in 1980–1990, then there was an exponential growth in 1990–2010, and then the trend stabilized in 2010–2019. Dynamics of TBE incidence was completely in line with changes in number of bitten people up to 2014 but there was a substantial drop in TBE incidence after that.

Spatial distribution of numbers of bitten people and TBE incidence revealed that average number of bitten people amounted to 25.1 per 100 thousand in the northern districts in 1980–2019 and was statistically significantly lower than in the central and southern districts ($p < 0.001$). Average long-term incidence was the highest (7.9 per 100 thousand) in the southern districts in comparison with the central (3.0 per 100 thousand; $p < 0.001$) and northern ones (0.7 per 100 thousand; $p < 0.001$). Maximum relative risks of TBE incidence was detected in the southern districts in 1990–1999 (38.8) in comparison with the northern ones.

We made an assumption about probable reasons for declining TBE incidence in Arkhangelsk region detected over the last years given the growing numbers of bitten people.

Key words: ticks, tick-borne encephalitis, relative risk, Arkhangelsk region.

References

1. Heyman P., Cochez C., Hofhuis A., van der Giessen J., Sprong H., Porter S.R., Losson B., Saegerman C. [et al.]. A clear and present danger: tick-borne diseases in Europe. *Expert Rev. Anti Infect. Ther.*, 2010, vol. 8, no. 1, pp. 33–50. DOI: 10.1586/eri.09.118
2. Provorova V.V., Krasnova E.I., Khokhlova N.I., Savel'eva M.A., Filimonova E.S., Kuznetsova V.G. Old and new tick-borne infections in Russia. *Infektsionnye bolezni: novosti, mneniya, obucheniye*, 2019, vol. 8, no. 2 (29), pp. 102–112. DOI: 10.24411/2305-3496-2019-12013 (in Russian).
3. Noskov A.K., Andaev E.I., Nikitin A.Ya., Paksina N.D., Yatsmenko E.V., Verigina E.V., Tolmacheva M.I., Balakhonov S.V. Tick-Borne Viral Encephalitis Morbidity Rates in the Constituent Entities of the Russian Federation. Communication 1: Epidemiological Situation on Tick-Borne Viral Encephalitis in 2018 and Forecast for 2019. *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2019, no. 1, pp. 74–80. DOI: 10.21055/0370-1069-2019-1-74-8 (in Russian).
4. Sokolova O.V., Buzinov R.V., Popova O.N., Pasyukova M.M., Gudkov A.B., Chashchin V.P. Epidemiological Character of Tick-Borne Viral Encephalitis Extension in the Arkhangelsk Region. *Ekologiya cheloveka*, 2017, no. 4, pp. 12–19. DOI: 10.33396/1728-0869-2017-4-12-19 (in Russian).
5. Korenberg E.I., Sirotkin M.B., Kovalevskii Yu.V. Adaptive Features of the Biology of Similar Species of Ixodes Ticks that Determine their Distribution (on the Example of the Taiga – *Ixodes persulcatus* Sch. 1930 and European Forest – *Ixodes ricinus* L. 1758). *Uspekhi sovremennoi biologii*, 2021, vol. 141, no. 3, pp. 271–286. DOI: 10.31857/S0042132421030078 (in Russian).
6. Shvartsman Yu.G., Bolotov I.N. Prostranstvenno-vremennaya neodnorodnost' taezhnogo bioma v oblasti pleistotsenovykh materikovykh oledeneni [Spatial and temporal heterogeneity of taiga biome in the area of Pleistocene continental glaciation]. Ekaterinburg, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 2008, 263 p. (in Russian).
7. Hasle G. Transport of ixodid ticks and tick-borne pathogens by migratory birds. *Front. Cell. Infect. Microbiol.*, 2013, vol. 3, pp. 48. DOI: 10.3389/fcimb.2013.00048
8. Sparagano O., George D., Giangaspero A., Spitaliska E. Arthropods and associated arthropod-borne diseases transmitted by migrated birds. The case of ticks and tick-borne pathogens. *Vet. Parasitol.*, 2015, vol. 213, no. 1–2, pp. 61–66. DOI: 10.1016/j.vetpar.2015.08.028
9. Korenberg E.I., Zhukov V.I., Shatkauskas A.V., Bushueva L.K. The distribution of *Ixodes persulcatus* in the USSR. *Zoology*, 1969, vol. 48, no. 7, pp. 1003–1014. Available at: <http://www.researchgate.net/publication/263926549> (in Russian).
10. Tronin A., Tokarevich N., Blinova O., Gnativ B., Buzinov R., Sokolova O., Evengard B., Pahomova T. [et al.]. Study of the Relationship between the Average Annual Temperature of Atmospheric Air and the Number of Tick-Bitten Humans in the North of European Russia. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2020, vol. 17, no. 21, pp. 8006. DOI: 10.3390/ijerph17218006
11. Subbotina N.S., Dorshakova N.S., Petrova A.V. Epidemiological characteristic of tick-borne encephalitis in North-West region of Russia. *Ekologiya cheloveka*, 2007, no. 7, pp. 15–19 (in Russian).
12. Chashchin V.P., Kovshov A.A., Gudkov A.B., Morgunov B.A. Socioeconomic and behavioral risk factors of disabilities among the indigenous population in the far north. *Ekologiya cheloveka*, 2016, no. 6, pp. 3–8. DOI: 10.33396/1728-0869-2016-6-3-8 (in Russian).
13. Madison-Antenucci S., Kramer L.D., Gebhardt L.L., Kauffman E. Emerging tick-borne diseases. *Clin. Microbiol. Rev.*, 2020, vol. 33, no. 2, pp. e00083–18. DOI: 10.1128/CMR.00083-18
14. Jaenson T.G., Hjertqvist M., Bergstrom T., Lundkvist A. Why is tick-borne encephalitis increasing? A review of the key factors causing the increasing incidence of human TBE in Sweden. *Parasit. Vectors*, 2012, vol. 5, pp. 184. DOI: 10.1186/1756-3305-5-184
15. Skarpaas T., Golovljova I., Vene S., Ljostad U., Sjursen H., Plyusnin A., Lundkvist A. Tick-borne encephalitis virus, Norway and Denmark. *Emerg. Infect. Dis.*, 2006, vol. 12, no. 7, pp. 1136–1138. DOI: 10.3201/eid1207.051567
16. Suss J. TBE – a short overview on epidemiological status in Europe. *ISW-TBE*, Vienna, February 2–3, 2012.
17. Suss J. Tick-borne encephalitis 2010: Epidemiology risk areas and virus strains in Europe and Asia – An overview. *Ticks Tick Borne Dis.*, 2011, vol. 2, no. 1, pp. 2–15. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2010.10.007
18. Kartashov M.Yu., Mikryukova T.P., Krivosheina E.I., Kuznetsov A.I., Glushkova L.I., Korabel'nikov I.V., Egorova Yu.I., Ternovoi V.A., Loktev V.B. Genotyping of tick-borne encephalitis and Kemerovo viruses in taiga ticks collected in the Komi Republic. *Infektsiya i immunitet*, 2020, vol. 10, no. 1, pp. 159–166. DOI: 10.15789/2220-7619-GOT-1147
19. Hedlund C., Blomstedt Y., Schumann B. Association of climatic factors with infectious diseases in the Arctic and subarctic region – a systematic review. *Glob. Health Action*, 2014, vol. 7, pp. 24161. DOI: 10.3402/gha.v7.24161

Tokarevich N.K., Tronin A.A., Buzinov R.V., Sokolova O.V., Unguryanu T.N. Analyzing risks of incidence of tick-borne encephalitis in areas with different climatic and geographical conditions. *Health Risk Analysis*, 2021, no. 4, pp. 127–135. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.14.eng

Получена: 19.11.2021

Принята: 29.11.2021

Опубликована: 30.12.2021



Научная статья

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕР ДЕЗИНСЕКЦИИ И ДЕРАТИЗАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА В ГОРНО-АЛТАЙСКОМ ВЫСОКОГОРНОМ ПРИРОДНОМ ОЧАГЕ ЧУМЫ

А.Н. Матросов¹, Е.В. Чипанин², А.Я. Никитин², А.В. Денисов³,
А.И. Мищенко³, Е.Н. Рождественский³, А.А. Кузнецов¹, Н.В. Попов¹

¹Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб», Россия, 410005,
г. Саратов, ул. Университетская, 46

²Иркутский научно-исследовательский противочумный институт, Россия, 664047, г. Иркутск, ул. Трилиссера, 78

³Алтайская противочумная станция, Россия, 649002, г. Горно-Алтайск, ул. Заводская, 2

Оценена эффективность экстренных мер по дезинсекции и дератизации для снижения риска заболеваний населения на территории Горно-Алтайского высокогорного природного очага чумы. Исследования проводили в 2016–2021 гг. в Горно-Алтайском высокогорном очаге чумы, который является северной частью общего с Монголией трансграничного Сайлюгемского природного очага. При сборе, обработке и анализе данных использовали зоологические, эпизоотологические, эпидемиологические и статистические методы исследований, а также ГИС-инструменты.

Эпидемиологический надзор за чумой в очаге осуществляется с 1961 г. До 2011 г. здесь выделяли только рамнозопозитивные штаммы чумного микроба с избирательной вирулентностью центральноазиатского подвида *Yersinia pestis* ssp. *altaica*, преимущественно в поселениях монгольской пищухи, в связи с чем эпидемический потенциал очага оценивали как невысокий. С 2012 г. стали обнаруживать высоковирулентные штаммы основного подвида чумного микроба – *Yersinia pestis* ssp. *pestis* в поселениях серого сурка и других видов носителей. Как следствие, с этого периода времени произошло изменение эпидемиологического статуса очага, что привело к трем случаям заболеваний людей бубонной формой чумы в 2014–2016 гг. В комплексе противоэпидемических мероприятий по неспецифической профилактике против чумы основными разделами оставались дезинсекция и дератизация. В 2016–2021 гг. площадь полевой дезинсекции составила 162,7 км², поселковой дезинсекции – 127,3 тыс. м², поселковой дератизации – 461,7 тыс. м². Впервые внедрен в практику подход проведения дезинсекционных обработок только на эпидемически опасных участках, а именно вокруг стоянок животноводов, находящихся в границах выявляемых эпизоотий. Эффективность полевой дезинсекции составила 94,6 %, поселковой дезинсекции – 100 %, поселковой дератизации – 88,0 %. Контроль численности носителей и переносчиков чумы проводился с учетом экологических аспектов регуляции численности животных и соблюдения природоохранных мер.

Дератизация и дезинсекция в комплексе с другими мерами профилактики чумы обеспечивают эпидемиологическое благополучие в очаге и снижают его эпизоотическую активность.

Ключевые слова: чума, природный очаг, носители и переносчики чумы, факторы риска, контингенты риска, время риска, территории риска, дезинсекция, дератизация, эпидемиологическое благополучие.

© Матросов А.Н., Чипанин Е.В., Никитин А.Я., Денисов А.В., Мищенко А.И., Рождественский Е.Н., Кузнецов А.А., Попов Н.В., 2021

Матросов Александр Николаевич – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории эпизоотологического мониторинга отдела эпидемиологии (e-mail: anmatrosova@mail.ru; тел.: 8 (937) 630-40-98; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4893-7188>).

Чипанин Евгений Владимирович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник зоолого-паразитологического отдела (e-mail: adm@chumin.irkutsk.ru; тел.: 8 (395) 222-01-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6051-1409>).

Никитин Алексей Яковлевич – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник зоолого-паразитологического отдела (e-mail: adm@chumin.irkutsk.ru; тел.: 8 (395) 222-01-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3918-7832>).

Денисов Алексей Васильевич – кандидат биологических наук, заведующий зоолого-паразитологической лабораторией (e-mail: chumagornu@mail.ru; тел.: 8 (388) 226-42-39; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4678-2453>).

Мищенко Александр Иванович – заведующий эпидемиологическим отделом (e-mail: chumagornu@mail.ru; тел.: 8 (388) 226-42-39; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7502-2429>).

Рождественский Евгений Николаевич – директор (e-mail: chumagornu@mail.ru; тел.: 8 (388) 226-42-39; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6005-3783>).

Кузнецов Александр Александрович – доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории эпизоотологического мониторинга отдела эпидемиологии (e-mail: rusrapi@microbe.ru; тел.: 8 (845) 273-46-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0677-4846>).

Попов Николай Владимирович – доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории эпизоотологического мониторинга отдела эпидемиологии (e-mail: rusrapi@microbe.ru; тел.: 8 (845) 251-52-10; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4099-9261>).

Чума до настоящего времени остается одним из самых опасных природно-очаговых заболеваний, распространенных в Северной и Южной Америке, Африке и Евразии [1–5]. В соответствии с действующими Международными медико-санитарными правилами (2005) она относится к социально значимым особо опасным инфекционным болезням, требующим международного контроля [6–11]. Заболевания чумой в мире в 2000–2020 гг. регистрировали на пяти материках в 20 странах мира с общим числом случаев 28 082, из которых 2504 (8,9 %) закончились летально [12–13].

На территории России, стран СНГ, Монголии и Китая в последнее десятилетие наблюдается повышение активности горных сурочьих и сусликовых природных очагов чумы. На этом фоне отмечались спорадические случаи заболеваний людей бубонной формой, связанные с разделкой тушек сурков, добытых в результате промысла [14–22]¹. На территории России три случая зарегистрированы в 2014–2016 гг. в Горно-Алтайском высокогорном природном очаге, являющемся северной частью трансграничного Сайлюгемского очага [23, 24].

Эпидемиологический надзор в природных очагах чумы в Российской Федерации и странах СНГ включает в себя проведение эпизоотологического мониторинга, по результатам которого планируют и проводят профилактические мероприятия. При эпидемических осложнениях стратегия и тактика надзора за опасной инфекцией корректируются с учетом обеспечения эпидемиологической направленности исследований и профилактики чумы [25]. На территории Горно-Алтайского высокогорного, Тувинского горного, Тянь-Шаньского высокогорного природных очагов чумы в 2014–2021 гг. проводился целый (единый) комплекс противоэпидемических и профилактических мероприятий, включающий в себя эпизоотологическое обследование, эпидемиологическое наблюдение, режимно-ограничительные и санитарно-технические мероприятия, информационно-разъяснительную работу с населением, а также проведение дезинфекционных обработок в эпидемических очагах и на эпизоотических участках [26–28]. Наиболее радикальными мерами остаются инсектицидные и родентицидные обработки, целью которых является подавление и ликвидация эпизоотий. Снижение численности носителей и переносчиков до уровня, при котором эпизоотический процесс прекращается, позволяет минимизировать риски инфицирования людей и обеспечивает эпидемиологическое благополучие населения по этой опасной инфекции.

В современный период происходит восстановление численности сурков, являющихся основными носителями чумы в горных очагах [18, 29]¹. Этот пушной зверек – традиционный объект охотничьего промысла местного населения. Несмотря на запрет

охоты на сурков на территориях природных очагов чумы, местное население ведет их добычу для использования в пищу и сбора жира, употребляемого в терапевтических целях. Для подавления эпизоотий чумы в поселениях сурков в настоящее время не рекомендуется истребление ценного охраняемого промыслового вида. По опыту прошлых лет экологические особенности сурков, связанные с питанием, размещением и пространственно-этологическими характеристиками, не могут обеспечить снижения их численности без больших затрат при организации и проведении истребительных работ. Попытки регуляции численности грызунов без учета популяционных особенностей зверьков не обоснованы и неэффективны [30].

В настоящее время в очагах чумы для подавления эпизоотий наибольший эффект дают меры борьбы с блохами – специфическими переносчиками и хранителями чумного микроба. В этих целях используют методы порошковидной или влажной дезинсекции, импрегнации материалов химическими препаратами на основе фосфорорганических, пиретроидных соединений, фенилпиразолов [26, 31–33]. Длительность их пулцидного воздействия составляет 2–4 месяца, в ряде случаев – до шести месяцев, а по некоторым наблюдениям – до трех лет, вероятно, вследствие нарушения норového биоценоза. В случае обработки устьев нор грызунов или зайцеобразных порошковидными соединениями более эффективны глубокое пропыливание с помощью воздуходувок (моторных опылителей) или аэрозолизация с использованием генераторов холодного тумана.

Планирование и проведение экстренной профилактики чумы в ее очагах основано на системном подходе к содержанию мероприятий. Только выполнение их в комплексе обеспечивает устойчивый противоэпидемический эффект. В то же время дезинсекция и дератизация остаются наиболее радикальными мерами подавления и ликвидации эпизоотий чумы, что снижает риск инфицирования населения [23].

Целью исследования является оценка эффективности экстренных мер по дезинсекции и дератизации в целях снижения риска заболеваний населения на территории Горно-Алтайского высокогорного природного очага чумы.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2016–2021 гг. в Горно-Алтайском высокогорном природном очаге чумы, площадь которого составляет 11 681 км², располагающегося в административных границах Кош-Агачского района Республики Алтай (Российская Федерация). Он является северной частью трансграничного с Монголией Сайлюгемского природного очага общей площадью 28 597 км². За последние пять лет в Горно-Алтайском высокогорном очаге чумы исследовано 9286 экземп-

¹ Абдел З.Ж. Природные очаги чумы Тянь-Шанской горной системы Казахстана и Кыргызстана. – Алматы: КНЦКЗИ, 2019. – 168 с.

ляров мелких млекопитающих – носителей чумы, 70 025 экземпляров кровососущих эктопаразитов: блох (57 919), вшей, иксодовых и гамазовых клещей – основных и второстепенных переносчиков чумного микроба. Всего осмотрено на наличие блох 146 665 нор мелких млекопитающих: серого сурка, монгольской и даурской пищух, длиннохвостого суслика, раскопано 77 гнезд зверьков.

Эпидемические осложнения, связанные с заболеваниями людей бубонной формой чумы, потребовали перестройки всей системы эпидемиологического надзора в очаге, статус которого изменился в связи с выделением здесь высоковирулентных штаммов чумного микроба основного подвида [23, 34]. В соответствии со сложившейся обстановкой были увеличены объемы инсектицидных и родентицидных обработок, изменена тактика их проведения. Было внедрено использование малых мобильных формирований (бригад из пяти человек), проводящих работы на участках максимального эпидемиологического риска вокруг стоянок животноводов, располагающихся на эпизоотических участках. За один день такая бригада, в зависимости от удаленности и условий местности, проводит барьерную дезинсекцию вокруг 6–10 расположенных в горах отдельных животноводческих стоянок.

В период возможных осложнений по чуме (с мая по сентябрь) для проведения профилактических мероприятий Алтайская противочумная станция усиливалась 10–12 прикомандированными специалистами из числа сотрудников Российского (г. Саратов), Иркутского и Ставропольского противочумных институтов [24, 28]. В обследовании населенных пунктов и проведении истребительных мероприятий на их территории участвовали профилактические отделы ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Алтай», специалисты Управления Роспотребнадзора по Республике Алтай. Все работы проводились в соответствии с утвержденными документами: «Комплексным планом мероприятий учреждений Роспотребнадзора по оздоровлению Горно-Алтайского высокогорного природного очага чумы в Кош-Агачском районе Республики Алтай», «Планом мероприятий (“дорожной картой”) по снижению рисков возникновения эпидемических осложнений на территории Горно-Алтайского природного очага чумы на 2019–2023 годы», утвержденным распоряжением Правительства Республики Алтай № 2-р от 11.01.2019 г., «Программой дезинсекционных и дератизационных обработок в Горно-Алтайском высокогорном природном очаге чумы», планами работы ФКУЗ «Алтайская противочумная станция» в 2016–2021 гг.

При сборе, обработке и анализе данных использовались зоологические, эпизоотологические, эпидемиологические и статистические методы исследований, а также ГИС-инструменты [20]. Последние применялись на этапе принятия управленческих решений на основе интерактивной электронной карты «Управ-

ление оздоровительными мероприятиями в Горно-Алтайском высокогорном очаге чумы».

Результаты и их обсуждение. На территории Горно-Алтайского высокогорного природного очага чумы, располагающегося в административных границах Кош-Агачского района Республики Алтай, с 1961 по 2021 г. отмечали только циркуляцию чумного микроба центральноазиатского подвида *Yersinia pestis* ssp. *altaica* в поселениях монгольской (*Ochotona pallassii*) и даурской (*O. daurica*) пищух, длиннохвостого суслика (*Spermophilus undulatus*), плоскочерепной полевки (*Alticola strelzowi*). Эти штаммы возбудителя чумы обладают высокой вирулентностью для белых мышей, но слабо- или авирулентны к морским свинкам [2]. На этом основании, несмотря на постоянную эпизоотическую активность очага, его эпидемический потенциал считали невысоким: на протяжении 50 лет здесь не регистрировали чумы у людей. В 2012 г. в этом очаге впервые был выделен штамм высоковирулентного основного подвида *Y. pestis* ssp. *pestis* от трупа длиннохвостого суслика. В последующие годы этот вариант возбудителя стали регулярно изолировать от серого сурка (*Marmota baibacina*), длиннохвостого суслика, а также от широкого спектра блох и других эктопаразитов [18, 31]. Всего в очаге в 1961–2021 гг. выделена 2601 культура чумного микроба: к алтайскому подвиду относится 2438 штаммов, к основному подвиду – 163 (из них из полевого материала получено 160, из клинического – три штамма).

По результатам эпизоотологического мониторинга установлено, что численность носителей – фоновых видов грызунов и зайцеобразных: серого сурка, монгольской и даурской пищух, длиннохвостого суслика и плоскочерепной полевки – меняется в течение сезона и по годам. В современный период возросла плотность сурка, расширились границы заселенных им биотопов. Численность жилых нор (бутанов) варьируется от 0,3 до 2,0 на 1 га, составляя в среднем около 0,8 на 1 га. Более или менее стабильны численность и размещение монгольской пищухи и длиннохвостого суслика: средняя многолетняя плотность жилых колоний у пищухи весной составляет 4,8, осенью – 6,7 на 1 га; плотность суслика – 3,8 и 5,7 особи на 1 га по сезонам соответственно. Среднегодовая численность плоскочерепной полевки, мозаично обитающей в скальных обнажениях и каменистых россыпях по всем хребтам, окружающих Чуйскую степь, в среднем составляет весной 11,2 %, осенью – 29,7 % попадания в ловушки.

Низкой отмечается численность синантропных грызунов. В 11 крупных населенных пунктах на территории очага явно доминирует домовая мышь (*Mus musculus*): средний процент ее попадания в давилки весной составляет 2,6, осенью – 3,3. На высокогорных одиночных стоянках животноводов в строениях охотно селится плоскочерепная полевка, многолетний показатель численности которой варьируется от 4,0 % весной до 7,1 % попаданий осенью. Многие

стоянки располагаются в окружении многовидовых поселений сурка, суслика и пищух.

Фауна блох в очаге, участвующих в циркуляции чумного микроба, представлена 54 видами и подвидами, из которых в 2016–2021 гг. было зарегистрировано 29. Массовыми являются 17 видов, относящихся к специфическим блохам сурка, суслика, пищух и полевки. Индексы обилия эктопаразитов в шерсти зверьков достаточно стабильны во времени: на сером сурке – 0,7, на длиннохвостом суслике – 2,0, на монгольской пищухе – 7,7, на даурской пищухе – 2,6, на плоскочерепной полевке – 1,9 экземпляра. В устьях нор величина индекса обилия блох в 2016–2020 гг. в среднем в мае–июне составляла $0,16 \pm 0,03$ экземпляра. Общий запас блох монгольской пищухи в настоящее время оценивается весной в 190 экземпляров на 1 га, осенью увеличивается вдвое – до 390 экземпляров на 1 га. На сером сурке доминируют блохи *Oropsylla silantiewi*, на пищухах и в их колониях – *Amphilius runatus*, *Ctenophyllus hirticrus*, *Frontopsylla hetera*, *Paradoxopsyllus scorodumovi*, *P. scalonae*, *P. dashidorzhii*, *P. hesperius kalabukhovi*, *Amphipsylla primaris* и *Rhadinopsylla dahurica*, на длиннохвостом суслике – *Citellophilus tesquorum*, *Oropsylla alaskensis*.

Большая часть культур алтайского подвида возбудителя чумы выделялась от пищух и их специфических блох, основного подвида чумного микроба – от серого сурка, длиннохвостого суслика и их эктопаразитов (94 %). Циркуляция возбудителя чумы алтайского подвида регистрируется на высотах от 1800 до 2600 м над уровнем моря, основного подвида – 2200–2750 м. На большей части территории ареалы *Y. p. altaica* и *Y. p. pestis* перекрываются.

На основании оценки результатов анализа факторов, контингентов, времени и территории риска заражения населения чумой составлена картограмма уровня эпидемиологической опасности (риска) заболевания чумой на территории очага, которая уточняется ежегодно (рис. 1). Эта картографическая основа используется при планировании и проведении обследовательских и профилактических мероприятий, что позволяет осуществлять их более направленно.

Уникальность Горно-Алтайского высокогорного очага связана с формированием здесь двух самостоятельных сопряженных очагов чумы, отличающихся по биоценотической и пространственной структуре. Циркуляция возбудителя чумы алтайского подвида установлена в трех мезоочагах: Уландинском, Тархатинском и Курайском, которые территориально и функционально связаны с одноименными популяциями монгольской пищухи [34]. Площадь, на которой выявлялись эпизоотические проявления, обусловленные *Y. p. ssp. altaica*, составляет 2317,2 км² и полностью соответствует размерам ареала монгольской пищухи. Об относительной независимости функционирования перечисленных очагов свидетельствуют результаты исследований, приведенных в целом ряде публикаций [16, 35].

Площадь территории с выявленной на 2021 г. циркуляцией *Y. p. pestis* составляет 2015,7 км², в то время как весь ареал серого сурка занимает 4120 км². Это можно расценивать как возможность более широкой экспансии высоковирулентного подвида возбудителя в этом очаге. Часть его с эпизоотическими проявлениями, обусловленными двумя подвидами чумного микроба, перекрывается – на площади 950,0 км² обнаруживаются штаммы обоих подвидов. Таким образом, общая площадь выявленных эпизоотий чумы – 3383,0 км², что составляет 29,0 % от всего размера очага (рис. 2).

В комплексе противоэпидемических мероприятий основными направлениями оставались дезинсекция и дератизация. Снижение численности носителей и переносчиков чумы до уровня, при котором эпизоотический процесс прерывается, обеспечивает и эпидемиологическое благополучие по этой опасной инфекции. Нарращивание объемов оперативных инсектицидных и родентицидных мероприятий, адекватных обстановке по чуме, стало возможным благодаря привлечению дополнительных сил и средств противочумных учреждений России.

Следует подчеркнуть, что при планировании объемов и дислокации работ по полевой дезинсекции учитывались сроки сезонных кочевок животноводов. Обработке подлежали все стоянки, располагающиеся на эпизоотических по чуме участках, выявленных в предыдущие сезоны или в процессе оперативного обследования. Основной объем этих барьерных обработок выполнялся в мае, что позволяло снижать численность блох и предотвращать развитие эпизоотий чумы вокруг летних стоянок до их массового заселения людьми.

Работы по поселковой дератизации и дезинсекции проводились в основном силами отдела профилактической дезинфекции ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Алтай». На территории очага в крупных населенных пунктах как синантропный вид грызунов отмечается только домовая мышь. На стоянках животноводов в высокогорьях помещения заселяются плоскочерепной полевкой. В строениях случайны встречи монгольской пищухи, хомячков Кэмпбелла. По результатам регулярных учетов численность домовой мыши и ее блох в поселках очень низкая. В связи с этим при наличии показаний к проведению истребительных мероприятий, как правило, после дератизации и дезинсекции грызуны и их эктопаразиты не регистрируются. Высокая эффективность этих мероприятий привела к снижению эпизоотической активности очага: сокращалось число выделенных культур чумы высоковирулентного основного подвида (таблица). Это, наряду с другими разделами профилактики, позволило обеспечить эпидемическое благополучие по чуме на территории Горно-Алтайского высокогорного очага чумы – с 2017 г. по настоящее время случаи заболеваний людей не регистрируются.

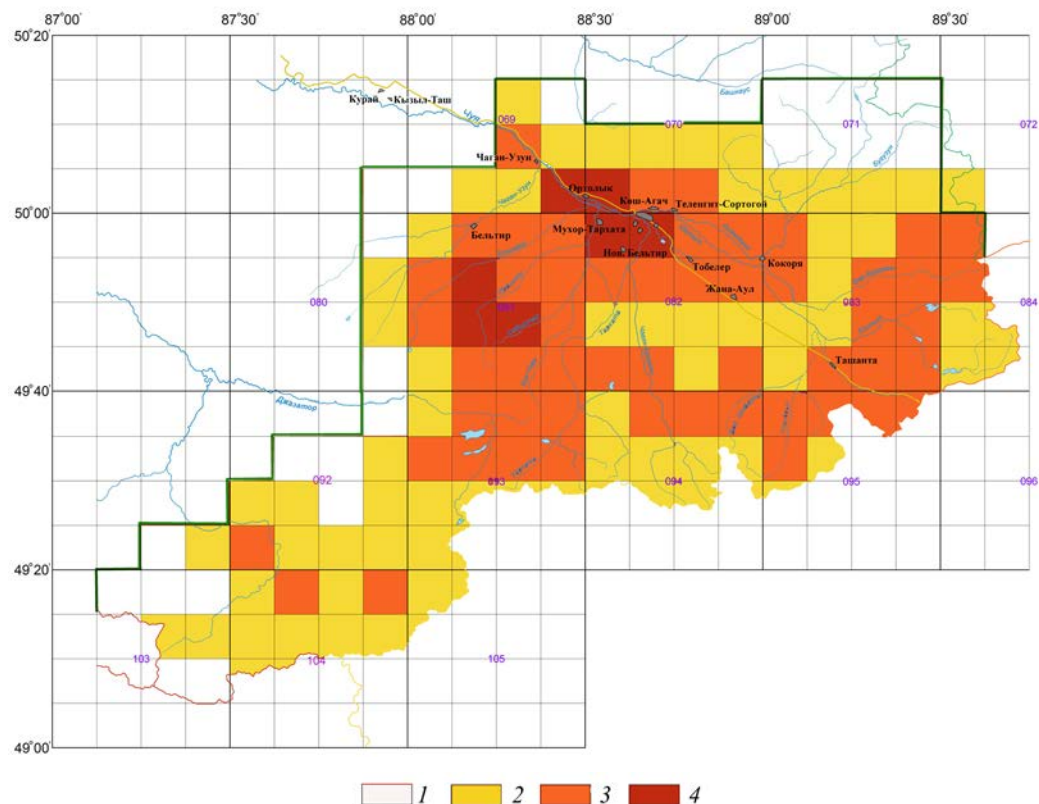


Рис. 1. Уровень эпидемиологического риска на территории Горно-Алтайского высокогорного природного очага чумы:
1 – низкий; 2 – средний; 3 – высокий; 4 – очень высокий

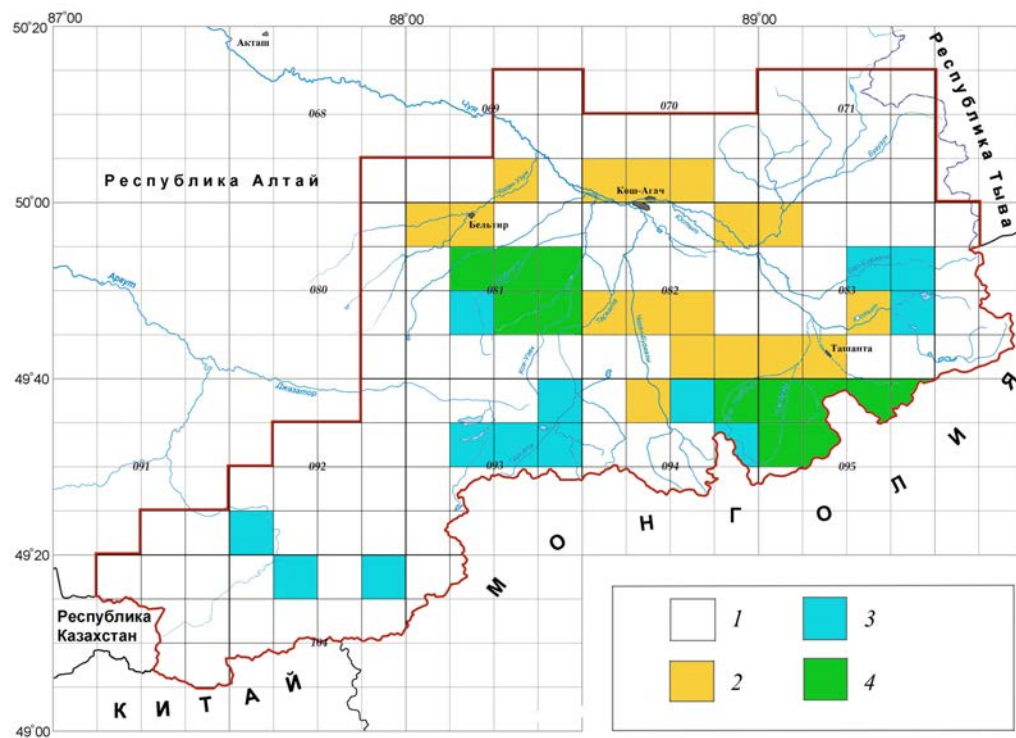


Рис. 2. Места выделения культур чумы на территории Горно-Алтайского высокогорного очага
Секторы: 1 – культуры не выделялись; 2 – обнаруживались только штаммы *Y. p. ssp. altaica*;
3 – обнаруживались только штаммы *Y. p. ssp. pestis*; 4 – обнаруживались штаммы обоих подвидов

Эпизоотическая активность, эффективность дезинсекции и дератизации в Горно-Алтайском высокогорном очаге чумы в 2016–2021 гг.

Год	Выделено культур <i>Y. p. pestis</i>	Площадь эпизоотий, км ²	Полевая дезинсекция		Поселковая дератизация		Поселковая дезинсекция	
			км ²	эфф., %	тыс. м ²	эфф., %	тыс. м ²	эфф., %
2016	65	930,6	30,4	86,0	102,9	81,1	72,8	100,0
2017	49	925,0	43,5	96,7	99,1	82,9	13,9	100,0
2018	11	670,4	32,7	94,5	77,7	80,5	12,9	100,0
2019	8	418,1	32,0	97,4	39,0	83,7	7,4	100,0
2020	5*	503,4**	2,3	–	74,5	100,0	10,7	100,0
2021	5	415,2	26,3	98,5	68,5	100,0	9,6	100,0
ИТОГ	138	3383,0	167,2	94,6	461,7	88,0	127,3	100,0

Примечание: * – 3 из 5 штаммов чумного микроба выделены на труднодоступной территории плоскогорья Укок, которая в 2016–2019 гг. не обследовалась; ** – в том числе площадь эпизоотий на плоскогорье Укок составила 252,7 км².

На территории Горно-Алтайского высокогорного очага чумы с 2016 по 2021 г. общая площадь полевой дезинсекции составила 140,9 км², поселковой дезинсекции – 117,7 тыс. м², поселковой дератизации – 393,2 тыс. м². Полевая дератизация в очаге не планировалась и не проводилась, что обосновано неэффективностью методов борьбы с сурком в целях подавления эпизоотий, а также соображениями охраны ценного промыслового вида. Ежегодно на эпизоотических участках велось обследование 46–132 стоянок животноводов, а также пограничных пунктов. По результатам эпизоотологического мониторинга территорий, эндемичных по чуме, в зависимости от рельефа местности вокруг каждой из стоянок в многовидовых поселениях сурка, пищух и суслика дезинсекция проводилась на площади от 0,3 до 1,0 км². Плотность нор в смешанных поселениях зверьков варьировалась от 11 до 84 при среднем значении $22,1 \pm 3,2$ на 1 га. Индекс обилия (ИО) норовых блох вокруг стоянок на эпизоотических участках колебался по годам от $0,116 \pm 0,02$ до $0,197 \pm 0,03$. По истечении срока инсектицидного действия ИО блох сокращался от 0,007 до 0,003. Средний расход инсектицидного дуста на одну стоянку составил 5,5 кг. Для обработки использовали метод дустирования устьев нор или глубокого их пропыливания с помощью рачевых дустеров TWISTER и моторных (бензиновых) воздуходувов CIFARELLI.

На территории очага дератизация проводилась только в крупных населенных пунктах и на стоянках животноводов, а также в строениях пограничных постов. При абсолютном доминировании домовых мыши в поселках, плоскочерепной полевки в строениях на высокогорных стоянках животноводов использование родентицидных приманок при раскладке их в укрытия (норы, щели, контейнеры, подпол и др.) обеспечивало высокий эффект.

В качестве родентицидных средств, используемых при проведении поселковой дератизации на территории Горно-Алтайского высокогорного очага чумы, применяли готовые формы приманок на основе антикоагулянтов второго поколения: парафинированные брикеты «Блокада», «Бродифан» и «Зерно-

цин-блок» (на основе действующих веществ – 0,005%-ных бромадиолона и бродифакума). Для полевой дезинсекции использовали смесевые дусты: «Каприн-Ф» (0,04%-ного фенвалерата + 4,0%-ной борной кислоты), «Фас-дубль» (0,02%-ного зета-циперметрина + 0,01%-ного фенвалерата) и «Зеленый дом» (0,2%-ного циперметрина + 0,2%-ного сумитиона) на основе синтетических пиретроидов и фосфорорганических соединений. В населенных пунктах для влажной дезинсекции применяли концентрат эмульсии фосфорорганического препарата «Фуфанон-супер» (44–57%-ный малатион).

Факторы эпидемиологического риска заболевания чумой во многом определяются эпизоотической активностью природного очага. Видовой состав, численность, характер распределения по территории носителей и переносчиков в Горно-Алтайском высокогорном очаге чумы обеспечивают в настоящее время устойчивую циркуляцию высоковирулентного основного подвида чумного микроба. Борьба с мелкими млекопитающими – носителями чумы – в природных биотопах достаточно сложна либо нецелесообразна в связи с экологическими особенностями зверьков [36]. Так, серый сурок и пищухи являются зеленоядными видами, поэтому использование готовых форм традиционных родентицидных приманок неэффективно. Кроме того, истребление серого сурка – ценного промыслового вида, являющегося объектом охраны местной фауны, недопустимо. Дератизация предусматривается лишь в населенных пунктах, где необходимо обеспечить полное освобождение объектов от синантропных и гемисинантропных видов. Современная концепция дезинсекции и дератизации в очагах чумы предусматривает смещение акцентов на инсектицидные обработки против блох в природных биотопах в поселениях основных носителей, а также в населенных пунктах. Снижение численности блох – переносчиков и хранителей возбудителя – приводит к разрыву эпизоотической цепочки и, как следствие, подавлению или прекращению эпизоотий. При этом снижается или предотвращается риск инфицирования населения, что является основной целью эпидемиологического надзора за чумой.

Одной из основных задач, требующих решения при оценке эффективности проведенных инсектицидных обработок, являлся выбор методики учета численности блох – переносчиков чумы. В условиях высокогорий на территории очага слабо выражена миграция блох зверьков-землероев ко входам. В то же время на всех стоянках животноводов на эпизоотических участках отмечаются смешанные поселения сурка, суслика и пищух, в норах которых методом учета на фланелевую ленту (шланг) можно собирать насекомых в течение всего сезона (с мая по сентябрь).

По результатам инсектицидных обработок, проводимых в мае–июне вокруг стоянок животноводов, пулецидная эффективность, учитываемая по обилию блох во входах в норы носителей чумы, в среднем по очагу составила 94,6 %, варьируясь по годам и участкам от 86,0 до 97,7 %. Индексы обилия норных блох сокращались на разных участках в 20–40 раз. Для получения корректных данных об эффективности обработок норных блох проводили параллельное обследование на обработанных (опытных) участках вокруг стоянок животноводов и на необработанных (контрольных) территориях. При этом была подтверждена высокая эффективность проведенных инсектицидных мероприятий. По данным повторного обследования опытных участков вокруг стоянок животноводов в июле–августе инсектицидное воздействие на блох во входах в норы сохранялось до трех месяцев (время наблюдений). Следует особо отметить выявленное отсутствие блох или их низкую численность во входах в норы на большей части участков вокруг стоянок животноводов, обработанных в предыдущем году. Это обстоятельство, однако, можно трактовать не столько как сохранение активности примененных инсектицидов спустя год, а как следствие медленного восстановления таксоценозов блох путем заноса с соседних необработанных территорий в условиях высокой мозаики распределения насекомых и относительной изоляции высокогорных биоценозов.

Помимо обеспечения удовлетворительного пулецидного эффекта проведенных инсектицидных обработок следует обращать внимание на противоэпидемический и противоэпизоотический эффект. В 2017–2021 гг. случаев заболеваний людей бубонной формой чумы на территории Горно-Алтайского очага не наблюдалось. В этот же период отслеживается сокращение эпизоотической площади и числа выделяемых культур.

Выводы. Эпиданамнез случаев инфицирования людей на территории Горно-Алтайского высокогорного очага однозначно свидетельствует о том, что все случаи заражения бубонной формой чумы

были связаны с разделкой тушек больных сурков, добытых в результате незаконного промысла зверьков. В связи с этим большое значение имеет информационно-разъяснительная работа с населением по вопросам профилактики опасного заболевания, контроль за выполнением ограничительных мер пребывания людей на эпизоотических участках. Вместе с тем одной из основных задач остается подавление и ликвидация эпизоотий чумы в поселениях носителей – серого сурка, монгольской пищухи и длиннохвостого суслика, что снижает вероятность инфицирования населения на эпизоотических участках. Проведение здесь инсектицидных обработок, дератизация в населенных пунктах и их окрестностях приводит к оздоровлению территорий и, наряду с другими мерами профилактики, предотвращает контакты населения с инфицированными животными.

С учетом противоэпизоотической эффективности полевой и поселковой дезинсекции, поселковой дератизации при планировании и проведении экстренной профилактики чумы были увеличены объемы и расширены территории обработок, адекватные сложившейся в последние годы обстановке. В связи с этим использован традиционный опыт Роспотребнадзора, предусматривающий в экстренных случаях возможность маневра силами и средствами противочумных станций и институтов.

Снижение численности блох – основных переносчиков и хранителей чумного микроба в природных биотопах – привело к подавлению развития эпизоотий в поселениях основных носителей чумы (сурков, сусликов, пищух), сокращению риска инфицирования населения в очаге. Поселковая дератизация и дезинсекция обеспечивают освобождение поселков и стоянок животноводов от грызунов и их блох – носителей и переносчиков возбудителя чумы. В результате выполнения комплекса профилактических мер в 2017–2021 гг. удалось обеспечить эпидемиологическое благополучие населения и снизить эпизоотическую активность Горно-Алтайского высокогорного природного очага чумы.

Уникальный опыт планирования, организации и проведения комплекса профилактических мероприятий в Горно-Алтайском высокогорном природном очаге чумы следует изучать и рекомендовать для использования в других природных очагах чумы на всей территории России и соседних стран.

Финансирование. Финансовая поддержка отсутствовала.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Josko D. *Yersinia pestis*: still a plague in the 21st century // Clin. Lab. Sci. – 2004. – Vol. 17, № 1. – P. 25–29.
2. Природные очаги чумы Кавказа, Прикаспия, Средней Азии и Сибири / под ред. Г.Г. Онищенко, В.А. Кутырева. – М.: Медицина, 2004. – 191 с.
3. From the recent lessons of the Malagasy foci towards a global understanding of the factors involved in plague reemergence / J.M. Duplantier, J.B. Duchemin, S. Chanteau, E. Carniel // Vet. Res. – 2005. – Vol. 36, № 3. – P. 437–453. DOI: 10.1051/vetres: 2005007

4. Cluster of primary pneumonic plague transmitted in a truck cab in a new enzootic focus in China / H. Luo, X. Dong, F. Li, X. Xie, Z. Song, Z. Shao, Z. Li, Z. Tong [et al.] // *Am. J. Trop. Med. Hyg.* – 2013. – Vol. 88, № 5. – P. 923–928. DOI: 10.4269/ajtmh.12-0163
5. Trends of human plague, Madagascar, 1998–2016 / V. Andrianavaimanana, P. Piola, D.M. Wagner, F. Rakotomanana, V. Maheriniana, S. Andrianalimanana, S. Chanteau, L. Rahalison [et al.] // *Emerg. Infect. Dis.* – 2019. – Vol. 5, № 2. – P. 220–228. DOI: 10.3201/eid2502.171974
6. Gage K.L., Kosoy M.Y. Natural history of plague: perspectives from more than a century of research // *Annu. Rev. Entomol.* – 2005. – Vol. 50. – P. 505–528. DOI: 10.1146/annurev.ento.50.071803.130337
7. Bertherat E. Plague around the world, 2010–2015 // *Wkly Epidemiol. Rec.* – 2016. – Vol. 91, № 8. – P. 89–93.
8. Plague: A disease which changed the path of human civilization / B. Bramanti, N.C. Stenseth, L. Walle, X. Lei // *Yersinia pestis: Retrospective and Perspective.* – Dordrecht: Springer, 2016. – P. 1–26.
9. *Yersinia pestis: Retrospective and Perspective* / eds. by R. Yang, A. Anisimov // *Advances in Experimental Medicine and Biology.* – 2016. – Vol. 918. – 391 p. DOI: 10.1007/978-94-024-0890-4
10. Обеспечение эпидемиологического благополучия в природных очагах чумы на территории стран СНГ и Монголии в современных условиях / под ред. А.Ю. Поповой, В.В. Кутырева. – Ижевск: ООО «Принт», 2018. – 336 с.
11. Animal exposure and human plague, United States, 1970–2017 / S.B. Campbell, C.A. Nelson, A.F. Hinckley, K.J. Kugeler // *Emerg. Infect. Dis.* – 2019. – Vol. 5, № 12. – P. 2270–2273. DOI: 10.3201/eid2512.191081
12. Bertherat E. Plague around the world in 2019 // *Wkly Epidemiol. Rec.* – 2019. – Vol. 94, № 25. – P. 289–292.
13. Эпидемиологическая и эпизоотическая обстановка по чуме в Российской Федерации и прогноз ее развития на 2020–2025 гг. / Н.В. Попов, Г.А. Ерошенко, И.Г. Карнаухов, А.А. Кузнецов, А.Н. Матросов, А.В. Иванова, А.М. Поршаков, М.Н. Ляпин [и др.] // *Проблемы особо опасных инфекций.* – 2020. – № 1. – С. 43–50. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-1-43-50
14. *Yersinia pestis* lineages in Mongolia / J.M. Reihm, G. Vergnaud, D. Kiefer, T. Damdindorj, O. Dashdavaa, T. Khurelsukh, L. Zöller, R. Wölfel [et al.] // *PLoS One.* – 2012. – Vol. 7, № 2. – P. e30624. DOI: 10.1371/journal.pone.0030624
15. Современная ситуация в природных очагах чумы Монголии / З. Адыасурэн, Д. Цэрэнноров, Ж. Мягмар, Ц. Ганхуяг, Д. Отгонбаяр, Ц. Баяр, Д.Б. Вержуцкий, Д. Ганболд, С.В. Балахонов // *Дальневосточный журнал инфекционной патологии.* – 2014. – Т. 25, № 25. – С. 22–25.
16. Wildlife plague surveillance near the China–Kazakhstan border: 2012–2015 / S.-S. Zhao, Y. Pulati, X.-P. Yin, W. Li, B.-J. Wang, K. Yang, C.-F. Chen, Y.-Z. Wang // *Transbound. Emerg. Dis.* – 2017. – Vol. 64, № 6. – P. e48–e51. DOI: 10.1111/tbed.12603
17. Абдикаримов С.Т., Ибрагимов Э.Ш., Эгембергенов Ч.Э. Современное эпизоотическое состояние природных очагов чумы Кыргызской Республики и мероприятия, направленные на обеспечение эпидемиологического благополучия по чуме // *Проблемы особо опасных инфекций.* – 2018. – № 2. – С. 45–48. DOI: 10.21055/0370-1069-2018-2-45-48
18. Вержуцкий Д.Б. Активизация природных очагов чумы в Центральной Азии: беспочвенные опасения или реальная угроза // *Природа внутренней Азии (Nature of inner Asia).* – 2018. – Т. 6, № 1. – С. 7–18. DOI: 10.18101/2542-0623-2018-1-7-18
19. Living with plague: Lessons from the Soviet Union's antiplague system / S.D. Jones, B. Atshabar, B.V. Schmid, M. Zuk, A. Amramina, N.C. Stenseth // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 2019. – Vol. 116, № 19. – P. 9155–9163. DOI: 10.1073/pnas.1817339116
20. Принципы картографической дифференциации и эпидемиологического районирования природных очагов чумы для задач оценки и минимизации рисков здоровья населения / А.А. Кузнецов, А.Н. Матросов, А.М. Поршаков, А.А. Слудский, А.А. Ковалевская, В.П. Топорков // *Анализ риска здоровью.* – 2018. – № 4. – С. 96–104. DOI: 10.21668/health.risk/2018.4.11
21. Вержуцкий Д.Б., Адыасурэн З. Природные очаги чумы в Монголии: Аннотированный список // *Байкальский зоологический журнал.* – 2019. – Т. 25, № 2. – С. 92–103.
22. The Atlas of plague and its environment in the People's Republic of China. – China: Science Press, 2004. – 221 p.
23. Координация мероприятий противочумных учреждений Роспотребнадзора по оздоровлению Горно-Алтайского высокогорного природного очага чумы в 2016 г. / А.Ю. Попова, В.В. Кутырев, С.В. Балахонов, Е.Б. Ежлова, Ю.В. Демина, Н.Д. Пакскина, Л.В. Щучинов, Н.В. Попов [и др.] // *Проблемы особо опасных инфекций.* – 2016. – № 4. – С. 5–10. DOI: 10.21055/0370-1069-2016-4-5-10
24. Организация противэпидемических и профилактических мероприятий по чуме на территории Кош-Агачского района Республики Алтай и оценка их активности / А.Ю. Попова, С.В. Балахонов, Л.В. Щучинов, А.Н. Матросов, Е.П. Михайлов, А.И. Мищенко, А.В. Денисов, В.В. Шефер [и др.] // *Инфекционные болезни.* – 2018. – Т. 16, № 4. – С. 5–15. DOI: 10.20953/1729-9225-2018-4-5-15
25. Кадастр эпидемических и эпизоотических проявлений чумы на территории Российской Федерации и стран ближнего зарубежья с 1876 по 2016 год / под ред. В.В. Кутырева, А.Ю. Поповой. – Саратов: ООО «Амирит», 2016. – 248 с.
26. История неспецифической профилактики чумы в Республике Казахстан и её современное состояние / В.Г. Мека-Меченко, Ф.А. Сараев, А.И. Беляев, М.В. Кулемин, Ю.С. Сажнев, Е.О. Наурузбаев // *Карантинные и зоонозные инфекции в Казахстане.* – 2020. – Т. 41, № 2. – С. 23–38.
27. Основные результаты дезинсекции в долине реки Саглы (Тувинский природный очаг чумы) / Д.Б. Вержуцкий, А.Я. Никитин, Н.И. Ковалева, Н.Ф. Галацевич, Н.А. Чумакова, С.В. Ткаченко, А.В. Чумаков // *Дальневосточный журнал инфекционной патологии.* – 2014. – № 25. – С. 18–22.
28. Организация профилактических, противозoonических мероприятий в целях снижения риска осложнения эпидемиологической ситуации по чуме на территории Республики Алтай / С.В. Балахонов, Л.В. Щучинов, А.И. Мищенко, А.Н. Матросов, А.В. Денисов, Е.Н. Рождественский, В.М. Корзун, С.А. Косилко [и др.] // *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии.* – 2018. – № 6. – С. 85–94. DOI: 10.36233/0372-9311-2018-6-85-94
29. Ибрагимов Э.Ш. Неспецифическая профилактика в Тянь-Шаньском высокогорном природном очаге чумы: прошлое и настоящее // *Проблемы особо опасных инфекций.* – 2015. – № 4. – С. 18–21.
30. Шилова С.А. Биологическое разнообразие и контроль численности «проблемных» видов животных: компромиссы, противоречия, перспективы // *РЭТ-инфо.* – 2005. – Т. 56, № 4. – С. 8–10.
31. Metzger M.E., Rust M.K. Laboratory evaluation of Fipronil and Imidacloprid Topical Insecticides for control of the plague vector *Oropsylla montana* (Siphonaptera: Ceratophyllidae) on California Ground Squirrels (Rodentia: Sciuridae) // *J. Med. Entomol.* – 2002. – Vol. 39, № 1. – P. 152–161. DOI: 10.1603/0022-2585-39.1.152
32. Никитин А.Я., Кардаш А.И. Возможность использования некоторых пиретроидов для профилактики чумы в природных очагах Сибири сусликового типа // *Медицинская паразитология и паразитарные болезни.* – 2009. – № 4. – С. 42–44.
33. Итоги трехлетних полевых испытаний аэрозолей нор большой песчанки (*Rhombomys opimus*) в ультрамалых объемах / Л.А. Бурделов, З.Б. Жумадилова, В.Г. Мека-Меченко, Ю.С. Сажнев, Б.А. Акимбаев, Р. Сайлаубекулы, Н. Абдукаримов, А.И. Беляев [и др.] // *Карантинные и зоонозные инфекции в Казахстане.* – 2014. – Т. 29, № 1. – С. 14–21.
34. Горно-Алтайский природный очаг чумы: Ретроспективный анализ, эпизоотологический мониторинг, современное состояние / под ред. С.В. Балахонова, В.М. Корзуна. – Новосибирск: Наука-Центр, 2014. – 272 с.
35. Ярыгина М.Б., Корзун В.М., Балахонов С.В. Генотипическая структурированность *Yersinia pestis* ssp. *altaica* в Горно-Алтайском высокогорном природном очаге чумы // *Дальневосточный журнал инфекционной патологии.* – 2019. – Т. 37, № 37. – С. 86–87.
36. Singleton G.R., Leirs H., Hinds L.A., Zhang Z. Ecologically-based management of rodent pest: reevaluating our approach to an old problem // *Ecologically-based Rodent Management.* – 1999. – P. 17–29.

Эффективность мер дезинсекции и дератизации по снижению эпидемиологического риска в Горно-Алтайском высокогорном природном очаге чумы / А.Н. Матросов, Е.В. Чипанин, А.Я. Никитин, А.В. Денисов, А.И. Мищенко, Е.Н. Рождественский, А.А. Кузнецов, Н.В. Попов // *Анализ риска здоровью.* – 2021. – № 4. – С. 136–145. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.15



Research article

EFFICIENCY OF DISINSECTION AND DERATIZATION AIMED AT REDUCING EPIDEMIOLOGIC RISKS IN GORNO-ALTAISKIY HIGH-MOUNTAIN NATURAL PLAGUE FOCUS

A.N. Matrosov¹, E.V. Chipanin², A.Ya. Nikitin², A.V. Denisov³, A.I. Mishchenko³, E.N. Rozhdestvensky³, A.A. Kuznetsov¹, N.V. Popov¹

¹«Microbe» Russian Research Anti-Plague Institute, 46 Universitetskaya Str., Saratov, 410005, Russian Federation

²Irkutsk Research Anti-Plague Institute, 78 Trilisser Str., Irkutsk, 664047, Russian Federation

³Altai Plague Control Station, 2 Zavodskaya Str., Gorno-Altaysk, 649002, Republic of Altai, Russian Federation

Our research aim was to estimate efficiency of emergency disinsection and deratization that were accomplished to reduce risks of diseases among population in Gorno-Altayskiy high-mountain natural plague focus.

The research was performed in 2016–2021 in Gorno-Altayskiy high-mountain plague focus which is the northern part of Sailygem cross-border natural focus located both in Russia and Mongolia. Zoological, epizootologic, epidemiological and statistical research procedures as well as GIS-tools were applied to collect and analyze research data.

*Epidemiologic surveillance over plague in the focus has been accomplished since 1961. Prior to 2011 only rhamnosopositive strains of the plague microbe with selective virulence were found here, belonging to the Central Asian subspecies *Yersinia pestis altaica*, circulating mainly in the population of the *Ochotona pallasi*. Given that, the focus was believed to have low epidemic potential. Since 2012 highly virulent strains of the basic plague microbe *Yersinia pestis ssp. pestis* started to occur in populations of *Marmota baibacina* and other carriers. As a result, starting from that period of time, epidemiologic status of the focus changed and it led to 3 cases of bubonic plague among humans in 2014–2016. Disinsection and deratization remained the major components in anti-epidemic activities aimed at non-specific plague prevention. In 2016–2021 fields disinsection covered a total square equal to 162.7 km²; disinsection in settlements, 127.3 thousand m²; deratization in settlements, 461.7 thousand m². An approach involving disinsection only on land spots that were considered epidemically hazardous was first implemented; such land spots were around livestock breeders' camps located within boundaries of detected epizooties. Efficiency of fields disinsection amounted to 94.6; disinsection in settlements, 100 %; deratization in settlements, 88.0 %. Population of plague vectors and carriers was controlled bearing in mind environmental aspects in regulating numbers of animals and compliance with environmental protection requirements.*

Deratization and disinsection, together with other activities aimed at plague prevention, provide epidemiologic welfare in the focus and reduce its epizootic activity.

Key words: plague, natural focus, plague vectors and carriers, risk factors, risk groups, risk time, risk territory, disinsection, deratization, epidemiologic welfare.

© Matrosov A.N., Chipanin E.V., Nikitin A.Ya., Denisov A.V., Mishchenko A.I., Rozhdestvensky E.N., Kuznetsov A.A., Popov N.V., 2021

Aleksander N. Matrosov – Doctor of Biological Sciences, Leading researcher at the Laboratory for Epizootiological Monitoring of Epidemiology Department (e-mail: anmatrosov@mail.ru; tel.: +7 (937) 630-40-98; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4893-7188>).

Evgeniy V. Chipanin – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Zoological and Parasitological Department (e-mail: adm@chumin.irkutsk.ru; tel.: +7 (395) 222-01-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6051-1409>).

Aleksey Ya. Nikitin – Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher at the Zoological and Parasitological Department (e-mail: adm@chumin.irkutsk.ru; tel.: +7 (395) 222-01-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3918-7832>).

Aleksey V. Denisov – Candidate of Biological Sciences, Head of the Zoo-Parasitological Laboratory (e-mail: chumagorny@mail.ru; tel.: +7 (388) 226-42-39; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4678-2453>).

Aleksander I. Mishchenko – Head of the Epidemiological Department (e-mail: chumagorny@mail.ru; tel.: +7 (388) 226-42-39; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7502-2429>).

Evgeny N. Rozhdestvensky – Director (e-mail: chumagorny@mail.ru; tel.: +7 (388) 226-42-39; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6005-3783>).

Aleksandr A. Kuznetsov – Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher at the Laboratory for Epizootiological Monitoring of Epidemiology Department (e-mail: rusrapi@microbe.ru; tel.: +7 (845) 273-46-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0677-4846>).

Nikolay V. Popov – Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher at the Laboratory for Epizootiological Monitoring of Epidemiology Department (e-mail: rusrapi@microbe.ru; tel.: +7 (845) 251-52-10; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4099-9261>).

References

1. Josko D. *Yersinia pestis*: still a plague in the 21st century. *Clin. Lab. Sci.*, 2004, vol. 17, no. 1, pp. 25–29.
2. Prirodnye ochagi chumy Kavkaza, Prikaspiya, Srednei Azii i Sibiri [Natural plague foci in the Caucasus, the Caspian sea, Central Asia and Siberia]. In: G.G. Onishchenko, V.A. Kutryev eds. Moscow, «Meditsina», 2004, 192 p. (in Russian).
3. Duplantier J.M., Duchemin J.B., Chanteau S., Carniel E. From the recent lessons of the Malagasy foci towards a global understanding of the factors involved in plague reemergence. *Vet. Res.*, 2005, vol. 36, no. 3, pp. 437–453. DOI: 10.1051/vetres: 2005007
4. Luo H., Dong X., Li F., Xie X., Song Z., Shao Z., Li Z., Tong Z. [et al.]. Cluster of primary pneumonic plague transmitted in a truck cab in a new enzootic focus in China. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 2013, vol. 88, no. 5, pp. 923–928. DOI: 10.4269/ajtmh.12-0163
5. Andrianivoarimanana V., Piola P., Wagner D.M., Rakotomanana F., Maheriniana V., Andrianalimanana S., Chanteau S., Rahalison L. [et al.]. Trends of human plague, Madagascar, 1998–2016. *Emerg. Infect. Dis.*, 2019, vol. 5, no. 2, pp. 220–228. DOI: 10.3201/eid2502.171974
6. Gage K.L., Kosoy M.Y. Natural history of plague perspectives from more than a century of research. *Annu. Rev. Entomol.*, 2005, vol. 50, pp. 505–528. DOI: 10.1146/annurev.ento.50.071803.130337
7. Bertherat E. Plague around the world, 2010–2015. *Wkly Epidemiol. Rec.*, 2016, vol. 91, no. 8, pp. 89–93.
8. Bramanti B., Stenseth N.C., Walle L., Lei X. Plague: A disease which changed the path of human civilization. *Yersinia pestis: Retrospective and Perspective*. Dordrecht, Springer, 2016, pp. 1–26.
9. *Yersinia pestis*: Retrospective and Perspective. In: R. Yang, A. Anisimov eds. *Advanced in Experimental Medicine and Biology*, 2016, vol. 918, 397 p.
10. Obespechenie epidemiologicheskogo blagopoluchiya v prirodnykh ochagakh chumy na territorii stran SNG i Mongolii v sovremennykh usloviyakh. [Provision of epidemiological welfare in the natural plague foci in the UIS countries and Mongolia under current conditions]. In: A.Yu. Popova, V.V. Kutryev eds. Izhevsk, OOO «Print», 2018, 336 p. (in Russian).
11. Campbell S.B., Nelson C.A., Hinckley A.F., Kugeler K.J. Animal exposure and human plague, United States, 1970–2017. *Emerg. Infect. Dis.*, 2019, vol. 5, no. 12, pp. 2270–2273. DOI: 10.3201/eid2512.191081
12. Bertherat E. Plague around the world in 2019. *Wkly Epidemiol. Rec.*, 2019, vol. 94, no. 25, pp. 289–292.
13. Popov N.V., Eroshenko G.A., Karnaukhov I.G., Kuznetsov A.A., Matrosov A.N., Ivanova A.V., Porshakov A.M., Lyapin M.N. [et al.]. Epidemiological and epizootic situation on plague in the Russian Federation and forecast for its development for 2020–2025. *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2020, no. 1, pp. 43–45. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-1-43-50 (in Russian).
14. Reihm J.M., Vergnaud G., Kiefer D., Damdindorj T., Dashdavaa O., Khurelsukh T., Zöller L., Wölfel R. [et al.]. *Yersinia pestis* lineages in Mongolia. *PLoS One*, 2012, vol. 7, no. 2, pp. e30624. DOI: 10.1371/journal.pone.0030624
15. Adjaasuren Z., Tserennorov D., Myagmar J., Ganhuuag C., Otgonbayar D., Bayar T., Verzhutsky D.B., Ganbold D., Balakhonov S.V. Current situation in the natural plague foci of Mongolia. *Dal'nevostochnyi zhurnal infektsionnoi patologii*, 2014, vol. 25, no. 25, pp. 22–25 (in Russian).
16. Zhao S.-S., Pulati Y., Yin X.-P., Li W., Wang B.-J., Yang K., Chen C.-F., Wang Y.-Z. Wildlife plague surveillance near the China–Kazakhstan border: 2012–2015. *Transbound. Emerg. Dis.*, 2017, vol. 64, no. 6, pp. e48–e51. DOI: 10.1111/tbed.12603
17. Abdikarimov S.T., Ibragimov E.S., Egembergenov Ch.E. Current epizootic condition of natural plague foci in Kyrgyz Republic and measures aimed at provision of epidemiological welfare as regards plague. *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2018, no. 2, pp. 45–48. DOI: 10.21055/0370-1069-2018-2-45-48 (in Russian).
18. Verzhutskiy D.B. Activation of the plague natural foci in Central Asia: groundless apprehensions or a real threat. *Priroda vnutrennei Azii (Nature of inner Asia)*, 2018, vol. 6, no. 1, pp. 7–18. DOI: 10.18101/2542-0623-2018-1-7-18 (in Russian).
19. Jones S.D., Atshabar B., Schmid B.V., Zuk M., Amramina A., Stenseth N.C. Living with plague: Lessons from the Soviet Union's antiplague system. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2019, vol. 116, no. 19, pp. 9155–9163. DOI: 10.1073/pnas.1817339116
20. Kuznetsov A.A., Matrosov A.N., Porshakov A.M., Sludsky A.A., Kovalevskaya A.A., Toporkov V.P. Principles of cartographic differentiation and epidemiologic zoning of natural plague foci applied to assess and minimize population health risks. *Health Risk Analysis*, 2018, no. 4, pp. 96–104. DOI: 10.21668/health.risk/2018.4.11.eng
21. Verzhutsky D.B., Adiyasuren Z. Natural plague foci in Mongolia: annotated list. *Baikalskii zoologicheskii zhurnal*, 2019, vol. 25, no. 2, pp. 92–103 (in Russian).
22. The Atlas of plague and its environment in the People's Republic of China. China, Science Press, 2004, 221 p.
23. Popova A.Yu., Kutryev V.V., Balakhonov S.V., Ezhlova E.B., Demina Yu.V., Paskina N.D., Shchuchinov L.V., Popov N.V. [et al.]. Coordination of measures of plague control institutions, aimed at rehabilitation and sanitation of Gorno-Altai high-mountain natural plague focus in 2016. *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2016, no. 4, pp. 5–10. DOI: 10.21055/0370-1069-2016-4-5-10 (in Russian).
24. Popova A.Yu., Balakhonov S.V., Shchuchinov L.V., Matrosov A.N., Mikhaylov E.P., Mishchenko A.I., Denisov A.V., Shefer V.V. [et al.]. Organization of plague control and prevention measures on the territory of Kosh-Agach district of the Altai Republic and estimation of their effectiveness. *Infektsionnye bolezni*, 2018, vol. 16, no. 4, pp. 5–15. DOI: 10.20953/1729-9225-2018-4-5-15 (in Russian).
25. Kadaster epidemiicheskikh i epizooticheskikh proyavlenii chumy na territorii Rossiiskoi Federatsii i stran blizhnego zarubezh'ya s 1876 po 2016 god [Inventory of epidemic and episodic manifestations of plague in the territory of the Russian Federation and the neighboring countries from 1876 to 2016]. In: V.V. Kutryev, A.Yu. Popova eds. Saratov, OOO «Amirib», 2016, 248 p. (in Russian).
26. Meka-Mechenko V.G., Sarayev F.A., Belyayev A.I., Kulemin M.V., Sazhnev Yu.S., Nauruzbaev E.O. The history of non-specific prevention of plague in the Republic of Kazakhstan and its current state. *Karantinnyye i zoonoznyye infektsii v Kazakhstane*, 2020, vol. 41, no. 2, pp. 23–38 (in Russian).
27. Verzhutskiy D.B., Nikitin A.Ya., Kovaleva N.I., Galatsevich N.F., Chumakova N.A., Tkachenko S.V., Chumakov A.V. Main results of preventive disinfection measures in the Sagil valley (Tyva natural plague focus). *Dal'nevostochnyi zhurnal infektsionnoi patologii*, 2014, no. 25, pp. 18–22 (in Russian).
28. Balakhonov S.V., Schuchinov L.V., Mischenko A.I., Matrosov A.N., Denisov A.V., Rozhdestvensky E.N., Korzun V.M., Kosilko S.A. [et al.]. Organization of preventive, anti-epidemic actions to decrease risks of epidemic situation complications for plague in Republic Altai. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunologii*, 2018, no. 6, pp. 85–94. DOI: 10.36233/0372-9311-2018-6-85-94 (in Russian).
29. Ibragimov E.Sh. Non-specific prophylaxis in the Tien Shan high-mountain natural plague focus: past and present. *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2015, no. 4, pp. 18–21 (in Russian).
30. Shilova S.A. Biologicheskoe raznoobrazie i kontrol' chislennosti «problemnykh» vidov zhivotnykh: kompromissy, protivorechiya, perspektivy [Biological diversity and population control over "problematic" animal species: compromises, contradictions, prospects]. *RET-info*, 2005, vol. 56, no. 4, pp. 8–10 (in Russian).
31. Metzger M.E., Rust M.K. Laboratory evaluation of Fipronil and Imidacloprid Topical Insecticides for control of the plague vector *Oropsylla montana* (Siphonaptera: Ceratophyllidae) on California Ground Squirrels (Rodentia: Sciuridae). *J. Med. Entomol.*, 2002, vol. 39, no. 1, pp. 152–161. DOI: 10.1603/0022-2585-39.1.152
32. Nikitin A.Ya., Kardash A.I. Vozmozhnost' ispol'zovaniya nekotorykh piretroidov dlya profilaktiki chumy v prirodnykh ochagakh Sibiri suslikovogo tipa [The possibility of using some pyrethroids to prevent plague in natural foci of Siberian gopher type]. *Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnye bolezni*, 2009, no. 4, pp. 42–44 (in Russian).
33. Burdelov L.A., Zhumadilova Z.B., Meka-Mechenko V.G., Sazhnev Yu.S., Akimbaev B.A., Saylaubekuly R., Abdukarimov N., Belyayev A.I. [et al.]. Results of three-year field testing of aerosolization of the great gerbil (*Rhombomys Opimus*) burrows with ultra-small doses of pesticides. *Karantinnyye i zoonoznyye infektsii v Kazakhstane*, 2014, vol. 29, no. 1, pp. 14–21 (in Russian).
34. Gorno-Altaiiskii prirodnyi ochag chumy: Retrospektivnyi analiz, epizootologicheskii monitoring, sovremennoe sostoyaniye [Gorno-Altai natural plague outbreak: Retrospective analysis, epizootological monitoring, current status]. In: S.V. Balakhonov, V.M. Korzun eds. Novosibirsk, Nauka-Tsentr, 2014, 272 p. (in Russian).
35. Yarygina M.B., Korzun V.M., Balakhonov S.V. Genotypical structuring of *Yersinia pestis* ssp. *altaica* in Gorno-Altai high-mountainous natural plague focus. *Dal'nevostochnyi zhurnal infektsionnoi patologii*, 2019, vol. 37, no. 37, pp. 86–87 (in Russian).
36. Singleton G.R., Leirs H., Hinds L.A., Zhang Z. Ecologically-based management of rodent pest: reevaluating our approach to an old problem. *Ecologically-based Rodent Management*, 1999, pp. 17–29.

Matrosov A.N., Chipanin E.V., Nikitin A.Ya., Denisov A.V., Mishchenko A.I., Rozhdestvensky E.N., Kuznetsov A.A., Popov N.V. Efficiency of disinsection and deratization aimed at reducing epidemiologic risks in Gorno-Altaiiskiy high-mountain natural plague focus. *Health Risk Analysis*, 2021, no. 4, pp. 136–145. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.15.eng

Получена: 25.08.2021

Принята: 18.11.2021

Опубликована: 30.12.2021



Научная статья

ИНСУЛЬТ И ФАКТОРЫ РИСКА ИНСУЛЬТА В ОБЩЕМ БРЕМЕНИ БОЛЕЗНЕЙ

С. Озтюрк

Сельчукский университет, факультет медицины, Турция, 42130, г. Конья, Сельчуклу

Инсульт – самая частая причина инвалидности и смерти в мире. Частота сердечно-сосудистых заболеваний увеличивается с возрастом (10,9 % в возрасте от 20 до 30 лет и 85,3 % в возрасте старше 80 лет). Ишемическая болезнь сердца является основной причиной смерти от сердечно-сосудистых заболеваний в США, за ней следуют инсульт, высокое АД, сердечная недостаточность, болезни артерий и другие сердечно-сосудистые заболевания. Отчет о глобальном бремени неврологических расстройств показал, что это бремя составляет 35,7 % геморрагического инсульта и 22,4 % ишемического инсульта. Семь показателей здоровья важны и имеют стратегическое значение для предотвращения сердечно-сосудистых заболеваний: здоровый режим питания, достаточная физическая активность, курение, индекс массы тела, уровень холестерина, артериальное давление, уровень глюкозы в крови натощак. Эти показатели относятся к факторам поведения в отношении здоровья (качество диеты, физическая активность, курение, индекс массы тела), которые так же важны, как и факторы здоровья (холестерин в крови, артериальное давление, глюкоза в крови).

Существует прочная связь между идеальными показателями здоровья сердечно-сосудистой системы и многими клиническими и доклиническими состояниями, включая преждевременную смертность от всех причин, инсульт, смертность от сердечно-сосудистых заболеваний, смертность от ишемической болезни сердца, сердечную недостаточность, тромбоэмболию глубоких вен и тромбоэмболию легочной артерии. Фибрилляция предсердий, метаболический синдром, почечная недостаточность, апноэ во сне являются важными факторами риска, которые поддаются коррекции и лечению. Ранее сообщалось, что загрязнение воздуха является растущим и очень важным фактором риска инсульта. Кроме того, сейчас COVID-19 стал еще одним новым фактором риска инсульта во время пандемии. Цели системы здравоохранения должны быть ориентированы на значимость каждого показателя здоровья сердечно-сосудистой системы, чтобы снизить бремя и риск инсульта.

Ключевые слова: инсульт, сердечно-сосудистые заболевания, показатели здоровья, факторы риска, бремя болезни.

Неврологические заболевания составляют около 10,2 % глобальных потерь здоровья. При этом инсульт – самая частая причина инвалидности: 16,8 % (или порядка 9,4 млн) смертей во всем мире ежегодно регистрируются по причине неврологических заболеваний. Факты свидетельствуют, что каждые 40 секунд у кого-то в США случается инсульт, а кто-то умирает примерно каждые четыре минуты.

Согласно статистике Американской ассоциации сердца (АНА, 2018), десятью ведущими причинами смерти являются: 1) болезни сердца, 2) рак, 3) хронические заболевания нижних дыхательных путей, 4) непреднамеренные травмы, 5) инсульт, 6) болезнь Альцгеймера, 7) сахарный диабет, 8) грипп и пневмония, 9) болезнь почек, 10) суицид. В МКБ-11 внесены существенные изменения (например, инсульт указан в списке заболеваний головного мозга), которые могут

способствовать более точной статистике распространённости и частоты инсультов [1].

Смертность от инсульта снижается с улучшением лечения острого инсульта и широким внедрением инсультных отделений.

Высокие индекс массы тела, уровень глюкозы в плазме натощак и курение – это первый, второй и третий факторы риска инвалидности и травм в США как в 1990 г., так и в 2019 г. При этом за указанный период времени курение «перешло» с первого на третье место среди ведущих факторов. Однако курение и высокое систолическое артериальное давление (АД) являлись ведущими факторами риска потери лет жизни в США как в 1990 г., так и в 2019 г., и на сегодня продолжают оставаться таковыми во всем мире. Уровень глюкозы в плазме и высокий индекс массы тела (ИМТ) являются лидирующими

© Озтюрк С., 2021

Серенфур Озтюрк – доктор медицинских наук, профессор неврологии, член Европейской академии неврологии (e-mail: serefnur@yahoo.com; тел.: 0 (332) 241 00 41).

факторами риска инвалидности. Последние данные показывают, что частота сердечно-сосудистых заболеваний увеличивается с возрастом (10,9 % в возрасте 20–30 лет и 85,3 % в возрасте старше 80 лет). Ишемическая болезнь сердца (43,8 %) является ведущей причиной смерти от сердечно-сосудистых заболеваний в США, за ней следуют инсульт (16,8 %), высокое АД (9,4 %), сердечная недостаточность (9,0 %), болезни артерий (3,1 %) и другие сердечно-сосудистые заболевания (17,9 %).

С 1990 по 2010 г. смертность от ишемического инсульта снизилась на 37 % в странах с высоким уровнем доходов и на 14 % – в странах с низким и средним уровнями доходов. Смертность от геморрагического инсульта уменьшилась на 38 % в странах с высоким уровнем доходов и на 23 % – в странах с низким и средним уровнем доходов. Отчет о глобальном бремени неврологических расстройств показал, что это бремя включает в себя 35,7 % геморрагического инсульта, 22,4 % ишемического инсульта, 12,7 % мигрени, 9,9 % эпилепсии, 6,4 % деменции, 1,1 % болезней Паркинсона, 1,0 % головной боли, напряжения и других – 10,2 % [2–5].

Факторы риска инсульта. Показатели здоровья согласно ААС (АНА-Health Metrics) были определены для отслеживания риска для здоровья и управления этими параметрами. Семь показателей здоровья, важных и стратегических для предотвращения сердечно-сосудистых заболеваний, – это здоровый режим питания, достаточная физическая активность, курение, ИМТ, уровень холестерина, артериальное давление, уровень глюкозы в крови натощак. Эти показатели относятся к особенностям поведения в отношении здоровья (качество диеты, РА, курение, ИМТ), которые так же важны, как и факторы здоровья (холестерин в крови, артериальное давление, глюкоза в крови).

Идеальные показатели состояния сердечно-сосудистой системы оказывают значимую защиту от многих доклинических и клинических нарушений здоровья, включая преждевременную смертность от всех причин, инсульт, смертность от сердечно-сосудистых заболеваний, смертность от ишемической болезни сердца, сердечную недостаточность, жесткость стенки сонной артерии, прогрессирование кальциозных коронарных артерий, нарушение физической функции, когнитивной функции, упадок, депрессию, терминальную стадию почечной недостаточности, хроническую обструктивную болезнь легких, тромбоэмболию глубоких вен и тромбоэмболию легочной артерии [5].

Высокое кровяное давление. В 2015 г. во всем мире насчитывалось 3,47 млрд взрослых людей с систолическим АД от 110 до 115 мм рт. ст. или выше. Смертность, связанная с высоким АД, увеличилась на 10,5 %, а фактическое число смертей, связанных с высоким АД, увеличилось на 37,5 % с 2005 к 2015 г.

Курение и употребление табака. Согласно статистике ААС (АНА) распространенность актив-

ного курения в США в 2015 г. составила 15,1 % среди взрослых и 4,2 % среди подростков. Несмотря на все усилия по сокращению, употребление табака остается основной причиной предотвратимой смерти в Соединенных Штатах и во всем мире. Было установлено, что в 2015 г. по этой причине во всем мире умерли 7,2 млн человек. В последнее время наблюдается быстрый рост использования электронных сигарет, особенно среди подростков. Курение сигарет известно как независимый фактор риска как ишемического инсульта, так и субарахноидального кровоизлияния. У активных курильщиков риск инсульта в 2–4 раза выше, чем у некурящих или тех, кто бросил курить более 10 лет назад, тем самым снизив риск сердечно-сосудистых заболеваний. Еще один игнорируемый фактор риска – пассивное курение, которое так же вредно, как и активное. У некурящих людей, которые подвергаются пассивному курению дома или на работе, риск развития ишемической болезни сердца повышается на 25–30 %. Воздействие пассивного курения увеличивает риск инсульта на 20–30 %, который в свою очередь ассоциирован с повышенной смертностью после инсульта.

Низкая физическая активность. Отсутствие физической активности является четвертым по значимости фактором риска смерти в мире, вызывая от 1 до 2 млн смертей ежегодно. Сообщается, что только 21,5 % взрослых американцев в свободное время занимаются аэробикой и укрепляют мышцы, чтобы соответствовать требованиям по физической активности. Доля подростков, которые занимаются физической активностью на требуемом уровне, составляет 27,1 %.

Питание. Несбалансированное питание является ведущим фактором риска инсульта и других сердечно-сосудистых заболеваний. 45,4 % смертей в США от болезней сердца, инсульта и сахарного диабета (СД) 2-го типа связаны с неправильным питанием.

Основными факторами питания, формирующими риски нарушения здоровья, признаны: высокое потребление натрия, низкий уровень орехов и семян, высокое потребление обработанного мяса, низкое потребление жиров омега-3 из морепродуктов, низкое потребление овощей, недостаточное потребление фруктов и высокое потребление сахаросодержащих напитков [6].

Ожирение и лишний вес. Ожирение представляет очень серьезную проблему во всем мире. Распространенность его достигла рискованного уровня для всех возрастов, включая детей. Опубликованы важные результаты метаанализа 2016 г., согласно которому риск сердечно-сосудистых заболеваний был выше ($RR = 1,45$) у лиц с ожирением без метаболического синдрома, нежели у здоровых участников с нормальным весом. Это позволяет предположить, что ожирение является фактором риска даже при отсутствии повышенных артериального давления, холестерина и СД [3].

Повышенный уровень холестерина других липидов в крови. У 28,5 млн взрослых людей в возрасте старше 20 лет уровень общего холестерина в сыворотке крови с частотой порядка 11,9 % равен либо превышает 240 мг/дл. У 21 % молодых людей в возрасте от 6 до 19 лет фиксируется по крайней мере один аномальный показатель холестерина. 56,0 млн (48,6 %) взрослых в США старше 40 лет имеют основания для применения статиновой терапии в соответствии с рекомендациями Американского колледжа кардиологов / ААС (АНА) 2013 г. [7].

Сахарный диабет. Заболеваемость сахарным диабетом увеличивается с ростом ожирения, неправильного питания. В 2015 г. 5,2 млн смертей во всем мире были связаны с СД. Распространенность диагностированного СД оценивалась в диапазоне от 5,6 до 20,4 %, а распространенность недиагностированного СД – от 3,2 до 6,8 %.

Мерцательная аритмия. Фибрилляция предсердий (ФП) – фактор риска, увеличивающийся с возрастом. Множество доказательств повысили настороженность относительно бремени нераспознанной ФП. Среди лиц с недавней имплантацией кардиостимулятора или дефибриллятора субклинические предсердные тахикардии были обнаружены у 10,1 % пациентов. Субклинические предсердные тахикардии были связаны с более высоким риском (в 5,6 раза) клинической ФП и с ишемическим инсультом или эмболией (≈ 13 % случаев).

Апноэ сна. Следует учитывать модифицируемый фактор риска апноэ. Распространенность нарушения дыхания во время сна, определяемого как индекс апноэ-гипопноэ (ИАГ) ≥ 5 , оценивается в 34 % для мужчин и 17 % для женщин в возрасте от 30 до 70 лет. Обструктивное апноэ во сне вызывает учащение инсультов, особенно у мужчин [8].

Метаболический синдром. Распространенность метаболического синдрома составила 17 % среди людей моложе 40 лет, 29,7 % – в возрасте от 40 до 49 лет, 37,5 % – от 50 до 59 лет и более 44 % – старше 60 лет.

Распространенность метаболического синдрома была выше у женщин (34,4 %), чем у мужчин (29 %), и увеличивалась с возрастом.

Более 79 поведенческих, экологических, профессиональных и метаболических факторов или кластеров рисков были проанализированы в исследовании ГББ 2013 г. Были оценены пары «риск – результат» (17 рисков и DALY (DALY = disability-adjusted life-year – год жизни с поправкой на инвалидность), связанные с инсультом, которые отвечали критериям доказанности для 188 стран [9].

Основные факторы риска, ранжированные по количеству DALY, связанные с инсультом, были выявлены для обоих полов в 21 регионе в 2013 г. (рис. 1) [10–12].

Загрязнение воздуха. Новыми и очень важными факторами риска стали факторы окружающей среды: загрязнение воздуха и воздействие свинца (33,4 %; 95 % CI = 32,4–34,3), которые были вторым и третьим по величине вкладом в DALY [14].



Рис. 1. Пять основных факторов риска DALY (ГББ, 2016 г. [13])

В глобальном масштабе 29,2 % (95 % CI = 28,2–29,6) бремени инсульта было связано с загрязнением воздуха. Наиболее остро проблема стоит в странах с низким и средним доходом, и поэтому сокращение воздействия загрязнения воздуха должно быть одним из основных приоритетов для снижения бремени инсульта в этих странах.

Привычки в еде и образ жизни меняются с изменением демографических и экономических показателей в обществе. Во всем мире наблюдалось значительное увеличение ассоциированных с инсультом DALY, связанных с высоким ИМТ, низкой физической активностью, высоким уровнем глюкозы в плазме натощак, высоким уровнем САД, диетой с высоким содержанием сахаросодержащих напитков, высоким общим холестерином, загрязнением окружающей среды твердыми частицами с аэродинамическим диаметром менее 2,5 мкм (PM_{2.5}), употреблением алкоголя, диетой с высоким содержанием натрия, диетой с низким содержанием овощей и курением. Можно сделать вывод, что если эти тенденции сохранятся, различия будут увеличиваться в зависимости от уровней доходов стран. Особенно важным маркером, который может влиять на другие факторы риска, является структура питания с высоким содержанием натрия [6, 14].

Обнадеживающим является факт, что более 90 % бремени инсульта связано с управляемыми факторами риска. Последнее свидетельствует, что достижение контроля поведенческих и метаболических факторов риска позволит предотвратить более трех четвертей глобального бремени инсульта.

Пандемия COVID-19 представляет собой дополнительную постоянную угрозу для распространения инсульта. Хотя проблема эпидемии усугубляется, научные знания о роли COVID-19 при инсульте постоянно пополняются. Так, данные свидетельствуют о том, что у инфицированных пациентов может развиваться значительная коагулопатия, которая приводит к тромбозам, таким как инсульт, тромбоз периферических артерий, тромбоз глубоких вен, тромбоз легочной артерии, инфаркт миокарда, ишемический инсульт и тромбоз венозного синуса.



Рис. 2. Увеличение DALY, связанных с инсультом, и факторов риска (1990–2013 гг.) [13]

В исследованиях [15, 16] описан гистопатологический анализ ишемического мозга пациента с COVID-19. Выявлены гипоксические нейроны, значительный отек в результате основного ишемического инсульта, фибриновые тромбы в мелких сосудах и фиброидный некроз сосудистой стенки без каких-либо признаков воспаления сосудистой сети. Авторы предположили, что цереброваскулярные тромбоэмболические явления при инфекции COVID-19 могут быть связаны с приобретенной гиперкоагуляцией и активацией каскада коагуляции из-за высвобождения воспалительных маркеров и цитокинов, а не с вирусным васкулитом. Микротромбы в сосудах были более совместимы с механизмом, опосредованным системным воспалительным ответом, вероятно, связанным с повышенными воспалительными маркерами в сыворотке крови, такими как D-димер и фибриноген.

Периоды изоляции могут вызывать у пациентов нерешительность в отношении обращения в больницу для планового лечения хронических заболеваний или за неотложной медицинской помощью при таких состояниях, как, например, инсульт. И это притом, что откладывание визита к врачу ведет к снижению предотвратимости факторов риска. Нерегулярность и отсроченность плановых осмотров в определенных случаях может стоить жизни.

Для предотвращения доказанных факторов риска и уменьшения бремени инсульта ESO опубликовало план действий на период до 2030 г. [17]. В задаче снижения доли инсульта в структуре заболеваемости населения и увеличении поддержки со стороны политических деятелей и лиц, принимающих решения в области здравоохранения, данная стратегия играет важнейшую роль. Общая цель на 2030 г. обозначена как сокращение абсолютного числа инсультов в Европе на 10 % и лечение 90 % и более всех пациентов с инсультом в Европе в специализированных инсультных отделениях, которые рассматриваются как первый уровень помощи. Показано, что особое значение имеют осведомленность и действия на национальном уровне. Подчеркнута важность заинтересованности национальных обществ в разработке национальных планов лечения инсульта с охватом всей цепочки оказания помощи – от первичной профилактики до жизни после инсульта.

Цели первичной профилактики. Цели первичной профилактики заключаются в обеспечении всеобщего доступа в Европе к первичной протективной терапии на основе улучшенного и более персонализированного прогнозирования рисков с обнаружением и контролем артериального давления у 80 % людей с гипертензией.

Вторичная профилактика. Статистические данные показывают, что для снижения бремени инсульта вторичная профилактика так же важна, как и первичная. Включение вторичной профилактики в национальные планы по инсульту с последующим наблюдением в первичной/общественной помощи предполагает обеспечение того, что по крайней мере 90 % пациентов с инсультом будут осмотрены специалистом по инсульту и будут иметь доступ к вторичной профилактике (обследованию и лечению). Таким образом пациент получает доступ к ключевым профилактическим стратегиям: рекомендациям по образу жизни, гипотензивным средствам, гиполипидемическим средствам, антиагрегантам, антикоагулянтам, пероральным гипогликемическим средствам и инсулину, каротидной эндалтерэктомии и закрытию открытого прозрачного слоя.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Heart Disease and Stroke Statistics – 2021 Update: A Report From the American Heart Association / S.S. Virani, A. Alonso, H.J. Aparicio, E.J. Benjamin, M.S. Bittencourt, C.W. Callaway, A.P. Carson, A.M. Chamberlain [et al.] // *Circulation*. – 2021. – Vol. 14, № 8. – P. e254–e743. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000950
2. Chin J.H., Vora N. The global burden of neurologic diseases // *Neurology*. – 2014. – Vol. 83, № 4. – P. 349–351. DOI: 10.1212/WNL.0000000000000610
3. Global Disparities of Hypertension Prevalence and Control: A Systematic Analysis of Population-Based Studies From 90 Countries / K.T. Mills, J.D. Bundy, T.N. Kelly, J.E. Reed, P.M. Kearney, K. Reynolds, J. Chen, J. He // *Circulation*. – 2016. – Vol. 134, № 6. – P. 441–500. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.115.018912
4. GBD 2015 Tobacco Collaborators. Smoking prevalence and attributable disease burden in 195 countries and territories, 1990–2015: a systematic analysis from the Global Burden of Disease Study 2015 // *Lancet*. – 2017. – Vol. 389, № 10082. – P. 1885–1906. DOI: 10.1016/S0140-6736 (17) 30819-X
5. Global Health Risks: Mortality and Burden of Disease Attributable to Selected Major Risks // World Health Organization. – Geneva, Switzerland, 2009. – 62 p.

6. Global, regional and national sodium intakes in 1990 and 2010: a systematic analysis of 24 h urinary sodium excretion and dietary surveys worldwide / J. Powles, S. Fahimi, R. Micha, S. Khatibzadeh, P. Shi, M. Ezzati, R.E. Engell, S.S. Lim [et al.] // *BMJ Open*. – 2013. – Vol. 3, № 12. – P. e003733. DOI: 10.1136/bmjopen-2013-003733
7. My Life Check. Life's Simple 7 [Электронный ресурс] // American Heart Association. – URL: <https://www.heart.org/en/healthy-living/healthy-lifestyle/my-life-check/life-simple-7> (дата обращения: 26.04.2021).
8. Association of incident obstructive sleep apnoea with outcomes in a large cohort of US veterans / M.Z. Molnar, I. Mucsi, M. Novak, Z. Szabo, A.X. Freire, K.M. Huch, O.A. Arah, J.Z. Ma [et al.] // *Thorax*. – 2015. – Vol. 70, № 9. – P. 888–895. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2015-206970
9. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013 / GBD 2013 Risk Factors Collaborators, M.H. Forouzanfar, L. Alexander, H.R. Anderson, V.F. Bachman, S. Biryukov, M. Brauer, R. Burnett [et al.] // *Lancet*. – 2015. – Vol. 386, № 10010. – P. 2287–2323. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)00128-2
10. Global Status Report on Noncommunicable Diseases 2014 [Электронный ресурс] // WHO. – 2014. – URL: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/148114/9789241564854_eng.pdf?sequence=1 (дата обращения: 26.04.2021).
11. Neurological Disorders Collaborator Group. Global, regional, and national burden of neurological disorders during 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015 // *Lancet Neurol*. – 2017. – Vol. 16, № 11. – P. 877–897. DOI: 10.1016/S1474-4422(17)30299-5
12. Global stroke statistics: An update of mortality data from countries using a broad code of “cerebrovascular diseases” / A.G. Thrift, G. Howard, D.A. Cadilhac, V.J. Howard, P.M. Rothwell, T. Thayabaranathan, V.L. Feigin, B. Norrving, G.A. Donnan // *Int. J. Stroke*. – 2017. – Vol. 12, № 8. – P. 796–801. DOI: 10.1177/1747493017730782
13. Feigin V.L., Norrving B., Mensah G.A. Global Burden of Stroke // *Circ. Res.* – 2017. – Vol. 120, № 3. – P. 439–448. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.116.308413
14. Global, Regional, and National Burden of Cardiovascular Diseases for 10 Causes, 1990 to 2015 / G.A. Roth, C. Johnson, A. Abajobir, F. Abd-Allah, S.F. Abera, G. Abyu, M. Ahmed, B. Aksut [et al.] // *J. Am. Coll. Cardiol.* – 2017. – Vol. 70, № 1. – P. 1–25. DOI: 10.1016/j.jacc.2017.04.052
15. Thromboembolic disease in COVID-19 patients: A brief narrative review / S. Mondal, A.L. Quintili, K. Karamchandani, S. Bose // *J. Intensive Care*. – 2020. – Vol. 8. – P. 70. DOI: 10.1186/s40560-020-00483-y
16. Federico A. Brain Awareness Week, COVID-19 infection and Neurological Sciences // *Neurol. Sci.* – 2020. – Vol. 41, № 4. – P. 747–748. DOI: 10.1007/s10072-020-04338-0
17. Action Plan for Stroke in Europe 2018–2030 / B. Norrving, J. Barrick, A. Davalos, M. Dichgans, C. Cordonnier, A. Guekht, K. Kutluk, R. Mikulik [et al.] // *European Stroke Journal*. – 2018. – Vol. 3, № 4. – P. 309–336. DOI: 10.1177/2396987318808719

Озтюрк С. Инсульт и факторы риска инсульта в общем бремени болезней // *Анализ риска здоровью*. – 2021. – № 4. – С. 146–151. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.16

UDC 61.001; 616.831
DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.16.eng



Research article

STROKE AND STROKE RISK FACTORS AS DISEASE BURDEN

S. Ozturk

Selcuk University, Faculty of Medicine, Selcuklu-Konya, 42130, Turkey

Stroke is the most common cause of disability and death in the world. Cardiovascular disease rates increase with age (10.9 % for people aged 20–30 years and 85.3 % for people older than 80 years). Coronary heart diseases is the leading cause of deaths attributable to cardiovascular diseases in the United States, followed by stroke, high BP, HF, diseases of the arteries, and other cardiovascular diseases. The report on the global burden of neurological disorders has shown that hemorrhagic stroke accounted for 35.7 % in it, and ischemic stroke, 22.4 %. Seven indicators are important and strategic to prevent cardiovascular disorders; they include healthy diet, sufficient physical activity, smoking status, BMI, cholesterol level, blood pressure, and glucose in blood on a fasting stomach. These indicators are associated with healthy behavior (diet quality, PA, smoking, BMI) which are as important as health factors (blood cholesterol, BP, blood glucose). There is a strong protective association between ideal cardiovascular health indicators and many clinical and preclinical conditions including premature all-cause mortality, stroke, CVD mortality, ischemic heart disease mortality, HF, deep venous thromboembolism, and pulmonary embolism. Atrial fibrillation, metabolic syndrome, renal failure, and sleep apnea are important risk factors which are modifiable and treatable. Air pollution has been reported as an increasing and very important risk factor for stroke. COVID-19 has been reported as another new stroke risk factor during the pandemic. Future targets must include each cardiovascular health indicator to decrease stroke risk burden and stroke risk.

Key words: stroke, cardiovascular diseases, health indicators, risk factors, disease burden

© Ozturk S., 2021

Serefnur Ozturk – Doctor of Medical Sciences, Professor of Neurology, Fellow of European Academy of Neurology (EAN) (e-mail: serefnur@yahoo.com; tel.: 0 (332) 241 00 41).

References

1. Virani S.S., Alonso A., Aparicio H.J., Benjamin E.J., Bittencourt M.S., Callaway C.W., Carson A.P., Chamberlain A.M. [et al.]. Heart Disease and Stroke Statistics – 2021 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*, 2021, vol. 14, no. 8, pp. e254–e743. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000950
2. Chin J.H., Vora N. The global burden of neurologic diseases. *Neurology*, 2014, vol. 83, no. 4, pp. 349–351. DOI: 10.1212/WNL.0000000000000610
3. Mills K.T., Bundy J.D., Kelly T.N., Reed J.E., Kearney P.M., Reynolds K., Chen J., He J. Global Disparities of Hypertension Prevalence and Control: A Systematic Analysis of Population-Based Studies From 90 Countries. *Circulation*, 2016, vol. 134, no. 6, pp. 441–500. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.115.018912
4. GBD 2015 Tobacco Collaborators. Smoking prevalence and attributable disease burden in 195 countries and territories, 1990–2015: a systematic analysis from the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet*, 2017, vol. 389, no. 10082, pp. 1885–1906. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)30819-X
5. Global Health Risks: Mortality and Burden of Disease Attributable to Selected Major Risks. Geneva, Switzerland, World Health Organization, 2009, 63 p.
6. Powles J., Fahimi S., Micha R., Khatibzadeh S., Shi P., Ezzati M., Engell R.E., Lim S.S. [et al.]. Global, regional and national sodium intakes in 1990 and 2010: a systematic analysis of 24 h urinary sodium excretion and dietary surveys worldwide. *BMJ Open*, 2013, vol. 3, no. 12, pp. e003733. DOI: 10.1136/bmjopen-2013-003733
7. My Life Check. Life's Simple 7. *American Heart Association*. Available at: <https://www.heart.org/en/healthy-living/healthy-lifestyle/my-life-check--lifes-simple-7> (26.04.2021).
8. Molnar M.Z., Mucsi I., Novak M., Szabo Z., Freire A.X., Huch K.M., Arah O.A., Ma J.Z. [et al.]. Association of incident obstructive sleep apnoea with outcomes in a large cohort of US veterans. *Thorax*, 2015, vol. 70, no. 9, pp. 888–895. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2015-206970
9. GBD 2013 Risk Factors Collaborators, Forouzanfar M.H., Alexander L., Anderson H.R., Bachman V.F., Biryukov S., Brauer M., Burnett R. [et al.]. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet*, 2015, vol. 386, no. 10010, pp. 2287–2323. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)00128-2
10. Global Status Report on Noncommunicable Diseases 2014. *WHO*, 2014. Available at: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/148114/9789241564854_eng.pdf?sequence=1 (26.04.2021).
11. Neurological Disorders Collaborator Group. Global, regional, and national burden of neurological disorders during 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet Neurol.*, 2017, vol. 16, no. 11, pp. 877–897. DOI: 10.1016/S1474-4422(17)30299-5
12. Thrift A.G., Howard G., Cadilhac D.A., Howard V.J., Rothwell P.M., Thayabaranathan T., Feigin V.L., Norrving B., Donnan G.A. Global stroke statistics: An update of mortality data from countries using a broad code of “cerebrovascular diseases”. *Int. J. Stroke*, 2017, vol. 12, no. 8, pp. 796–801. DOI: 10.1177/1747493017730782
13. Feigin V.L., Norrving B., Mensah G.A. Global Burden of Stroke. *Circ. Res.*, 2017, vol. 120, no. 3, pp. 439–448. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.116.308413
14. Roth G.A., Johnson C., Abajobir A., Abd-Allah F., Abera S.F., Abyu G., Ahmed M., Aksut B. [et al.]. Global, Regional, and National Burden of Cardiovascular Diseases for 10 Causes, 1990 to 2015. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2017, vol. 70, no. 1, pp. 1–25. DOI: 10.1016/j.jacc.2017.04.052
15. Mondal S., Quintili A.L., Karamchandani K., Bose S. Thromboembolic disease in COVID-19 patients: A brief narrative review. *J. Intensive Care*, 2020, vol. 8, pp. 70. DOI: 10.1186/s40560-020-00483-y
16. Federico A. Brain Awareness Week, COVID-19 infection and Neurological Sciences. *Neurol. Sci.*, 2020, vol. 41, no. 4, pp. 747–748. DOI: 10.1007/s10072-020-04338-0
17. Norrving B., Barrick J., Davalos A., Dichgans M., Cordonnier C., Guekht A., Kutluk K., Mikulik R. [et al.]. Action Plan for Stroke in Europe 2018–2030. *European Stroke Journal*, 2018, vol. 3, no. 4, pp. 309–336. DOI: 10.1177/2396987318808719

Ozturk S. Stroke and stroke risk factors as disease burden. *Health Risk Analysis*, 2021, no. 4, pp. 146–151. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.16.eng

Получена: 17.08.2021

Принята: 28.10.2021

Опубликована: 30.12.2021



Научная статья

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗАЩИТНОГО МНОГОРАЗОВОГО КОСТЮМА КАК СРЕДСТВА МИНИМИЗАЦИИ РИСКА ИНФИЦИРОВАНИЯ МЕДИЦИНСКОГО ПЕРСОНАЛА

А.Б. Юдин¹, М.В. Калтыгин¹, Е.А. Коновалов¹, А.А. Власов¹, Д.А. Альтов¹,
В.Е. Батов², А.И. Ширяева¹, Е.А. Якунчикова¹, О.А. Данилова¹

¹Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины, Россия, 195043, г. Санкт-Петербург, ул. Лесопарковая, 4

²Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, Россия, 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6

В период пандемии новой коронавирусной инфекции последней линией защиты медицинского персонала является применение средств индивидуальной защиты как средств минимизации риска биологического заражения. В условиях кадрового дефицита медицинским работникам приходится от 4 до 12 ч работать в «красной зоне» в средствах защиты. Известно, что защитная одежда негативно влияет на функциональное состояние организма и работоспособность персонала. Оценка современных защитных костюмов позволит разработать рекомендации по их применению с учетом соблюдения баланса между необходимой степенью защиты, обеспечением благоприятных эргономических показателей и снижением риска отрицательного воздействия на функциональное состояние и работоспособность. Осуществлена гигиеническая оценка риска для здоровья медицинских работников при использовании защитного костюма многоразового использования, изготовленного из полиэфирной ткани с полиуретановым мембранным покрытием и антистатической нитью. В ходе эксперимента проведена оценка теплового состояния организма, психофизиологического состояния, реакции кардиореспираторной системы добровольцев в условиях лаборатории при восьмичасовом рабочем дне в контролируемых микроклиматических условиях. Участниками эксперимента в ходе анкетирования оценена эргономика изделия.

Динамика теплообмена и величина изменения комплекса термofизиологических показателей при использовании защитного костюма определили теплосодержание организма добровольцев, соответствующее оптимальным нормативным величинам. Данные психофизиологического и психического состояния в динамике исследования не показали статистически значимых изменений. Параметры газообмена закономерно увеличивались в фазу «нагрузки», однако значимых изменений не регистрировалось ни в одну из фаз исследования.

Гигиеническая оценка теплового состояния организма, функционального состояния сердечно-сосудистой, дыхательной систем и психофизиологических параметров подтвердила безопасность пребывания в защитном костюме без риска для здоровья добровольцев.

Ключевые слова: средства индивидуальной защиты, риск здоровью, тепловое состояние организма, функциональное состояние организма, газообмен, психофизиологические параметры.

© Юдин А.Б., Калтыгин М.В., Коновалов Е.А., Власов А.А., Альтов Д.А., Батов В.Е., Ширяева А.И., Якунчикова Е.А., Данилова О.А., 2021

Юдин Андрей Борисович – кандидат медицинских наук, начальник научно-исследовательского испытательного центра (e-mail: yudin_a@mail.ru; тел.: 8 (812) 775-00-13).

Калтыгин Максим Владимирович – кандидат медицинских наук, начальник управления научно-исследовательского испытательного центра (e-mail: spbkaltygin@rambler.ru; тел.: 8 (812) 775-02-88; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7784-1527>).

Коновалов Евгений Анатольевич – кандидат медицинских наук, заместитель начальника 13-го отдела научно-исследовательского испытательного центра (e-mail: rumouse-m@mail.ru; тел.: 8 (812) 775-02-88).

Власов Анатолий Анатольевич – кандидат медицинских наук, начальник 14-го отдела научно-исследовательского испытательного центра (e-mail: vaa-67@yandex.ru; тел.: 8 (812) 775-02-88).

Альтов Дмитрий Анатольевич – кандидат медицинских наук, заместитель начальника 14-го отдела научно-исследовательского испытательного центра (e-mail: altoff@mail.ru; тел.: 8 (812) 775-02-88).

Батов Вячеслав Евгеньевич – адъюнкт (e-mail: batov_s@inbox.ru; тел.: 8 (914) 075-05-25; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7626-1950>).

Ширяева Елена Игоревна – младший научный сотрудник 14-го отдела научно-исследовательского испытательного центра (e-mail: ale.shiryaeva@gmail.com; тел.: 8 (812) 775-02-88; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9486-7937>).

Якунчикова Елена Андреевна – лаборант 11-го отдела научно-исследовательского испытательного центра (e-mail: wowmusorka@gmail.com; тел.: 8 (812) 775-02-88).

Данилова Ольга Александровна – младший научный сотрудник 11-го отдела научно-исследовательского испытательного центра (e-mail: DanilovaOlga@rambler.ru; тел.: 8 (812) 775-02-88).

11 марта 2020 г. ВОЗ объявила о начале пандемии новой коронавирусной инфекции, при которой возникла потребность развертывания в стационарах дополнительных коек для лечения больных. Недостаток специалистов способствовал увеличению нагрузки на медицинский персонал, привлекаемый для работы с больными этой патологией, вне зависимости от специальности и должности [1, 2]. Недостаточность информации в отношении путей передачи новой инфекции и отнесение ее ко II группе патогенности обусловили необходимость применения средств индивидуальной защиты (СИЗ) для минимизации риска биологического заражения [3, 4]. В условиях кадрового дефицита медицинским работникам приходилось от 4 до 12 ч работать в «красной зоне» в защитных костюмах [5–8].

Большая часть материалов, применяемых для изготовления СИЗ, обладает низкой воздухо- и парaproницаемостью, что способствует перегреванию организма даже при оптимальной температуре воздуха [9–12]. Согласно рекомендациям ВОЗ и Роспотребнадзора¹ медицинский персонал, привлекаемый к работе в условиях риска заражения, должен использовать СИЗ от биологических агентов по типу противочумных костюмов [13]. Костюмы обеспечивают надежную защиту, однако медицинский персонал при их использовании испытывает дискомфорт и отмечает ухудшение функционального состояния организма и снижение работоспособности, связанные с нарушением теплового обмена организма и неудовлетворительными эргономическими характеристиками костюмов [14–17]. Работа медицинских специалистов во время пандемии осуществлялась в условиях повышенных температур воздуха, особенно в летний период, что усугубляло неблагоприятное воздействие СИЗ и повышало риск перегрева организма [18, 19].

Наличие широкого выбора защитных костюмов, изготовленных из разных материалов, отличающихся по уровню влияния на организм человека, требует проведения оценки их воздействия на функциональное состояние, умственную и физическую работоспособность медицинских работников.

Цель исследования – гигиеническая оценка риска для здоровья медицинских работников при использовании защитного костюма многоразового использования.

Задачи:

1. Исследовать показатели теплового состояния организма добровольцев в защитном костюме в течение 8 ч в стационарной лаборатории.
2. Проанализировать психические и психофизиологические показатели организма.
3. Исследовать реакцию кардиореспираторной системы на работу в защитном костюме.

4. Оценить эргономические характеристики защитного костюма путем анкетирования.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие шесть практически здоровых добровольцев-мужчин в возрасте от 36 до 54 лет. Вес добровольцев, участвующих в исследовании, составил $85,9 \pm 16,4$ кг, рост – $176 \pm 4,7$ см.

Проведение исследований одобрено локальным этическим комитетом Государственного научно-исследовательского испытательного института военной медицины Министерства обороны Российской Федерации.

Оценивалось функциональное состояние организма добровольцев при эксплуатации многоразового костюма, изготовленного из полиэфирной ткани с полиуретановым мембранным покрытием и антистатической нитью (далее – костюм). Костюм состоял из комбинезона и бахил. В комплекте с костюмом использовались две пары хирургических нитриловых перчаток на каждую руку, очки защитные закрытые и респиратор класса FFP2 (KN95). Под костюм надевалось хлопчатобумажное нижнее белье (трусы и футболка с длинным рукавом), одинаковое для всех добровольцев, на ноги – хлопчатобумажные носки и варианты летней обуви в виде кроссовок.

Размер костюма для каждого добровольца подбирался из шести типоразмеров в соответствии с ростово-весовыми показателями. Время непрерывного ношения составило 8 ч (продолжительность рабочего дня). Во время эксперимента пища и вода добровольцами не употреблялись.

Исследования проводились в условиях лаборатории при температуре воздуха $25,4 \pm 0,1$ °C, влажности воздуха $33,9 \pm 1,1$ %, скорости движения воздуха $0,2 \pm 0,1$ м/с.

При проведении исследований использовались:

1. Комплект мониторинга термофизиологических показателей человека КМТП-01 (ООО «Спецмедтехника, г. Санкт-Петербург) для измерения параметров температуры и теплового потока в диапазоне температур от 0° до 50 °C (погрешность измерения $\pm 0,05$ °C).

2. Метеометр «МЭС-200» (ЗАО «НПП «Электронстандарт», г. Санкт Петербург) с целью регистрации параметров микроклимата.

3. Весы электронные: «ТВМ-150» с точностью измерения до 50 г (АО «Масса-К», г. Санкт Петербург), «В1-15» с точностью измерения до 2–5 г в зависимости от диапазона измерения массы исследуемого образца (АО «Масса-К», г. Санкт Петербург) для определения массы тела добровольцев и элементов экипировки.

¹ МР 3.1.0229-21. Рекомендации по организации противоэпидемических мероприятий в медицинских организациях, осуществляющих оказание медицинской помощи пациентам с новой коронавирусной инфекцией (COVID-19) (подозрением на заболевание) в стационарных условиях [Электронный ресурс] / утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 18.01.2021 г. // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_374488/ (дата обращения: 16.05.2021).

В процессе исследований определялись и оценивались:

- возможность пребывания добровольцев (состояние покоя и легкой физической нагрузки) в образцах костюма при температуре окружающего воздуха 25,0 °С и относительной влажности воздуха не более 80 % в течение 8 ч без риска для здоровья;
- динамика теплообмена и теплового состояния организма;
- интенсивность и эффективность влагопотерь;
- микроклиматические параметры в рабочей зоне (температура воздуха и его относительная влажность, скорость движения воздуха).

При проведении исследований регистрировались показатели:

- ректальная температура (T_r);
- температура кожи на 11 избранных для исследования участках тела (T_k);
- плотность теплового потока на 11 избранных для исследования участках тела (ППП);
- общие и локальные теплоощущения;
- масса тела добровольца без одежды;
- масса каждого элемента экипировки.

Все вышеперечисленные термофизиологические показатели, а также микроклиматические параметры определялись перед началом испытаний (фоновые значения), через каждые 30 мин экспериментальных исследований и в конце испытаний. Весовые характеристики добровольцев и элементов экипировки определялись перед началом и по завершении экспериментальных исследований. По окончании работы осуществлялся телесный осмотр добровольцев с целью выявления признаков раздражения кожных покровов.

На основании результатов проведенных измерений рассчитывались интегральные показатели теплового состояния организма добровольцев: средневзвешенная температура кожи (СВТК), средняя температура тела (СТТ), средневзвешенный тепловой поток (СВТП), суммарные теплопотери, изменение теплосодержания организма (ΔQ). В качестве интегральной характеристики гигиенических свойств комплекта СИЗ, влияющей на теплообмен организма, рассчитывалась эффективность испарения пота.

В начале каждого часа в течение 5 мин добровольцы выполняли легкую физическую нагрузку (ходьба по беговой дорожке со скоростью 5 км/ч без подъема полотна дорожки) с регистрацией показателей газоанализа, при этом использовались система для эргоспирометрических исследований и газоанализа MetaLyzer 3B (Cortex, Германия) и совместимый со спирометрической системой тредбан Т-2100 (General electric, США).

Реакцию кардиореспираторной системы (КРС) оценивали на девяти временных точках: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9 ч после снятия костюма.

Анализировались первичные (легочная вентиляция (VE), парциальное давление кислорода и углекислого газа на вдохе и выдохе, частота сердечных

сокращений (ЧСС), частота дыхательных движений (ЧДД), дыхательный объем (ДО)) и производные показатели (потребление кислорода (VO_2), выделение углекислого газа (VCO_2), дыхательный коэффициент (ДК), дыхательный объем (ДО), интенсивность метаболизма (МЭ)).

Все свободное от регистрации показателей функционального состояния организма время (20–30 мин каждого часа исследований) добровольцы получали умеренную умственную нагрузку, включающую проведение ряда психодиагностических методик (методика многостороннего исследования личности и 16-факторный личностный опросник), что моделировало профессиональную деятельность медицинского персонала в условиях «красной зоны».

Каждый час проводилось измерение артериального давления, психофизиологическое тестирование (скорость простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР), скорость сложной зрительно-моторной реакции (СЗМР), показатели самочувствия, активности и настроения по результатам анкеты «САН»). Психофизиологические показатели оценивались с использованием аппаратно-программного комплекса «НС-Психотест» («Нейрософт», Россия, г. Иваново).

По окончании эксперимента каждый доброволец проходил анкетирование с использованием разработанной оригинальной анкеты для анализа удобства эксплуатации костюма, субъективного состояния во время исследований и оценки теплоощущения.

Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием пакета прикладных компьютерных программ Statistica for Windows версии 10.0. Для определения достоверности различий между двумя выборками парных измерений применяли T -критерий Вилкоксона; выделение связей между переменными в зависимой выборке выполняли с помощью коэффициента корреляции Спирмена (r_{xy}) при уровне значимости 95 % ($p \leq 0,05$). При нормальном распределении значений показателей для описания усредненных значений использовали среднее значение (M), статистическую ошибку среднего (m) и стандартное отклонение (SD). При распределении значений, отличном от нормального, для описания усредненных значений применяли медиану (Me), а для разброса значений – первый ($Q1$) и третий ($Q3$) квартили. Для анализа показателей газоанализа использовали однофакторный дисперсионный анализ.

Результаты и их обсуждение. Результаты динамики показателей теплового состояния организма добровольцев при восьмичасовом пребывании в костюме представлены в табл. 1.

При оценке теплового состояния установлено, что в описанных выше условиях экспериментальных исследований у всех добровольцев к концу опытов отмечалось незначительное (в среднем на 0,2 °С) повышение ректальной температуры. При этом общая субъективная оценка своего теплового состояния характеризовалась добровольцами как «тепло». Следует

Таблица 1

Динамика показателей теплового состояния

Исследуемый показатель	Значение ($M \pm m$)		
	исходное, $n = 6$	конечное, $n = 6$	среднее, $n = 6$
Температура воздуха, °C	$25,0 \pm 0,2$	$25,2 \pm 0,1$	$25,4 \pm 0,1$
Относительная влажность воздуха, %	$35,2 \pm 1,6$	$34,1 \pm 1,2$	$33,9 \pm 1,1$
V воздуха, м/с	$0,2 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,1$
Температура тела (ректальная), °C	$37,3 \pm 0,1$	$37,5 \pm 0,1$	$37,4 \pm 0,1$
СВТК, °C	$31,9 \pm 0,4$	$34,2 \pm 0,1$	$33,8 \pm 0,1$
Общее теплоощущение, балл	0	+ 1,0	–
СТГ, °C	$35,7 \pm 0,1$	$36,8 \pm 0,1$	$36,6 \pm 0,1$
СВТП, Вт/м ²	$43,5 \pm 2,3$	$35,3 \pm 1,6$	$36,4 \pm 0,8$
Температура кожи лба, °C	$32,2 \pm 0,7$	$34,1 \pm 0,3$	$33,6 \pm 0,3$
Плотность теплового потока (ПТП) на поверхности лба, Вт/м ²	$86,5 \pm 9,3$	$61,3 \pm 6,4$	$65,2 \pm 2,9$
Температура кожи груди, °C	$32,2 \pm 0,8$	$35,0 \pm 0,2$	$34,5 \pm 0,2$
ПТП на поверхности груди, Вт/м ²	$19,5 \pm 3,5$	$23,7 \pm 2,2$	$22,1 \pm 2,7$
Температура кожи в области лопатки, °C	$31,9 \pm 0,6$	$33,3 \pm 0,2$	$33,1 \pm 0,3$
ПТП в области лопатки, Вт/м ²	$28,2 \pm 6,8$	$36,2 \pm 2,8$	$30,8 \pm 2,6$
Температура кожи живота, °C	$31,7 \pm 0,6$	$35,1 \pm 0,2$	$34,4 \pm 0,2$
ПТП в области живота, Вт/м ²	$25,7 \pm 4,3$	$20,8 \pm 5,1$	$25,0 \pm 2,9$
Температура кожи поясницы, °C	$30,7 \pm 0,5$	$33,5 \pm 0,3$	$33,0 \pm 0,2$
ПТП в области поясницы, Вт/м ²	$16,2 \pm 2,5$	$22,8 \pm 2,2$	$23,9 \pm 1,0$
Температура кожи плеч, °C	$31,9 \pm 0,3$	$34,0 \pm 0,5$	$33,6 \pm 0,4$
ПТП на поверхности плеч, Вт/м ²	$38,8 \pm 2,2$	$38,2 \pm 3,3$	$35,1 \pm 1,9$
Температура кожи кистей рук, °C	$31,7 \pm 0,8$	$34,2 \pm 0,2$	$34,2 \pm 0,2$
ПТП на поверхности кистей рук, Вт/м ²	$67,2 \pm 5,7$	$62,5 \pm 5,0$	$60,8 \pm 1,6$
Температура кожи бедра, °C	$31,5 \pm 0,3$	$33,6 \pm 0,2$	$33,1 \pm 0,2$
ПТП на поверхности бедра, Вт/м ²	$45,8 \pm 3,8$	$34,2 \pm 2,6$	$39,5 \pm 2,2$
Температура кожи голени, °C	$32,7 \pm 0,3$	$34,4 \pm 0,3$	$34,1 \pm 0,2$
ПТП на поверхности голени, Вт/м ²	$64,7 \pm 4,0$	$40,8 \pm 2,6$	$39,8 \pm 2,1$
Температура кожи тыла стопы, °C	$32,6 \pm 0,2$	$35,4 \pm 0,2$	$35,3 \pm 0,3$
ПТП на поверхности тыла стопы, Вт/м ²	$50,2 \pm 9,1$	$24,2 \pm 1,8$	$25,8 \pm 1,5$
Температура кожи подошвы стопы, °C	$32,0 \pm 0,3$	$35,8 \pm 0,3$	$35,6 \pm 0,3$
ПТП на поверхности подошвы стопы, Вт/м ²	$27,2 \pm 4,0$	$16,5 \pm 1,6$	$21,5 \pm 3,5$

отметить, что данная самооценка на протяжении первых 3–4 ч исследований у ряда добровольцев имела место только в момент и сразу после физической нагрузки. При пребывании в состоянии относительного покоя общее теплоощущение оценивалось как «комфортно». Это объективно подтверждается тем, что в данный период изменение ректальной температуры либо не фиксировалось, либо не превышало 0,1 °C. В итоге конечные значения ректальной температуры соответствовали допустимому нормативному уровню для состояния относительного покоя ($37,2 \pm 0,5$ °C) и оптимальным значениям для легкой физической работы ($37,4 \pm 0,2$ °C).

Факт незначительного общего нагрева организма подтверждается динамикой температур на избранных для исследования участках поверхности тела добровольцев, а также величиной теплоотдачи «сухими» путями (в основном – конвекцией и радиацией, в меньшей степени – проведением (кондукцией)) на этих участках.

При этом установлены определенные различия в динамике термофизиологических показателей на отдельных сегментах тела. Наибольший прирост температуры кожи (от 2,8 до 3,4 °C) отмечался на

туловище, за исключением области лопаток, где повышение температуры не превысило 1,4 °C. При этом теплоотдача с поверхности груди, живота и поясницы в среднем за период исследования составила 22,1–25,0 Вт/м². Аналогичный показатель в области задней поверхности грудной клетки был объективно выше – 30,8 Вт/м², что в определенной степени объясняет меньший по сравнению с другими участками тела прирост температуры.

Сопоставимыми с поверхностью туловища были динамика температуры кожи и теплоотдача на стопах. Наибольший прирост температуры кожи и наименьшая теплоотдача имели место на подошвах стоп. К концу исследований температура кожи на этом участке тела увеличилась на 3,8 °C до значения 35,8 °C. При этом конечный уровень отдачи тепла составил всего 16,5 Вт/м², что обусловлено более высокими теплоизолирующими характеристиками слоев одежды на этом участке тела. В то же время прирост температуры кожи на тыльной поверхности стоп был более умеренным – 2,8 °C. При этом уровень теплоотдачи был несколько выше – в среднем 25,8 Вт/м².

Прирост температуры кожи верхних и нижних конечностей, за исключением их дистальных отделов

(кистей рук и стоп), был объективно ниже по сравнению с аналогичными показателями на туловище. Так, температура кожи на бедре и плече к концу исследований не превышала более чем на $2,1^{\circ}\text{C}$ исходные значения, а на голени – не более чем на $1,7^{\circ}\text{C}$. При этом теплоотдача на этих участках поверхности тела находилась в пределах $35,1\text{--}39,8\text{ Вт/м}^2$. В аналогичной ситуации следует отметить более выраженный прирост ($2,5^{\circ}\text{C}$) температуры кожи кистей рук на фоне достаточно высокой плотности теплового потока на этом участке тела ($60,8\text{ Вт/м}^2$). Это объясняется, с одной стороны, низкими теплоизолирующими характеристиками перчаток и отсутствием прослойки инертного воздуха между внутренней их поверхностью и кожей, а с другой стороны, практически отсутствием эффективного испарения пота, оказывающего охлаждающий эффект, на этом участке тела.

Поскольку конструкция капюшона костюма не обеспечивает его плотного прилегания к лицу и полного перекрытия поверхности лба, состояние теплообмена на этом участке тела следует считать не в полной мере информативным. Тем не менее изменение температуры кожи лба характеризовалось ее повышением на $1,9^{\circ}\text{C}$ по отношению к исходному уровню на фоне достаточно высокой теплоотдачи – $65,2\text{ Вт/м}^2$.

Помимо динамики температуры поверхности участков тела следует отметить показатели, характеризующие эффективность отведения пота с поверхности кожи в верхние слои одежды, а также эффективность его испарения.

Установлено, что интенсивность выделения пота у добровольцев в костюме в среднем составила $111,5\text{ г/ч}$. На этом фоне элементами экипировки задерживалось в среднем $40,8\text{ г}$ пота, что свидетельствует о высокой эффективности его испарения – $95,5\%$. В итоге за счет испарения выделившегося пота при использовании костюма теплопотери составили $34,4\text{ Вт/м}^2$.

Динамика температурного режима организма, уровни теплоотдачи «сухими» путями и за счет испарения пота определили характер и величину изменения интегральных показателей теплового состояния организма у добровольцев.

К концу исследований повышение СВТК составило в среднем $2,3^{\circ}\text{C}$, в основном за счет повышения температуры поверхности туловища и дистальных отделов конечностей. При этом конечная

величина ($34,2^{\circ}\text{C}$) данного показателя соответствует допустимому уровню теплового состояния организма при выполнении легкой физической работы ($33,0 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$) и оптимальным значениям применительно к состоянию относительного покоя или операторской деятельности ($33,5 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$). Динамика ректальной температуры и СВТК определили величину изменения интегрального показателя температурного режима организма – СТТ. Увеличение данного показателя за восьмичасовой период составило $1,1^{\circ}\text{C}$, что свидетельствовало о незначительном напряжении механизмов терморегуляции в организме добровольцев и сбалансированном теплообмене с окружающей средой. Данное положение подтверждается характером и величиной общих теплопотерь организма. Так, конвекцией и радиацией в период исследований из организма добровольцев выводилось в среднем $36,4\text{ Вт/м}^2$ тепла, а испарением пота, как было описано выше, – $34,4\text{ Вт/м}^2$, то есть практически такое же количество. Таким образом, суммарные теплопотери составили $70,8\text{ Вт/м}^2$.

В целом динамика теплообмена и величина изменения комплекса термофизиологических показателей определили избыточное теплосодержание организма добровольцев на уровне $5,6\text{ Вт/м}^2$, что соответствует оптимальным нормативным величинам (от $-16,0$ до $+16\text{ Вт/м}^2$).

Исследование изменений психофизиологических параметров добровольцев в процессе непрерывной эксплуатации костюма проводилось на основании представлений о многоуровневой морфологической и функциональной организации организма человека.

Анализ полученных данных не выявил статистически достоверных изменений показателей психофизиологического и психического состояния добровольцев (кроме количества ошибок в ПЗМР), в связи с этим вся динамика процессов описана на уровне тенденций. Отсутствие статистической значимости может быть обусловлено несколькими причинами: относительно небольшой выборкой, вариабельностью значений изучаемых параметров, отсутствием значимой динамики данных.

Сравнение времени ПЗМР и СЗМР показало колебание в пределах референтных значений без видимой закономерной связи со значениями микроклимата и циклами предъявления физической и умственной нагрузки (табл. 2 и 3).

Таблица 2

Динамика времени простой зрительно-моторной реакции добровольцев

№ п/п	Фон, мс	Нагрузка, мс							
		1 ч	2 ч	3 ч	4 ч	5 ч	6 ч	7 ч	8 ч
1	209,4	199,1	234,23	241,53	268,43	237,17	232,11	242,936	230,74
2	235,28	237,84	239,54	243,59	237,5	236,51	248,01	234,97	256,77
3	202,04	191,54	198,69	201,09	195,3	199,1	202,04	191,94	198,54
4	273,74	256,64	303,1	274,19	274,24	277,57	275,79	288,76	266,77
5	205,19	201,53	221,57	220,44	230,27	213,64	205,09	211,93	223,33
6	216,76	201,12	208,8	221,66	221,34	219,24	223,97	234,41	211,54

Таблица 3

Динамика времени сложной зрительно-моторной реакции добровольцев

№ п/п	Фон, мс	Нагрузка, мс							
		1 ч	2 ч	3 ч	4 ч	5 ч	6 ч	7 ч	8 ч
1	346,31	380,75	438,99	504,87	418,01	408,98	417,97	399,06	351,28
2	403,45	419,93	372,24	388,2	345,64	421,37	360,93	334,84	326
3	344,51	357,87	353,59	332,35	339,49	337,4	311,47	306,87	288
4	415,9	424,5	428,48	445,93	424,84	434,38	417,64	426,97	439,64
5	411,76	398,64	414,17	411,57	464,58	412,13	423,24	426,94	398,04
6	376,92	357,16	379,45	406,48	364,91	369,13	379,89	376,89	370,58

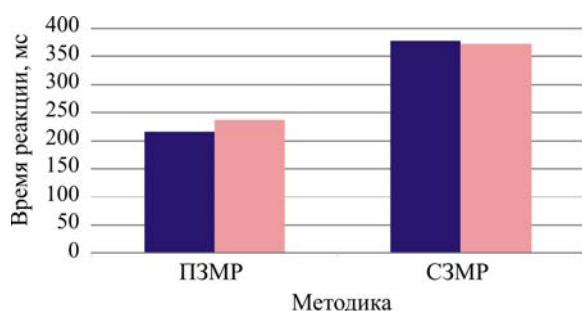


Рис. 1. Усредненные показатели (*Me*) времени ПЗМР и СЗМР у группы добровольцев перед началом и после окончания исследования ($n = 6$): синий столбец – до исследования, красный столбец – после исследования

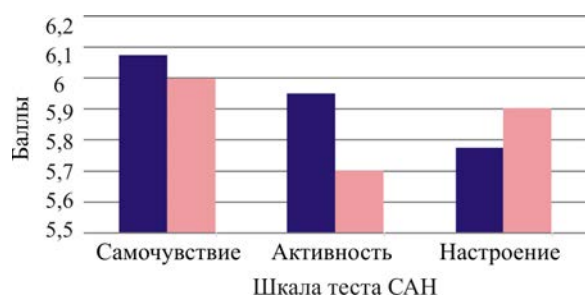


Рис. 2. Усреднённые показатели (*Me*) теста САН у группы добровольцев перед началом и после окончания исследования ($n = 6$): синий столбец – до исследования, красный столбец – после исследования

Таблица 4

Динамика показателей шкалы активности теста САН

№ п/п	Фон, балл	Нагрузка, балл							
		1 ч	2 ч	3 ч	4 ч	5 ч	6 ч	7 ч	8 ч
1	6	5,5	5,5	5,7	4,7	5,4	5,6	5,5	4,7
2	6	6,2	6	6	6	6,1	5,8	5,7	5,9
3	6	5,6	5,6	6,1	6	6	5,9	5,7	5,6
4	6,2	6	5,8	5,8	5,5	5,3	5,8	5,7	5,4
5	5,7	5,8	5,8	5,9	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
6	5,9	6	5,7	6,1	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9

Среднее время ПЗМР имело тенденцию к увеличению в конце исследования по сравнению с исходными значениями (216,76 [209,4; 235,86] и 236,63 [233,5; 245,71] мс соответственно, $p < 0,08$), а время СЗМР не имело значимых различий (рис. 1).

Все добровольцы при выполнении теста ПЗМР допустили на одну ошибку больше после окончания исследования (0 [0; 0] и 1 [1; 1] шт. соответственно, $p < 0,04$), что может быть связано либо с утомлением, либо с синдромом «психической демобилизации» на фоне окончания исследования.

При выполнении теста, позволяющего получить субъективную оценку обследуемыми своего состояния (тест «Самочувствие, активность, настроение» – САН), выявлено общее снижение самочувствия, активности и настроения в пределах нормы. При этом после окончания всех исследовательских мероприятий возник диссонанс в виде изолированного снижения самочувствия и активности (5,95 [5,9; 6,0] и 5,7 [5,4; 5,8] мс соответственно, $p < 0,08$) по сравнению с настроением, что говорит о физиологическом утомлении испытуемых, а не характеризует общее угнетение нервной системы по сравнению с исходным состоянием (рис. 2).

Субъективное улучшение настроения после окончания исследования, по нашему мнению, прежде всего, связано с завершением всей процедуры эксперимента и обусловлено общим расслаблением испытуемого.

Наибольший вклад в отрицательную динамику показателей активности внесли результаты тестирования первого добровольца, показавшего снижение на 4-м и 8-м часу исследования, вероятнее всего, это связано с исходными антропометрическими и физиологическими данными обследуемого (табл. 4).

Подводя итог изучению изменений объективных психофизиологических и субъективных психофизиологических параметров состояния добровольцев в процессе оценки возможности непрерывной эксплуатации костюма, можно сделать вывод, что данные психофизиологического и психического состояния добровольцев в динамике исследования не показали статистически значимых изменений и колебались, не выходя за пределы референтных значений. Субъективное ощущение приподнятого настроения на фоне ухудшения общего самочувствия и активности, а также увеличение количества ошибок ПЗМР вызвано развитием синдрома «психической демобилизации» после завершения действия экспериментальной нагрузки.

Результаты измерений параметров газообмена (VO_2 , VCO_2) представлены на рис. 3. Анализировались данные, полученные во всех фазах исследования: покоя, нагрузки и восстановления.

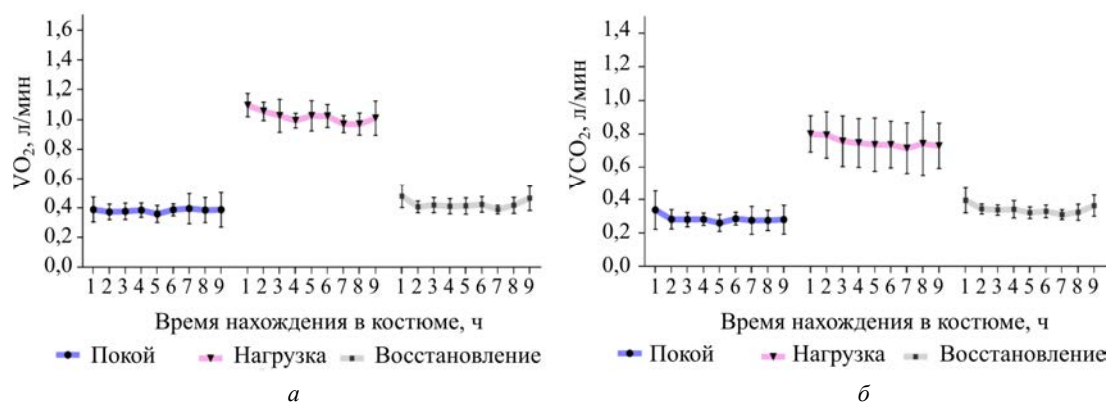


Рис. 3. Динамика изменения показателей газообмена в зависимости от времени нахождения в костюме: а – VO_2 ; б – VCO_2

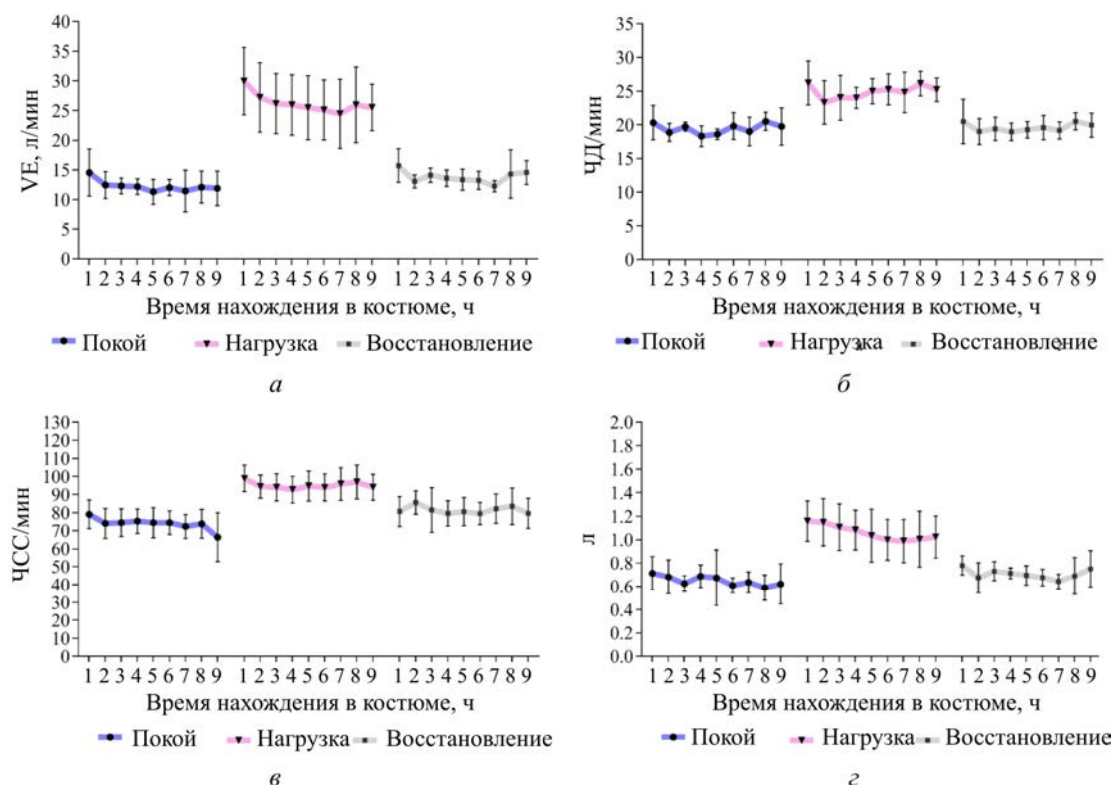


Рис. 4. Динамика изменения показателей КРС в зависимости от времени нахождения в костюме: А – VE ; Б – ЧД; В – ЧСС; Г – ДО

Параметры газообмена добровольцев закономерно увеличивались в фазу нагрузки, однако значимых изменений в течение 8 ч ношения костюма не регистрировалось ни в одну из фаз исследования. Параметры КРС, такие как: частота сердечных сокращений, частота дыхательных движений, дыхательный объем, минутная вентиляция легких, также закономерно увеличиваются только во время ходьбы на дорожке, однако не меняются в течение 8 ч нахождения в костюме. Большая дисперсия значений обусловлена разными антропометрическими данными и исходным уровнем физической работоспособности испытуемых (рис. 4).

Результаты статистической обработки не показали значимого влияния фактора «Нахождение в

костюме» на показатели газообмена и кардиореспираторной системы как в покое, так и при выполнении легкой физической нагрузки.

Оценка эргономических характеристик костюма проведена посредством анкетирования добровольцев. Разработанная оригинальная анкета включала 50 вопросов по эргономике изделия, общая оценка производилась по сумме баллов. За каждый положительный ответ присваивался 1 балл, за отрицательный ответ – 0 баллов, при затруднении с ответом – 0,5 балла. Критерии общей оценки эргономических характеристик включали:

- хорошо – 40–50 баллов;
- удовлетворительно – 30–40 баллов;
- неудовлетворительно – менее 30 баллов.

Среднее значение по результатам анкетирования составило 43 балла, что соответствует эргономическим характеристикам оценки «хорошо».

Результаты субъективных ощущений по тепловому состоянию организма, полученные в ходе анкетирования, соответствовали объективным данным исследований. Субъективные теплоощущения оценены добровольцами как «тепло» или «комфортно», оценок «жарко» при температуре окружающего воздуха 25 °C не зарегистрировано. Эргономические характеристики костюма не препятствовали осуществлению профессиональной деятельности добровольцев.

Таким образом, экспериментальная оценка теплового состояния организма с учетом функционального состояния сердечно-сосудистой, дыхательной систем и психофизиологических параметров при относительном покое и легкой физической нагрузке, температуре окружающей среды 25,0 °C на протяжении 8 ч подтвердила безопасность пребывания в защитном костюме без риска для здоровья добровольцев.

Выводы:

1. Использование костюма при температуре воздуха 25 °C и легкой физической нагрузке обеспечивает адекватный теплообмен и не приводит к риску перегрева организма.

2. Данные психофизиологического и психического состояния добровольцев в динамике исследования не показали статистически значимых изменений и колебались, не выходя за пределы референтных значений, что говорит об отсутствии неблагоприятного влияния на психофизиологические и психические функции работников, осуществляющих профессиональную деятельность с применением костюма.

Отрицательная динамика субъективных показателей самочувствия, активности и настроения обусловлена утомлением и не связана с общим угнетением центральной нервной системы. Субъективное ощущение приподнятого настроения на фоне ухудшения общего самочувствия и активности, а также увеличение количества ошибок простой зрительно-моторной реакции вызваны развитием синдрома «психической демобилизации» после завершения действия экспериментальной нагрузки.

3. Значимых изменений показателей кардиореспираторной системы в зависимости от времени нахождения в костюме не выявлено. Полученные данные говорят о том, что в течение 8 ч отсутствует негативное влияние на кардиореспираторную систему.

4. Использование костюма не приводит к нарушению эргономики.

Финансирование. Исследование проведено в рамках научно-исследовательской работы шифр «Лайтер ВМ» при финансовом обеспечении ООО «Баска», г. Кострома.

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

Список литературы

1. Факторы риска инфицирования медицинских работников SARS-CoV-2 и меры профилактики / Н.И. Шулакова, А.В. Тутельян, О.А. Касова, В.Г. Акимкин, А.В. Конохов // Медицина труда и промышленная экология. – 2021. – Т. 61, № 1. – С. 34–39. DOI: 10.31089/1026-9428-2021-61-1-34-39
2. Heat stress and thermal perception amongst healthcare workers during the COVID-19 pandemic in India and Singapore / J. Lee, V. Venugopal, P.K. Latha, S.B. Alhaddad, C.H.W. Leow, N.Y. De Goh, E. Tan, T. Kjellstrom [et al.] // International journal of environmental Research and Public Health. – 2020. – Vol. 17, № 21. – P. 8100. DOI: 10.3390/ijerph17218100
3. COVID-19 у медицинских работников (обзор литературы и собственные данные) / Л.А. Шпагина, Л.П. Кузьмина, О.С. Котова, И.С. Шпагин, Н.В. Камнева, Г.В. Кузнецова, К.В. Лихенко-Логвиненко // Медицина труда и промышленная экология. – 2021. – Т. 61, № 1. – С. 18–26. DOI: 10.31089/1026-9428-2021-61-1-18-26
4. Профессиональные аспекты новой коронавирусной инфекции (COVID-19) / Ю.Ю. Горблянский, Е.П. Конторович, О.П. Понамарева, Е.И. Волынская // Медицина труда и промышленная экология. – 2021. – Т. 61, № 2. – С. 103–114. DOI: 10.31089/1026-9428-2021-61-2-103-114
5. Agarwal A., Agarwal S., Motiani P. Difficulties encountered while using PPE kits and how to overcome them: An Indian perspective // Cureus. – 2020. – Vol. 12, № 11. – P. e11652. DOI: 10.7759/cureus.11652
6. Headaches associated with personal protective equipment – a cross-sectional study among frontline healthcare workers during COVID-19 / J.J.Y. Ong, C. Bharatendu, Y. Goh, J.Z.Y. Tang, K.W.X. Sooi, Y.L. Tan, B.Y.Q. Tan, H.-L. Teoh [et al.] // Headache. – 2020. – Vol. 60, № 5. – P. 864–877. DOI: 10.1111/head.13811
7. Human factor considerations in using personal protective equipment in the COVID-19 pandemic context: binational survey study / A. Parush, O. Wacht, R. Gomes, A. Frenkel // Journal of medical internet research. – 2020. – Vol. 22, № 6. – P. 19947. DOI: 10.2196/19947
8. Operating 12-hour staff shifts on COVID-19 patients: A Harmful and Unwanted Proposal / T.C.R.V. Van Zundert, J.V. Overloop, D.Q. Tran, A.A.J. Van Zundert // Anesthesia and Analgesia. – 2020. – Vol. 131, № 6. – P. e257–e258. DOI: 10.1213/ANE.0000000000005202
9. Конохов А.В., Гереев А.М., Лемешко В.И. Особенности теплового состояния медицинских работников при использовании средств индивидуальной защиты от биологических факторов // Медицина труда и промышленная экология. – 2020. – Т. 60, № 11. – С. 801–803. DOI: 10.31089/1026-9428-2020-60-11-801-803
10. Лосик Т.К., Афанасьева Р.Ф., Константинов Е.И. Физиолого-гигиеническая оценка теплового состояния военнослужащих, выполняющих непрерывную физическую работу в нагревающем микроклимате // Медицина труда и промышленная экология. – 2015. – № 10. – С. 41–45.
11. Бурмистрова О.В., Лосик Т.К., Шупорин Е.С. Физиолого-гигиеническое обоснование разработки методики оценки спецодежды для защиты работающих в нагревающей среде по показателям теплового состояния // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 12. – С. 1013–1019. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-12-1013-1019
12. Бурмистрова О.В., Перов С.Ю., Коньшина Т.А. Сравнительная физиолого-гигиеническая оценка средств индивидуальной защиты различной комплектации от электрических полей промышленной частоты // Медицина труда и промышленная экология. – 2020. – Т. 60, № 9. – С. 600–604. DOI: 10.31089/1026-9428-2020-60-9-600-604
13. Рациональное использование средств индивидуальной защиты при COVID-19 и соображения применительно к ситуации их острой нехватки: временное руководство [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. – 2020. – URL: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/338033/WHO-2019-nCoV-IPC_PPE_use-2020.4-rus.pdf (дата обращения: 01.06.2021 г.).
14. Limiting factors for wearing personal protective equipment (PPE) in a health care environment evaluated in a randomised study / M. Loibner, S. Hagauer, G. Schwantzer, A. Berghold, K. Zatloukal // PLoS One. – 2019. – Vol. 14, № 1. – P. e0210775. DOI: 10.1371/journal.pone.0210775
15. Physiological evaluation of personal protective ensembles recommended for use in West Africa / A. Coca, T. Quinn, J.-H. Kim, T. Wu, J. Powell, R. Roberge, R. Shaffe // Disaster medicine and public health preparedness. – 2017. – Vol. 11, № 5. – P. 580–586. DOI: 10.1017/dmp.2017.13
16. Опыт медицинского обеспечения кораблей и частей иностранных армий в период пандемии новой коронавирусной инфекции / Е.В. Крюков, К.С. Шуленин, Д.В. Черкашин, А.Я. Фисун, Э.М. Мавренков, Г.Г. Кутелев, Е.О. Чибирикова // Морская медицина. – 2021. – Т. 7, № 1. – С. 69–77. DOI: 10.22328/2413-5747-2021-7-1-69-77
17. Park S.H. Personal protective equipment for healthcare workers during the COVID-19 Pandemic // Infect. Chemother. – 2020. – Vol. 52, № 2. – P. 165–182. DOI: 10.3947/ic.2020.52.2.165

18. Heat stress and PPE during COVID-19: impact on healthcare workers' performance, safety and well-being in NHS settings / S.L. Davey, B.J. Lee, T. Robbins, H. Randeva, C.D. Thake // J. Hosp. Infect. – 2021. – Vol. 108. – P. 185–188. DOI: 10.1016/j.jhin.2020.11.027
19. Personal protective equipment protecting healthcare workers in the Chinese epicenter of COVID-19 / Y. Zhao, W. Liang, Y. Luo, Y. Chen, P. Liang, R. Zhong, A. Chen, J. He // Clin. Microbiol. Infect. – 2020. – Vol. 26, № 12. – P. 1716–1718. DOI: 10.1016/j.cmi.2020.07.029

Оценка функционального состояния организма при эксплуатации защитного многоразового костюма как средства минимизации риска инфицирования медицинского персонала / А.Б. Юдин, М.В. Калтыгин, Е.А. Коновалов, А.А. Власов, Д.А. Альтов, В.Е. Батов, А.И. Ширяева, Е.А. Якунчикова, О.А. Данилова // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 4. – С. 152–161. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.17

UDC 613.636

DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.17.eng



Research article

ASSESSING FUNCTIONAL STATE OF THE BODY WHEN WEARING A REUSABLE PROTECTIVE SUIT TO MINIMIZE RISKS OF CONTAGION AMONG MEDICAL PERSONNEL

A.B. Yudin¹, M.V. Kaltygin¹, E.A. Konovalov¹, A.A. Vlasov¹, D.A. Altov¹, V.E. Batov², A.E. Shiryaeva¹, E.A. Yakunchikova¹, O.A. Danilova¹

¹State Scientific Research Test Institute of the Ministry of Defense of the Russian Federation, 4 Lesoparkovaya Str., St. Petersburg, 195043, Russian Federation

²S.M. Kirov Military Medical Academy of the Ministry of Defense of the Russian Federation, 6 Akademika Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russian Federation

Personal protective equipment has become the last line of protection for medical personnel during the pandemic of the new coronavirus infection since it allows minimizing risks of biological contagion. Given the existing staffing shortage, medical workers have to spend from 4 to 12 hours a day in the “red zone” where they necessarily wear personal protective equipment. Protective clothing is known to produce negative effects on functional state of the body and personnel's working capacities. Assessment of up-to-date protective suits will allow developing recommendations on their suitable application bearing in mind a balance between necessary protection, providing favorable ergonomics, and reducing risks of adverse effects on functional state and working capacities.

Our research aim was to hygienically assess health risks for medical workers who had to wear reusable protective suits.

© Yudin A.B., Kaltygin M.V., Konovalov E.A., Vlasov A.A., Altov D.A., Batov V.E., Shiryaeva A.E., Yakunchikova E.A., Danilova O.A., 2021

Andrei B. Yudin – Candidate of Medical Sciences, Head of the Research and Testing Center (e-mail: yudin_a@mail.ru; tel.: +7 (812) 775-00-13).

Maksim V. Kaltygin – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department No. 14 in the Research and Testing Center (e-mail: spbkaltygin@rambler.ru; tel.: +7 (812) 775-02-88; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7784-1527>).

Evgenii A. Konovalov – Candidate of Medical Sciences, Deputy Head of the Department No. 13 in the Research and Testing Center (e-mail: rumouse-m@mail.ru; tel.: +7 (812) 775-02-88).

Anatolii A. Vlasov – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department No. 14 in the Research and Testing Center (e-mail: vaa-67@yandex.ru; tel.: +7 (812) 775-02-88).

Dmitrii A. Altov – Candidate of Medical Sciences, Deputy Head of the Department No. 14 in the Research and Testing Center (e-mail: altoff@mail.ru; tel.: +7 (812) 775-02-88).

Vyacheslav E. Batov – post-graduate (e-mail: batov_s@inbox.ru; tel.: +7 (914) 075-05-25; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7626-1950>).

Alena I. Shiryaeva – Junior Researcher at the Department No. 14 in the Research and Development Center (e-mail: ale.shiryaeva@gmail.com; tel.: +7 (812) 775-02-88; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9486-7937>).

Elena A. Yakunchikova – Laboratory Assistant at the Department No. 11 in the Research and Testing Center (e-mail: wovmusorka@gmail.com; tel.: +7 (812) 775-02-88).

Ol'ga A. Danilova – Junior Researcher at the Department No. 11 in the Research and Testing Center (e-mail: DanilovaOlga@rambler.ru; tel.: +7 (812) 775-02-88).

Our research object was a reusable suit made from polyether fabric with polyurethane membrane coating and antistatic threads. We performed an experiment aimed at evaluating thermal state of the body, psychophysiological state, and responses by the volunteers' cardiorespiratory system in laboratory conditions during an 8 hour working shift under controlled microclimate. Participants in the experiment were questioned in order to assess suits' ergonomics.

Heat exchange dynamics and amount of changes in thermal physiological parameters caused by wearing a protective suit determined heat contents of volunteers' bodies that conformed to optimal standard values. Data on psychophysiological and mental state taken in research dynamics didn't have any statistically significant changes. Gas exchange indicators naturally grew during the "load" phase; however, there were no significant changes detected in any phase in the research.

Hygienic assessment of the thermal state, functional state of the cardiovascular and respiratory systems, and psychophysiological indicators confirmed that wearing a protective suit was quite safe and didn't involve any health risks for volunteers.

Key words: personal protective equipment, health risk, thermal state of the body, functional state of the body, gas exchange, psychophysiological indicators.

References

1. Shulakova N.I., Tutelyan A.V., Kvasova O.A., Akimkin V.G., Konyukhov A.V. Risk factors for SARS-COV-2 infection in health care workers and prevention measures. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2021, vol. 61, no. 1, pp. 34–39 (in Russian).
2. Lee J., Venugopal V., Latha P.K., Alhadad S.B., Leow C.H.W., De Goh N.Y., Tan E., Kjellstrom T. [et al.]. Heat stress and thermal perception amongst healthcare workers during the COVID-19 pandemic in India and Singapore. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2020, vol. 17, no. 21, pp. 8100. DOI: 10.3390/ijerph17218100
3. Shpagina L.A., Kuzmina L.P., Kotova O.S., Shpagin I.S., Kamneva N.V., Kuznetsova G.V., Likhenko-Logvinenko K.V. COVID-19 in healthcare workers (literature review and own data). *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2021, vol. 61, no. 1, pp. 18–26. DOI: 10.31089/1026-9428-2021-61-1-18-26 (in Russian).
4. Gorblyansky Yu.Yu., Kontorovich E.P., Ponamareva O.P., Volynskaya E.I. Professional aspects of the new coronavirus infection (COVID-19). *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2021, vol. 61, no. 2, pp. 103–114. DOI: 10.31089/1026-9428-2021-61-2-103-114 (in Russian).
5. Agarwal A., Agarwal S., Motiani P. Difficulties encountered while using PPE kits and how to overcome them: An Indian perspective. *Cureus*, 2020, vol. 12, no. 11, pp. e11652. DOI: 10.7759/cureus.11652
6. Ong J.J.Y., Bharatendu C., Goh Y., Tang J.Z.Y., Sooi K.W.X., Tan Y.L., Tan B.Y.Q., Teoh H.-L. [et al.]. Headaches associated with personal protective equipment – a cross-sectional study among frontline healthcare workers during COVID-19. *Headache*, 2020, vol. 60, no. 5, pp. 864–877. DOI: 10.1111/head.13811
7. Parush A., Wacht O., Gomes R., Frenkel A. Human factor considerations in using personal protective equipment in the COVID-19 pandemic context: binational survey study. *J. Med. Internet Res.*, 2020, vol. 22, no. 6, pp. 19947. DOI: 10.2196/19947
8. Van Zundert T.C.R.V., Overloop J.V., Tran D.Q., Van Zundert A.A.J. Operating 12-hour staff shifts on COVID-19 patients: A Harmful and Unwanted Proposal. *Anesth. Analg.*, 2020, vol. 131, no. 6, pp. e257–e258. DOI: 10.1213/ANE.0000000000005202
9. Konyukhov A.V., Geregei A.M., Lemesko V.I. Features of the thermal state of medical workers when using personal protective equipment against biological factors. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2020, vol. 60, no. 11, pp. 801–803. DOI: 10.31089/1026-9428-2020-60-11-801-803 (in Russian).
10. Losik T.K., Afanas'yeva R.F., Konstantinov E.I. Physiologic and hygienic evaluation of heat state in military men performing continuous physical work in heating microclimate. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2015, no. 10, pp. 41–45 (in Russian).
11. Burmistrova O.V., Losik T.K., Shuporin E.S. Physiological and hygienic substantiation of development of a technique of an estimation of overalls for protection working in the heating environment on indicators of a thermal condition. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2019, vol. 59, no. 12, pp. 1013–1019. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-12-1013-1019 (in Russian).
12. Burmistrova O.V., Perov S.Yu., Konshina T.A. Comparative physiological and hygienic assessment of personal protective equipment properties in various configurations from power frequency electric field. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2020, vol. 60, no. 9, pp. 600–604. DOI: 10.31089/1026-9428-2020-60-9-600-604 (in Russian).
13. Rational use of personal protective equipment for COVID-19 and considerations during severe shortages: interim guidance, 23 December 2020. WHO, 2020. Available at: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/338033/WHO-2019-nCoV-IPC_PPE_use-2020.4-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y (01.06.2021).
14. Loibner M., Hagauer S., Schwantzer G., Berghold A., Zatloukal K. Limiting factors for wearing personal protective equipment (PPE) in a health care environment evaluated in a randomised study. *PLoS One*, 2019, vol. 14, no. 1, pp. e0210775. DOI: 10.1371/journal.pone.0210775
15. Coca A., Quinn T., Kim J.-H., Wu T., Powell J., Roberge R., Shaffe R. Physiological evaluation of personal protective ensembles recommended for use in West Africa. *Disaster Med. Public Health Prep.*, 2017, vol. 11, no. 5, pp. 580–586. DOI: 10.1017/dmp.2017.13
16. Kryukov E.V., Shulenin K.S., Cherkashin D.V., Fisun A.Ya., Mavrenkov E.M., Kutelev G.G., Chibiryakova E.O. Experience in medical support of ships and units of foreign armies during the new coronavirus pandemic. *Morskaya meditsina*, 2021, vol. 7, no. 1, pp. 69–77. DOI: 10.22328/2413-5747-2021-7-1-69-77 (in Russian).
17. Park S.H. Personal protective equipment for healthcare workers during the COVID-19 Pandemic. *Infect. Chemother.*, 2020, vol. 52, no. 2, pp. 165–182. DOI: 10.3947/ic.2020.52.2.165
18. Davey S.L., Lee B.J., Robbins T., Randeva H., Thake C.D. Heat stress and PPE during COVID-19: impact on healthcare workers' performance, safety and well-being in NHS settings. *J. Hosp. Infect.*, 2021, vol. 108, pp. 185–188. DOI: 10.1016/j.jhin.2020.11.027
19. Zhao Y., Liang W., Luo Y., Chen Y., Liang P., Zhong R., Chen A., He J. Personal protective equipment protecting healthcare workers in the Chinese epicenter of COVID-19. *Clin. Microbiol. Infect.*, 2020, vol. 26, no. 12, pp. 1716–1718. DOI: 10.1016/j.cmi.2020.07.029

Yudin A.B., Kaltygin M.V., Kononov E.A., Vlasov A.A., Altov D.A., Batov V.E., Shiryayeva A.E., Yakunchikova E.A., Danilova O.A. Assessing functional state of the body when wearing a reusable protective suit to minimize risks of contagion among medical personnel. *Health Risk Analysis*, 2021, no. 4, pp. 152–161. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.17.eng

Получена: 29.06.2021

Принята: 30.11.2021

Опубликована: 30.12.2021



Научная статья

К ПРОБЛЕМЕ ВЫЯВЛЕНИЯ ГРУПП РИСКА ПО ФОРМИРОВАНИЮ СИНДРОМА ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ СОТРУДНИКОВ МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ COVID-19

Т.А. Платонова¹, А.А. Голубкова^{2,3}, С.С. Смирнова^{4,5}, Е.В. Дьяченко⁵,
К.В. Шахова¹, А.Д. Никитская⁶

¹Европейский медицинский центр «УГМК-Здоровье», Россия, 620144, г. Екатеринбург, ул. Шейнкмана, стр. 113

²Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии, Россия, 111123, г. Москва,
ул. Новогиреевская, 3а

³Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Россия, 125993,
г. Москва, ул. Баррикадная, 2/1, стр. 1

⁴Екатеринбургский научно-исследовательский институт вирусных инфекций, Россия, 620030,
г. Екатеринбург, ул. Летняя, 23

⁵Уральский государственный медицинский университет, Россия, 620028, г. Екатеринбург, ул. Репина, 3

⁶Городская клиническая больница № 1 им. Н.И. Пирогова, Россия, 117049, г. Москва, Ленинский пр., 8

Во время пандемии новой коронавирусной инфекции (COVID-19) медицинские работники стали одной из наиболее пострадавших групп населения. Они первыми включились в борьбу с неизвестной инфекцией, и на этом этапе их психоэмоциональное состояние определяло не только правильность оценки ситуации, но и планирование мероприятий по ее сдерживанию.

Изучены особенности реагирования на стресс сотрудников медицинских организаций в условиях нештатной эпидемиологической ситуации для выявления потенциальных групп риска по формированию синдрома эмоционального выгорания.

Для изучения психоэмоционального состояния сотрудников медицинских организаций (МО) использовали авторскую анонимную онлайн-анкету, которая была размещена на Google-платформе. В анкету была встроена «Шкала воспринимаемого стресса – 10», включавшая две субшкалы, одна из которых измеряла субъективно воспринимаемый уровень напряженности ситуации, а вторая – объем усилий, прилагаемых сотрудниками МО для ее преодоления. Опрос проводили в течение ноября–декабря 2020 г. В опросе приняли участие 638 сотрудников различного возраста, пола, стажа работы и должности.

Установлена высокая вариативность индивидуальных значений степени перенапряжения по субшкале восприятия стресса ($E_x < 0$; $E_x = -0,59$) с большим количеством «низких» нежели «высоких» значений по данной субшкале ($A_s > 0$; $A_s = 5,66$). Анализ мер изменчивости значений по субшкале преодоления стресса показал их гомогенность ($E_x > 0$; $E_x = 3,98$) с большей представленностью «высоких» значений ($A_s < 0$; $A_s = -6,97$).

Группой риска, имеющей наиболее деструктивные варианты реагирования на длительно действующие стрессовые факторы в условиях работы и быта в период пандемии COVID-19, стали сотрудники со стажем работы до пяти лет. Помимо этого, высокие психологические риски имели сотрудники, которые оказывали медицинскую помощь пациентам с COVID-19, а также те, кто ранее переболел коронавирусной инфекцией.

© Платонова Т.А., Голубкова А.А., Смирнова С.С., Дьяченко Е.В., Шахова К.В., Никитская А.Д., 2021

Платонова Татьяна Александровна – кандидат медицинских наук, заведующий эпидемиологическим отделом (e-mail: fill.1990@inbox.ru; тел.: 8 (343) 344-27-67; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5441-854X>).

Голубкова Алла Александровна – доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи; профессор кафедры эпидемиологии (e-mail: allagolubkova@yandex.ru; тел.: 8 (912) 617-39-85; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4812-2165>).

Смирнова Светлана Сергеевна – кандидат медицинских наук, руководитель Урало-Сибирского научно-методического центра по профилактике инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи; доцент кафедры эпидемиологии, социальной гигиены и организации Госсанэпидслужбы (e-mail: smirnova_ss69@mail.ru; тел.: 8 (343) 261-99-47; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9749-4611>).

Дьяченко Елена Васильевна – кандидат психологических наук, доцент, заместитель руководителя лаборатории коммуникативных навыков аккредитационно-симуляционного центра (e-mail: al-dyachenko@yandex.ru; тел.: 8 (922) 614-63-56; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2221-5614>).

Шахова Кира Владимировна – директор по персоналу (e-mail: LytovaKV@ugmk-clinic.ru; тел.: 8 (343) 344-27-67; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7929-8599>).

Никитская Анна Дмитриевна – врач-эпидемиолог (e-mail: NikiNiri@yandex.ru; тел.: 8 (906) 751-23-44; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4836-8966>).

По итогам проведенного исследования получены актуальные данные о психоэмоциональном состоянии персонала МО в период пандемии COVID-19, определены потенциальные группы риска по формированию синдрома эмоционального выгорания. Показана необходимость постоянного проведения психологических тренингов для сотрудников с акцентом на особенности их реагирования при первой встрече с дестабилизирующими факторами с последующей коррекцией образовательных программ для потенциальных групп риска.

Ключевые слова: COVID-19, пандемия, сотрудники медицинских организаций, психоэмоциональное состояние, восприятие и преодоление стресса, коррекционные мероприятия, психологическая помощь, эмоциональная безопасность.

Пандемия новой коронавирусной инфекции (COVID-19), вызванная ранее неизвестным возбудителем – вирусом SARS-CoV-2, стала беспрецедентным вызовом мировому сообществу. По официальным данным, на 01.12.2021 г. зарегистрировано более 250 млн случаев инфицирования COVID-19 и более 5 млн летальных исходов [1–4].

Пандемия COVID-19 стала причиной страха и тревоги миллионов людей по всему миру и оказала влияние на их психическое здоровье. Многие столкнулись с потерей близких, длительной изоляцией, экономической нестабильностью и неуверенностью в завтрашнем дне. Сложившаяся ситуация стала тяжелым испытанием для жителей планеты [5].

На первой линии борьбы с новым опасным заболеванием стояли медицинские работники. Именно они оказались первыми пострадавшими от этой инфекции [6–10]. Заболеваемость COVID-19 работников здравоохранения на всех этапах распространения этой инфекции была существенно выше по сравнению с другими категориями граждан и профессиональными группами. Исследования, проведенные в мае–июне 2020 г., показали, что частота инфицирования медицинских работников достигала 14 %, при этом у 7 % сотрудников имело место выделение антигена возбудителя при отсутствии клинических проявлений заболевания, что значительно выше, чем при популяционных исследованиях [11–13]. В другом исследовании было установлено, что распространенность COVID-19 среди сотрудников медицинских организаций (МО) была в 11 раз выше, чем среди иных категорий населения [14].

С начала пандемии COVID-19 сотрудники МО во всем мире работали в условиях чрезвычайно высокой физической и эмоциональной нагрузки. Ограниченные ресурсы, продолжительные рабочие смены, нарушения сна и баланса между работой и личной жизнью, а также профессиональные риски, связанные с постоянным контактом с пациентами с COVID-19, способствовали дестабилизации психоэмоционального состояния у персонала МО. Среди факторов риска нарушений психического здоровья медицинских работников наиболее значимыми разные авторы считали: экстремальный характер ситуации, существенные изменения в профессиональной деятельности и образе жизни в целом [15], специфику течения COVID-19 (быстрое прогрессирование инфекции, тяжелые осложнения, недостаточные знания о новом заболевании) [16], высокую нагрузку на работе, снижение продолжительности и качества сна [17], возможность заразиться при оказании помощи пациентам [18],

риск заразить членов своей семьи, близких [19], опасения, касающиеся недостаточного обеспечения средствами индивидуальной защиты (СИЗ) и расходными материалами [20], физический дискомфорт, связанный с необходимостью постоянного использования СИЗ [21], изолированность и чувство неопределенности ситуации [16, 22].

Подобные изменения в профессиональной и бытовой сферах сотрудников МО создавали благодатную почву не только для переживания тревоги, страха, гнева, но и возникновения острых стрессовых реакций [23]. По мнению B.Y.Q. Tan et al. [24], в подобной ситуации существуют благоприятные условия для формирования таких состояний, как посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР), тревожные и аффективные расстройства, имеющие негативные последствия для психического здоровья. Другие авторы отмечали развитие у медицинских работников во время пандемии COVID-19 бессонницы, беспокойства, депрессивных состояний различной степени выраженности, а в некоторых случаях – появление ряда зависимостей [25–30]. Большинство исследователей считали, что развитие посттравматического синдрома неизбежно ведет к необратимой потере человеческих ресурсов [28–31]. В другой публикации авторы выражали серьезную обеспокоенность по поводу высокой частоты встречаемости у медицинского персонала синдрома эмоционального выгорания, что при отсутствии своевременных коррекционных мероприятий и психологической поддержки могло повлиять на качество оказания медицинской помощи пациентам МО [32].

Ряд исследований, проведенных в различных странах, в большинстве своем касался изучения психологических аспектов здоровья медицинских работников, оказывающих помощь пациентам в условиях «красной зоны». В одном из них было показано, что сотрудники, которые находились в непосредственном контакте с больными COVID-19, имели более высокий уровень тревоги и чаще демонстрировали симптомы депрессии или ПТСР, по сравнению с персоналом, работающим вне «красной зоны» [33]. Помимо этого, сотрудники, оказывающие помощь пациентам с COVID-19 в «красной зоне», наряду с исполнением своих профессиональных обязанностей должны были уметь самостоятельно оценивать и адекватно воспринимать зачастую негативные эмоциональные реакции пациентов, не имея при этом специальной подготовки по вопросам коммуникации, психологии и психиатрии [34, 35]. В другом исследовании были проанализированы особенности восприятия стресса у разных категорий сотрудников из «красной зоны» и показано, что

средний медицинский персонал, который имел более продолжительный контакт с пациентами и более тесное общение, по сравнению с врачами, имел и более высокие риски формирования синдрома эмоционального выгорания [36]. Наряду с этим, по данным опроса, проведенного S.M. Lee et al. [37], серьезным барьером при общении с коллегами во время работы стала необходимость использования медицинскими работниками полного комплекта средств индивидуальной защиты, что в комплексе с проблемами общения с пациентами создало еще более стрессовые условия работы.

При этом следует отметить, что комплексных исследований, посвященных оценке психоэмоционального состояния разных категорий сотрудников МО, в том числе немедицинского персонала, практически не проводилось, несмотря на то, что сотрудники немедицинских специальностей имеют не меньшее значение в реализации различных бизнес-процессов в медицинской организации, обеспечивая качественное оказание помощи пациентам.

В связи с этим в условиях пандемии новой коронавирусной инфекции особую актуальность приобретают исследования по оценке психоэмоционального состояния разных категорий сотрудников МО, изучению преобладающих видов эмоционального реагирования в кризисных ситуациях, что имеет немаловажное значение для последующей разработки профилактических и реабилитационных программ для персонала.

Цель исследования – изучить особенности реагирования на стресс сотрудников медицинских организаций в условиях нештатной эпидемической ситуации для выявления потенциальных групп риска по формированию синдрома эмоционального выгорания.

Материалы и методы. В рамках настоящего исследования было проведено изучение психоэмоционального состояния сотрудников МО в период второго эпидемического подъема заболеваемости COVID-19 с учетом особенностей восприятия и реагирования на стрессовые факторы в условиях данной кризисной ситуации. Оценка психоэмоционального состояния, а также подробное рассмотрение факторов, обусловивших стрессовые переживания у сотрудников в условиях пандемии, позволяют получить материалы для разработки эффективных способов организационной и психологической помощи [16, 32, 38, 39].

В качестве измерительного инструмента использовали «Шкалу воспринимаемого стресса-10» (The Perceived Stress Scale-10 – «PSS-10»¹), которая давала возможность оценить, насколько стрессовым сотрудники МО воспринимали предшествующий настоящему исследованию месяц их жизни. Шкала состояла из двух субшкал, одна из которых опреде-

ляла субъективно воспринимаемый уровень напряженности ситуации, а вторая – объем усилий, которые необходимы медицинским работникам для ее преодоления.

Шкала воспринимаемого стресса была встроена в разработанную авторами анонимную онлайн-анкету, которая была размещена на Google-платформе и распространялась среди сотрудников медицинских организаций посредством корпоративной электронной почты, мессенджеров WhatsApp, Telegram или специализированных онлайн-ресурсов, адаптированных для работников здравоохранения. Опрос проводился в течение ноября–декабря 2020 г. В опросе приняли участие 638 сотрудников медицинских организаций разного пола, возраста, стажа работы и должности. Работники имели разные функциональные обязанности в части оказания медицинской и иной помощи пациентам с COVID-19 и разный инфекционный анамнез по перенесенной ранее коронавирусной инфекции (таблица).

Характеристика сотрудников медицинских организаций, которые приняли участие в опросе

Параметр	Доля ответивших	
	абс.	%
<i>Должность</i>		
Врач	276	43,3
Средний медперсонал	150	23,5
Сотрудник администрации	51	8,0
Немедицинский персонал	161	25,2
<i>Пол</i>		
Мужской	102	16,0
Женский	536	84,0
<i>Стаж работы, лет</i>		
До 5	192	30,1
6–10	109	17,1
11–20	145	22,7
Более 20	192	30,1
<i>Профессиональная деятельность связана с оказанием медицинской помощи пациентам с COVID-19</i>		
Да	263	41,2
Нет	375	58,8
<i>Переболели COVID-19 до прохождения опроса</i>		
Да	200	31,3
Нет	438	68,7

Для характеристики распределения респондентов по изучаемым признакам использовали меры изменчивости значений – показатели асимметрии (*As*) и эксцесса (*Ex*). Интерпретацию результатов по субшкале № 1 (оценка напряженности ситуации) проводили по следующему алгоритму: 0–10 баллов – нейтральная «зеленая» зона, соответствующая сбалансированному психоэмоциональному состоянию; 11–18 баллов – пограничная «желтая» зона, т.е. классическое восприятие стресса или зона напря-

¹ Шкала воспринимаемого стресса-10 [Электронный ресурс]. – URL: <https://therapy.irkutsk.ru/doc/pss.pdf> (дата обращения: 05.03.2021).

жённости; 19–30 баллов – «красная» зона, т.е. состояние перенапряжения. Для субшкалы № 2 (стратегии реагирования на стресс и его преодоления) применяли иной подход к интерпретации результатов, а именно: 0–12 баллов – «красная» зона, соответствующая в текущей ситуации высокой чувствительности к стрессу и отсутствию ресурсов для его конструктивного преодоления; 13–17 баллов – «желтая» зона, сотрудники имели ограниченные ресурсы для преодоления эмоционального перенапряжения; 18–20 баллов – «зеленая» зона, сотрудники показали наиболее высокий адаптационный потенциал в части преодоления стрессовых нагрузок.

Для сравнительной оценки результатов исследования среди различных категорий сотрудников МО составили многопольную таблицу сопряженности. Статистическую значимость различий оценивали по критерию «хи-квадрат» Пирсона и результатам *post hoc*-анализа. Различия считали достоверными при $p < 0,05$. Статистическую обработку материалов проводили с использованием возможностей электронных сервисов Google, пакета прикладных программ Microsoft Office 2013 и IBM SPSS Statistics (26 версия).

Результаты и их обсуждение. При оценке восприятия сотрудниками МО уровня напряженности ситуации с использованием мер изменчивости значений установлены определенные особенности, которые свидетельствовали о высокой вариативности индивидуальных значений степени эмоционального перенапряжения ($Ex < 0$; $Ex = -0,66$), а также большей представленности «низких» нежели «высоких» значений по данной субшкале ($As > 0$; $As = 5,42$). Установленный факт свидетельствует о том, что большинство сотрудников медицинских организаций были способны адекватно воспринимать стрессовые факторы, однако высокая вариабельность данного признака говорит о некоторых различиях в восприятии стресса у определенных категорий персонала (рис. 1–5).

Неконструктивные сценарии восприятия стресса («красная» зона, 19–30 баллов) были выявлены у 61 (22,1 %) врача, 18 (12,0 %) средних медицинских работников, 9 (17,6 %) сотрудников администрации и 33 (20,5 %) представителей немедицинского персонала ($\chi^2 = 6,805$; $p = 0,078$). При анализе гендерной характеристики респондентов значимых различий в восприятии стресса не было установлено, в «красной» зоне данной субшкалы были 15 мужчин (14,7 %) и 106 женщин (19,8 %) ($\chi^2 = 1,433$; $p = 0,231$).

С учетом стажа работы установлено, что сотрудники с опытом работы до пяти лет испытывали наибольшее перенапряжение и тяжелее воспринимали стресс, по сравнению со стажированными специалистами. В группе лиц с опытом работы до пяти лет неконструктивное восприятие стресса (эмоциональное перенапряжение) испытывали 56 (29,2 %) респондентов, среди лиц со стажем работы 6–10 лет – 23

(21,1 %), 11–20 лет – 17 (11,7 %), более 20 лет – 25 (13,0 %) ($\chi^2 = 22,686$; $p < 0,001$). Данный факт был в дальнейшем подтвержден в *post hoc*-анализе при сравнении восприятия стресса лицами со стажем работы до пяти лет и стажем 11–20 лет и более 20 лет ($p < 0,001$).

Специфика оказания помощи пациентам с новой коронавирусной инфекцией сама по себе стала для многих сотрудников МО значимым дестабилизирующим фактором. Так, в группе работников, оказывавших помощь пациентам с COVID-19, неконструктивные модели восприятия стресса были установлены у 62 (23,6 %) человек, тогда как среди лиц, которые не оказывали помощь пациентам с коронавирусной инфекцией, они встречались у 59 (15,7 %) сотрудников ($\chi^2 = 6,184$; $p = 0,013$). Также установлено, что сотрудники, ранее перенесшие COVID-19, имели менее конструктивные варианты восприятия стрессовых факторов. Так, 84 (22,5 %) человека из числа переболевших COVID-19 против 37 (14,0 %) из группы неболевших не могли адекватно воспринимать стресс ($\chi^2 = 7,383$; $p = 0,007$).

При анализе результатов по субшкале противодействия стрессу изучение мер изменчивости значений реагирования на стресс показало их определенную гомогенность ($Ex > 0$; $Ex = 3,98$) при большем количестве «высоких» нежели «низких» значений ($As < 0$; $As = -6,97$), что свидетельствует о том, что большинство сотрудников МО склонны иметь аналогичные сценарии противодействия стрессу и в подавляющем большинстве случаев способны конструктивно на него реагировать. Однако были и такие, кто при заполнении анкеты попал в «красную» зону (до 12 баллов), в связи с отсутствием возможностей для преодоления стресса и высоким уровнем усилий, которые затрачивались на борьбу с дестабилизирующими факторами (см. рис. 1–5).

Преодоление стресса с высокой степенью перенапряжения было установлено у 65 (23,6 %) врачей, 32 (21,3 %) средних медицинских работников, 8 (15,7 %) сотрудников администрации и 37 (23,0 %) представителей немедицинского персонала ($\chi^2 = 1,662$; $p = 0,645$). При оценке гендерной характеристики респондентов значимых различий в усилиях, направленных на преодоление стресса, выявлено не было; в «красной» зоне данной субшкалы были 18 (17,6 %) мужчин и 124 (23,1 %) женщины ($\chi^2 = 1,491$; $p = 0,222$).

При этом было установлено, что лица с опытом работы в МО до пяти лет испытывали наибольшие трудности в преодолении стрессовых ситуаций. В этой группе психоэмоциональное перенапряжение в борьбе со стрессом отмечено в анкетах у 56 (29,2 %) респондентов, в группе со стажем 6–10 лет – у 25 (24,3 %), 11–20 лет – у 29 (20,0 %), более 20 лет – у 32 (16,7 %) ($\chi^2 = 9,221$; $p = 0,026$). При проведении *post hoc*-анализа были выявлены значимые различия между лицами со стажем работы до пяти лет и более 20 лет ($p = 0,021$).

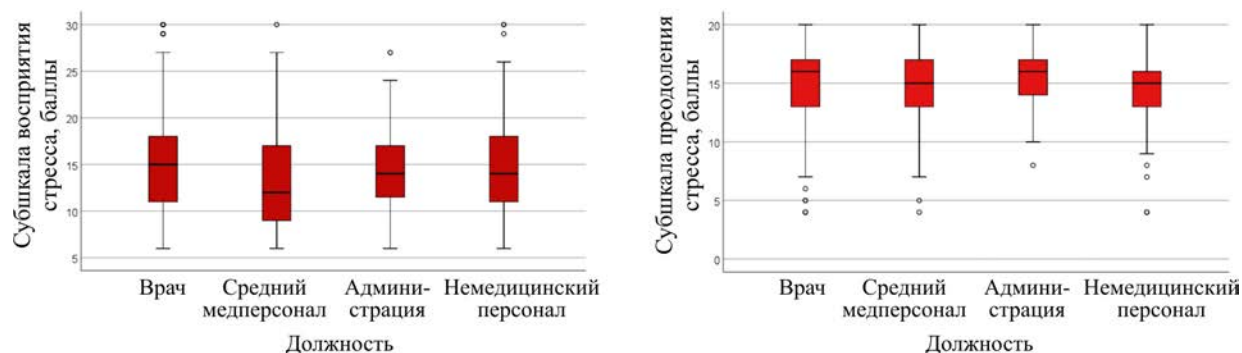


Рис. 1. Результаты опроса различных профессиональных категорий сотрудников по двум субшкалам PSS-10

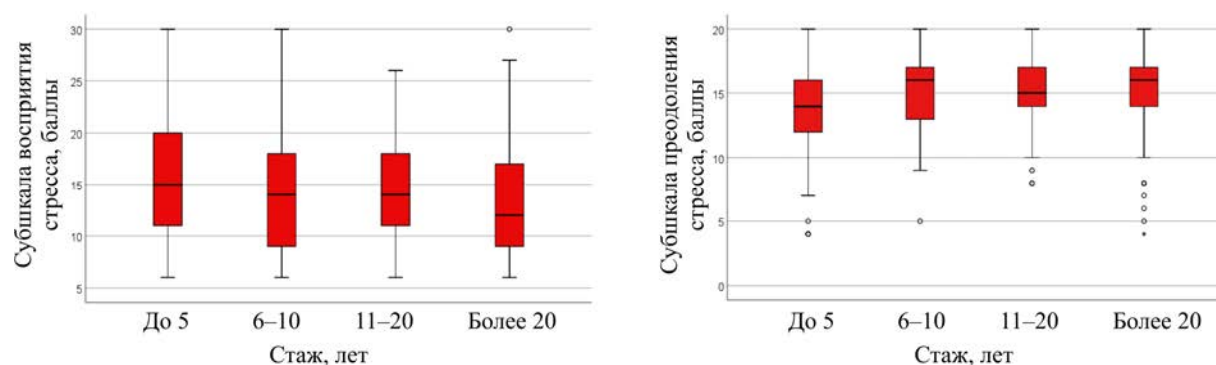


Рис. 2. Результаты опроса сотрудников с разным стажем работы по двум субшкалам PSS-10

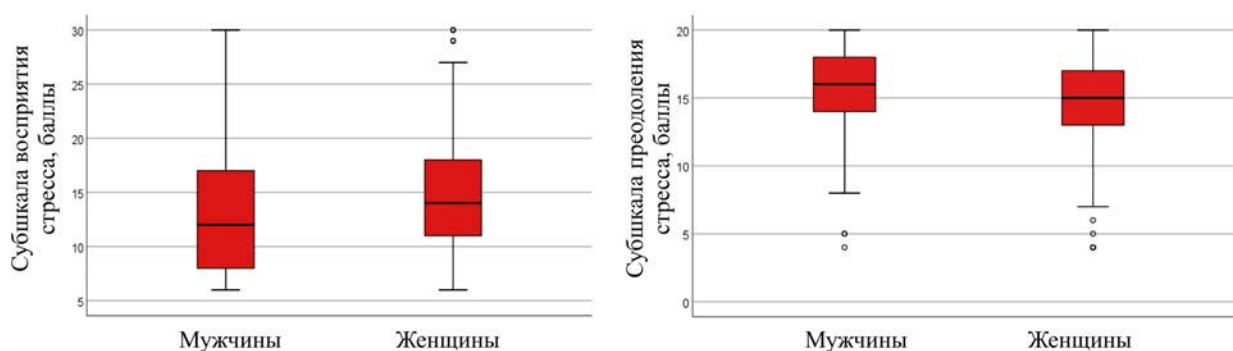


Рис. 3. Результаты опроса сотрудников разного пола по двум субшкалам PSS-10

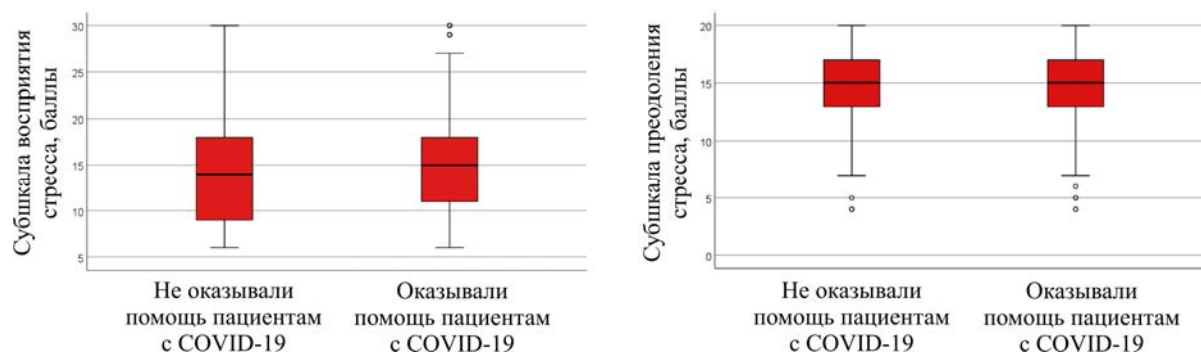


Рис. 4. Результаты опроса сотрудников с разными профессиональными обязанностями по двум субшкалам PSS-10

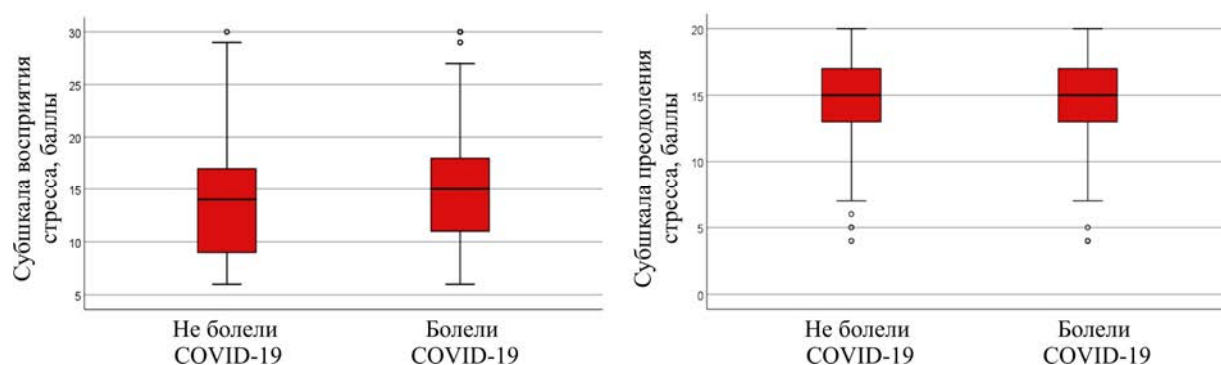


Рис. 5. Результаты опроса сотрудников с разным анамнезом по перенесенному заболеванию COVID-19 по двум субшкалам PSS-10

По фактам оказания / неокказания помощи пациентам с COVID-19 значимых различий в сравниваемых группах в части реагирования на стресс не было установлено. Сотрудники обеих групп имели схожие варианты преодоления стресса. Неконструктивные формы противодействия стрессу в группе сотрудников, работавших с пациентами с коронавирусной инфекцией, имели место у 63 (24,0 %) человек, а в группе работников, не имевших контакта – у 79 (21,1 %) ($\chi^2 = 0,745$; $p = 0,388$).

Факт перенесенного заболевания также не оказывал значимого влияния на процессы преодоления стресса у сотрудников МО. Среди ранее переболевших COVID-19 формы преодоления стресса с большими затратами собственных ресурсов были отмечены у 88 (23,6 %) человек, а среди не болевших коронавирусной инфекцией – у 50 (20,4 %) ($\chi^2 = 0,926$; $p = 0,336$).

Таким образом, по результатам оценки субъективного восприятия и реагирования на стресс медицинских работников была определена группа риска по неадекватным стратегиям восприятия и преодоления стрессовых факторов и, соответственно, подверженных более быстрому формированию синдрома эмоционального выгорания (burnout) – это сотрудники со стажем работы до пяти лет. Именно они в большей степени нуждаются в профессиональной психологической поддержке в сложных ситуациях, связанных с тяжелыми физическими и психоэмоциональными условиями при выполнении профессиональных обязанностей, в том числе в период пандемии новой коронавирусной инфекции. При этом особую группу риска составляют сотрудники МО, которые оказывают помощь пациентам с COVID-19, а также те работники, которые сами перенесли коронавирусную инфекцию. Данные категории сотрудников имеют более выраженные неконструктивные варианты восприятия стресса, хотя и сохраняют ресурсы для его преодоления.

В качестве ведущих факторов, которые могли дестабилизировать психоэмоциональное состояние сотрудников МО, их восприятие и реагирование на стресс, участники исследования в 24,8 % случаев указывали на проблемы личного характера, не связанные с рабочим процессом, в 24,4 % – на состояние неоп-

ределенности, отсутствие возможности строить планы на будущее и быть уверенными, что они будут реализованы, в 22,9 % – жаловались на выраженный дефицит времени, в 14,6 % – на страх заражения коронавирусной инфекцией, заболевания родственников и близких им людей, в 13,3 % – на тяжелые физические и психологические условия труда в период пандемии.

В современных условиях одним из коррекционных мероприятий является психологическая помощь сотрудникам медицинских организаций, обучение их навыкам психологической саморегуляции в экстремальных обстоятельствах. В этой области уже выполнены некоторые исследования. Например, в одной из работ был представлен опыт организации психологической подготовки среднего и младшего медицинского персонала для работы с пациентами с COVID-19 в формате психологического интенсива. Задачами такого тренинга были повышение уровня коммуникативных компетенций сотрудников, формирование навыков эмоциональной саморегуляции в стрессовых ситуациях, профилактика эмоционального выгорания и повышение стрессоустойчивости в экстремальных условиях работы. В тренинге приняли участие 120 сотрудников МО. Оценка эффективности программы проводили на основе обратной связи, полученной от участников. Сотрудники смогли назвать и выявить собственные «страхи», определить личные мотивы и ценности, сопоставить их с мотивами и ценностями группы, спланировать разрешение трудных производственных ситуаций, осознать причины тревожного реагирования на разные факторы и взять на вооружение некоторые рекомендации по снижению эмоционального напряжения и возвращению к спокойному продуктивному состоянию. Участники данного проекта выразили желание и в дальнейшем получать психологическую помощь в любом формате, как групповом, так и индивидуальном. Авторы исследования констатировали, что компонент, связанный с психологической подготовкой персонала в современных условиях оказания медицинской помощи населению, сопряженной с повышенной стрессогенностью, многозадачностью и неопределенностью сложившихся условий, является обязательным для включения в об-

разовательные программы высших и средних специальных медицинских учебных заведений, курсов повышения квалификации и программы обучения, которые организуются для сотрудников непосредственно в МО в штатной работе [40].

Однако следует отметить, что медицинские работники не всегда готовы принимать профессиональную психологическую помощь и поддержку. В одной из публикаций был сделан акцент на то, что медицинский персонал часто слишком самоуверен, считает себя самодостаточным и предпочитает не обращаться за психологической помощью [39]. Эта черта может иметь негативные последствия в условиях постоянно возрастающей нагрузки и необходимости решать задачи за пределами их клинических знаний и компетенций в борьбе с новым ранее неизвестным заболеванием, с которым они до этого не сталкивались. Авторы другого исследования [41] подчеркивают, что отсутствие общения медицинских работников с коллегами может проявляться в виде пропусков работы (прогулов) и / или появлении ошибок в решении обычных профессиональных задач, что уже было описано в организационной психологии и психологии здоровья как последствие стресса на работе и факта профессионального выгорания персонала [42].

В другой публикации [43] было показано, что на фоне выраженного эмоционального выгорания, ассоциированного с развитием зависимостей, препятствием для получения психологической помощи у медицинских работников могли стать: отрицание проблемы, т.е. наличия заболевания и потери работоспособности, возможный страх стигматизации, сопутствующие психические заболевания, страх последствий признания факта зависимости и необходимости лечения (в части отношений в семье, работы, финансового благополучия) и недостаток знаний в данном вопросе.

В исследовании Q. Chen et al. [38] было представлено, что на первом этапе пандемии медицинский персонал неохотно принимал участие в групповых и / или индивидуальных психологических тренингах. Ряд медиков, попавших в поле зрения психологов, были возбуждены и раздражительны настолько, что это отражалось на их поведенческих характеристиках. Но при этом они отказывались от отдыха и демонстрировали даже большую включенность в работу. Сотрудники заявляли об отсутствии у них психологических проблем и отказывались от любой психологической поддержки. В качестве основных причин отказа от такой помощи сотрудники указывали отсутствие каких-либо психологических сложностей, кроме беспокойства из-за недостатка средств индивидуальной защиты (СИЗ), опасения стать источником инфекции для родных и близких, а также отмечали необходимость отдыха из-за повышенной физической нагрузки, но не потребность в психологической помощи.

По результатам нашего исследования во «вторую волну» пандемии было установлено, что 434 респондента (68,0 %) на момент заполнения анкеты уже были готовы обратиться за специализированной психологиче-

ской помощью, что может косвенно свидетельствовать об их напряженном психоэмоциональном состоянии. Очевидно, что сотрудники медицинских организаций, участвовавшие в настоящем исследовании, осознают свою неготовность самостоятельно конструктивно реагировать на стрессовые факторы, понимают масштабность ситуации, ее затяжной характер, необходимость принятия жизни в условиях «новой реальности». Они испытывают потребность в психологической помощи и поддержке и уже готовы ее принять.

В связи с этим вполне обосновано, что для профилактики развития сложных психоэмоциональных нарушений, депрессивных и тревожных состояний, эмоционального выгорания у работников медицинских организаций психологическая помощь должна быть им оказана уже при первой встрече с дестабилизирующим фактором. С учетом прогнозирования риска развития аналогичных эпидемических ситуаций в будущем для сохранения здоровья и работоспособности сотрудников в работу МО необходимо внедрить новое направление, а именно психологическую помощь и поддержку для персонала посредством создания специализированных отделов или служб.

Данное предложение коррелирует с утверждениями, представленными в ряде ранее опубликованных работ [44–46], где было продемонстрировано, что комплекс мер, включающих четкую коммуникацию, доступ к адекватным средствам защиты, регулярный отдых и соблюдение режима, а также организационная и психологическая поддержка могут не только скорректировать психоэмоциональное состояние сотрудников, но и способствовать предупреждению их заболеваемости в ближайшей и отдаленной перспективе.

Выводы. Таким образом, по итогам проведенного исследования установлено, что группой риска, имеющей наиболее высокую степень перенапряжения при реагировании на длительные стрессовые факторы в условиях работы и жизни в период пандемии COVID-19, являются сотрудники со стажем работы до пяти лет. Именно этой группе в наибольшей степени требуется психологическая помощь с использованием методов когнитивно-бихевиоральной терапии, обучение конкретным алгоритмам реагирования (копинг-стратегии реагирования) для выработки конструктивных поведенческих форм преодоления дестабилизирующих стрессовых ситуаций. Помимо этого, высокие психологические риски имеют сотрудники, которые оказывают помощь пациентам с COVID-19, и те, кто сами перенесли коронавирусную инфекцию. Данные категории часто имеют неконструктивные формы восприятия стресса, хотя, по данным нашего исследования, пока обладают достаточными ресурсами для оперативного противодействия стрессу, что требует разработки программ психологической профилактики и реабилитации при состоянии Long-COVID.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Пандемия COVID-19. Меры борьбы с ее распространением в Российской Федерации / Н.И. Брико, И.Н. Каграманян, В.В. Никифоров, Т.Г. Суранова, О.П. Чернышова, Н.А. Полежаева // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2020. – Т. 19, № 2. – С. 4–12. DOI: 10.31631/2073-3046-2020-19-2-4-12
2. COVID-19: этиология, клиника, лечение / М.Ю. Щелканов, Л.В. Колобухина, О.А. Бургасова, И.С. Кружкова, В.В. Малеев // Инфекция и иммунитет. – 2020. – Т. 10, № 3. – С. 421–445. DOI: 10.15789/2220-7619-СЕС-1473
3. Коронавирус: онлайн-карта распространения коронавирусной инфекции [Электронный ресурс]. – URL: <https://coronavirus-monitor.ru/> (дата обращения: 01.12.2021).
4. Коронавирус: онлайн-карта коронавирусной инфекции. Статистика [Электронный ресурс]. – URL: <https://coronavirus-monitor.info/> (дата обращения: 01.12.2021).
5. Влияние COVID-19 на психологическое состояние людей / А.Т. Шакирова, А.А. Койбагарова, М.К. Осмоналиев, М.Т. Ахмедов, А.Дж. Ибраимова // Евразийский союз ученых. – 2020. – Т. 79, № 10. – С. 50–53
6. Seroprevalence of SARS-CoV-2 (COVID-19) among healthcare workers in Saudi Arabia: comparing case and control hospitals / H.A. Alserehi, A.M. Alqunait, J.A. Al-Tawfiq, N.K. Alharbi, A.N. Alshukairi, K.H. Alanazi, G.M. Bin Saleh, A.M. Alshehri [et al.] // Diagnostic Microbiology and Infectious Disease. – 2021. – Vol. 99, № 3. – P. 115273. DOI: 10.1016/j.diagmicrobio.2020.115273
7. Epidemiology of and Risk Factors for Coronavirus Infection in Health Care Workers: A Living Rapid Review / R. Chou, T. Dana, D.I. Buckley, S. Selph, R. Fu, A.M. Totten // Ann. Intern. Med. – 2020. – Vol. 173, № 2. – P. 120–136. DOI: 10.7326/M20-1632
8. Kursumovic E., Lennane S., Cook T. Deaths in healthcare workers due to COVID-19: the need for robust data and analysis // Anaesthesia. – 2020. – Vol. 75, № 8. – P. 989–992. DOI: 10.1111/anae.15116
9. Clinical characteristics of 80 hospitalized frontline medical workers infected with COVID-19 in Wuhan, China / X. Wang, W. Liu, J. Zhao, Y. Lu, X. Wang, C. Yu, S. Hu, N. Shen [et al.] // J. Hosp. Infect. – 2020. – Vol. 105, № 3. – P. 399–403. DOI: 10.1016/j.jhin.2020.04.019
10. Burden, risk assessment, surveillance and management of SARS-CoV-2 infection in health workers: a scoping review / F. Calo, A. Russo, C. Camaioni, S. De Pascalis, N. Coppola // Infect. Dis. Poverty. – 2020. – Vol. 9, № 1. – P. 139. DOI: 10.1186/s40249-020-00756-6
11. COVID-19: PCR screening of asymptomatic health-care workers at London hospital / T.A. Treibel, C. Manisty, M. Burton, A. McKnight, J. Lambourne, J.B. Augusto, X. Couto-Parada, T. Cutino-Moguel [et al.] // Lancet. – 2020. – Vol. 395, № 10237. – P. 1608–1610. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)31100-4
12. First experience of COVID-19 screening of health care workers in England / E. Hunter, D.A. Price, E. Murphy, I.S. van der Loeff, K.F. Baker, D. Lendrem, C. Lendrem, M.L. Schmid [et al.] // Lancet. – 2020. – Vol. 395, № 10234. – P. e77–e78. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30970-3
13. Protecting health care workers in the front line: Innovation in COVID-19 pandemic / Z. Tan, D.W.S. Khoo, L.A. Zeng, J.-C.C. Tien, A.K.Y. Lee, Y.Y. Ong, M.M. Teo, H.R. Abdullah // J. Glob. Health. – 2020. – Vol. 10, № 1. – P. 010357. DOI: 10.7189/jogh.10.010357
14. Risk of COVID-19 among front-line health-care workers and the general community: a prospective cohort study / L.H. Nguyen, D.A. Drew, M.S. Graham, A.D. Joshi, C.-G. Guo, W. Ma, R.S. Mehta, E.T. Warner [et al.] // Lancet Public Health. – 2020. – Vol. 5, № 9. – P. 475–483. DOI: 10.1016/S2468-2667(20)30164-X
15. Восприятие угрозы личной безопасности в условиях пандемии COVID-19 медицинскими сотрудниками США и России / К.Н. Царанов, В.А. Жильцов, Е.М. Климова, А.Г. Тарбастаев // Вестник Московского государственного областного университета. – 2020. – № 2. – С. 236–247. DOI: 10.18384/2224-0209-2020-2-1008
16. Health professionals facing the coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic: What are the mental health risks? / W. El-Hage, C. Hingray, C. Lemogne, A. Yrondi, P. Brunault, T. Bienvenu, B. Etain, C. Paquet [et al.] // Encephale. – 2020. – Vol. 46, № 3S. – P. S73–S80. DOI: 10.1016/j.encep.2020.04.008
17. Кононов А.Н. Тревога о будущем в условиях пандемии коронавирусной инфекции: исследование методом контент-анализа // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Психологические науки. – 2020. – № 3. – С. 18–28. DOI: 10.18384/2310-7235-2020-3-18-28
18. Профессиональное выгорание, симптомы эмоционального неблагополучия и дистресса у медицинских работников во время эпидемии COVID-19 / С.С. Петриков, А.Б. Холмогорова, А.Ю. Суроегина, О.Ю. Микита, А.П. Рой, А.А. Рахманина // Консультативная психология и психотерапия. – 2020. – Т. 28, № 2 (108). – С. 8–45. DOI: 10.17759/cpp.2020280202
19. Пискунова В.В. Психологическая готовность будущих медицинских сестер к оказанию медицинских услуг в условиях пандемии // Вестник Прикамского социального института. – 2020. – Т. 86, № 2. – С. 57–59.
20. Рассказова Е.И., Леонтьев Д.А., Лебедева А.А. Пандемия как вызов субъективному благополучию: тревога и совладание // Консультативная психология и психотерапия. – 2020. – Т. 28, № 2 (108). – С. 90–108. DOI: 10.17759/cpp.2020280205
21. Станишевская Ж., Станишевский М. Перспективы и значение психопрофилактики и терапии последствий глобальных стрессовых ситуаций в связи с пандемией COVID-19 // Studia Humanitatis. – 2020. – № 3. – С. 8.
22. Профессиональное выгорание и его факторы у медицинских работников, участвующих в оказании помощи больным COVID-19 на разных этапах пандемии / А.Б. Холмогорова, С.С. Петриков, А.Ю. Суроегина, О.Ю. Микита, А.А. Рахманина, А.П. Рой // Неотложная медицинская помощь. Журнал им. Н.В. Склифосовского. – 2020. – Т. 9, № 3. – С. 321–337. DOI: 10.23934/2223-9022-2020-9-3-321-337
23. Timely mental health care for the 2019 novel coronavirus outbreak is urgently needed / Y.-T. Xiang, Y. Yang, W. Li, L. Zhang, Q. Zhang, T. Cheung, C.H. Ng // Lancet Psychiatry. – 2020. – Vol. 7, № 3. – P. 228–229. DOI: 10.1016/S2215-0366(20)30046-8
24. Psychological Impact of the COVID-19 Pandemic on Health Care / B.Y.Q. Tan, N.W.S. Chew, G.K.H. Lee, M. Jing, Y. Goh, L.L.L. Yeo, K. Zhang, H.-K. Chin [et al.] // Ann. Intern. Med. – 2020. – Vol. 173, № 4. – P. 317–320. DOI: 10.7326/M20-1083
25. Psychological impact of COVID-19 pandemic on healthcare workers in a highly burdened area of north-east Italy / A. Lasalvia, C. Bonetto, S. Porru, A. Carta, S. Tardivo, C. Bovo, M. Ruggeri, F. Amadeo // Epidemiol. Psychiatr. Sci. – 2020. – Vol. 30. – P. e1. DOI: 10.1017/S2045796020001158
26. COVID-19-Pandemie: Belastungen des medizinischen Personals [COVID-19 Pandemic: Stress Experience of Healthcare Workers – A Short Current Review] / J. Bohlken, F. Schömig, M.R. Lemke, M. Pumberger, S.G. Riedel-Heller // Psychiatr. Prax. – 2020. – Vol. 47, № 4. – P. 190–197. DOI: 10.1055/a-1159-5551
27. The prevalence of anxiety and depression among healthcare workers during the COVID-19 pandemic: An umbrella review of meta-analyses / A. Sahebi, B. Nejati, S. Moayedi, K. Yousefi, M. Torres, M. Golitaleh // Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry. – 2021. – Vol. 107. – P. 110247. DOI: 10.1016/j.pnpbp.2021.110247
28. Barelli S., Palamenghi L., Graffigna G. Burnout and somatic symptoms among frontline healthcare professionals at the peak of the Italian COVID-19 pandemic // Psychiatry Res. – 2020. – Vol. 290. – P. 113129. DOI: 10.1016/j.psychres.2020.113129
29. Mental health and quality of life among healthcare professionals during the COVID-19 pandemic in India / N. Suryavanshi, A. Kadam, G. Dhumal, S. Nimkar, V. Mave, A. Gupta, S.R. Cox, N. Gupte // Brain Behav. – 2020. – Vol. 10, № 11. – P. e01837. DOI: 10.1002/brb3.1837
30. Levels of burn-out among healthcare workers during the COVID-19 pandemic and their associated factors: a cross-sectional study in a tertiary hospital of a highly burdened area of north-east Italy / A. Lasalvia, F. Amadeo, S. Porru, A. Carta, S. Tardivo, C. Bovo, M. Ruggeri, C. Bonetto // BMJ Open. – 2021. – Vol. 11, № 1. – P. e045127. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-045127
31. A multinational, multicentre study on the psychological outcomes and associated physical symptoms amongst healthcare workers during COVID-19 outbreak / N.W.S. Chew, G.K.H. Lee, B.Y.Q. Tan, M. Jing, Y. Goh, N.J.H. Ngiam, L.L.L. Yeo, A. Ahmad [et al.] // Brain Behav. Immun. – 2020. – Vol. 88. – P. 559–565. DOI: 10.1016/j.bbi.2020.04.049
32. Первичко Е.И., Коноховская Ю.Е. Психологическое благополучие врачей и медицинского персонала в условиях пандемии COVID-19: обзор зарубежных исследований // Психиатрия, психотерапия и клиническая психология. – 2020. – Т. 11, № 3. – С. 595–608. DOI: 10.34883/PI.2020.11.3.016
33. Psychological status of medical workforce during the COVID-19 pandemic: A cross-sectional study / W. Lu, H. Wang, Y. Lin, L. Li // Journal of Psychiatry Research. – 2020. – Vol. 288. – P. 112936. DOI: 10.1016/j.psychres.2020.112936
34. Duan L., Zhu G. Psychological interventions for people affected by the COVID-19 epidemic // Lancet Psychiatry. – 2020. – Vol. 7, № 4. – P. 300–302. DOI: 10.1016/S2215-0366(20)30073-0
35. The emotional impact of Coronavirus 2019-nCoV (new Coronavirus disease) / C.K.T. Lima, P.M. de Medeiros Carvalho, I. de Araújo Araruna Silva Lima, J.V.A. de Oliveira Nunes, J.S. Saraiva, R.I. de Souza, C.G.L. da Silva, M.L.R. Neto // Psychiatry Res. – 2020. – Vol. 287. – P. 112915. DOI: 10.1016/j.psychres.2020.112915
36. Psychological stress of ICU nurses in the time of COVID-19 / X. Shen, X. Zou, X. Zhong, J. Yan, L. Li // Crit. Care. – 2020. – Vol. 24, № 1. – P. 200. DOI: 10.1186/s13054-020-02926-2
37. Psychological impact of the 2015 MERS outbreak on hospital workers and quarantined hemodialysis patients / S.M. Lee, W.S. Kang, A.-R. Cho, T. Kim, J.K. Park // Compr. Psychiatry. – 2018. – Vol. 87. – P. 123–127. DOI: 10.1016/j.comppsy.2018.10.003

38. Mental health care for medical staff in China during the COVID-19 outbreak / Q. Chen, M. Liang, Y. Li, J. Guo, D. Fei, L. Wang, L. He, C. Sheng [et al.] // *Lancet Psychiatry*. – 2020. – Vol. 7, № 4. – P. e15–e16. DOI: 10.1016/s2215-0366(20)30078-x
39. Shanafelt T., Ripp J., Trockel M. Understanding and Addressing Sources of Anxiety Among Health Care Professionals During the COVID-19 Pandemic // *JAMA*. – 2020. – Vol. 323, № 21. – P. 2133–2134. DOI: 10.1001/jama.2020.5893
40. Опыт организации психологической подготовки медицинского персонала для работы с пациентами с COVID-19 / И.Н. Абросимов, Н.В. Воробыло, Ю.С. Кузнецова, Ю.В. Волчкова, Д.П. Панкова, С.Т. Саджая, А. Канатбек кызы, У.В. Самылина // *Медицинская психология в России*. – 2021. – Т. 13, № 2 (67). – С. 1–6. DOI: 10.24412/2219-82452021-2-2
41. The impact of the COVID-19 pandemic on the mental health of healthcare professional / F. Ornell, S.C. Halpern, F.H.P. Kessler, J.C. de Magalhães Narvaez // *Cad. Saude Publica*. – 2020. – Vol. 36, № 4. – P. e00063520. DOI: 10.1590/0102-311X00063520
42. Maslach C., Schaufeli W.B., Leiter M.P. Job burnout // *Annu. Rev. Psychol.* – 2001. – Vol. 52. – P. 397–422. DOI: 10.1146/annurev.psych.52.1.397
43. Barriers to seeking help for physicians with substance use disorder: A review / F. Vayr, F. Herin, B. Jullian, J.M. Soulat, N. Franchitto // *Drug Alcohol Depend.* – 2019. – Vol. 199. – P. 116–121. DOI: 10.1016/j.drugalcdep.2019.04.004
44. Mitigating the Psychological Impact of COVID-19 on Healthcare Workers: A Digital Learning Package / H. Blake, F. Bermingham, G. Johnson, A. Tabner // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2020. – Vol. 17, № 9. – P. 2997. DOI: 10.3390/ijerph17092997
45. Ho C.S., Chee C.Y., Ho R.C. Mental Health Strategies to Combat the Psychological Impact of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Beyond Paranoia and Panic // *Ann. Acad. Med. Singap.* – 2020. – Vol. 49, № 3. – P. 155–160.
46. Progression of Mental Health Services during the COVID-19 Outbreak in China / W. Li, Y. Yuan, Z.-H. Liu, Y.-J. Zhao, Q. Zhang, L. Zhang, T. Cheung, Y.-T. Xiang // *Int. J. Biol. Sci.* – 2020. – Vol. 16, № 10. – P. 1732–1738. DOI: 10.7150/ijbs.45120

К проблеме выявления групп риска по формированию синдрома эмоционального выгорания сотрудников медицинских организаций в период пандемии COVID-19 / Т.А. Платонова, А.А. Голубкова, С.С. Смирнова, Е.В. Дьяченко, К.В. Шахова, А.Д. Никитская // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 4. – С. 162–172. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.18

UDC 619.9, 614.24-002, 159.96
DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.18.eng



Research article

ON REVEALING RISK GROUPS REGARDING EMOTIONAL BURN-OUT SYNDROME AMONG MEDICAL WORKERS DURING THE COVID-19 PANDEMIC

**T.A. Platonova¹, A.A. Golubkova^{2,3}, S.S. Smirnova^{4,5}, E.V. Dyachenko⁵,
K.V. Shahova¹, A.D. Nikitskaya⁶**

¹European medical center “UMMC-Health”, 113 Sheinkmana Str., Ekaterinburg, 620144, Russian Federation

²Central research institute of epidemiology, 3A Novogireevskaya Str., Moscow, 111123, Russian Federation

³Russian Medical Academy for Continuous Professional Education, bldg. 1, 2/1 Barrikadnaya Str., Moscow, 125993, Russian Federation

⁴Ekaterinburg Research Institute of Viral Infections of the “Vector” State Research Center of Virology and Biotechnology, 23 Letnyaya Str., Ekaterinburg, 620030, Russian Federation

⁵Ural State Medical University, 3 Repina Str., Ekaterinburg, 620028, Russian Federation

⁶N.I. Pirogov’s Municipal Clinical Hospital No. 1, 8 Leninsky Ave., 117049, Moscow, Russian Federation

© Platonova T.A., Golubkova A.A., Smirnova S.S., Dyachenko E.V., Shahova K.V., Nikitskaya A.D., 2021

Tatyana A. Platonova – Candidate of Medical Sciences, Head of the Epidemiological Department (e-mail: fill.1990@inbox.ru; tel.: +7 (343) 344-27-67; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5441-854X>).

Alla A. Golubkova – Doctor of Medical Sciences, Professor, Leading Researcher at the Laboratory for Healthcare Associated Infections (HAIs); Professor at the Department of Epidemiology (e-mail: allagolubkova@yandex.ru; tel.: +7 (912) 617-39-85; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4812-2165>).

Svetlana S. Smirnova – Candidate of Medical Sciences, Head of the Ural-Siberian Scientific-Methodological Center for Preventing Healthcare Associated Infections (HAIs); Associate Professor at the Department of Epidemiology, Social hygiene and Organization of Sanitary-Epidemiological Service (e-mail: smirnova_ss69@mail.ru; tel.: +7 (343) 261-99-47; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9749-4611>).

Elena V. Dyachenko – Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor, Deputy Head of the Laboratory of Communication Skills at the Accreditation and Simulation center (e-mail: al-dyachenko@yandex.ru; tel.: +7 (922) 614-63-56; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2221-5614>).

Kira V. Shahova – HR Director (e-mail: LytovaKV@ugmk-clinic.ru; tel.: +7 (343) 344-27-67; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7929-8599>).

Anna D. Nikitskaya – epidemiologist (e-mail: NikiNiri@yandex.ru; tel.: +7 (906) 751-23-44; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4836-8966>).

Medical workers have become a most affected population group during the pandemic of the new coronavirus infection (COVID-19). They were the first to start fighting against an unknown infection and at that stage their psychoemotional state determined not only correct evaluations of a situation but also relevant planning regarding control over it.

Our research aim was to study the peculiarities of reacting to stress of medical organizations in an emergency epidemic situation in order to reveal potential risk groups for developing emotional burnout syndrome.

We applied our own author's anonymous online poll available at Google platform to examine psychoemotional state of medical workers. The poll had a built-in "Scale of perceived stress-10" that included two sub-scales; one of them measured a subjectively perceived level of the situation strain and the other, the amounts of efforts made by medical workers to overcome it. The poll was performed in November–December 2020; overall, 638 medical workers took part in it. They were of different age and sex and had different positions and working experience.

We established great variability in individual levels of overstrain as per the stress perception sub-scale ($Ex < 0$; $Ex = -0.59$) with more "low" than "high" values as per this sub-scale ($As > 0$; $As = 5.66$). Having analyzed variability of values as per the stress overcoming sub-scale, we revealed that they were homogenous ($Ex > 0$; $Ex = 3.98$) with prevailing "high" values ($As < 0$; $As = -6.97$).

Medical workers with their working experience being shorter than 5 years turned out to be a risk group with the most destructive reactions to long-term affecting stress factors at work and at home during the COVID-19 pandemic. Apart from them, high mental risks were also detected for workers who treated patients with COVID-19 as well as those who had previously had the coronavirus infection.

The research allowed obtaining actual data on psychoemotional state of medical workers during the COVID-19 pandemic and determining potential risk groups regarding developing emotional burnout syndrome. We substantiated the necessity to constantly provide psychological trainings for medical workers with their focus on peculiarities of their reacting during the first meeting with destabilizing factors and with further adjustment of educational programs provided for potential risk groups.

Key words: COVID-19, pandemic, medical workers, psychoemotional state, stress perception and overcoming, adjustment activities, psychological aid, emotional safety.

References

1. Briko N.I., Kagramanyan I.N., Nikiforov V.V., Suranova T.G., Chernyavskaya O.P., Polezhaeva N.A. Pandemic COVID-19. Prevention Measures in the Russian Federation. *Epidemiologiya i vaktsinoprofilaktika*, 2020, vol. 19, no. 2, pp. 4–12. DOI: 10.31631/2073-3046-2020-19-2-4-12 (in Russian).
2. Shchelkanov M.Yu., Kolobukhina L.V., Burgasova O.A., Kruzhkova I.S., Maleev V.V. COVID-19: etiology, clinical picture, treatment. *Infektsiya i immunitet*, 2020, vol. 10, no. 3, pp. 421–445. DOI: 10.15789/2220-7619-CEC-1473 (in Russian).
3. Coronavirus (COVID-19): online map showing the coronavirus infection spread. Available at: <https://coronavirus-monitor.ru/> (01.03.2021) (in Russian).
4. Coronavirus: online map of coronavirus infection, statistics. Available at: <https://coronavirus-monitor.info/> (01.03.2021) (in Russian).
5. Shakirova A.T., Koibagarova A.A., Osmonaliev M.K., Ahmedov M.T., Ibraimova A.J. Impact of COVID-19 on the psychological state of people. *Evrasiiskii soyuz uchenykh*, 2020, vol. 79, no. 10, pp. 50–53 (in Russian).
6. Alserehi H.A., Alqunaibet A.M., Al-Tawfiq J.A., Alharbi N.K., Alshukairi A.N., Alanazi K.H., Bin Saleh G.M., Alshehri A.M. [et al.]. Seroprevalence of SARS-CoV-2 (COVID-19) among healthcare workers in Saudi Arabia: comparing case and control hospitals. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*, 2021, vol. 99, no. 3, pp. 115273. DOI: 10.1016/j.diagmicrobio.2020.115273
7. Chou R., Dana T., Buckley D.I., Selph S., Fu R., Totten A.M. Epidemiology of and Risk Factors for Coronavirus Infection in Health Care Workers: A Living Rapid Review. *Ann. Intern. Med.*, 2020, vol. 173, no. 2, pp. 120–136. DOI: 10.7326/M20-1632
8. Kursumovic E., Lennane S., Cook T. Deaths in healthcare workers due to COVID-19: the need for robust data and analysis. *Anaesthesia*, 2020, vol. 75, no. 8, pp. 989–992. DOI: 10.1111/anae.15116
9. Wang X., Liu W., Zhao J., Lu Y., Wang X., Yu C., Hu S., Shen N. [et al.]. Clinical characteristics of 80 hospitalized frontline medical workers infected with COVID-19 in Wuhan, China. *J. Hosp. Infect.*, 2020, vol. 105, no. 3, pp. 399–403. DOI: 10.1016/j.jhin.2020.04.019
10. Calo F., Russo A., Camaioni C., De Pascalis S., Coppola N. Burden, risk assessment, surveillance and management of SARS-CoV-2 infection in health workers: a scoping review. *Infect. Dis. Poverty*, 2020, vol. 9, no. 1, pp. 139. DOI: 10.1186/s40249-020-00756-6
11. Treibel T.A., Manisty C., Burton M., McKnight A., Lambourne J., Augusto J.B., Couto-Parada X., Cutino-Moguel T. [et al.]. COVID-19: PCR screening of asymptomatic health-care workers at London hospital. *Lancet*, 2020, vol. 395, no. 10237, pp. 1608–1610. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)31100-4
12. Hunter E., Price D.A., Murphy E., van der Loeff I.S., Baker K.F., Lendrem D., Lendrem C., Schmid M.L. [et al.]. First experience of COVID-19 screening of health care workers in England. *Lancet*, 2020, vol. 395, no. 10234, pp. e77–e78. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30970-3
13. Tan Z., Khoo D.W.S., Zeng L.A., Tien J.-C.C., Lee A.K.Y., Ong Y.Y., Teo M.M., Abdullah H.R. Protecting health care workers in the front line: Innovation in COVID-19 pandemic. *J. Glob. Health*, 2020, vol. 10, no. 1, pp. 010357. DOI: 10.7189/jogh.10.010357
14. Nguyen L.H., Drew D.A., Graham M.S., Joshi A.D., Guo C.-G., Ma W., Mehta R.S., Warner E.T. [et al.]. Risk of COVID-19 among front-line health-care workers and the general community: a prospective cohort study. *Lancet Public Health*, 2020, vol. 5, no. 9, pp. 475–483. DOI: 10.1016/S2468-2667(20)30164-X
15. Tsaranov K.N., Zhiltsov V.A., Klimova E.M., Tarbastaev A.G. Perceptions of personal safety hazards in the context of the COVID-19 pandemic by USA and Russian medical staff. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta*, 2020, no. 2, pp. 236–247 (in Russian).
16. El-Hage W., Hingray C., Lemogne C., Yrondi A., Brunault P., Bienvenu T., Etain B., Paquet C. [et al.]. Health professionals facing the coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic: What are the mental health risks? *Encephale*, 2020, vol. 46, no. 3S, pp. S73–S80. DOI: 10.1016/j.encep.2020.04.008 (in French).
17. Kononov A.N. Anxiety about the future in the context of a coronavirus pandemic: a content analysis study. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Psikhologicheskie nauki*, 2020, no. 3, pp. 18–28. DOI: 10.18384/2310-7235-2020-3-18-28 (in Russian).
18. Petrikov S.S., Kholmogorova A.B., Suroegina A.Yu., Mikita O.Yu., Roy A.P., Rakhmanina A.A. Professional burnout, symptoms of emotional disorders and distress among healthcare professionals during the COVID-19 epidemic. *Konsul'tativnaya psikhologiya i psikhoterapiya*, 2020, vol. 28, no. 2 (108), pp. 8–45. DOI: 10.17759/cpp.2020280202 (in Russian).
19. Piskunova V.V. Psychological preparedness of future nurses to provide medical services in a pandemic. *Vestnik Prikamskogo social'nogo instituta*, 2020, vol. 86, no. 2, pp. 57–59 (in Russian).
20. Rasskazova E.I., Leontiev D.A., Lebedeva A.A. Pandemic as a challenge to subjective well-being: anxiety and coping. *Konsul'tativnaya psikhologiya i psikhoterapiya*, 2020, vol. 28, no. 2 (108), pp. 90–108 (in Russian).
21. Staniszewska Z., Staniszewski M. Perspectives and significance of psychoprevention and psychotherapy of the consequences of global stressful situations in connection with the COVID-19 pandemic. *Studia Humanitatis*, 2020, no. 3, pp. 8 (in Russian).
22. Kholmogorova A.B., Petrikov S.S., Suroegina A.Yu., Mikita O.Yu., Rakhmanina A.A., Roy A.P. Burnout and its factors in healthcare workers involved in providing health care for patients with COVID-19 at different stages of the pandemic. *Neotlozhnaya meditsinskaya pomoshch'. Zhurnal im. N.V. Sklifosovskogo*, 2020, vol. 9, no. 3, pp. 321–337. DOI: 10.23934/2223-9022-2020-9-3-321-337 (in Russian).

23. Xiang Y.-T., Yang Y., Li W., Zhang L., Zhang Q., Cheung T., Ng C.H. Timely mental health care for the 2019 novel coronavirus outbreak is urgently needed. *Lancet Psychiatry*, 2020, vol. 7, no. 3, pp. 228–229. DOI: 10.1016/s2215-0366(20)30046-8
24. Tan B.Y.Q., Chew N.W.S., Lee G.K.H., Jing M., Goh Y., Yeo L.L.L., Zhang K., Chin H.-K. [et al.]. Psychological Impact of the COVID-19 Pandemic on Health Care. *Ann. Intern. Med.*, 2020, vol. 173, no. 4, pp. 317–320. DOI: 10.7326/M20-1083
25. Lasalvia A., Bonetto C., Porru S., Carta A., Tardivo S., Bovo C., Ruggeri M., Amadeo F. Psychological impact of COVID-19 pandemic on health-care workers in a highly burdened area of north-east Italy. *Epidemiol. Psychiatr. Sci.*, 2020, vol. 30, pp. e1. DOI: 10.1017/S2045796020001158
26. Bohlken J., Schömig F., Lemke M.R., Pumberger M., Riedel-Heller S.G. COVID-19-Pandemie: Belastungen des medizinischen Personals [COVID-19 Pandemic: Stress Experience of Healthcare Workers – A Short Current Review]. *Psychiatr. Prax.*, 2020, vol. 47, no. 4, pp. 190–197. DOI: 10.1055/a-1159-5551 (in German).
27. Sahebi A., Nejati B., Moayedi S., Yousefi K., Torres M., Golitaleb M. The prevalence of anxiety and depression among healthcare workers during the COVID-19 pandemic: An umbrella review of meta-analyses. *Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry*, 2021, vol. 107, pp. 110247. DOI: 10.1016/j.pnpbp.2021.110247
28. Barello S., Palamenghi L., Graffigna G. Burnout and somatic symptoms among frontline healthcare professionals at the peak of the Italian COVID-19 pandemic. *Psychiatry Res.*, 2020, vol. 290, pp. 113129. DOI: 10.1016/j.psychres.2020.113129
29. Suryavanshi N., Kadam A., Dhumal G., Nimkar S., Mave V., Gupta A., Cox S.R., Gupte N. Mental health and quality of life among healthcare professionals during the COVID-19 pandemic in India. *Brain Behav.*, 2020, vol. 10, no. 11, pp. e01837. DOI: 10.1002/brb3.1837
30. Lasalvia A., Amadeo F., Porru S., Carta A., Tardivo S., Bovo C., Ruggeri M., Bonetto C. Levels of burn-out among healthcare workers during the COVID-19 pandemic and their associated factors: a cross-sectional study in a tertiary hospital of a highly burdened area of north-east Italy. *BMJ Open*, 2021, vol. 11, no. 1, pp. e045127. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-045127
31. Chew N.W.S., Lee G.K.H., Tan B.Y.Q., Jing M., Goh Y., Ngiam N.J.H., Yeo L.L.L., Ahmad A. [et al.]. A multinational, multicentre study on the psychological outcomes and associated physical symptoms amongst healthcare workers during COVID-19 outbreak. *Brain Behav. Immun.*, 2020, vol. 88, pp. 559–565. DOI: 10.1016/j.bbi.2020.04.049
32. Pervichko E., Koniukhovskaia J. Psychological well-being of doctors and healthcare providers during the COVID-19 pandemic: overview of foreign studies. *Psikhiatriya, psikhoterapiya i klinicheskaya psikhologiya*, 2020, vol. 11, no. 3, pp. 595–608. DOI: 10.34883/PI.2020.11.3.016 (in Russian).
33. Lu W., Wang H., Lin Y., Li L. Psychological status of medical workforce during the COVID-19 pandemic: A cross-sectional study. *Psychiatry Res.*, 2020, vol. 288, pp. 112936. DOI: 10.1016/j.psychres.2020.112936
34. Duan L., Zhu G. Psychological interventions for people affected by the COVID-19 epidemic. *Lancet Psychiatry*, 2020, vol. 7, no. 4, pp. 300–302. DOI: 10.1016/S2215-0366(20)30073-0
35. Lima C.K.T., de Medeiros Carvalho P.M., de Araújo Araruna Silva Lima I., de Oliveira Nunes J.V.A., Saraiva J.S., de Souza R.I., da Silva C.G.L., Neto M.L.R. The emotional impact of Coronavirus 2019-nCoV (new Coronavirus disease). *Psychiatry Res.*, 2020, vol. 287, pp. 112915. DOI: 10.1016/j.psychres.2020.112915
36. Shen X., Zou X., Zhong X., Yan J., Li L. Psychological stress of ICU nurses in the time of COVID-19. *Crit. Care*, 2020, vol. 24, no. 1, pp. 200. DOI: 10.1186/s13054-020-02926-2
37. Lee S.M., Kang W.S., Cho A.-R., Kim T., Park J.K. Psychological impact of the 2015 MERS outbreak on hospital workers and quarantined hemodialysis patients. *Compr. Psychiatry*, 2018, vol. 87, pp. 123–127. DOI: 10.1016/j.comppsy.2018.10.003
38. Chen Q., Liang M., Li Y., Guo J., Fei D., Wang L., He L., Sheng C. [et al.]. Mental health care for medical staff in China during the COVID-19 outbreak. *Lancet Psychiatry*, 2020, vol. 7, no. 4, pp. e15–e16. DOI: 10.1016/s2215-0366(20)30078-x
39. Shanafelt T., Ripp J., Trockel M. Understanding and Addressing Sources of Anxiety Among Health Care Professionals During the COVID-19 Pandemic. *JAMA*, 2020, vol. 323, no. 21, pp. 2133–2134. DOI: 10.1001/jama.2020.5893
40. Abrosimov I.N., Vorotylo N.V., Kuznetsova Yu.S., Volchkova Yu.V., Pankova D.P., Sadjaya S.T., Kanatbek quzu A., Samilina U.V. Experience in organizing psychological training of medical personnel to work with patients with COVID-19. *Meditsinskaya psikhologiya v Rossii*, 2021, vol. 13, no. 2 (67), pp. 1–6. DOI: 10.24412/2219-8245-2021-2-2 (in Russian).
41. Ornell F., Halpern S.C., Kessler F.H.P., de Magalhães Narvaez J.C. The impact of the COVID-19 pandemic on the mental health of healthcare professional. *Cad. Saude Publica*, 2020, vol. 36, no. 4, pp. e00063520. DOI: 10.1590/0102-311X00063520
42. Maslach C., Schaufeli W.B., Leiter M.P. Job burnout. *Annu. Rev. Psychol.*, 2001, vol. 52, pp. 397–422. DOI: 10.1146/annurev.psych.52.1.397
43. Vayr F., Herin F., Jullian B., Soulat J.M., Franchitto N. Barriers to seeking help for physicians with substance use disorder: A review. *Drug Alcohol Depend.*, 2019, vol. 199, pp. 116–121. DOI: 10.1016/j.drugalcdep.2019.04.004
44. Blake H., Birmingham F., Johnson G., Tabner A. Mitigating the Psychological Impact of COVID-19 on Healthcare Workers: A Digital Learning Package. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2020, vol. 17, no. 9, pp. 2997. DOI: 10.3390/ijerph17092997
45. Ho C.S., Chee C.Y., Ho R.C. Mental Health Strategies to Combat the Psychological Impact of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Beyond Paranoia and Panic. *Ann. Acad. Med. Singap.*, 2020, vol. 49, no. 3, pp. 155–160.
46. Li W., Yuan Y., Liu Z.-H., Zhao Y.-J., Zhang Q., Zhang L., Cheung T., Xiang Y.-T. Progression of Mental Health Services during the COVID-19 Outbreak in China. *Int. J. Biol. Sci.*, 2020, vol. 16, no. 10, pp. 1732–1738. DOI: 10.7150/ijbs.45120

Platonova T.A., Golubkova A.A., Smirnova S.S., Dyachenko E.V., Shahova K.V., Nikitskaya A.D. On revealing risk groups regarding emotional burn-out syndrome among medical workers during the COVID-19 pandemic. *Health Risk Analysis*, 2021, no. 4, pp. 162–172. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.18.eng

Получена: 11.03.2021

Принята: 07.12.2021

Опубликована: 30.12.2021



Обзорная статья

АНАЛИЗ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ РИСКА РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНЕЙ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ У МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Л.М. Карамова¹, Э.Т. Валеева¹, Н.В. Власова¹, Р.Р. Галимова¹, Г.Р. Башарова²

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

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

Представлен анализ отечественных и зарубежных литературных источников, посвященных изучению воздействия факторов рабочей среды и трудового процесса на заболеваемость медицинских работников болезнями системы кровообращения (БСК). В настоящее время доказано, что одной из основных причин высокой заболеваемости медперсонала БСК является специфика профессиональной деятельности. Определены основные факторы рабочей среды и трудового процесса, способные инициировать и пролонгировать развитие сердечно-сосудистой патологии. Установлено, что ведущее место среди неблагоприятных факторов трудового процесса у медицинских работников принадлежит напряженности труда за счет нервно-эмоциональной нагрузки, высокой ответственности, круглосуточного и ночного режима работы (класс 3.2–3.3). Немаловажное значение имеют вредные химические вещества и биологические агенты, шум и ультразвук, лазерное воздействие и ионизирующая радиация. Рядом авторов показано, что распространенность БСК среди медицинских работников значительно выше, чем среди населения и работающих в других отраслях промышленности. Самые высокие уровни заболеваемости БСК отмечены у медицинских специалистов с наиболее вредными условиями труда (класс 3.2–3.3). Высокая степень профессиональной обусловленности БСК характерна для врачей хирургических, терапевтических, фтизиатрических служб. Наиболее высокий риск развития БСК имеют врачи скорой медицинской помощи ($RR = 3,1$; $EF = 67,7\%$). Оценка риска сердечно-сосудистых нарушений по системе SCORE показала, что около 15 % медицинских работников старше 40 лет относятся к группе умеренного сердечно-сосудистого риска, старше 50 лет – имеют высокий (20,0–22,0 %) или очень высокий (10,0–12,5 %) суммарный риск смерти от БСК.

Ключевые слова: производственно-профессиональные риски, болезни системы кровообращения, медицинские работники.

Болезни системы кровообращения (БСК) по распространенности и тяжести осложнений занимают ведущие места в структуре общей заболеваемости, среди причин инвалидности и преждевременной смертности населения трудоспособного возраста [1, 2]. Основными причинами эпидемии сердечно-сосудистой патологии считаются факторы образа жизни: ку-

рение, употребление алкоголя, нерациональное питание, гиперхолестеринемия, гипертриглицеридемия, избыточная масса тела, гиподинамия [3, 4]. Материалы социально-гигиенических исследований показывают, что БСК регистрируются у 37–41 % населения, на современном этапе наблюдается беспрецедентный рост БСК среди населения. В Республике Башкортостан

© Карамова Л.М., Валеева Э.Т., Власова Н.В., Галимова Р.Р., Башарова Г.Р., 2021

Карамова Лена Мирзаевна – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела медицины труда (e-mail: oozr@mail.ru; тел.: 8 (347) 55-30-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0857-1150>).

Валеева Эльвира Тимерьяновна – доктор медицинских наук, главный научный сотрудник отдела медицины труда (e-mail: oozr@mail.ru; тел.: 8 (347) 55-30-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9146-5625>).

Власова Наталья Викторовна – кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела медицины труда (e-mail: vnv.vlasova@yandex.ru; тел.: 8 (347) 55-30-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3926-0937>).

Галимова Расима Расиховна – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела медицины труда (e-mail: oozr@mail.ru; тел.: 8 (347) 55-30-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4658-545X>).

Башарова Гузель Радисовна – доктор медицинских наук, профессор кафедры поликлинической терапии с курсом ИДПО (e-mail: bashdoc@yandex.ru; тел.: 8 (917) 41-14-735; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3122-0375>).

стан БСК с 31372,3 случая в 2013 г. возросли до 32253,4 на 100 тысяч взрослого населения в 2017 г. Они занимают третье–пятое место в структуре общей заболеваемости (9,8–14,5 %) и первое – в структуре смертности (49,9 %) [5–7].

Здравоохранение относится к виду деятельности, где на работников воздействует комплекс факторов производственной среды: тяжесть и напряженность трудового процесса, биологические, химические, физические факторы, способствующие риску развития профессиональных, профессионально обусловленных заболеваний, в том числе и БСК. Условия и характер труда разных категорий и профессиональных групп работников здравоохранения, безусловно, важны с точки зрения охраны здоровья. Многие медики при исполнении обязанностей подвергаются воздействию неблагоприятных факторов, в частности это высокое нервно-эмоциональное напряжение и дискомфортный микроклимат, вредные химические вещества и биологические агенты, шум и ультразвук, лазерное воздействие и ионизирующая радиация, недостаточная освещенность рабочих мест [8–11]. Нередко в процессе трудовой и профессиональной деятельности работники подвергаются воздействию одновременно от 4 до 7 вредных производственных факторов [12–16]. Труд медработников характеризуется значительной интеллектуальной нагрузкой, повышенными требованиями к объему оперативной и долговременной памяти, вниманию, ряд специалистов (врачи, фельдшеры скорой медицинской помощи, врачи хирургического профиля) нередко трудятся в экстремальных, чрезвычайных ситуациях, что требует разработки комплекса профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья и поддержание необходимого уровня профессионализма¹ [2, 17–22]. Распространенность БСК среди профессиональных групп медицинских работников различна (от 39,6 до 55,8 случая на 100 обследованных), однако у врачей практически всех специальностей БСК в структуре общей заболеваемости занимают первое место (25,0–27,6 %), а среди средних медицинских работников – второе–третье место². С учетом наличия довольно большого и разнообразного количества негативно действующих производственных и профессиональных факторов и высокого уровня распространенности

БСК среди медицинских работников во многих исследованиях проведено изучение оценки условий труда с позиции факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний и обоснования предложений по их профилактике [7–9, 11–16, 23–29]. Изучение условий труда и состояния здоровья работников проводится согласно действующим нормативным документам. Доказательной базой для оценки профессионального риска являются результаты научных исследований, посвященных гигиенической оценке условий труда и профессиональной деятельности как факторов ущерба здоровью различных специальностей и профессий работников медицинских организаций³ [1, 2, 17–25, 30–36].

Факторами априорного профессионального риска у медицинских работников являются гиподинамия, длительная статическая нагрузка, локальное перенапряжение отдельных групп мышц, воздействие физических, химических, биологических факторов, психоэмоциональное напряжение, сменный, ночной график работы, определяющие тяжесть и напряженность трудового процесса. К существенным факторам риска здоровью можно отнести возникшую в последние годы проблему снижения мотивации к труду [37, 38].

Ведущее место среди неблагоприятных факторов трудового процесса всех групп медицинских работников занимает напряженность трудового процесса за счет нервно-эмоциональной нагрузки, дефицита времени, высокой ответственности за результат деятельности (лечения), непредсказуемости событий в срочных и неотложных ситуациях. Круглосуточный режим работы, ночные смены приводят к десинхронозу, хроническому недосыпанию, которые вносят значительный вклад в риск развития сердечно-сосудистых заболеваний, способствуют появлению гипертонии, ожирения, более высокому потреблению кофеина, курению, развитию диабета, достоверному повышению концентрации кортизола, адреналина, глюкозы в крови. Известно, что напряженный режим работы у врачей хирургического профиля является причиной стресса у 31,1 % работников, у сотрудников терапевтических служб – в 23,2 % случаев. Как следствие, у 48,5 % медицинских работников, работающих по сменному графику, диагностированы те или иные БСК. На высокое нервно-эмоциональное напряжение в процессе трудовой деятельности указывают практически все

¹ Кардиология. Национальное руководство / под ред. Е.В. Шляхто. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 800 с.; Артемьева Н.Н. Комплексная характеристика состояния здоровья среднего медицинского персонала скорой медицинской помощи: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2011. – 25 с.

² Сутырина О.М. Социально-гигиеническое исследование заболеваемости, образа жизни и условий труда медицинских работников крупной многопрофильной больницы: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2011. – 25 с.

³ Вредные химические вещества: справочник / под ред. В.А. Филова. – Л.: Химия, 1988. – 512 с.; Бердяева И.А. Медико-социальная характеристика врачей Амурской области: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Хабаровск, 2012. – 24 с.; Васин В.А. Научное обоснование системы оздоровления медицинских работников скорой медицинской помощи: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2011. – 25 с.; Эхте К.А. Научное обоснование мероприятий по оптимизации медико-социальных условий профессиональной деятельности российского врача (по материалам Тверской области): автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М., 2013. – 46 с.

врачи (92,2 %) и 75,0–81,8 % средних медработников [14, 15, 19, 20, 22, 27, 39, 40].

Условия труда по показателю напряженности трудового процесса у врачей и сестер терапевтического профиля классифицируются как вредный 3-й класс первой степени – 3.1, у специалистов хирургического профиля и медицинских работников скорой медицинской помощи (СМП) – вредный 3-й класс второй–третьей степени – 3.2–3.3 [26–29].

В ранее выполненных исследованиях было показано, что признаки синдрома эмоционального выгорания различной степени выраженности в нашей стране имеют от 40 до 80 % врачей [39, 40]. Постоянный хронический психоэмоциональный стресс, физическое переутомление постепенно формируют синдром профессионального выгорания (СПВ), в фазе истощения которого находятся 45,7 % хирургов, 39,7 % работников скорой помощи и 19,2 % терапевтов [10]. Возраст лиц с СПВ находится в пределах 45–50 лет. К психоэмоциональным факторам, влияющим на развитие СПВ, можно также отнести степень удовлетворенности своим трудом, межличностные и профессиональные взаимоотношения в коллективе и семье, оплату труда, качество жизни, соматическое благополучие. Психосоциальное состояние врача и медицинской сестры жизненно важно для безопасности и качества их профессиональной деятельности. Установлено, что средний показатель «суммарной степени стрессованности труда» у врачей всех специальностей более чем в семь раз выше, чем, например, у работников нефтеперерабатывающих производств. К основным признакам формирующегося СПВ отнесены: физическое утомление (врачи – 36,6–42,4 %, средние медработники – 54,6–61,7 %), повышение артериального давления, низкий уровень настроения, астеническое состояние. У лиц со сформировавшимся СПВ общая заболеваемость регистрируется на уровне 11142,7 ‰, что в 1,8 раза выше, чем у медработников, у которых не выявлен СПВ (617,2 ‰). При этом 21,8 % приходится на БСК. Пик формирования СПВ у работников приходится на возраст 30–49 лет при стаже работы от 10 до 20 лет, когда удельный вес БСК достигает 37,0–50,8 %. Корреляционный анализ установил сильную прямую функциональную зависимость ($r = 0,87$; $p < 0,01$) между уровнем заболеваемости и стадиями развития СПВ [5, 10, 22, 34, 36–40].

Тяжесть труда медицинских работников определяется подъемом и переносом больных, вынужденной рабочей позой, длительной статической нагрузкой, которые ведут к физическому переутомлению, нарушению кровообращения, повышению артериального давления, астенизации [7, 8, 15, 16, 20, 23, 33]. Физическое переутомление отмечают 36,6–42,4 % врачей и 54,6–61,7 % средних медработников. Регулярные физические перегрузки являются одной из

причин развития артериальной гипертензии. Кратковременная динамическая физическая перегрузка может провоцировать развитие атерогенной дислипидемии, активацию факторов коагуляции, является фактором, предрасполагающим к развитию синдрома Да Косты, характеризующегося нарушением дыхания и работы сердца (повышение артериального давления, частоты пульса, боли в области сердца). Длительная статическая нагрузка при работе стоя способствует развитию хронической венозной недостаточности нижних конечностей.

Класс условий труда по показателям тяжести трудового процесса у различных профессиональных групп медицинских работников (подъем и перемещение тяжести, нахождение в неудобной позе, статические нагрузки) определяется от допустимого класса условий труда 2 (терапевтический профиль) до вредного – 3-го класса 2-й степени вредности (хирурги, врачи и средний медицинский персонал).

Труд медицинских работников связан также с воздействием химических, биологических, физических факторов. Воздействие комплекса химических соединений связано в основном с применением лекарственных препаратов, средств для наркоза, асептики и дезинфекции. В процессе труда медицинских работников широко используются анальгетики, гормоны, антибиотики, витамины, ноотропы, препараты, обладающие кардиопротекторным эффектом, концентрации которых на отдельных рабочих местах достигают предельно допустимых (ПДК). Хроническое воздействие ряда соединений увеличивает сердечный ритм, минутный объем кровообращения и, как следствие, влияет на атерогенную перестройку сосудов и миокарда, оказывает действие, соответствующее их свойствам [2, 14–16, 21, 25, 30–33]. Класс условий труда по химическому фактору у отдельных групп медицинских работников (средний персонал, анестезиологи-реаниматологи, хирурги) соответствует вредному 3-му классу 1-й степени.

Работа среднего медицинского персонала и врачей учреждений противотуберкулезной службы, инфекционистов, отоларингологов, специалистов поликлиник и стационаров осуществляется в условиях постоянного воздействия биологического фактора бактериальной, грибковой и вирусной природы⁴ [15, 20–24, 29, 32]. Работники хирургического профиля, диагностических служб имеют непосредственный контакт с биологическим материалом (ткань больных, кровь, моча, мокрота и т.д.). Класс условий труда по биологическому фактору соответствует вредному 3-му классу 2–3-й степени.

Специалисты диагностических, физиотерапевтических служб (рентгенологи, радиологи, физиотерапевты, УЗИ, МРТ, КТ) подвергаются воздействию электромагнитных полей различной частоты. Хроническое воздействие электромагнитных полей сверх-

⁴ Артемьева Н.Н. Указ. соч.

высоких частот оказывает атерогенное и кардиотоксическое действия и может привести к развитию синдромов, проявляющихся синусовой брадикардией, артериальной гипертензией, дисцефальным кризом, ангиоспастическими реакциями, приводящими к нарушению коронарного и мозгового кровообращения. Влияние ультразвука вызывает развитие периферических вегетативно-сенсорных нарушений, способствует формированию ангиодистонического синдрома и вегетосенсорной нейропатии [3, 9, 11, 25, 33].

Комплексное изучение состояния здоровья медицинских работников в различных регионах страны и наши собственные многолетние материалы показывают, что распространенность БСК и их удельный вес в структуре общей заболеваемости были выше, чем среди работников различных промышленных производств. Углубленные медицинские осмотры, выполненные в различных учреждениях здравоохранения, показывают, что в среднем на 100 обследованных врачей диагностируется 48,3 случая заболеваний сердечно-сосудистой системы, на средних медработников – 37,4 случая⁵ [17]. Удельный вес их составляет от 32,8 до 48,8 % общей заболеваемости⁵. Эти показатели оказываются заметно выше аналогичных, относящихся к работникам различных промышленных предприятий, а также к взрослому населению в целом. Например, по результатам периодических медицинских осмотров (ПМО), проведенных в различных городских округах, муниципальных районах и городских поселениях, на 100 осмотренных работников выявлено от 18 до 20 случаев БСК, что составило 23,9 % в структуре всей заболеваемости [21]. Среди работников нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий БСК диагностированы у 28,0 %, производства хромовых соединений – 26,0 %, на птицефабрике – у 34,6 % лиц [2, 21, 24, 32, 36].

Соотнесение показателей распространенности болезней БСК среди врачей и средних медицинских работников различных специальностей с аналогичными данными работающего населения республики 2018 г. [36], принятых за фоновый уровень, показало значительное превышение частоты этой патологии у медицинских работников.

Относительно фоновых показателей среди медицинских работников добавочно (атрибутивный риск) на каждые 100 работников формируется от 7,2 до 37,8 новых случаев болезней сердечно-сосудистой системы.

В настоящее время в структуре нарушений здоровья работников на лидирующие позиции выходят неспецифические в этиологическом отношении заболевания, в развитии которых влияние низких уровней мультифакторного воздействия является независимым фактором риска. В подавляющем

большинстве случаев это полиэтиологические общие соматические заболевания, такие как гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца, язвенная болезнь и др. Такие заболевания называются производственно обусловленными – Work-related diseases. Производственная обусловленность заболеваний является важнейшим показателем неудовлетворительного состояния условий труда на рабочих местах и имеет тенденцию к повышению числа случаев по мере увеличения стажа работы во вредных или опасных условиях труда, а также превышает таковую в группах трудящихся, не контактирующих с вредными факторами⁶ [1–3, 5, 12, 17, 19]. Профессиональная обусловленность заболеваний органов кровообращения у медицинских работников определяется наличием в процессе трудовой деятельности вредных производственных факторов, потенциально способных инициировать и пролонгировать развитие сердечно-сосудистой патологии.

Высокая степень профессиональной обусловленности БСК установлена врачам хирургических, терапевтических, фтизиатрических служб и врачам скорой медицинской помощи (СМП) ($RR = 2,3–3,1$; $EF = 56,5–67,7$ %). Наиболее высокий риск развития БСК имеют врачи СМП ($RR = 3,1$; $EF = 67,7$ %). Средняя степень профессиональной обусловленности БСК определена у врачей диагностических служб стационара ($RR = 1,6–1,8$; $EF = 33,3–44,4$ %).

Ряд исследователей⁷ [17] отмечает, что БСК в структуре заболеваемости среди врачей занимают 48,3 % случаев, а среди средних медицинских работников – 37,4 %. Для врачей в таком случае атрибутивный риск составит 30,3 заболевания на 100 человек, для среднего медперсонала – 19,4 заболевания, и уровень относительного риска достигнет 2,6 у врачей и 2,0 – у средних медицинских работников. Соответственно этиологическая доля профессиональных факторов составит 50,0–61,0 %, что определяет высокую степень профессиональной обусловленности. Такие обобщенные показатели позволяют оценить труд медицинских работников как труд с высоким риском формирования сердечно-сосудистой патологии.

Оценка риска сердечно-сосудистых нарушений по системе SCORE, проведенная среди медицинских работников станции СМП, отделений гемодиализа, фтизиатров, инфекционистов, реаниматологов, стоматологов, терапевтических отделений стационаров, показала, что большинство трудящихся в возрасте до 40 лет относится к группе умеренного риска и только 12,0–15,0 % – к высокому уровню относительного сердечно-сосудистого риска. Работники старше 50 лет имеют высокий (20,0–22,0 %) или

⁵ Сутырина О.М. Указ. соч.

⁶ Кардиология. Национальное руководство / под ред. Е.В. Шляхто. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 800 с.; Сутырина О.М. Указ. соч.

⁷ Сутырина О.М. Указ. соч.

очень высокий (10,0–12,5 %) суммарный риск смерти от БСК⁸ [5, 8, 11, 21, 30, 33].

В ряде исследований выявлены ранние, в том числе доклинические, признаки нарушения сердечно-сосудистой деятельности. По результатам инструментальных исследований электрокардиографии и эхокардиографии установлено наличие признаков гипертрофии миокарда у 18,0 % обследованных. Ультразвуковое дуплексное сканирование сосудов, исследование магистральных артерий головного мозга выявило атеросклеротические стенотические признаки у 8,0 %, нестенотические изменения – у 12,2 %, изменения артерий брахицефального ствола – у 5,0 % лиц⁹ [2, 4, 5, 7]. По данным суточного мониторинга у 16,8 % работников определялось устойчивое повышенное артериальное давление в дневное и ночное время. Суточное мониторирование ЭКГ зафиксировало нарушение ритма и проводимости у 13,6 % работников. Депрессия сегмента ST при физической нагрузке выявлена у 1,0 % обследованных.

Аналитический обзор российских и зарубежных научных авторов показал, что в настоящее время условия труда и профессиональная деятельность медицинских работников сопряжены с воздействием вредных профессионально-производственных факторов, потенциально способных инициировать и пролонгировать нарушения со стороны сердечно-сосудистой системы. На основании гигиенических исследований по оценке условий труда медицинских работников установлен комплекс факторов производственной среды и трудового процесса в различных профессиональных группах (напряженность, тяжесть труда, химический, биологический,

физический). Условия труда медицинских работников различных профессий определены как вредный 3-й класс первой–третьей степени вредности (класс 3.1–3.3). Ведущим вредным фактором практически среди всех профессий является напряженность трудового процесса (3.2–3.3). Наиболее высокий класс опасности условий труда определен для врачей хирургического профиля и всех медицинских работников станций СМП (3.2–3.3). Показано, что распространенность БСК среди медицинских работников в два раза выше, чем среди населения в целом (48,8 и 23,9 % соответственно) и работников других отраслей промышленности. Доказано, что самые высокие уровни заболеваемости БСК и высокая степень (до 67,7 %) их профессиональной обусловленности отмечены у специалистов с наиболее вредными условиями труда (врачи-хирурги и работники станции СМП) [7]. У остальных медицинских работников профессиональная обусловленность соответствует средней степени развития БСК. Оценка профессионального риска развития нарушений сердечно-сосудистой системы у медицинских работников позволила определить этапность в формировании БСК: начальную – до пяти лет работы; стадию напряженной адаптации и клиническую стадию развития, которые необходимо учитывать при проведении ПМО в целях ранней диагностики, выделения группы «риска» по развитию БСК и проведения профилактической и реабилитационной работы.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Охрана здоровья медицинских работников в условиях модернизации здравоохранения / Т.А. Аверьянова, Е.Л. Потеряева, Н.Л. Труфанова, Д.В. Чебыкин // Сибирское медицинское обозрение. – 2012. – Т. 74, № 2. – С. 79–83.
2. Гимаева З.Ф., Каримова Л.К., Захарова Р.Р. Роль периодических медицинских осмотров в выявлении факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний у работников нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств // Гигиена, профпатология и риски здоровью населения: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Уфа, 2016. – С. 408–412.
3. Ford E.S., Capewell S. Proportion of the decline in cardiovascular mortality disease due to prevention versus treatment: public health versus clinical care // *Annu. Rev. Public Health*. – 2011. – Vol. 32. – P. 5–22. DOI: 10.1146/annurev-publhealth-031210-101211
4. Бегун Д.Н., Морозова Т.А., Сурикова А.В. Болезни системы кровообращения как медико-социальная проблема // Молодой учёный. – 2019. – Т. 246, № 8. – С. 25–28.
5. Анализ смертности от сердечно-сосудистых заболеваний в 12 регионах Российской Федерации, участвующих в исследовании «Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в различных регионах России» / С.А. Шальнова, А.О. Конради, Ю.А. Карпов, А.В. Концевая, А.Д. Деев, А.В. Капустина, М.Б. Худяков, Е.В. Шляхто, С.А. Бойцов // Российский кардиологический журнал. – 2012. – Т. 17, № 5. – С. 6–11.
6. Региональные особенности заболеваемости и смертности от болезней системы кровообращения / М.Г. Москвичева, С.А. Белова, С.Л. Кремлев, М.И. Карпова, Н.А. Самсонова // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2016. – Т. 15, № 4. – С. 66–69. DOI: 10.15829/1728-8800-2016-4-66-69
7. Цаликова А.А., Тулатова О.В. Факторы риска развития сердечно-сосудистых заболеваний и информированность о них населения // Молодой учёный. – 2015. – Т. 95, № 15. – С. 318–322.
8. Косарев В.В., Бабанов С.А. Здоровье или профессия (выявление и профилактика профессиональных заболеваний медицинских работников) // Якутский медицинский журнал. – 2009. – № 3. – С. 90–94.
9. Yurt A., Cavuşoğlu B., Günay T. Evaluation of awareness on radiation protection and knowledge about radiological examinations in healthcare professionals who use ionized radiation at work // *Mol. Imaging Radionucl. Ther.* – 2014. – Vol. 23, № 2. – P. 48–53. DOI: 10.4274/mirt.00719
10. Вдовина Д.М. Синдром «эмоционального выгорания» и конфликтное поведение в профессиональной деятельности медицинских сестер // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2014. – Т. 4, № 3. – С. 137.
11. Гатиятуллина Л.Л. Факторы, влияющие на здоровье медицинских работников // Казанский медицинский журнал. – 2016. – Т. 97, № 3. – С. 426–431.
12. Федорович С.В., Арсентьева Н.Л., Рыбина Т.М. Экология и здоровье медицинских работников // Проблемы здоровья и экологии. – 2004. – Т. 2, № 2. – С. 93–105.

⁸ Эхте К.А. Указ. соч.

⁹ Бердяева И.А. Указ. соч.

13. О состоянии условий труда и профессиональной заболеваемости работников в Российской Федерации / А.А. Горский, Е.С. Почтарева, В.А. Пилишенко, Д.М. Куркин, Н.Ю. Глушкова // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. – Т. 251, № 2. – С. 8–11.
14. Панюшова Е.П., Кирышин В.А. Гигиеническая оценка условий труда и состояния здоровья медицинских работников параклинических отделений // Наука молодых (Erguditio Juvenium). – 2019. – Т. 7, № 1. – С. 129–138. DOI: 10.23888/HMJ201971129-138
15. Ежелева М.И., Ластков Д.О. Анализ заболеваемости и условий труда медицинских сестер хирургического и терапевтического профиля // Вестник гигиены и эпидемиологии. – 2018. – Т. 22, № 2. – С. 8–13.
16. Оборина С.В. Оценка состояния здоровья медицинских работников клинично-лабораторной службы в зависимости от факторов производственной среды и трудового процесса // Медицина труда и экология человека. – 2018. – Т. 14, № 2. – С. 22–27.
17. Бакумов П.А., Зернюкова Е.А., Гречкина Е.Р. Качество жизни и состояние здоровья медицинских работников // Организация охраны здоровья. – 2012. – № 3. – С. 118–122.
18. Евстигнеев С.В., Васильев В.В. Социально-гигиенические основы здоровья сбережения медицинских работников в крупной клинической больнице // Медицина труда и экология человека. – 2015. – № 4. – С. 114–120.
19. Измеров Н.Ф. Анализ влияния профессиональных факторов на здоровье медиков // Труд и здоровье медиков: актовая Эрисмановская лекция. – М.: Реальное время, 2005. – 40 с.
20. Оценка профессиональной готовности медицинских работников к профилактически ориентированной деятельности / А.Н. Павлова, И.А. Мишкит, В.С. Лучкевич, А.Н. Чечура, В.В. Зарудная // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 4. – С. 402–404. DOI: 10.47470/0016-9900-2017-96-4-402-404.
21. Гигиеническая оценка условий труда рабочих хромового производства / А.А. Мамырбаев, Ж.Б. Курманов, С.С. Алимбаев, В.М. Сабыр-ахметова, Д.К. Егизбаева, Л.Д. Сакебаева, К.Н. Шаяхметова // Медицинский журнал Западного Казахстана. – 2016. – Т. 49, № 1. – С. 68–75.
22. Появление эмоционального выгорания у врачей и медицинских сестер / П.А. Бакумов, М.Е. Волчанский, Е.А. Зернюкова, Е.Р. Гречкина, Е.Н. Ковальская, Т.И. Ледовская // Медицина труда и промышленная экология. – 2018. – № 2. – С. 30–36.
23. Оценка медицинскими работниками степени влияния их условий труда на развитие профессиональных заболеваний / Н.Н. Петрухин, О.Н. Андреев, И.В. Бойко, С.В. Гребеньков // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 8. – С. 463–467. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-8-463-467
24. Характеристика состояния сердечно-сосудистой системы у работников выездных бригад скорой медицинской помощи в процессе трудовой деятельности / Р.Ф. Тимербулатов, Т.Р. Зулькарнаев, Ф.Д. Тимербулатов, И.Ф. Тимербулатов, А.Т. Зулькарнаева // Профилактическая медицина. – 2012. – Т. 15, № 1. – С. 16–19.
25. Kristensen T.S. Cardiovascular diseases and the work environment. A critical review of the epidemiologic literature on chemical factors // Scand. J. Work Environ. Health. – 1989. – Vol. 15, № 4. – P. 245–264. DOI: 10.5271/sjweh.1854
26. Ежелева М.И. Гигиеническая оценка условий труда медработников и риска их заболеваемости // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. – 2020. – Т. 17, № 1. – С. 160–184.
27. Болобошкина Т.А., Дементьев А.А. Сравнительная характеристика условий труда медицинских работников станций скорой медицинской помощи в современных условиях // Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья. – 2019. – № 77. – С. 72–77.
28. Профессиональный риск здоровья медицинских работников станции скорой медицинской помощи / Л.М. Карамова, В.О. Красовский, В.Т. Ахметшина, А.С. Хафизова, Н.В. Власова, Р.М. Буляков, Р.Г. Нафиков // Медицина труда и экология человека. – 2017. – Т. 12, № 4. – С. 28–36.
29. Бадамшина Г.Г., Зиятдинов В.Б., Фатхутдинова Л.М. Актуальные вопросы условий труда медицинских работников по уровню биологического фактора // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 9. – С. 551. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-551-552
30. Ахметшина В.Т., Бакиров А.Б., Валеева Э.Т. Закономерности формирования здоровья медицинских работников Республики Башкортостан в современных условиях: материалы второго Всероссийского съезда врачей профпатологов. Ростов-на-Дону, 3–5 октября 2006 г. – Ростов-на-Дону: ЗАО «Полиграфист», 2006. – С. 111–112.
31. Бабанов С.А., Бараева С.А., Будах Д.С. Поражения сердечно-сосудистой системы в практике врача профпатолога // Медицинский альманах. – 2016. – Т. 44, № 4. – С. 106–111.
32. Распространённость заболеваний у работников птицеводческого комплекса по производству продукции уток / М.К. Гайнуллина, Г.А. Янбухтина, В.О. Красовский, Л.М. Масгутова, А.Д. Волгарева, А.С. Хафизова, А.И. Слепцова, Р.Г. Нафиков [и др.] // Гигиена, профпатология и риски здоровью населения: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Уфа, 2016. – С. 381–389.
33. Дубель Е.В. Превалентность различных классов болезней среди медицинского персонала крупного стационара // Здоровье населения и среда обитания. – 2015. – Т. 268, № 7. – С. 17–20.
34. Шишкина А.Р. Особенности проявления синдрома эмоционального выгорания медицинских работников с различным стажем профессиональной деятельности // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Педагогика, психология. – 2019. – Т. 36, № 1. – С. 75–81. DOI: 10.18323/2221-5662-2019-1-75-81
35. Psychosocial interventions for managing occupational stress and burnout among medical doctors: a systematic review / B.A. Clough, S. March, R.J. Chan, L.M. Casey, R. Phillips, M.J. Ireland // Systematic Reviews. – 2017. – Vol. 6, № 1. – P. 144. DOI: 10.1186/s13643-017-0526-3
36. О профилактике профессионально обусловленных заболеваний у медицинских работников / Э.Т. Валеева, Л.М. Карамова, Э.Р. Шайхлисламова, В.О. Красовский, Н.В. Власова // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 9. – С. 936–942.
37. Петри А.Н. Особенности эмоционального выгорания медицинских работников // Акмеология. – 2017. – № 1. – С. 128–133.
38. Овчинников Ю.В., Палченкова М.В., Калачёв О.В. Синдром выгорания: диагностика, принципы лечения, профилактика // Военно-медицинский журнал. – 2015. – Т. 336, № 7. – С. 17–24.
39. Mingote Adan J.C., Moreno Jiménez B., Gálvez Herrer M. [Burnout and the health of the medical professionals: review and preventive options] // Med. Clin. (Barc.). – 2004. – Vol. 123, № 7. – P. 265–270. DOI: 10.1157/13065203 (in Spanish).
40. Mosadeghrad A.M., Ferlie E., Rosenberg D. A study of relationship between job stress, quality of working life and turnover intention among hospital employees // Health Serv. Manage Res. – 2011. – Vol. 24, № 4. – P. 170–181. DOI: 10.1258/hsmr.2011.011009

Анализ профессиональных факторов риска развития болезней системы кровообращения у медицинских работников (обзор литературы) / Л.М. Карамова, Э.Т. Валеева, Н.В. Власова, Р.Р. Галимова, Г.Р. Башарова // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 4. – С. 173–180. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.19

UDC 616.1: 616-05

DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.19.eng

Read
online

Review

**ANALYSIS OF OCCUPATIONAL RISK FACTORS CAUSING DISEASES
OF THE CIRCULATORY SYSTEM IN MEDICAL WORKERS:
LITERATURE REVIEW****L.M. Karamova¹, E.T. Valeeva¹, N.V. Vlasova¹, R.R. Galimova¹, G.R. Basharova²**¹Ufa Research Institute of Occupational Medicine and Human Ecology, 94 Stepana Kuvykina Str., Ufa, 450106, Russian Federation²Bashkir State Medical University, 3 Lenina Str., Ufa, 450008, Russian Federation

The review focuses on analysis of domestic and foreign literature sources concentrating on influence exerted by occupational factors and factors related to labor process on prevalence of diseases of the circulatory system (CSD) among medical workers. At present, specific features typical for occupational activities performed by medical workers are proven to be among major causes of high CSD prevalence among them. Experts have established most common occupational factors and labor-related factors that are able to induce and stimulate development of cardiovascular pathology. Labor intensity associated with neuro-emotional loads, high responsibility, round-the-clock working regime and night shifts (hazard category 3.2–3.3) is established to have a leading role among adverse labor-related factors for medical workers. Other significant contributions are made by adverse chemicals and biological agents, noise and ultrasound, laser exposure and ionizing radiation. Some authors showed that CSD prevalence was considerably higher among medical workers than among people employed in other industries. The highest CSD prevalence was detected among medical workers with the most adverse working conditions (hazard category 3.2–3.3). A high degree of occupational conditionality for CSD is typical for surgeons, therapists, and phthisiatricians. Emergency doctors run the highest risk of CSD (RR = 3.1; EF = 67.7 %). Assessment cardiovascular risks according to the SCORE system revealed that approximately 15 % medical workers older than 40 ran moderate cardiovascular risks; medical workers older than 50, high (20.0–22.0 %) or extremely high (10.0–12.5 %) total risks of death due to CSD.

Key words: occupational and work-related risks; diseases of the circulatory system; medical workers.

References

1. Aver'yanova T.A., Poteryaeva E.L., Trufanova N.L., Chebykin D.V. Okhrana zdorov'ya meditsinskikh rabotnikov v usloviyakh modernizatsii zdravookhraneniya [Health protection of medical workers in the context of health care modernization]. *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie*, 2012, vol. 74, no. 2, pp. 79–83 (in Russian).
2. Gimaeva Z.F., Karimova L.K., Zaharova R.R. Rol' periodicheskikh meditsinskikh osmotrov v vyyavlenii faktorov riska serdechno-sosudistyykh zabolevaniy u rabotnikov neftepererabatyvayushchikh i neftekhimicheskikh proizvodstv [Role of periodic medical examinations in identifying risk factors of cardiovascular diseases in oil refining and petrochemical workers]. *Gigiena, profpatologiya i riski zdorov'yu naseleniya: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. Ufa, 2016, pp. 408–412 (in Russian).
3. Ford E.S., Capewell S. Proportion of the decline in cardiovascular mortality disease due to prevention versus treatment: public health versus clinical care. *Annu. Rev. Public Health*, 2011, vol. 32, pp. 5–22. DOI: 10.1146/annurev-publhealth-031210-101211
4. Begun D.N., Morozova T.A., Surikova A.V. Bolezni sistemy krovoobrashcheniya kak mediko-sotsial'naya problema [Diseases of the circulatory system as a medical and social problem]. *Molodoi uchenyi*, 2019, vol. 246, no. 8, pp. 25–28 (in Russian).
5. Shalnova S.A., Konradi A.O., Karpov Yu.A., Kontsevaya A.V., Deev A.D., Kapustina A.V., Khudyakov M.B., Shlyakhto E.V., Boytsov S.A. Cardiovascular mortality in 12 Russian Federation regions – participants of the "Cardiovascular disease epidemiology in Russian regions" study. *Rossiiskii kardiologicheskii zhurnal*, 2012, vol. 17, no. 5, pp. 6–11 (in Russian).
6. Moskvicheva M.G., Belova S.A., Kremlev S.L., Karpova M.I., Samsonova N.A. Regional specifics of cardiovascular morbidity and mortality. *Kardiologiya i profilaktika*, 2016, vol. 15, no. 4, pp. 66–69. DOI: 10.15829/1728-8800-2016-4-66-69 (in Russian).
7. Tsalikova A.A., Tulatova O.V. Factory riska razvitiya serdechno-sosudistyykh zabolevaniy i informirovannost' o nikh naseleniya [Risk factors for the development of cardiovascular diseases and the awareness of the population about them]. *Molodoi uchenyi*, 2015, vol. 95, no. 15, pp. 318–322 (in Russian).
8. Kosarev V.V., Babanov S.A. Health or profession (revealing and preventive maintenance of professional diseases of medical workers). *Yakutskii meditsinskii zhurnal*, 2009, no. 3, pp. 90–94.

© Karamova L.M., Valeeva E.T., Vlasova N.V., Galimova R.R., Basharova G.R., 2021

Lena M. Karamova – Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief researcher at the Department of Occupational Medicine (e-mail: oozr@mail.ru; tel.: +7 (347) 55-30-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0857-1150>).

Elvira T. Valeeva – Doctor of Medical Sciences, Chief researcher at the Department of Occupational Medicine (e-mail: oozr@mail.ru; tel.: +7 (347) 55-30-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9146-5625>).

Natalya V. Vlasova – Candidate of Biological Sciences, researcher at the Department of Occupational Medicine (e-mail: vnv.vlasova@yandex.ru; tel.: +7 (347) 55-30-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3926-0937>).

Rasima R. Galimova – Candidate of Medical Sciences, Senior researcher at the Department of Occupational Medicine (e-mail: oozr@mail.ru; tel.: +7 (347) 55-30-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4658-545X>).

Guzel R. Basharova – Doctor of Medical Sciences, Professor at the Department of Public Health and Health Organization with a course of ICPE (e-mail: bashdoc@yandex.ru; tel.: +7 (917) 41-14-735; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3122-0375>).

9. Yurt A., Cavaşoğlu B., Günay T. Evaluation of awareness on radiation protection and knowledge about radiological examinations in healthcare professionals who use ionized radiation at work. *Mol. Imaging Radionucl. Ther.*, 2014, vol. 23, no. 2, pp. 48–53. DOI: 10.4274/mirt.00719
10. Vdovina D.M. Sindrom «emotsional'nogo vygoraniya» i konfliktnoe povedenie v professional'noi deyatel'nosti meditsinskikh sester [Burnout syndrome and conflict behavior in the professional activities of nurses]. *Byulleten' meditsinskikh internet-konferentsii*, 2014, vol. 4, no. 3, pp. 137 (in Russian).
11. Gatiyatullina L.L. The factors affecting medical professionals' health. *Kazanskii meditsinskii zhurnal*, 2016, vol. 97, no. 3, pp. 426–431 (in Russian).
12. Fedorovich S.V., Arsenyeva N.L., Rybina T.M. Ecology and health of medical staff. *Problemy zdorov'ya i ekologii*, 2004, vol. 2, no. 2, pp. 93–105 (in Russian).
13. Gorsky A.A., Pochtareva E.S., Pilishenko V.A., Kurkin D.P., Glushkova N.Yu. On the labor conditions and occupational diseases workers in the Russian Federation. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2014, vol. 251, no. 2, pp. 8–11 (in Russian).
14. Panyushova E.P., Kiryushin V.A. Hygienic evaluation of working conditions and health state of medical personnel of paraclinical units. *Nauka molodykh (Eruditio Juvenum)*, 2019, vol. 7, no. 1, pp. 129–138. DOI: 10.23888/HMJ201971129-138 (in Russian).
15. Yezheleva M., Lastkov D. Analysis of morbidity and work conditions among therapeutic and surgical nurses. *Vestnik gigieny i epidemiologii*, 2018, vol. 22, no. 2, pp. 8–13 (in Russian).
16. Oborina S.V. Health assessment of healthcare workers of clinical and laboratory services depending on work environment and work process factors. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*, 2018, vol. 14, no. 2, pp. 22–27 (in Russian).
17. Bakumov P.A., Zernyukova E.A., Grechkina E.R. The quality of life and the state of health in medical personnel. *Organizatsiya okhrany zdorov'ya*, 2012, no. 3, pp. 118–122 (in Russian).
18. Yevstigneyev S.V., Vasilyev V.V. Social and hygienic aspects of health maintenance of healthcare workers in a large clinical hospital. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*, 2015, no. 4, pp. 114–120 (in Russian).
19. Izmerov N.F. Analiz vliyaniya professional'nykh faktorov na zdorov'e medikov [Analysis of the influence of occupational factors on the health of physicians]. *Trud i zdorov'e medikov*. Moscow, Real'noe vremya, 2005, 40 p. (in Russian).
20. Karamova L.M., Hafizova A.S., Basharova G.R. Comparative characteristics of health professional's emergency medical services and other medical institutions. *Gigiena, profpatologiya i riski zdorov'yu naseleniya. Materialy vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. Ufa, 2016, pp. 430–435 (in Russian).
21. Malikova A.I., Chudnovets G.M., Valeeva E.T., Galimova R.R., Gazizova N.R., Karamova L.M., Shaikhislamova E.R., Girfanova L.V. Health status of chrome compounds manufacture workers. *Gigiena, profpatologiya i riski zdorov'yu naseleniya. Materialy vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. Ufa, 2016, pp. 468–473 (in Russian).
22. Bakumov P.A., Volchanskiy M.E., Zernyukova E.A., Grechkina E.R., Kovalskaya E.N., Ledovskaya T.I. Emotional burnout in doctors and medical nurses. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2018, no. 2, pp. 30–36 (in Russian).
23. Krasovskiy V.O., Karamova L.M., Basharova G.R., Galiullin A.R. Clinical and hygienic estimation professional risks to health of medical workers of stations fast medical aid. *Sovremennye problem nauki i obrazovaniya*, 2016, no. 2, pp. 121 (in Russian).
24. Timerbulatov R.F., Zul'karnaev T.R., Timerbulatov F.D., Timerbulatov I.F., Zul'karnaeva A.T. Characteristics of the cardiovascular system in workers of traveling emergency teams at work. *Profilakticheskaya meditsina*, 2012, vol. 15, no. 1, pp. 16–19 (in Russian).
25. Kristensen T.S. Cardiovascular diseases and the work environment. A critical review of the epidemiologic literature on chemical factors. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1989, vol. 15, no. 4, pp. 245–264. DOI: 10.5271/sjweh.1854
26. Yezheleva M.I. Hygienic assessment of medical workers work conditions and risk of their morbidity. *Zdorov'e cheloveka, teoriya i metodika fizicheskoi kul'tury i sporta*, 2020, vol. 17, no. 1, pp. 160–184 (in Russian).
27. Karamova L.M., Krasovskiy V.O., Basharova G.R., Khafizova A.S., Gazizova N.R., Bulykov R.M. Occupation risk of circulatory system diseases in health care workers ambulance station. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*, 2016, vol. 8, no. 4, pp. 131–137 (in Russian).
28. Karamova L.M., Krasovskiy V.O., Akhmetshina V.T., Khafizova A.S., Vlasova N.V., Bulyakov R.M., Nafikov R.G. Occupational health risks of emergency health care workers. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*, 2017, vol. 12, no. 4, pp. 28–36 (in Russian).
29. Karamova L.M., Krasovskiy V.O., Vlasova N.V., Khafizova A.S. Health of hemodialysis healthcare workers. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*, 2018, vol. 16, no. 4, pp. 89–95 (in Russian).
30. Akhmetshina V.T., Bakirov A.B., Valeeva E.T. Zakonomernosti formirovaniya zdorov'ya meditsinskikh rabotnikov Respubliki Bashkortostan v sovremennykh usloviyakh: materialy vtorogo Vserossiiskogo s'ezda vrachei profpatologov [Regularities of the formation of medical workers' health in the Republic of Bashkortostan in modern conditions: materials of the second All-Russian congress of occupational pathologists]. Rostov on Don, ZAO «Poligraf-ist», 2006, pp. 111–112 (in Russian).
31. Babanov S.A., Baraeva R.A., Budash D.S. Lesions of cardiovascular system in the practice of a pathologist. *Meditsinskii al'manakh*, 2016, vol. 44, no. 4, pp. 106–111 (in Russian).
32. Gainullina M.K., Yanbuhtina G.A., Krasovskiy V.O., Masyagutova L.M., Volgareva A.D., Hafizova A.S., Sleptsova A.I., Nafikov R.G. [et al.]. Prevalence of diseases among poultry complex female workers. *Gigiena, profpatologiya i riski zdorov'yu naseleniya. Materialy vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. Ufa, 2016, pp. 381–389 (in Russian).
33. Dubel' Ye.V. Prevalence of different classes of diseases among the health care workers of a large inpatient hospital. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2015, vol. 268, no. 7, pp. 17–20 (in Russian).
34. Karamova L.M., Nafikov R.G. Occupational burnout syndrome in emergency healthcare workers. *Vestnik rossiiskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*, 2013, no. 5–6, pp. 133–135 (in Russian).
35. Clough B.A., March S., Chan R.J., Casey L.M., Phillips R., Ireland M.J. Psychosocial interventions for managing occupational stress and burnout among medical doctors: a systematic review. *Systematic Reviews*, 2017, vol. 6, no. 1, pp. 144. DOI: 10.1186/s13643-017-0526-3
36. Valeyeva E.T., Karamova L.M., Shaikhislamova E.R., Krasovskiy V.O., Vlasova N.V. Hygienic approaches to the prevention of occupational diseases among healthcare workers. *Gigiena i sanitariya*, 2019, vol. 98, no. 9, pp. 936–942. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-9-936-942 (in Russian).
37. Petri A.N. Osobennosti emotsional'nogo vygoraniya meditsinskikh rabotnikov [Features of emotional burnout of medical workers]. *Akmeologiya*, 2017, no. 1, pp. 128–133 (in Russian).
38. Ovchinnikov Yu.V., Palchenkova M.V., Kalachev O.V. Burnout syndrome: diagnosis, principles of treatment, prophylaxis. *Voenna-meditsinskii zhurnal*, 2015, vol. 336, no. 7, pp. 17–24 (in Russian).
39. Mingote Adan J.C., Moreno Jiménez B., Gálvez Herrero M. [Burnout and the health of the medical professionals: review and preventive options]. *Med. Clin. (Barc.)*, 2004, vol. 123, no. 7, pp. 265–270. DOI: 10.1157/13065203 (in Spanish).
40. Mosadeghrad A.M., Ferlie E., Rosenberg D. A study of relationship between job stress, quality of working life and turnover intention among hospital employees. *Health Serv. Manage Res.*, 2011, vol. 24, no. 4, pp. 170–181. DOI: 10.1258/hsmr.2011.011009

Karamova L.M., Valeeva E.T., Vlasova N.V., Galimova R.R., Basharova G.R. Analysis of occupational risk factors causing diseases of the circulatory system in medical workers: literature review. *Health Risk Analysis*, 2021, no. 4, pp. 173–180. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.19.eng

Получена: 04.06.2021

Принята: 12.10.2021

Опубликована: 30.12.2021

УДК 614.7 - 616.1

DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.20

Читать
онлайн

Обзорная статья

АЭРОПОЛЛЮТАНТЫ КАК ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ КАРДИОМЕТАБОЛИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

А.Е. Носов¹, А.С. Байдина¹, О.Ю. Устинова^{1,2}¹Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82²Пермский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Влиянием загрязнения окружающего воздуха обуславливается порядка 3,3 млн преждевременных смертей в год (2,1 млн от ишемической болезни сердца и 1,1 млн от инсульта). Смертность, связанная с загрязнением воздуха, превосходит смертность от таких традиционных факторов риска, как курение, ожирение, повышение уровня глюкозы в крови. Относительный риск смертности в наиболее загрязненных городах в сравнении с наименее загрязненными составляет 1,26 (95 % CI 1,08–1,47). Профессиональная экспозиция различными видами химических веществ, загрязняющих воздух, может обуславливать более 1 млн преждевременных смертей в мире, но её вклад в сердечно-сосудистую заболеваемость еще недостаточно определен. Химический состав загрязнителей атмосферного воздуха достаточно разнообразен и включает в себя как твердые частицы (particulate matter – PM), так и газообразные вещества. Американская ассоциация сердца и Европейское кардиологическое общество определяют PM_{2.5} как фактор риска сердечно-сосудистых заболеваний. В аналитическом обзоре представлены данные о влиянии аэрогенных поллютантов на развитие кардиометаболической патологии и смертность населения от сердечно-сосудистых и метаболических заболеваний (артериальная гипертензия, атеросклероз и ишемическая болезнь сердца, нарушения ритма сердца, сахарный диабет 2-го типа). Представлены данные о патогенетических механизмах влияния аэрогенных поллютантов на развитие этой группы заболеваний: генерация провоспалительных и оксидативных медиаторов и выброс их в системный кровоток; развитие дисбаланса автономной нервной системы с преобладанием активности симпатической нервной системы и нарушением вариабельности ритма сердца; непосредственное поступление поллютантов из легочной ткани в системный кровоток с развитием прямого токсического воздействия. Проведен анализ литературных данных о протективных эффектах в отношении сердечно-сосудистой патологии при снижении загрязнения воздушной среды.

Ключевые слова: аэрогенные поллютанты, взвешенные в воздухе частицы, стойкие органические поллютанты, сердечно-сосудистая патология.

Сердечно-сосудистая патология остается ведущей причиной летальности в трудоспособном возрасте во всем мире и обуславливает более 17 млн преждевременных смертей в год, из которых 3,3 млн случаев связывают с загрязнением атмосферного воздуха химическими веществами техногенного происхождения [1, 2]. Воздействие загрязненного атмосферного воздуха занимает шестое ранговое место среди факторов смертности, опережая такие традиционные факторы риска, как курение (2,48 млн), ожирение (2,85 млн), повышение уровня глюкозы в крови (2,84 млн) [3]. Из фак-

торов риска сердечно-сосудистой смертности в целом только артериальная гипертензия (АГ) имеет большее значение, чем загрязнение воздуха [2]. По данным Е. Braunwald [4], относительный риск смертности в наиболее загрязненных городах в сравнении с наименее загрязненными составляет 1,26 (95 % CI 1,08–1,47). Профессиональная экспозиция различными видами химических веществ, загрязняющих воздух, может обуславливать более 1 млн преждевременных смертей в мире, но её вклад в сердечно-сосудистую заболеваемость еще недостаточно определен [5].

© Носов А.Е., Байдина А.С., Устинова О.Ю., 2021

Носов Александр Евгеньевич – кандидат медицинских наук, заведующий отделением лучевой и функциональной диагностики (e-mail: nosov@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 219-87-36; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0539-569X>).

Байдина Анастасия Сергеевна – кандидат медицинских наук, врач-кардиолог консультативно-поликлинического отделения (e-mail: anastasia_baidina@mail.ru.ru; тел.: 8 (342) 219-87-36; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3131-5868>).

Устинова Ольга Юрьевна – доктор медицинских наук, доцент, заместитель директора по клинической работе (e-mail: ustanova@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-25-34; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9916-5491>).

Химический состав загрязнителей атмосферного воздуха достаточно разнороден и включает в себя как твердые частицы (particulate matter – PM), так и газообразные вещества (летучие органические вещества, озон, оксид азота, углерода монооксид, диоксид серы и т.д.). В свою очередь PM варьируются по размеру и обычно подразделяются на три группы: грубые частицы (PM₁₀, диаметр от 2,5 до 10 мкм), мелкие (PM_{2,5}, диаметр менее 2,5 мкм) и ультрамелкие частицы (диаметр менее 0,1 мкм); кроме того, твердые частицы подразделяются на первичные и вторичные. Первичные частицы напрямую выделяются в атмосферу из источника загрязнения (пыль, металлы, сажа, солевые частицы, споры растений), а вторичные частицы образуются из аэрозольных поллютантов путем нуклеации и перехода газообразной фракции в твердую [4]. Химический состав PM варьируется в зависимости от характера источника и может включать сложные органические молекулы (формальдегид, акролеин, бензол, ксилен, бутадиен, полициклические ароматические углеводороды), углерод, металлы, сульфаты, нитраты [1, 4–7]. Американская ассоциация сердца и Европейское кардиологическое общество определяют PM_{2,5} как фактор риска сердечно-сосудистых заболеваний [8]. Ряд исследований подтвердили, что воздействие PM_{2,5} повышает риск сердечно-сосудистой смертности и нефатальных сердечно-сосудистых событий [3, 9–11]. Однако ни один из химических компонентов или источник PM_{2,5} не продемонстрировали уникальных токсических свойств или особенностей патогенеза сердечно-сосудистых нарушений [3]. В отдельных исследованиях показано увеличение частоты сердечно-сосудистой смертности на 1 % на каждые 10 мкг/м³ повышения концентрации PM_{2,5} в воздухе при кратковременном воздействии [9]. По данным метаанализа G. Cesaroni et al. [12], длительное воздействие PM_{2,5} на каждые 10 мкг/м³ содержания в воздухе приводит к повышению смертности от всех причин на 6 % (95 % CI 4–8 %), а сердечно-сосудистой смертности – на 11 % (95 % CI 5–16 %). Исследованиями R. Chen et al. [13] показано, что кривая зависимости «доза – эффект» влияния загрязнения воздуха PM_{2,5} на сердечно-сосудистую заболеваемость и смертность не имеет нижнего «безопасного» предела.

В метаанализе H. Mustafic et al. [14] продемонстрировано, что кратковременное воздействие воздушных поллютантов (PM_{2,5}, оксиды азота, углерода, серы) ассоциировано с повышением риска развития инфаркта миокарда в течение ближайших суток на 1–5 %. Субанализ острых коронарных событий в 11 когортах проекта ESCAPE (более 100 тысяч участников) показал статистически значимую ассоциацию их развития с воздействием PM_{2,5}, даже при уровне ниже принятого в Евросоюзе (повышение риска на 12 % на каждые 10 мкг/м³ повышения содержания PM₁₀ и на 13 % – на каждые 5 мкг/м³ повышения содержания PM_{2,5}) [12]. На основании ана-

лиза 6,2 млн случаев инсультов в 28 странах установлено небольшое (порядка 1 %), но статистически значимое повышение частоты инсультов и смертности от них на каждые 10 мкг/м³ повышения содержания PM_{2,5} [15]. В то же время, по данным исследований Woman's Health Initiative и ESCAPE, риск инсульта увеличивался в США и Европе на 17,5 и 19 % соответственно на каждые 5 мкг/м³ повышения содержания в атмосферном воздухе PM_{2,5} [16, 17]. По данным P. Zhang et al. [18] сочетанное воздействие PM₁₀ и оксида азота в течение двенадцатилетнего периода ассоциировано в Китае и Корее с повышением смертности от цереброваскулярных заболеваний [19]. Результаты исследования The Women's Health Initiative study показали, что длительное аэрогенное воздействие PM_{2,5} увеличивает риск инсульта на 35 % [17]. Кратковременное повышение концентрации в воздухе газообразных поллютантов и PM_{2,5} ассоциировано с ростом риска госпитализации по поводу сердечной недостаточности и смертности от нее. На каждые 10 мкг/м³ повышения концентрации PM_{2,5} регистрируется 1–1,5 % роста госпитализации по поводу сердечной недостаточности [4, 20]. Английское национальное когортное исследование показало большую частоту случаев сердечной недостаточности, ассоциированной с длительным воздействием повышенных концентраций PM и оксида азота в атмосферном воздухе [17–22]; при этом атрибутивный риск смертности вследствие прогрессирования сердечной недостаточности, связанный с воздействием воздушных поллютантов, может достигать 30 % [4, 23].

Патогенетические механизмы развития сердечно-сосудистой патологии, ассоциированной с воздействием аэрогенных поллютантов. Многочисленные исследования, проведенные в последние два десятилетия, позволили установить основные патогенетические механизмы развития сердечно-сосудистой патологии при воздействии аэрогенных поллютантов. Попадание в дыхательные пути аэрогенных поллютантов запускает процесс их взаимодействия со слизистой верхних и нижних дыхательных путей. Крупные и мелкие частицы (PM_{2,5} и PM₁₀) по-разному распределяются в дыхательных путях и, имея различный химический состав, вызывают неодинаковые биологические эффекты [24]. Первичным повреждающим фактором является депонирование PM и других химических веществ в ткани воздухоносных путей, которое активирует три механизма [25]:

- генерацию провоспалительных и оксидативных медиаторов и выброс их в системный кровоток;
- развитие дисбаланса автономной нервной системы с преобладанием активности симпатической нервной системы и нарушением вариабельности ритма сердца (BPC);
- непосредственное поступление поллютантов из легочной ткани в системный кровоток с развитием прямого токсического воздействия.

Генерация провоспалительных и окислительных медиаторов. Поступление РМ и других химических компонентов, особенно обладающих окислительно-восстановительными свойствами, инициирует каскад реакций окислительного стресса и воспаления в легочной ткани [9, 22]. Свободные радикалы могут как напрямую образовываться в легочной ткани под влиянием некоторых веществ, например металлов, так и при активации клеток иммунной системы легких в результате контакта с РМ. Стимуляция окислительно-восстановительного механизма с образованием свободных радикалов (супероксида и гидроксила) приводит к повышению активности полиморфноядерных лейкоцитов, продукции провоспалительных цитокинов (интерлейкина 1 β , интерлейкина-6, интерлейкина-8, фактора некроза опухоли альфа) и хемокинов с целью секвестрации попавших в легочную ткань РМ. Следует отметить, что чем меньше диаметр частиц, попавших в легочную ткань, тем более выраженный окислительный стресс они вызывают. Ряд когортных исследований показал связь экспозиции РМ (среди профессиональных групп и на популяционном уровне) с повышением в крови и моче продуктов окисления белков, липидов и ДНК. Лица с исходно повышенным уровнем продуктов окислительного стресса и воспаления демонстрируют большую подверженность повреждающему действию аэрогенных поллютантов [23, 26, 27]. Кроме того, контакт РМ со слизистой дыхательных путей приводит к повреждению сурфактантной системы и запускает механизмы врожденного иммунитета, создавая в легочной ткани очаг хронического низкоинтенсивного неинфекционного воспаления. Ключевая гипотеза относительно данного механизма заключается в том, что данный процесс носит дезадаптивный характер и возникающие провоспалительные и окислительные реакции не ограничиваются легочной тканью, а приводят к избыточному поступлению медиаторов воспаления в периферический кровоток, провоцируя развитие системной воспалительной реакции с развитием сосудистого окислительного стресса и воспаления, а также эндотелиальной дисфункции [4]. По мере развития и генерализации окислительно-восстановительного и провоспалительного процесса происходит активация клеток крови (полиморфноядерные лейкоциты, Т-лимфоциты, макрофаги, тромбоциты) и целого каскада медиаторов, оказывающих повреждающее действие на сердечно-сосудистую систему: адипоцитокинов (резистин, адипонектин), белков острой фазы (С-реактивный протеин, фибриноген, факторы свертывания) из адипоцитов и гепатоцитов соответственно. Основными хроническими патологическими процессами, которые обусловлены реализацией приведенного механизма, являются атеросклероз, эндотелиальная дисфункция, гипертрофия миокарда, вазоконстрикция и прокоагулянтные изменения, метаболические нарушения [28]. Однако данный механизм потенциально способен приводить и к острым осложнениям, таким как нарушение стабильности ате-

росклеротической бляшки с развитием острых ишемических синдромов [25].

Развитие дисбаланса автономной нервной системы. Ряд нервных рецепторов (ноцицептивных, адренергических) легочной ткани активируется РМ и химическими соединениями, попадающими при дыхании в воздухоносные пути, и обуславливает формирование патологических автономных рефлекторных дуг. Данный механизм приводит к развитию как дисфункции центральной нервной системы (активация вегетативных центров), так и периферических нарушений, выражающихся в преобладании симпатических влияний над парасимпатическими (изменение частоты сердечных сокращений, артериального давления, снижение вариабельности ритма сердца, нарушение процессов реполяризации миокарда) [29]. Активация автономной нервной системы и синтез вазоактивных медиаторов приводят к развитию так называемого «нейрогенного воспаления» с активацией Т-лимфоцитов, молекул адгезии, провоспалительных цитокинов, свободных радикалов [23]. Эти данные свидетельствуют о тесной связи и комплексном влиянии первого и второго механизмов реализации патологического действия поллютантов на сердечно-сосудистую систему. Острые реакции, обусловленные данным механизмом, включают в себя преимущественно нарушения ритма сердца, а хронические – артериальную гипертензию (АГ), гипертрофию миокарда и артерий, метаболические нарушения [25].

Поступление поллютантов из легочной ткани в системный кровоток. В небольшом количестве исследований установлено, что мелкие твердые частицы, а также растворимые химические вещества могут проникать непосредственно в кровоток и оказывать прямое повреждающее действие на сосудистую стенку, клетки крови (в частности тромбоциты), нарушать вазомоторную регуляцию. Однако в связи с малочисленностью научных данных значение данного механизма до настоящего времени считается противоречивым [25, 30].

В научной литературе большинство типовых патологических процессов в сердечно-сосудистой системе, ассоциированных с воздействием воздушных поллютантов (АГ, атерогенез, нарушения ритма сердца, инсулинорезистентность, метаболический синдром и сахарный диабет 2-го типа), объясняются преимущественно этими механизмами. Ниже будут рассмотрены статистические, патофизиологические и клинические аспекты относительно данных состояний в связи с воздействием поллютантов.

Основные заболевания, синдромы и патологические процессы, развивающиеся под воздействием аэрогенных поллютантов. Артериальная гипертензия. Большое количество исследований посвящено изучению связи АГ и воздействия воздушных поллютантов. Согласно Global Burden of Disease Study в мире с повышенным артериальным давлением связаны порядка 10,4 млн смертей и

208,1 млн лет жизни, скорректированных по нетрудоспособности (Disability-adjusted life years – DALY) [2]. У лиц в возрасте 40–69 лет повышение систолического артериального давления (САД) на 20 мм рт. ст. или диастолического артериального давления (ДАД) на 10 мм рт. ст. ассоциируется с более чем двукратным увеличением риска смерти от сердечно-сосудистых событий [31]. Даже незначительное снижение артериального давления приводит к существенному улучшению прогноза: снижение САД на 2 мм рт. ст. уменьшает смертность от инсульта на 5 %, от ишемической болезни сердца (ИБС) – на 4 %, общую смертность – на 3 % [32]. Учитывая статистические данные по кардиоваскулярной заболеваемости и смертности, можно предположить, что даже незначительное влияние на факторы риска АГ может существенно улучшить прогноз в масштабах популяции. К настоящему времени накоплена значительная база данных о влиянии загрязнения атмосферного воздуха на развитие или потенцирование АГ [8, 10, 11, 33–36]. В научных исследованиях продемонстрировано влияние воздушных загрязнителей на уровень артериального давления, развитие стойкой АГ, увеличение обращаемости в отделения неотложной медицинской помощи. По данным Е. Braunwald, при кратковременном воздействии на каждые 10 мкг/м³ повышения содержания РМ_{2,5} в воздухе отмечается рост артериального давления на 1–4 мм рт. ст. Через 2–5 дней после воздействия повышенных уровней РМ_{2,5} повышение артериального давления может составить 8–9 мм рт. ст. [4, 35]. В метаанализе 25 исследований R. Liang et al. [37] было показано, что на каждые 10 мкг/м³ повышения содержания РМ_{2,5} в воздухе артериальное давление повышается на 1,4 / 0,9 мм рт. ст. P. Giorgini et al. [38] показали на выборке 2078 пациентов с АГ, что концентрация РМ_{2,5} в воздухе в среднем $12,6 \pm 8,2$ мкг/м³ в течение нескольких предшествующих дней ассоциируется со статистически значимым повышением артериального давления до 2,1–3,5 / 1,7–1,8 мм рт. ст. на каждое стандартное отклонение в сторону повышения концентрации РМ_{2,5}. Данный эффект регистрировался несмотря на то, что участники исследования находились на постоянной современной гипотензивной терапии и качество воздушной среды в отдаленной перспективе было оптимальным [38]. R.D. Brook et al. [39] оценили влияние загрязнения атмосферного воздуха на уровень артериального давления у 65 жителей Пекина, где концентрация РМ_{2,5} колебалась в диапазоне 9,0–552 мкг/м³. Экспозиция высокими концентрациями РМ_{2,5} в течение 1–7 предшествующих дней приводила к росту САД от 2 (95 % CI 0,3–3,7) до 2,7 (95 % CI 0,6–4,8) на каждое стандартное отклонение в концентрации РМ_{2,5} (67,2 мкг/м³). Длительная экспозиция (в течение предшествующего года) приводила к более выраженному гипертензивному эффекту – 7,3 / 9,5 мм рт. ст. [36]. В ряде исследований установлено, что «острое» воздействие РМ в широком диапазоне разме-

ров частиц (РМ_{0,1–10}) и концентрации в воздухе приводит к быстрому подъему артериального давления от 2 до 10 мм рт. ст. на несколько часов [35]. Длительное воздействие (в течение нескольких лет) РМ_{2,5} связано с развитием стойкой АГ. В когорте 35 303 человек взрослого населения Канады, проживающих на относительно экологически чистой территории, повышение концентрации РМ_{2,5} в воздухе на 10 мкг/м³ ассоциировалось с 13 % преваляирования заболеваемости АГ (*HR* 1,13 (95 % CI 1,05–1,22)) [40]. Повышение обращаемости в отделения неотложной помощи по поводу ухудшения течения АГ в периоды возрастания загрязненности атмосферного воздуха отмечается как в странах с высоким (Китай), так и с более низким (Канада) уровнем загрязнения [41]. Доказано, что длительная экспозиция РМ_{2,5} ассоциирована с повышением смертности, связанной с АГ [42].

Эндотелиальная дисфункция и вазоконстрикция. В ряде исследований показано, что экспозиция аэрогенными загрязнителями приводит к вазоконстрикции и эндотелиальной дисфункции [25, 29]. В частности, в Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA) на когорте 4607 пациентов S.D. Adar et al. [43] установлено влияние экспозиции РМ_{2,5} на редукцию просвета артерий сетчатки. Данный эффект отмечался и при кратковременной (в течение дня), и при длительной (в среднем два года) экспозиции. Аналогичный эффект выявлен в Бельгийском исследовании (84 пациента), где изучалось влияние РМ₁₀ на просвет артерий сетчатки при кратковременной экспозиции [44].

Одним из наиболее значимых механизмов развития сердечно-сосудистой патологии является индукция эндотелиальной дисфункции повреждающими факторами (в частности аэрогенными загрязнителями). Незначительное повышение концентрации РМ_{2,5} в воздухе, по данным больших когортных исследований в США, приводит к достоверному снижению поток-зависимой вазодилатации [45, 46]. Увеличение среднегодовой концентрации в воздухе РМ_{2,5} на 3 мкг/м³ сравнимо с эффектом воздействия курения на эндотелиальную функцию (снижение на 0,3 %) или увеличения возраста на пять лет [46].

Нарушения ритма сердца. По данным литературы, с экспозицией аэрогенных загрязнителей отмечена связь электрической нестабильности миокарда, изменений частоты сердечных сокращений, нарушений ритма, снижения вариабельности ритма сердца (ВРС) [47–50]. Установлено, что высокий уровень маркеров системного воспаления и оксидативного стресса предрасполагает к более выраженным нарушениям ритма сердца на фоне воздействия аэрогенных загрязнителей [49]. Однако индуцированная загрязнителями желудочковая аритмия и фибрилляция предсердий отмечались в подавляющем числе случаев у лиц с уже имеющимся заболеванием сердца [51]. Более того, исследования с контро-

лируемым ингаляционным воздействием поллютантов не показали развития аритмий при остром воздействии у здоровых участников исследования [52].

Изменение ВРС было одним из первых биологических эффектов, описанных при экспозиции воздушных поллютантов [25]. Метаанализ 29 эпидемиологических исследований, включающий 18 667 пациентов, продемонстрировал, что повышение концентраций $PM_{2.5}$ в воздухе на 10 мкг/м^3 приводило к статистически значимому снижению как временных, так и частотных показателей ВРС, дисбалансу автономной нервной системы в сторону преобладания симпатической активности [53]. Снижение ВРС является признанным фактором риска сердечно-сосудистой смерти. Ряд исследований выявил нарушение процессов реполяризации на ЭКГ под влиянием РМ. Эти данные подразумевают наличие изменений на уровне ионных каналов кардиомицитов, что может провоцировать у предрасположенных лиц развитие нарушений ритма сердца вплоть до фатальных желудочковых аритмий [54, 55]. Реализация нейрогенного эффекта воздействия аэрогенных поллютантов на развитие дисбаланса автономной нервной системы получила свое подтверждение в исследовании, проведенном С.М. Barbosa в Бразилии. Во время сжигания сахарного тростника, которое сопровождалось повышением содержания РМ в воздухе, у здоровых рабочих отмечался рост уровня артериального давления в сочетании с увеличением активности периферических симпатических нервов, установленным методом микронейрографии [56].

Атеросклероз. Длительное воздействие аэрогенных поллютантов способствует потенцированию развития атеросклероза [25]. Данному эффекту поллютантов посвящен ряд исследований последних двух десятилетий. По данным Е.Н. Wilker длительная экспозиция высоких концентраций мелкодисперсных РМ ассоциируется с увеличением толщины комплекса интима-медиа (ТКИМ) на $1,1 \%$ в год на каждые $0,26 \text{ мкг/м}^3$ увеличения концентрации РМ в воздухе [57]. Наиболее значимые результаты получены в исследовании MESA. У 5362 человек, проживающих в шести городах США с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, в серии ультразвуковых исследований было показано увеличение ТКИМ на 5 мкм (95% CI $2,6-7,4$) в год на каждые $2,5 \text{ мкг/м}^3$ повышения концентрации $PM_{2.5}$. В то же время снижение аэрогенной нагрузки $PM_{2.5}$ на 1 мкг/м^3 приводило к уменьшению прогрессии ТКИМ ($-2,8 \text{ мкм}$ в год (95% CI от $-1,6$ до $-3,9$)) [58]. Первые данные о влиянии загрязнения атмосферного воздуха на прогрессирование атеросклеротического процесса получены N. Kunzli в исследовании населения Лос-Анджелеса в 2005 г. Были обследованы 798 человек старше 40 лет без наличия в анамнезе сердечно-сосудистой патологии и диабета. Установлено, что на каждые 10 мкг/м^3 повышения концентрации $PM_{2.5}$ в воздухе (диапа-

зон $5,2-26,9 \text{ мкг/м}^3$) толщина комплекса интима-медиа увеличивалась на $5,9 \%$ (95% CI $1,0-10,9$) [59]. M. Bauer et al. [60] в исследовании 2010 г. в Германии установили, что увеличение концентрации в воздухе $PM_{2.5}$ на $4,2 \text{ мкг/м}^3$, а PM_{10} – на $6,7 \text{ мкг/м}^3$ ассоциировано с увеличением ТКИМ на $4,3 \%$ (95% CI $1,9-6,7 \%$) и $1,7 \%$ ($-0,7-4,1 \%$) соответственно. По данным С. Tonne et al. [2] на каждые $5,2 \text{ мкг/м}^3$ повышения концентрации PM_{10} отмечается увеличение ТКИМ на 5% (95% CI $1,9-8,3 \%$).

Инсулинорезистентность, сахарный диабет 2-го типа, метаболический синдром. В последние два десятилетия накапливается массив информации относительно влияния аэрогенных поллютантов на развитие заболеваний и состояний, связанных с инсулинорезистентностью (метаболический синдром, сахарный диабет 2-го типа (СД2), неалкогольная жировая болезнь печени) [61, 62]. Данный эффект аэрогенных поллютантов отмечен как в регионах с относительно низким, так и с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха [63, 64]. Ключевым патогенетическим механизмом развития данной группы нарушений является инсулинорезистентность. По данным R.D. Brook [65], экспозиция у 25 здоровых взрослых повышенными концентрациями $PM_{2.5}$ в течение пяти дней (юго-восточный Мичиган) ассоциировалась со снижением чувствительности к инсулину по данным Homeostasis Model Assessment of Insulin Resistance Values (HOMA-IR). В исследовании установлено, что нарушение ВРС коррелировало с повышением резистентности к инсулину. Е.Н. Wilker в исследовании, проведенном в Германии, показал повышение резистентности к инсулину и ухудшение контроля СД2 [57]. Одновременно с повышением риска развития АГ длительное воздействие $PM_{2.5}$ повышает риск развития манифестного СД2 [61]. Н. Chen et al. [63] продемонстрировали на популяции 62 012 жителей Канады повышение риска СД2 на 11% на каждые 10 мкг/м^3 длительного повышения концентрации в воздухе $PM_{2.5}$. F. Liang et al. [66] при наблюдении за 88 397 жителями Китая, среди которых выявлено 6439 новых случаев СД2, показали, что воздействие $PM_{2.5}$ повышало риск развития СД2 на $15,7 \%$ (95% CI $6,42-25,70$) на каждые 10 мкг/м^3 . Исследование Lao X.Q. также продемонстрировало повышение риска развития СД2 при длительном воздействии $PM_{2.5}$. По сравнению с первым квартилем концентрации $PM_{2.5}$ в воздухе HR для второго, третьего и четвертого квартилей составил $1,28$ (95% CI $1,18-1,39$), $1,27$ (95% CI $1,17-1,38$) и $1,16$ (95% CI $1,07-1,26$) соответственно [67]. В метаанализе I.C. Eze и обзоре X. Rao было подтверждено повышение риска развития СД2 на $8-13 \%$ на каждые 10 мкг/м^3 повышения концентрации в атмосферном воздухе $PM_{2.5}$ [68, 69]. Оксидативный стресс и хроническое неинфекционное воспаление (metaflammation) имеют первостепенное значение в патогенезе метаболических нарушений и СД2, ассоциированных с воздействием аэрогенных

поллютантов, что обусловлено активацией провоспалительных цитокинов и клеток врожденного иммунитета в висцеральных жировых депо [61]. Данный механизм во многом сходен с патогенезом диабетогенного воздействия ряда продуктов питания, где процессы воспаления играют главную роль в патогенезе СД2 [70]. Воздействие аэрогенных поллютантов ассоциировано с повышением уровней в крови фактора некроза опухоли, интерлейкина-6, резистина и лептина. Также повышается концентрация протромботических адипокинов (ингибитор активатора плазминогена-1) и циркулирующих молекул адгезии (ICAM-1, Е-селектин). Последние способствуют адгезии лейкоцитов к эндотелию посткапиллярных венул [71]. Дисбаланс автономной нервной системы в сторону повышения активности симпатического отдела также вносит значимый вклад в развитие инсулинорезистентности. Ряд легочных рецепторов, таких как transient receptor potential ankyrin 1 (TRPA1), может стимулироваться аэрогенными поллютантами и симпатическим звеном автономной нервной системы посредством центральных механизмов [72]. Эндотелиальная дисфункция часто предшествует развитию инсулинорезистентности и ассоциирована с нарушением периферической утилизации глюкозы [73]. Толл-подобные рецепторы (Toll-like receptors – TLRs) и нуклеотид-связывающие доменные рецепторы олигомеризации (nucleotide-binding oligomerization domain-like receptors – NLRs) определяют патогенетический механизм связи воздействия аэрогенных поллютантов и ожирения / СД2 [74, 75]. Продукты окислительно-восстановительных реакций (пальмитоил-арахидонил фосфохолин, фрагменты гиалуроновой кислоты) активируют TLR4, а также способствуют освобождению хемокинового лиганда (CCL-2), активирующего моноциты [76]. В целом выделяют четыре механизма иммунной активации, приводящей к развитию инсулинорезистентности / СД2:

- прямой воспалительный / оксидативный стресс, стимулирующий альвеолярные макрофаги к синтезу интерлейкина-1, фактора некроза опухоли альфа, интерлейкина-6 и хемокинов (CCL-2 и CCL-5), которые определяют клеточный ответ в костном мозге и селезенке [77];

- захват макрофагами ингалированных поллютантов и презентация их Т-лимфоцитам во вторичных лимфоидных органах [78];

- прямое проникновение ряда поллютантов (органические вещества, металлы) в системный кровоток с развитием сосудистого воспаления и инсулинорезистентности [79];

- вовлечение центральных механизмов воспаления через рефлекторные дуги, связывающие рецепторы легочной ткани и головной мозг [73].

Кардиометаболические эффекты стойких органических поллютантов. Кардиометаболические эффекты стойких органических поллютантов (persistent organic pollutants – POPs) в научной литературе

описаны в гораздо меньшей степени, чем эффекты РМ. К веществам данного класса относят большую группу токсикантов, таких как полихлорированные бифенилы, диоксины, ароматические соединения, галогензамещенные ароматические углеводороды. Для изучения биологических эффектов данных соединений на сердечно-сосудистую систему применяются преимущественно кросс-секционные популяционные и проспективные исследования, которые позволяют проследить отдаленные эффекты низких доз органических токсикантов [34]. Патогенетические механизмы действия POPs в отношении кардиометаболических нарушений, как правило, имеют мало специфических черт и представляют собой типовые патологические процессы. Так, группа диоксинов и полихлорированных бифенилов воздействует на рецептор ароматических углеводородов (aryl hydrocarbon receptor – AHR). Активация данного рецептора ведет к повышению активности цитохрома P450 CYP1A1 и образованию активных форм кислорода и развитию низкоинтенсивного воспаления [80]. Одновременно происходят нарушения процессов апоптоза и изменения клеточного цикла, окисление липопротеидов и ускорение атеросклеротических процессов в сосудистой стенке [81]. Ряд веществ воздействует на рецепторы, активируемые пероксисомными пролифераторами (PPAR-рецепторы), которые нарушают дифференциацию адипоцитов, метаболизм липидов, снижают чувствительность к инсулину и тем самым повышают риск развития СД2 [82].

В научной литературе имеется ряд данных о влиянии POPs на факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний (АГ, ожирение, СД2) и конечные точки (инфаркт миокарда, инсульт, заболевания периферических артерий). В ходе инцидента в городе Юйчен (Yucheng), связанного с массовой экспозицией полихлорированными бифенилами и полихлорированными дибензофуранами, у женщин с явлениями хлоракне риск развития АГ при наблюдении в течение 24 лет повысился более чем в три раза по сравнению с пациентками без данной патологии [83]. В исследовании A.V. Sergeev выявлено, что в популяции, проживающей на территории, загрязненной POPs, риск АГ увеличивался на 19 % (95 % CI 9–31 %) по сравнению с контрольной группой [84]. В перекрестном исследовании NHANES установлено, что относительный риск АГ в наивысшем квартиле загрязненности окружающей среды полихлорированными бифенилами составил 1,8 (95 % CI 1,2–2,7) [85]. В этом же исследовании на 524 участниках показано, что концентрация диоксина и полихлорированных дибензофуранов в крови коррелировала с риском развития АГ у женщин с относительным риском 5–6 для наивысшего относительно низшего квартиля [86]. В перекрестном исследовании 758 участников (Аннистон, США) на территории, загрязненной полихлорированными бифенилами, относительный риск развития АГ для верхнего тертиля в сравнении с нижним составил 4,1 (95 % CI 1,3–14) [34].

Воздействие POPs ассоциировано с развитием метаболического синдрома (МС). В настоящее время доступны только результаты перекрестных исследований влияния POPs на формирование МС. В национальном исследовании в Японии у более 1300 обследованных содержание в крови диоксинов и полихлорированных бифенилов коррелировало с развитием МС (*OR* 3,2–4,8 при сравнении верхнего и нижнего квартилей). Повышение концентрации POPs в крови было связано с увеличением частоты развития всех компонентов метаболического синдрома [87]. Исследование NHANES продемонстрировало, что плазменная концентрация пестицидов достоверно коррелировала с развитием МС (*OR* 5,3; 95 % *CI* 2,5–11 – при сравнении верхнего и нижнего квартилей). Кроме того, повышение уровня пестицидов в крови (верхний против нижнего квартилей) показало *OR* для увеличения окружности талии 2,4, для триглицеридов – 7,1, для липопротеидов низкой плотности – 2,3, для глюкозы – 5,6, для АГ – 1,8 [88]. В исследовании S.K. Park et al. (Корея) [89] при сравнении 50 пациентов с МС с группой сравнения была показана ассоциация МС с плазменной концентрацией пестицидов, бета-гексахлороциклогексана и гептахлора эпоксида (*OR* 4,4–6,0 для верхнего и нижнего квартилей). Инсулинорезистентность при воздействии POPs как ключевой патогенетический механизм развития МС была изучена в исследовании NHANES у 749 пациентов без СД2. Было исследовано 19 POPs, наиболее выраженную ассоциацию с индексом инсулинорезистентности HOMA-IR продемонстрировали пестициды (*OR* для верхнего квартиля составило 3,8), и данная зависимость была максимальной у лиц с большой окружностью талии [90]. В исследовании PIVUS изучалась ассоциация POPs и жировой массы с помощью рентгеновской абсорбциометрии. Полихлорированные бифенилы с низкой степенью хлорирования показали положительную корреляцию с жировой массой, в то время как полихлорированные бифенилы с высокой степенью хлорирования – обратную [91]. Результаты различного влияния хлорирования POPs могут объясняться фармакокинетическими свойствами и тем фактом, что вещества с низкой степенью хлорирования имеют более короткий период полувыведения. Пик применения данных POPs пришелся на 70-е гг. XX в. M.S. Wolff et al. [92] отмечают, что корреляция POPs с избыточной массой тела при краткосрочном воздействии токсикантов всегда носит обратный характер из-за их депонирования в жировой ткани. Однако через 2–3 периода полувыведения она становится прямой, если дальнейшего поступления POPs не происходит. В исследовании NHANES продемонстрирована прямая корреляция между концентрацией диоксинов в крови и индексом массы тела (ИМТ) и у мужчин, и у женщин [93]. В японском популяционном исследовании (13 тысяч участников) была установлена положительная зависимость концентрации полихлорированных бифенилов в крови и ИМТ [87]. Сходные данные

получены в исследовании CARDIA в течение 25 лет наблюдения [94]. В ряде исследований показано повышение риска развития СД2 при длительном воздействии POPs. В работе O. Vasiliu et al. [95] (более 1300 участников, Мичиган) установлено, что отношение шансов развития СД2 в зависимости от концентрации полибромированных бифенилов в крови составило у женщин 2,0–3,0, а у мужчин – 1,7 (сравнение верхнего квинтиля с нижним). В исследовании CARDIA повышение концентрации в крови пестицида транс-нона-хлордана и ряда полихлорированных бифенилов явилось предиктором развития СД2. Авторы отмечают, что этот эффект проявлялся при относительно небольшом повышении концентрации транс-нона-хлордана в крови (отношение шансов 5,3 для второго секстиля по отношению к первому) [94].

Длительное воздействие POPs способно приводить к развитию атеросклеротического процесса. В перекрестном исследовании PIVUS установлено влияние полихлорированных бифенилов на формирование атеросклеротических бляшек даже после статистической коррекции на 10 известных факторов риска, включая липиды. Сходный эффект отмечен и для метаболитов фталатов [96]. В исследовании IARC, включающем 21 863 рабочих, длительное воздействие диоксинов на производстве ассоциировано с развитием ИБС (*RR* 1,6; 95 % *CI* 1,2–2,2). Относительный риск инсульта в этой же когорте составил 1,5 (95 % *CI* 0,8–2,8) [97]. A.V. Sergeev и I. Shcherbatykh приводят данные о том, что в популяции, проживающей на территории, загрязненной POPs (Нью-Йорк), относительный риск развития инфаркта миокарда возрастал на 20 % (95 % *CI* 3–39 %), а инсульта – на 10 % (95 % *CI* 1,0–1,2) [84, 98]. В исследовании NHANES при экспозиции бисфенолом А относительный риск инфаркта миокарда составил 1,2 (95 % *CI* 1,1–1,4) на одно стандартное отклонение концентрации бисфенола А в моче [99].

Эффект профилактических мероприятий по снижению воздействия загрязнения атмосферного воздуха на сердечно-сосудистую систему. Рандомизированные исследования продемонстрировали прямой протективный эффект от снижения концентрации поллютантов в воздухе. Использование фильтрационных устройств и масок, фильтрующих РМ, приводит к снижению САД, улучшению микровазкулярной функции, снижению уровней воспалительных биомаркеров у взрослых, находящихся под экспозицией РМ_{2,5} [100–102]. Результаты исследования C.A. Pore et al. [103] показали, что на каждые 10 мкг/м³ снижения концентрации РМ_{2,5} в воздухе средняя продолжительность жизни в США в 1970–2000 гг. увеличивалась на 0,61 г. (с учетом демографических, социально-экономических и поведенческих факторов). По данным M. Morishita [104], снижение концентрации РМ_{2,5} в воздухе в 1970–1990-х гг. привело к снижению на каждые 10 мкг/м³ общей смертности на 27 % и сердечно-сосудистой смертности – на 31 %.

Реализация мероприятий по снижению загрязненности атмосферного воздуха может растягиваться на десятилетия, однако даже кратковременное снижение концентрации поллютантов в воздухе (как продемонстрировано во время Олимпиады в Пекине) ведет к быстрому снижению маркеров воспаления, оксидативного стресса и тромбоза [105]. По данным US Environmental Protection Agency, мероприятия по очистке атмосферного воздуха предотвратили более 160 тысяч смертей и

130 тысяч случаев инфаркта миокарда в 2010 г. Отмечается, что в странах с менее качественным воздухом мероприятия по снижению концентрации поллютантов будут иметь более выраженный эффект [23].

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

- Hadley M.B., Baumgartner J., Vedanthan R. Developing a Clinical Approach to Mitigating Risks of Air Pollution and Protecting Cardiovascular Health // *Circulation*. – 2018. – Vol. 137, № 7. – P. 725–742. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.030377
- Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016 / GBD 2016 Risk Factors Collaborators // *Lancet*. – 2017. – Vol. 390, № 10100. – P. 1345–1422. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)32366-8
- Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015 / A.J. Cohen, M. Brauer, R. Burnett, H.R. Anderson, J. Frostad, K. Estep, K. Balakrishnan, B. Brunekreef [et al.] // *Lancet*. – 2017. – Vol. 389, № 10082. – P. 1907–1918. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)30505-6
- Braunwald's Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine 11th Edition / D.P. Zipes, P. Libby, R.O. Bonow, D.L. Mann, G.F. Tomaselli. – Elsevier, 2018. – 2040 p.
- Cullen M.R. Invited commentary: the search for preventable causes of cardiovascular disease – whither work? // *Am. J. Epidemiol.* – 2009. – Vol. 169, № 12. – P. 1422–1425. DOI: 10.1093/aje/kwp078
- Fang S.C., Cassidy A., Christiani D.C. A systematic review of occupational exposure to particulate matter and cardiovascular disease // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2010. – Vol. 7, № 4. – P. 1773–1806. DOI: 10.3390/ijerph7041773
- Particulate matter chemical component concentrations and sources in settings of household solid fuel use / M.H. Secrest, J.J. Schauer, E.M. Carter, J. Baumgartner // *Indoor Air*. – 2017. – Vol. 27, № 6. – P. 1052–1066. DOI: 10.1111/ina.12389
- Expert position paper on air pollution and cardiovascular disease / D.E. Newby, P.M. Mannucci, G.S. Tell, A.A. Baccarelli, R.D. Brook, K. Donaldson, F. Forastiere, M. Franchini [et al.] // *Eur. Heart J.* – 2015. – Vol. 36, № 2. – P. 83–93b. DOI: 10.1093/eurheartj/ehu458
- Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association / R.D. Brook, S. Rajagopalan, C.A. Pope 3rd, J.R. Brook, A. Bhatnagar, A.V. Diez-Roux, F. Holguin, Y. Hong [et al.] // *Circulation*. – 2010. – Vol. 121, № 21. – P. 2331–2378. DOI: 10.1161/CIR.0b013e3181dbec1
- Environmental stressors and cardio-metabolic disease: part I – epidemiologic evidence supporting a role for noise and air pollution and effects of mitigation strategies / T. Munzel, M. Sorensen, T. Gori, F.P. Schmidt, X. Rao, J. Brook, L.C. Chen, R.D. Brook, S. Rajagopalan // *Eur. Heart J.* – 2017. – Vol. 38, № 8. – P. 550–556. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw269
- Environmental stressors and cardio-metabolic disease: part II – mechanistic insights / T. Munzel, M. Sorensen, T. Gori, F.P. Schmidt, X. Rao, J. Brook, L.C. Chen, R.D. Brook, S. Rajagopalan // *Eur. Heart J.* – 2017. – Vol. 38, № 8. – P. 557–564. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw294
- Long-term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events: prospective cohort study and meta-analysis in 11 European cohorts from the ESCAPE / G. Cesaroni, F. Forastiere, M. Stafoggia, Z.J. Andersen, C. Badaloni, R. Beelen, B. Caracciolo, U. de Faire [et al.] // *Project. Br. Med. J.* – 2014. – Vol. 348. – P. f7412. DOI: 10.1136/bmj.f7412
- Association of particulate air pollution with daily mortality: the China Air Pollution and Health Effects Study / R. Chen, H. Kan, B. Chen, W. Huang, Z. Bai, G. Song, G. Pan, CAPES Collaborative Group // *Am. J. Epidemiol.* – 2012. – Vol. 175, № 11. – P. 1173–1181. DOI: 10.1093/aje/kwr425
- Main air pollutants and myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis / H. Mustafic, P. Jabre, C. Caussin, M.H. Murad, S. Escolano, M. Tafflet, M.C. Perier, E. Marijon [et al.] // *J. Am. Med. Assoc.* – 2012. – Vol. 307, № 7. – P. 713–721. DOI: 10.1001/jama.2012.126
- An evidence-based appraisal of global association between air pollution and risk of stroke / W.S. Yang, X. Wang, Q. Deng, W.Y. Fan, W.Y. Wang // *Int. J. Cardiol.* – 2014. – Vol. 175, № 2. – P. 307–313. DOI: 10.1016/j.ijcard.2014.05.044
- Global association of air pollution and incidence of cerebrovascular events: results from eleven European cohorts within the ESCAPE project / M. Stafoggia, G. Cesaroni, A. Peters, Z.J. Andersen, C. Badaloni, R. Beelen, B. Caracciolo, J. Cyrys [et al.] // *Environ. Health Perspect.* – 2014. – Vol. 122, № 9. – P. 919–925. DOI: 10.1289/ehp.1307301
- Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women / K.A. Miller, D.S. Siscovick, L. Sheppard, K. Shepherd, J.H. Sullivan, G.L. Anderson, J.D. Kaufman // *N. Engl. J. Med.* – 2007. – Vol. 356, № 5. – P. 447–458. DOI: 10.1056/NEJMoa054409
- Long-term exposure to ambient air pollution and mortality due to cardiovascular disease and cerebrovascular disease in Shenyang, China / P. Zhang, G. Dong, B. Sun, L. Zhang, X. Chen, N. Ma, F. Yu, H. Guo // *PLoS One*. – 2011. – Vol. 6, № 6. – P. e20827. DOI: 10.1371/journal.pone.0020827
- Effects of air pollutants on acute stroke mortality / Y.C. Hong, J.T. Lee, H. Kim, E.H. Ha, J. Schwartz, D.C. Christiani // *Environ. Health Perspect.* – 2002. – Vol. 110, № 2. – P. 187–191. DOI: 10.1289/ehp.02110187
- Global association of air pollution and heart failure: a systematic review and meta-analysis / A.S.V. Shah, J.P. Langrish, H. Nair, D.A. McAllister, A.L. Hunter, K. Donaldson, D.E. Newby, N.L. Mills // *Lancet*. – 2013. – Vol. 382, № 9897. – P. 1039–1048. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)60898-3
- Long-term exposure to outdoor air pollution and incidence of cardiovascular diseases / R.W. Atkinson, I.M. Carey, A.J. Kent, T.P. van Staa, H.R. Anderson, D.G. Cook // *Epidemiology*. – 2013. – Vol. 24, № 1. – P. 44–53. DOI: 10.1097/EDE.0b013e318276ccb8
- Kelly F., Fussell J.C. Role of oxidative stress in cardiovascular disease outcomes following exposure to ambient air pollution // *Free Radic. Biol. Med.* – 2017. – Vol. 110. – P. 345–367. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2017.06.019
- Cosselman K.E., Navas-Acien A., Kaufman J.D. Environmental factors in cardiovascular disease // *Nat. Rev. Cardiol.* – 2015. – Vol. 12, № 11. – P. 627–642. DOI: 10.1038/nrcardio.2015.152
- Aeroparticles, composition, and lung diseases / C.I. Falcon-Rodriguez, A.R. Osorio-Vargas, I. Sada-Ovalle, P. Segura-Medina // *Front. Immunol.* – 2016. – Vol. 7. – P. 3. DOI: 10.3389/fimmu.2016.00003
- Franklin B.A., Brook R., Pope C.A. 3rd. Air pollution and cardiovascular disease // *Curr. Probl. Cardiol.* – 2015. – Vol. 40, № 5. – P. 207–238. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2015.01.003
- Altered nitric oxide bioavailability contributes to diesel exhaust inhalation-induced cardiovascular dysfunction in man / J.P. Langrish, J. Unosson, J. Bosson, S. Barath, A. Muala, S. Blackwell, S. Söderberg, J. Pourazar [et al.] // *J. Am. Heart Assoc.* – 2013. – Vol. 2, № 1. – P. e004309. DOI: 10.1161/JAHA.112.004309
- Plasma nitrite is an indicator of acute changes in ambient air pollutant concentrations / S.K. Gandhi, D.Q. Rich, P.A. Ohman-Strickland, H.M. Kipen, M. Gow // *Inhal. Toxicol.* – 2014. – Vol. 26, № 7. – P. 426–434. DOI: 10.3109/08958378.2014.913216
- Associations between ambient air pollution and blood markers of inflammation and coagulation/fibrinolysis in susceptible populations / R. Rückerl, R. Hampel, S. Breitner, J. Cyrys, U. Kraus, J. Carter, L. Dailey, R.B. Devlin [et al.] // *Environment international*. – 2014. – Vol. 70. – P. 32–49. DOI: 10.1016/j.envint.2014.05.013
- Gold D.R., Mittleman M.A. New insights into pollution and the cardiovascular system 2010 to 2012 // *Circulation*. – 2013. – Vol. 127, № 18. – P. 1903–1913. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.064337
- Air pollution and arterial hypertension. A new risk factor is in the air / E.J. Sanidas, P.D. Papadopoulos, H. Grassos, R. Velliou, M. Tsioufis, J. Barbetseas, V. Papademetriou // *J. Am. Soc. Hypertens.* – 2017. – Vol. 11, № 11. – P. 709–715. DOI: 10.1016/j.jash.2017.09.008

31. Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: A meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies / S. Lewington, R. Clarke, N. Qizilbash, R. Peto, R. Collins, Prospective Studies Collaboration // *Lancet*. – 2002. – Vol. 360, № 9349. – P. 1903–1913. DOI: 10.1016/s0140-6736(02)11911-8
32. Primary prevention of hypertension: Clinical and public health advisory from The National High Blood Pressure Education Program / P.K. Whelton, J. He, L.J. Appel, J.A. Cutler, S. Havas, T.A. Kotchen, E.J. Roccella, R. Stout [et al.] // *Journal of the American Medical Association*. – 2002. – Vol. 288, № 15. – P. 1882–1888. DOI: 10.1001/jama.288.15.1882
33. Global association between ambient air pollution and blood pressure: A systematic review and meta-analysis / B.Y. Yang, Z. Qian, S.W. Howard, M.G. Vaughn, S.J. Fan, K.K. Liu, G.H. Dong // *Environ. Pollut.* – 2018. – Vol. 235. – P. 576–588. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.01.001
34. Lind L., Lind P.M. Can persistent organic pollutants and plastic-associated chemicals cause cardiovascular disease? // *Journal of internal medicine*. – 2012. – Vol. 271, № 6. – P. 537–553. DOI: 10.1111/j.1365-2796.2012.02536.x
35. Air pollution exposure and blood pressure: an updated review of the literature / P. Giorgini, P. Di Giosia, D. Grassi, M. Rubenire, R.D. Brook, C. Ferri // *Curr. Pharm. Des.* – 2015. – Vol. 22, № 1. – P. 28–51. DOI: 10.2174/1381612822666151109111712
36. Hypertension: a companion to Braunwald's Heart Disease. 3rd edition / Eds. by G.L. Bakris, M.J. Sorrentino. – Elsevier, 2017. – 520 p.
37. Effect of exposure to PM_{2.5} on blood pressure: a systematic review and meta-analysis / R. Liang, B. Zhang, X. Zhao, Y. Ruan, H. Lian, Z. Fan // *J. Hypertens.* – 2014. – Vol. 32, № 11. – P. 2130–2140. DOI: 10.1097/HJH.0000000000000342
38. Particulate matter air pollution and ambient temperature: opposing effects on blood pressure in high-risk cardiac patients / P. Giorgini, M. Rubenire, R. Das, T. Gracik, L. Wang, M. Morishita, R.L. Bard, E.A. Jackson [et al.] // *J. Hypertens.* – 2015. – Vol. 33, № 10. – P. 2032–2038. DOI: 10.1097/HJH.0000000000000663
39. Extreme air pollution conditions adversely affect blood pressure and insulin resistance: the air pollution and cardiometabolic disease study / R.D. Brook, Z. Sun, J.R. Brook, X. Zhao, Y. Ruan, J. Yan, B. Mukherjee, X. Rao [et al.] // *Hypertension*. – 2016. – Vol. 67, № 1. – P. 77–85. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.115.06237
40. Spatial association between ambient fine particulate matter and incident hypertension / H. Chen, R.T. Burnett, J.C. Kwong, P.J. Villeneuve, M.S. Goldberg, R.D. Brook, A. van Donkelaar, M. Jerrett [et al.] // *Circulation*. – 2014. – Vol. 129, № 5. – P. 562–569. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.113.003532
41. Brook R.D., Koussa T. Air pollution and emergency department visits for hypertension in Edmonton and Calgary, Canada: a case-crossover study // *Am. J. Hypertens.* – 2015. – Vol. 28, № 9. – P. 1121–1126. DOI: 10.1093/ajh/hpu302
42. Relationships between fine particulate air pollution, cardiometabolic disorders, and cardiovascular mortality / C.A. Pope 3rd, M.C. Turner, R.T. Burnett, M. Jerrett, S.M. Gapstur, W.R. Diver, D. Krewski, R.D. Brook // *Circ. Res.* – 2015. – Vol. 116, № 1. – P. 108–115. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.116.305060
43. Air pollution and the microvasculature: a cross-sectional assessment of in vivo retinal images in the population-based multi-ethnic study of atherosclerosis (MESA) / S.D. Adar, R. Klein, B.E. Klein, A.A. Szpiro, M.F. Cotch, T.Y. Wong, M.S. O'Neill, S. Shrager [et al.] // *PLoS Med.* – 2010. – Vol. 7, № 11. – P. e1000372. DOI: 10.1371/journal.pmed.1000372
44. Retinal microvascular responses to short-term changes in particulate air pollution in healthy adults / T. Louwies, L.I. Panis, M. Kicinski, P. De Boever, T.S. Nawrot // *Environ. Health Perspect.* – 2013. – Vol. 121, № 9. – P. 1011–1016. DOI: 10.1289/ehp.1205721
45. Relation of long-term exposure to air pollution to brachial artery flow-mediated dilation and reactive hyperemia / E.H. Wilker, P.L. Ljungman, M.B. Rice, I. Kloog, J. Schwartz, D.R. Gold, P. Koutrakis, J.A. Vita [et al.] // *Am. J. Cardiol.* – 2014. – Vol. 113, № 12. – P. 2057–2063. DOI: 10.1016/j.amjcard.2014.03.048
46. Vascular responses to long- and short-term exposure to fine particulate matter: MESA Air (Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis and Air Pollution) / R.M. Krishnan, S.D. Adar, A.A. Szpiro, N.W. Jorgensen, V.C. Van Hee, R.G. Barr, M.S. O'Neill, D.M. Herrington [et al.] // *J. Am. Coll. Cardiol.* – 2012. – Vol. 60, № 21. – P. 2158–2166. DOI: 10.1016/j.jacc.2012.08.973
47. T-wave alternans, air pollution and traffic in high-risk subjects / A. Zanobetti, P.H. Stone, F.E. Speizer, J.D. Schwartz, B.A. Coull, H.H. Suh, B.D. Nearing, M.A. Mittleman [et al.] // *Am. J. Cardiol.* – 2009. – Vol. 104, № 5. – P. 665–670. DOI: 10.1016/j.amjcard.2009.04.046
48. Metal composition of fine particulate air pollution and acute changes in cardiorespiratory physiology / S. Cakmak, R. Dales, L.M. Kauri, M. Mahmud, K. Van Ryswyk, J. Vanos, L. Liu, P. Kumarathasan [et al.] // *Environ. Pollut.* – 2014. – Vol. 189. – P. 208–214. DOI: 10.1016/j.envpol.2014.03.004
49. Oxidative stress and systemic inflammation as modifiers of cardiac autonomic responses to particulate air pollution / M.-S. Lee, K.-D. Eum, S.C. Fang, E.G. Rodrigues, G.A. Modest, D.C. Christiani // *Int. J. Cardiol.* – 2014. – Vol. 176, № 1. – P. 166–170. DOI: 10.1016/j.ijcard.2014.07.012
50. Particulate air pollution, metabolic syndrome, and heart rate variability: the multi-ethnic study of atherosclerosis (MESA) / S.K. Park, A.H. Auchincloss, M.S. O'Neill, R. Prineas, J.C. Correa, J. Keeler, R.G. Barr, J.D. Kaufman, A.V. Diez Roux // *Environ. Health Perspect.* – 2010. – Vol. 118, № 10. – P. 1406–1411. DOI: 10.1289/ehp.0901778
51. Air pollution and activation of implantable cardioverter defibrillators in London / H.R. Anderson, B. Armstrong, S. Hajat, R. Harrison, V. Monk, J. Poloniecki, A. Timmis, P. Wilkinson // *Epidemiology*. – 2010. – Vol. 21, № 3. – P. 405–413. DOI: 10.1097/EDE.0b013e3181d61600
52. Controlled exposures to air pollutants and risk of cardiac arrhythmia / J.P. Langrish, S.J. Watts, A.J. Hunter, A.S.V. Shah, J.A. Bosson, J. Unosson, S. Barath, M. Lundback [et al.] // *Environ. Health Perspect.* – 2014. – Vol. 122, № 7. – P. 747–753. DOI: 10.1289/ehp.1307337
53. An epidemiological appraisal of the association between heart rate variability and particulate air pollution: a meta-analysis / N. Pieters, M. Plusquin, B. Cox, M. Kicinski, J. Vanronsveld, T.S. Nawrot // *Heart*. – 2012. – Vol. 98, № 15. – P. 1127–1135. DOI: 10.1136/heartjnl-2011-301505
54. Acute adverse effects of fine particulate air pollution on ventricular repolarization / D. Liao, M.L. Shaffer, S. Rodriguez-Colon, F. He, X. Li, D.L. Wolbrette, J. Yanosky, W.E. Cascio // *Environ. Health Perspect.* – 2010. – Vol. 118, № 7. – P. 1010–1015. DOI: 10.1289/ehp.0901648
55. The effect of air pollution on spatial dispersion of myocardial repolarization in healthy human volunteers / G. Sivagangabalan, D. Spears, S. Masse, B. Urch, R.D. Brook, F. Silverman, D.R. Gold, K.Z. Lukic [et al.] // *J. Am. Coll. Cardiol.* – 2011. – Vol. 57, № 2. – P. 198–206. DOI: 10.1016/j.jacc.2010.08.625
56. Burnt sugarcane harvesting – cardiovascular effects on a group of healthy workers, Brazil / C.M. Barbosa, M. Terra-Filho, A.L. de Albuquerque, D. Di Giorgi, C. Grupi, C.E. Negrão, M.U. Pinto Brandão Rondon, D.G. Martinez [et al.] // *PLoS One*. – 2012. – Vol. 7, № 9. – P. e46142. DOI: 10.1371/journal.pone.0046142
57. Long-term exposure to black carbon and carotid intima-media thickness: the normative aging study / E.H. Wilker, M.A. Mittleman, B.A. Coull, A. Gryparis, M.L. Bots, J. Schwartz, D. Sparrow // *Environ. Health Perspect.* – 2013. – Vol. 121, № 9. – P. 1061–1067. DOI: 10.1289/ehp.1104845
58. Fine particulate air pollution and the progression of carotid intima-media thickness: a prospective cohort study from the multi-ethnic study of atherosclerosis and air pollution / S.D. Adar, L. Sheppard, S. Vedal, J.F. Polak, P.D. Sampson, A.V. Diez Roux, M.M. Budoff, D.R. Jacobs Jr. [et al.] // *PLoS Med.* – 2013. – Vol. 10, № 4. – P. e1001430. DOI: 10.1371/journal.pmed.1001430
59. Ambient air pollution and atherosclerosis in Los Angeles / N. Kunzli, M. Jerrett, W.J. Mack, B. Beckerman, L. La Bree, F. Gilliland, D. Thomas, J. Peters, H.N. Hodis // *Environ. Health Perspect.* – 2005. – Vol. 113, № 2. – P. 201–206. DOI: 10.1289/ehp.7523
60. Urban particulate matter air pollution is associated with subclinical atherosclerosis: results from the HNR (Heinz Nixdorf Recall) study / M. Bauer, S. Moebus, S. Mohlenkamp, N. Dragano, M. Nonnemacher, M. Fuchsluger, C. Kessler, H. Jakobs [et al.] // *J. Am. Coll. Cardiol.* – 2010. – Vol. 56, № 22. – P. 1803–1808. DOI: 10.1016/j.jacc.2010.04.065
61. Rajagopalan S., Brook R.D. Air pollution and type 2 diabetes: mechanistic insights // *Diabetes*. – 2012. – Vol. 61, № 12. – P. 3037–3045. DOI: 10.2337/db12-0190
62. Brook R.D., Newby D.E., Rajagopalan S. Pollution and Cardiometabolic Disease: An Update and Call for Clinical Trials // *Am. J. Hypertens.* – 2017. – Vol. 31, № 1. – P. 1–10. DOI: 10.1093/ajh/hpx109
63. Risk of incident diabetes in relation to long-term exposure to fine particulate matter in Ontario, Canada / H. Chen, R.T. Burnett, J.C. Kwong, P.J. Villeneuve, M.S. Goldberg, R.D. Brook, A. van Donkelaar, M. Jerrett [et al.] // *Environ. Health Perspect.* – 2013. – Vol. 121, № 7. – P. 804–810. DOI: 10.1289/ehp.1205958
64. Associations between long-term exposure to ambient particulate air pollution and type 2 diabetes prevalence, blood glucose and glycosylated hemoglobin levels in China / C. Liu, C. Yang, Y. Zhao, Z. Ma, J. Bi, Y. Liu, X. Meng, Y. Wan [et al.] // *Environ. Int.* – 2016. – Vol. 92–93. – P. 416–421. DOI: 10.1016/j.envint.2016.03.028
65. Reduced metabolic insulin sensitivity following sub-acute exposures to low levels of ambient fine particulate matter air pollution / R.D. Brook, X. Xu, L.R. Bard, J.T. Dvornch, M. Morishita, N. Kaciroti, Q. Sun, J. Harkema, S. Rajagopalan // *Sci. Total Environ.* – 2013. – Vol. 448. – P. 66–71. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2012.07.034
66. Long-term exposure to ambient fine particulate matter and incidence of diabetes in China: A cohort study / F. Liang, X. Yang, F. Liu, J. Li, Q. Xiao, J. Chen, X. Liu, J. Cao [et al.] // *Environment International*. – 2019. – Vol. 126. – P. 568–575. DOI: 10.1016/j.envint.2019.02.069
67. Long-term exposure to ambient fine particulate matter (PM_{2.5}) and incident type 2 diabetes: a longitudinal cohort study / X.Q. Lao, Q. Guo, L. Chang, Y. Bo, Z. Zhang, Y.C. Chuang, W.K. Jiang, C. Lin [et al.] // *Diabetologia*. – 2019. – Vol. 62, № 5. – P. 759–769. DOI: 10.1007/s00125-019-4825-1
68. Association between ambient air pollution and diabetes mellitus in Europe and North America: systematic review and meta-analysis / I.C. Eze, L.G. Hemkens, H.C. Bucher, B. Hofmann, C. Schindler, N. Kunzli, T. Schikowski, N.M. Probst-Hensch // *Environ. Health Perspect.* – 2015. – Vol. 123, № 5. – P. 381–389. DOI: 10.1289/ehp.1307823
69. Ambient air pollution: an emerging risk factor for diabetes mellitus / X. Rao, J. Montresor-Lopez, R. Puett, S. Rajagopalan, R.D. Brook // *Curr. Diab. Rep.* – 2015. – Vol. 15, № 6. – P. 603. DOI: 10.1007/s11892-015-0603-8

70. Shoelson S.E., Lee J., Goldfine A.B. Inflammation and insulin resistance // *J. Clin. Invest.* – 2006. – Vol. 116, № 7. – P. 1793–1801. DOI: 10.1172/JCI29069
71. Ambient air pollution exaggerates adipose inflammation and insulin resistance in a mouse model of diet-induced obesity / Q. Sun, P. Yue, J.A. Deilulis, C.N. Lu-meng, T. Kampfrath, M.B. Mikolaj, Y. Cai, M.C. Ostrowski [et al.] // *Circulation.* – 2009. – Vol. 119, № 4. – P. 538–546. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.799015
72. Simon S.A., Liedtke W. How irritating: the role of TRPA1 in sensing cigarette smoke and aerogenic oxidants in the airways // *J. Clin. Invest.* – 2008. – Vol. 118, № 7. – P. 2383–2386. DOI: 10.1172/JCI36111
73. Insulin-mediated skeletal muscle vasodilation contributes to both insulin sensitivity and responsiveness in lean humans / A.D. Baron, H.O. Steinber, H. Chaker, R. Leaming, A. Johnson, G. Brechtel // *J. Clin. Invest.* – 1995. – Vol. 96, № 2. – P. 786–792. DOI: 10.1172/JCI118124
74. TLR4 links innate immunity and fatty acid-induced insulin resistance / H. Shi, M.V. Kokoeva, K. Inouye, I. Tzameli, H. Yin, J.S. Flier // *J. Clin. Invest.* – 2006. – Vol. 116, № 11. – P. 3015–3025. DOI: 10.1172/JCI28898
75. The NLRP3 inflammasome instigates obesity-induced inflammation and insulin resistance / B. Vandanmagsar, Y.H. Youm, A. Ravussin, J.E. Galgani, K. Stadler, R.L. Mynatt, E. Ravussin, J.M. Stephens, V.D. Dixit // *Nat. Med.* – 2011. – Vol. 17, № 2. – P. 179–188. DOI: 10.1038/nm.2279
76. Identification of oxidative stress and Toll-like receptor 4 signaling as a key pathway of acute lung injury / Y. Imai, K. Kuba, G.G. Neely, R. Yaghubian-Malhami, T. Perkmann, G. van Loo, M. Ermolaeva, R. Veldhuizen [et al.] // *Cell.* – 2008. – Vol. 133, № 2. – P. 235–249. DOI: 10.1016/j.cell.2008.02.043
77. Chronic fine particulate matter exposure induces systemic vascular dysfunction via NADPH oxidase and TLR4 pathways / T. Kampfrath, A. Maiseyeu, Z. Ying, Z. Shah, J.A. Deilulis, X. Xu, N. Kherada, R.D. Brook [et al.] // *Circ. Res.* – 2011. – Vol. 108, № 6. – P. 716–726. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.110.237560
78. Pulmonary T cell activation in response to chronic particulate air pollution / J.A. Deilulis, T. Kampfrath, J. Zhong, S. Oghumu, A. Maiseyeu, L.C. Chen, Q. Sun, A.R. Satskar, S. Rajagopalan // *Am. J. Physiol. Lung Cell Mol. Physiol.* – 2012. – Vol. 302, № 4. – P. L399–409. DOI: 10.1152/ajplung.00261.2011
79. Does the effect of PM₁₀ on mortality depend on PM nickel and vanadium content? A reanalysis of the NMMAPS data / F. Dominici, R.D. Peng, K. Ebisu, S.L. Zeger, J.M. Samet, M.L. Bell // *Environ. Health Perspect.* – 2007. – Vol. 115, № 12. – P. 1701–1703. DOI: 10.1289/ehp.10737
80. Dioxin causes a sustained oxidative stress response in the mouse / H.G. Shertzer, D.W. Nebert, A. Puga, M. Ary, D. Sonntag, K. Dixon, L.J. Robinson, E. Cianciolo, T.P. Dalton // *Biochem. Biophys. Res. Commun.* – 1998. – Vol. 253, № 1. – P. 44–48. DOI: 10.1006/bbrc.1998.9753
81. Role of the aromatic hydrocarbon receptor and [Ah] gene battery in the oxidative stress response, cell cycle control, and apoptosis / D.W. Nebert, A.L. Roe, M.Z. Dieter, W.A. Solis, Y. Yang, T.P. Dalton // *Biochem. Pharmacol.* – 2000. – Vol. 59, № 1. – P. 65–85. DOI: 10.1016/s0006-2952(99)00310-x
82. Desvergne B., Feige J.N., Casals-Casas C. PPAR-mediated activity of phthalates: a link to the obesity epidemic? // *Mol. Cell Endocrinol.* – 2009. – Vol. 304, № 1–2. – P. 43–48. DOI: 10.1016/j.mce.2009.02.017
83. Increased risk of diabetes and polychlorinated biphenyls and dioxins: a 24-year follow-up study of the Yucheng cohort / S.L. Wang, P.C. Tsai, C.Y. Yang, Y.L. Guo // *Diabetes Care.* – 2008. – Vol. 31, № 8. – P. 1574–1579. DOI: 10.2337/dc07-2449
84. Sergeev A.V., Carpenter D.O. Hospitalization rates for coronary heart disease in relation to residence near areas contaminated with persistent organic pollutants and other pollutants // *Environ. Health Perspect.* – 2005. – Vol. 113, № 6. – P. 756–761. DOI: 10.1289/ehp.7595
85. Association of a polychlorinated dibenzo-p-dioxin, a polychlorinated biphenyl, and DDT with diabetes in the 1999–2002 National Health and Nutrition Examination Survey / C.J. Everett, L.L. Frithsen, V.A. Diaz, R.J. Koopman, W.M. Simpson Jr., A.G. Mainous 3rd. // *Environ. Res.* – 2007. – Vol. 103, № 3. – P. 413–418. DOI: 10.1016/j.envres.2006.11.002
86. Association between serum concentrations of persistent organic pollutants and prevalence of newly diagnosed hypertension: results from the National Health and Nutrition Examination Survey 1999–2002 / M.H. Ha, D.H. Lee, H.K. Son, S.K. Park, D.R. Jacobs Jr. // *J. Hum. Hypertens.* – 2009. – Vol. 23, № 4. – P. 274–286. DOI: 10.1038/jhh.2008.124
87. Prevalence of metabolic syndrome associated with body burden levels of dioxin and related compounds among Japan's general population / H. Uemura, K. Arisawa, M. Hiyoshi, A. Kitayama, H. Takami, F. Sawachika, S. Dakeshita, K. Nii [et al.] // *Environ. Health Perspect.* – 2009. – Vol. 117, № 4. – P. 568–573. DOI: 10.1289/ehp.0800012
88. Relationship between serum concentrations of persistent organic pollutants and the prevalence of metabolic syndrome among non-diabetic adults: results from the National Health and Nutrition Examination Survey 1999–2002 / D.H. Lee, I.K. Lee, M. Porta, M. Steffes, D.R. Jacobs Jr. // *Diabetologia.* – 2007. – Vol. 50, № 9. – P. 1841–1851. DOI: 10.1007/s00125-007-0755-4
89. Relationship between serum concentrations of organochlorine pesticides and metabolic syndrome among non-diabetic adults / S.K. Park, H.K. Son, S.K. Lee, J.H. Kang, Y.S. Chang, D.R. Jacobs, D.H. Lee // *J. Prev. Med. Public Health.* – 2010. – Vol. 43, № 1. – P. 1–8. DOI: 10.3961/jpmph.2010.43.1.1
90. Association between serum concentrations of persistent organic pollutants and insulin resistance among non-diabetic adults: results from the National Health and Nutrition Examination Survey 1999–2002 / D.H. Lee, I.K. Lee, S.H. Jin, M. Steffes, D.R. Jacobs Jr. // *Diabetes Care.* – 2007. – Vol. 30, № 3. – P. 622–628. DOI: 10.2337/dc06-2190
91. Circulating levels of persistent organic pollutants associate in divergent ways to fat mass measured by DXA in humans / M. Ronn, L. Lind, B. van Bavel, S. Salihovic, K. Michaelsson, P.M. Lind // *Chemosphere.* – 2011. – Vol. 85, № 3. – P. 335–343. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2011.06.095
92. Pharmacokinetic variability and modern epidemiology – the example of dichlorodiphenyltrichloroethane, body mass index, and birth cohort / M.S. Wolff, H.A. Anderson, J.A. Britton, N. Rothman // *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* – 2007. – Vol. 16, № 10. – P. 1925–1930. DOI: 10.1158/1055-9965.EPI-07-0394
93. Endocrine disruptors and obesity: an examination of selected persistent organic pollutants in the NHANES 1999–2002 data / M.A. Elobeid, M.A. Padilla, D.W. Brock, D.M. Ruden, D.B. Allison // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2010. – Vol. 7, № 7. – P. 2988–3005. DOI: 10.3390/ijerph7072988
94. Low dose of some persistent organic pollutants predicts type 2 diabetes: a nested case-control study / D.H. Lee, M.W. Steffes, A. Sjödin, R.S. Jones, L.L. Needham, D.R. Jacobs Jr. // *Environ. Health Perspect.* – 2010. – Vol. 118, № 9. – P. 1235–1242. DOI: 10.1289/ehp.0901480
95. Polybrominated biphenyls, polychlorinated biphenyls, body weight, and incidence of adult-onset diabetes mellitus / O. Vasilii, L. Cameron, J. Gardiner, P. Deguire, W. Karmaus // *Epidemiology.* – 2006. – Vol. 17, № 4. – P. 352–359. DOI: 10.1097/01.ede.0000220553.84350.c5
96. Lind P.M., Lind L. Circulating levels of bisphenol A and phthalates are related to carotid atherosclerosis in the elderly // *Atherosclerosis.* – 2011. – Vol. 218, № 1. – P. 207–213. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2011.05.001
97. Exposure to dioxin and nonneoplastic mortality in the expanded IARC international cohort study of phenoxyherbicide and chlorophenol production workers and sprayers / J. Vena, P. Boffetta, H. Becher, T. Benn, H.B. Bueno-de-Mesquita, D. Coggon, D. Colin, D. Flesch-Janys [et al.] // *Environ. Health Perspect.* – 1998. – Vol. 106, Suppl. 2 (Suppl. 2). – P. 645–653. DOI: 10.1289/ehp.98106645
98. Hazardous waste sites and stroke in New York State / I. Shcherbatykh, X. Huang, L. Lessner, D.O. Carpenter // *Environ. Health.* – 2005. – Vol. 4. – P. 18. DOI: 10.1186/1476-069X-4-18
99. Association of urinary bisphenol A concentration with heart disease: evidence from NHANES 2003/06 / D. Melzer, N.E. Rice, C. Lewis, W.E. Henley, T.S. Galloway // *PLoS One.* – 2010. – Vol. 5, № 1. – P. e8673. DOI: 10.1371/journal.pone.0008673
100. A randomized double-blind crossover study of indoor air filtration and acute changes in cardiorespiratory health in a First Nations community / S. Weichenthal, G. Mallach, R. Kulka, A. Black, A. Wheeler, H. You, M. St-Jean, R. Kwiatkowski, D. Sharp // *Indoor Air.* – 2013. – Vol. 23, № 3. – P. 175–184. DOI: 10.1111/ina.12019
101. An air filter intervention study of endothelial function among healthy adults in a woodsmoke-impacted community / R.W. Allen, C. Carlsten, B. Karlen, S. Leckie, S. van Eeden, S. Vedal, I. Wong, M. Brauer // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* – 2011. – Vol. 183, № 9. – P. 1222–1230. DOI: 10.1164/rccm.201010-1572OC
102. Beneficial cardiovascular effects of reducing exposure to particulate air pollution with a simple facemask / J.P. Langrish, N.L. Mills, J.K. Chan, D.L. Leseaman, R.J. Aitken, P.H. Fokkens, F.R. Cassee, J. Li [et al.] // *Part. Fibre Toxicol.* – 2009. – Vol. 6. – P. 8. DOI: 10.1186/1743-8977-6-8
103. Pope C.A. 3rd., Ezzati M., Dockery D.W. Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States // *N. Engl. J. Med.* – 2009. – Vol. 360, № 4. – P. 376–386. DOI: 10.1056/NEJMsa0805646
104. Morishita M., Thompson K.C., Brook R.D. Understanding air pollution and cardiovascular diseases: is it preventable? // *Curr. Cardiovasc. Risk Rep.* – 2015. – Vol. 9, № 6. – P. 30. DOI: 10.1007/s12170-015-0458-1
105. Inflammatory and oxidative stress responses of healthy young adults to changes in air quality during the Beijing Olympics / W. Huang, G. Wang, S.-E. Lu, H. Kipen, Y. Wang, M. Hu, W. Lin, D. Rich [et al.] // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* – 2012. – Vol. 186, № 11. – P. 1150–1159. DOI: 10.1164/rccm.201205-0850OC

Носов А.Е., Байдина А.С., Устинова О.Ю. Аэрополлютанты как факторы риска развития кардиометаболической патологии: аналитический обзор // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 4. – С. 181–194. DOI: 10.21668/health.risk.2021.4.20

UDC 614.7 - 616.1

DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.20.eng

Read
online

Review

AEROGENIC POLLUTANTS AS RISK FACTORS CAUSING DEVELOPMENT OF CARDIO-METABOLIC PATHOLOGY (REVIEW)

A.E. Nosov¹, A.S. Baydina¹, O.Yu. Ustinova^{1,2}¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya Str., Perm, 614045, Russian Federation²Perm State National Research University, 15 Bukireva Str., Perm, 614990, Russian Federation

Ambient air pollution causes approximately 3.3 million untimely deaths annually (2.1 deaths due to ischemic heart disease and 1.1 million deaths due to stroke). Mortality caused by ambient air pollution is higher than mortality due to such traditional risk factors as smoking, obesity, and elevated dextrose contents in blood. Relative risk of mortality amounts to 1.26 (95 % CI 1.08–1.47) in cities with the highest air pollution against those where air pollution is the lowest. Occupational exposure to various chemical air pollutants can cause more than 1 million untimely deaths all over the world but its contribution to prevalence of cardiovascular diseases has not been determined sufficiently. Aerogenic pollutants are quite variable in their chemical structure and include both particulate matter (PM for short) and gaseous matter. The American Heart Association and the European Society of Cardiology consider PM_{2.5} to be a risk factor causing cardiovascular diseases. This analytical review presents data on effects produced by aerogenic pollutants on development of cardio-metabolic pathology and population mortality due to vascular and metabolic diseases (arterial hypertension, atherosclerosis and ischemic heart disease, heart rhythm disturbances, and type 2 diabetes mellitus). There are also data on mechanisms of pathogenetic influence exerted by aerogenic pollutants on development of such diseases including generation of anti-inflammatory and oxidative mediators and their release into blood flow; developing imbalance in the autonomic nervous system with prevailing activity of the sympathetic nervous system and disrupted heart rate variability; direct introduction of aerogenic pollutants from the lungs into blood flow with developing direct toxic effects. We have also analyzed literature data on protective effects produced by reduction in ambient air pollution on prevalence of cardiovascular pathology.

Key words: aerogenic pollutants, airborne particulate matter, persistent organic pollutants, cardiovascular pathology.

References

1. Hadley M.B., Baumgartner J., Vedanthan R. Developing a Clinical Approach to Mitigating Risks of Air Pollution and Protecting Cardiovascular Health *Circulation*, 2018, vol. 137, no. 7, pp. 725–742. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.030377
2. GBD 2016 Risk Factors Collaborators. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet*, 2017, vol. 390, no. 10100, pp. 1345–1422. DOI: 10.1016/S0140-6736 (17) 32366-8
3. Cohen A.J., Brauer M., Burnet R., Anderson H.R., Frostad J., Estep K., Balakrishnan K., Brunekreef B. [et al.]. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet*, 2017, vol. 389, no. 10082, pp. 1907–1918. DOI: 10.1016/S0140-6736 (17) 30505-6
4. Zipes D.P., Libby P., Bonow R.O., Mann D.L., Tomaselli G.F. Braunwald's Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine 11th Edition. Elsevier, 2018, 2040 p.
5. Cullen M.R. Invited commentary: the search for preventable causes of cardiovascular disease – whither work? *Am. J. Epidemiol.*, 2009, vol. 169, no. 12, pp. 1422–1425. DOI: 10.1093/aje/kwp078
6. Fang S.C., Cassidy A., Christiani D.C. A systematic review of occupational exposure to particulate matter and cardiovascular disease. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2010, vol. 7, no. 4, pp. 1773–1806. DOI: 10.3390/ijerph7041773
7. Secrest M.H., Schauer J.J., Carter E.M., Baumgartner J. Particulate matter chemical component concentrations and sources in settings of household solid fuel use. *Indoor Air*, 2017, vol. 27, no. 6, pp. 1052–1066. DOI: 10.1111/ina.12389
8. Newby D.E., Mannucci P.M., Tell G.S., Baccarelli A.A., Brook R.D., Donaldson K., Forastiere F., Franchini M. [et al.]. Expert position paper on air pollution and cardiovascular disease. *Eur. Heart J.*, 2015, vol. 36, no. 2, pp. 83–93b. DOI: 10.1093/eurheartj/ehu458
9. Brook R.D., Rajagopalan S., Pope C.A. 3rd, Brook J.R., Bhatnagar A., Diez-Roux A.V., Holguin F., Hong Y. [et al.]. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 2010, vol. 121, no. 21, pp. 2331–2378. DOI: 10.1161/CIR.0b013e3181d8ce1

© Nosov A.E., Baydina A.S., Ustinova O.Yu., 2021

Alexander E. Nosov – Candidate of Medical Sciences, Head of In-patient Clinic (Therapeutic Work-related Pathology Department) (e-mail: nosov@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 219-87-36; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0539-569X>).

Anastasia S. Baydina – Candidate of Medical Sciences, cardiologist at the Consulting and Polyclinic Department (e-mail: anastasia_baidina@mail.ru; tel.: +7 (342) 219-87-36; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3131-5868>).

Olga Yu. Ustinova – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of Human Ecology and Life Safety Department (e-mail: ustinova@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-25-34; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9916-5491>).

10. Munzel T., Sorensen M., Gori T., Schmidt F.P., Rao X., Brook J., Chen L.C., Brook R.D., Rajagopalan S. Environmental stressors and cardio-metabolic disease: part I – epidemiologic evidence supporting a role for noise and air pollution and effects of mitigation strategies. *Eur. Heart J.*, 2017, vol. 38, no. 8, pp. 550–556. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw269
11. Munzel T., Sorensen M., Gori T., Schmidt F.P., Rao X., Brook J., Chen L.C., Brook R.D., Rajagopalan S. Environmental stressors and cardio-metabolic disease: part II – mechanistic insights. *Eur. Heart J.*, 2017, vol. 38, no. 8, pp. 557–564. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw294
12. Cesaroni G., Forastiere F., Stafoggia M., Stafoggia M., Badaloni C., Beelen R., Caracciolo B., de Faire U. [et al.]. Long-term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events: prospective cohort study and meta-analysis in 11 European cohorts from the ESCAPE. *Project. Br. Med. J.*, 2014, vol. 348, pp. f7412. DOI: 10.1136/bmj.f7412
13. Chen R., Kan H., Chen B., Huang W., Bai Z., Song G., Pan G., CAPES Collaborative Group. Association of particulate air pollution with daily mortality: the China Air Pollution and Health Effects Study. *Am. J. Epidemiol.*, 2012, vol. 175, no. 11, pp. 1173–1181. DOI: 10.1093/aje/kwr425
14. Mustafic H., Jabre P., Caussin C., Murad M.H., Escolano S., Tafflet M., Perier M.C., Marijon E. [et al.]. Main air pollutants and myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis. *J. Am. Med. Assoc.*, 2012, vol. 307, no. 7, pp. 713–721. DOI: 10.1001/jama.2012.126
15. Yang W.S., Wang X., Deng Q., Fan W.Y., Wang W.Y. An evidence-based appraisal of global association between air pollution and risk of stroke. *Int. J. Cardiol.*, 2014, vol. 175, no. 2, pp. 307–313. DOI: 10.1016/j.ijcard.2014.05.044
16. Stafoggia M., Cesaroni G., Peters A., Andersen Z.J., Badaloni C., Beelen R., Caracciolo B., Cyrys J. [et al.]. Long-term exposure to ambient air pollution and incidence of cerebrovascular events: results from eleven European cohorts within the ESCAPE project. *Environ. Health Perspect.*, 2014, vol. 122, no. 9, pp. 919–925. DOI: 10.1289/ehp.1307301
17. Miller K.A., Siscovick D.S., Sheppard L., Shepherd K., Sullivan J.H., Anderson G.L., Kaufman J.D. Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women. *N. Engl. J. Med.*, 2007, vol. 356, no. 5, pp. 447–458. DOI: 10.1056/NEJMoa054409
18. Zhang P., Dong G., Sun B., Zhang L., Chen X., Ma N., Yu F., Guo H. Long-term exposure to ambient air pollution and mortality due to cardiovascular disease and cerebrovascular disease in Shenyang, China. *PLoS One*, 2011, vol. 6, no. 6, pp. e20827. DOI: 10.1371/journal.pone.0020827
19. Hong Y.C., Lee J.T., Kim H., Ha E.H., Schwartz J., Christiani D.C. Effects of air pollutants on acute stroke mortality. *Environ. Health Perspect.*, 2002, vol. 110, no. 2, pp. 187–191. DOI: 10.1289/ehp.02110187
20. Shah A.S.V., Langrish J.P., Nair H., McAllister D.A., Hunter A.L., Donaldson K., Newby D.E., Mills N.L. Global association of air pollution and heart failure: a systematic review and meta-analysis. *Lancet*, 2013, vol. 382, no. 9897, pp. 1039–1048. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)60898-3
21. Atkinson R.W., Carey I.M., Kent A.J., van Staa T.P., Anderson H.R., Cook D.G. Long-term exposure to outdoor air pollution and incidence of cardiovascular diseases. *Epidemiology*, 2013, vol. 24, no. 1, pp. 44–53. DOI: 10.1097/EDE.0b013e318276ccb8
22. Kelly F., Fussell J.C. Role of oxidative stress in cardiovascular disease outcomes following exposure to ambient air pollution. *Free Radic. Biol. Med.*, 2017, vol. 110, pp. 345–367. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2017.06.019
23. Cosselman K.E., Navas-Acien A., Kaufman J.D. Environmental factors in cardiovascular disease. *Nat. Rev. Cardiol.*, 2015, vol. 12, no. 11, pp. 627–642. DOI: 10.1038/nrcardio.2015.152
24. Falcon-Rodriguez C.I., Osornio-Vargas A.R., Sada-Ovalle I., Segura-Medina P. Aeroparticles, composition, and lung diseases. *Front. Immunol.*, 2016, vol. 7, pp. 3. DOI: 10.3389/fimmu.2016.00003
25. Franklin B.A., Brook R., Pope C.A. 3rd. Air pollution and cardiovascular disease. *Curr. Probl. Cardiol.*, 2015, vol. 40, no. 5, pp. 207–238. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2015.01.003
26. Langrish J.P., Onoson J., Bosson J., Barath S., Muala A., Blackwell S., Söderberg S., Pourazar J. [et al.]. Altered nitric oxide bioavailability contributes to diesel exhaust inhalation-induced cardiovascular dysfunction in man. *J. Am. Heart Assoc.*, 2013, vol. 2, no. 1, pp. e004309. DOI: 10.1161/JAHA.112.004309
27. Gandhi S.K., Rich D.Q., Ohman-Strickland P.A., Kipen H.M., Gow M. Plasma nitrite is an indicator of acute changes in ambient air pollutant concentrations. *Inhal. Toxicol.*, 2014, vol. 26, no. 7, pp. 426–434. DOI: 10.3109/08958378.2014.913216
28. Rückerl R., Hampel R., Breiter S., Cyrys J., Kraus U., Carter J., Dailey L., Devlin R.B. [et al.]. Associations between ambient air pollution and blood markers of inflammation and coagulation/fibrinolysis in susceptible populations. *Environment international*, 2014, vol. 70, pp. 32–49. DOI: 10.1016/j.envint.2014.05.013
29. Gold D.R., Mittleman M.A. New insights into pollution and the cardiovascular system 2010 to 2012. *Circulation*, 2013, vol. 127, no. 18, pp. 1903–1913. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.064337
30. Sanidas E.J., Papadopoulos P.D., Grassos H., Velliou R., Tsioufis M., Barbetseas J., Papademetriou V. Air pollution and arterial hypertension. A new risk factor is in the air. *J. Am. Soc. Hypertens.*, 2017, vol. 11, no. 11, pp. 709–715. DOI: 10.1016/j.jash.2017.09.008
31. Lewington S., Clarke R., Qizilbash N., Peto R., Collins R., Prospective Studies Collaboration. Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: A meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies. *Lancet*, 2002, vol. 360, no. 9349, pp. 1903–1913. DOI: 10.1016/S0140-6736(02)11911-8
32. Whelton P.K., He J., Appel L.J., Cutler J.A., Havas S., Kotchen T.A., Roccella E.J., Stout R. [et al.]. Primary prevention of hypertension: Clinical and public health advisory from The National High Blood Pressure Education Program. *Journal of the American Medical Association*, 2002, vol. 288, no. 15, pp. 1882–1888. DOI: 10.1001/jama.288.15.1882
33. Yang B.Y., Qian Z., Howard S.W., Vaughn M.G., Fan S.J., Liu K.K., Dong G.H. Global association between ambient air pollution and blood pressure: A systematic review and meta-analysis. *Environ. Pollut.*, 2018, vol. 235, pp. 576–588. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.01.001
34. Lind L., Lind P.M. Can persistent organic pollutants and plastic-associated chemicals cause cardiovascular disease? *Journal of internal medicine*, 2012, vol. 271, no. 6, pp. 537–553. DOI: 10.1111/j.1365-2796.2012.02536.x
35. Giorgini P., Di Giosia P., Grassi D., Rubenire M., Brook R.D., Ferri C. Air pollution exposure and blood pressure: an updated review of the literature. *Curr. Pharm. Des.*, 2015, vol. 22, no. 1, pp. 28–51. DOI: 10.2174/1381612822666151109111712
36. Hypertension: a companion to Braunwald's Heart Disease. 3rd edition. In: G.L. Bakris, M.J. Sorrentino eds. Elsevier, 2017, 520 p.
37. Liang R., Zhang B., Zhao X., Ruan Y., Lian H., Fan Z. Effect of exposure to PM_{2.5} on blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *J. Hypertens.*, 2014, vol. 32, no. 11, pp. 2130–2140. DOI: 10.1097/HJH.0000000000000342
38. Giorgini P., Rubenire M., Das R., Gracik T., Wang L., Morishita M., Bard R.L., Jackson E.A. [et al.]. Particulate matter air pollution and ambient temperature: opposing effects on blood pressure in high-risk cardiac patients. *J. Hypertens.*, 2015, vol. 33, no. 10, pp. 2032–2038. DOI: 10.1097/HJH.0000000000000663
39. Brook R.D., Sun Z., Brook J.R., Zhao X., Ruan Y., Yan J., Mukherjee B., Rao X. [et al.]. Extreme air pollution conditions adversely affect blood pressure and insulin resistance: the air pollution and cardiometabolic disease study. *Hypertension*, 2016, vol. 67, no. 1, pp. 77–85. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.115.06237
40. Chen H., Burnett R.T., Kwong J.C., Villeneuve P.J., Goldberg M.S., Brook R.D., van Donkelaar A., Jerrett M. [et al.]. Spatial association between ambient fine particulate matter and incident hypertension. *Circulation*, 2014, vol. 129, no. 5, pp. 562–569. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.113.003532
41. Brook R.D., Kousha T. Air pollution and emergency department visits for hypertension in Edmonton and Calgary, Canada: a case-crossover study. *Am. J. Hypertens.*, 2015, vol. 28, no. 9, pp. 1121–1126. DOI: 10.1093/ajh/hpu302
42. Pope C.A. 3rd., Turner M.C., Burnett R.T., Jerrett M., Gapstur S.M., Diver W.R., Krewski D., Brook R.D. Relationships between fine particulate air pollution, cardiometabolic disorders, and cardiovascular mortality. *Circ. Res.*, 2015, vol. 116, no. 1, pp. 108–115. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.116.305060
43. Adar S.D., Klein R., Klein B.E., Szpiro A.A., Cotch M.F., Wong T.Y., O'Neill M.S., Shrager S. [et al.]. Air pollution and the microvasculature: a cross-sectional assessment of in vivo retinal images in the population-based multi-ethnic study of atherosclerosis (MESA). *PLoS Med.*, 2010, vol. 7, no. 11, pp. e1000372. DOI: 10.1371/journal.pmed.1000372
44. Louwies T., Panis L.I., Kicinski M., De Boever P., Nawrot T.S. Retinal microvascular responses to short-term changes in particulate air pollution in healthy adults. *Environ. Health Perspect.*, 2013, vol. 121, no. 9, pp. 1011–1016. DOI: 10.1289/ehp.1205721
45. Wilker E.H., Ljungman P.L., Rice M.B., Kloog I., Schwartz J., Gold D.R., Koutrakis P., Vita J.A. [et al.]. Relation of long-term exposure to air pollution to brachial artery flow-mediated dilation and reactive hyperemia. *Am. J. Cardiol.*, 2014, vol. 113, no. 12, pp. 2057–2063. DOI: 10.1016/j.amjcard.2014.03.048
46. Krishnan R.M., Adar S.D., Szpiro A.A., Jorgensen N.W., Van Hee V.C., Barr R.G., O'Neill M.S., Herrington D.M. [et al.]. Vascular responses to long- and short-term exposure to fine particulate matter: MESA Air (Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis and Air Pollution). *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2012, vol. 60, no. 21, pp. 2158–2166. DOI: 10.1016/j.jacc.2012.08.973
47. Zanobetti A., Stone P.H., Speizer F.E., Schwartz J.D., Coull B.A., Suh H.H., Nearing B.D., Mittleman M.A. [et al.]. T-wave alternans, air pollution and traffic in high-risk subjects. *Am. J. Cardiol.*, 2009, vol. 104, no. 5, pp. 665–670. DOI: 10.1016/j.amjcard.2009.04.046

48. Cakmak S., Dales R., Kauri L.M., Mahmud M., Van Ryswyk K., Vanos J., Liu L., Kumarathasan P. [et al.]. Metal composition of fine particulate air pollution and acute changes in cardiorespiratory physiology. *Environ. Pollut.*, 2014, vol. 189, pp. 208–214. DOI: 10.1016/j.envpol.2014.03.004
49. Lee M.-S., Eum K.-D., Fang S.C., Rodrigues E.G., Modest G.A., Christiani D.C. Oxidative stress and systemic inflammation as modifiers of cardiac autonomic responses to particulate air pollution. *Int. J. Cardiol.*, 2014, vol. 176, no. 1, pp. 166–170. DOI: 10.1016/j.ijcard.2014.07.012
50. Park S.K., Auchincloss A.H., O'Neill M.S., Prineas R., Correa J.C., Keeler J., Barr R.G., Kaufman J.D., Diez Roux A.V. Particulate air pollution, metabolic syndrome, and heart rate variability: the multi-ethnic study of atherosclerosis (MESA). *Environ. Health Perspect.*, 2010, vol. 118, no. 10, pp. 1406–1411. DOI: 10.1289/ehp.0901778
51. Anderson H.R., Armstrong B., Hajat S., Harrison R., Monk V., Poloniecki J., Timmis A., Wilkinson P. Air pollution and activation of implantable cardioverter defibrillators in London. *Epidemiology*, 2010, vol. 21, no. 3, pp. 405–413. DOI: 10.1097/EDE.0b013e3181d61600
52. Langrish J.P., Watts S.J., Hunter A.J., Shah A.S.V., Bosson J.A., Unosson J., Barath S., Lundbäck M. [et al.]. Controlled exposures to air pollutants and risk of cardiac arrhythmia. *Environ. Health Perspect.*, 2014, vol. 122, no. 7, pp. 747–753. DOI: 10.1289/ehp.1307337
53. Pieters N., Plusquin M., Cox B., Kicinski M., Vanronsveld J., Nawrot T.S. An epidemiological appraisal of the association between heart rate variability and particulate air pollution: a meta-analysis. *Heart*, 2012, vol. 98, no. 15, pp. 1127–1135. DOI: 10.1136/heartjnl-2011-301505
54. Liao D., Shaffer M.L., Rodriguez-Colon S., He F., Li X., Wolbrette D.L., Yanosky J., Cascio W.E. Acute adverse effects of fine particulate air pollution on ventricular repolarization. *Environ. Health Perspect.*, 2010, vol. 118, no. 7, pp. 1010–1015. DOI: 10.1289/ehp.0901648
55. Sivagangabalan G., Spears D., Masse S., Urch B., Brook R.D., Silverman F., Gold D.R., Lukic K.Z. [et al.]. The effect of air pollution on spatial dispersion of myocardial repolarization in healthy human volunteers. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2011, vol. 57, no. 2, pp. 198–206. DOI: 10.1016/j.jacc.2010.08.625
56. Barbosa C.M., Terra-Filho M., de Albuquerque A.L., Di Giorgi D., Grupi C., Negrão C.E., Pinto Brandão Rondon M.U., Martinez D.G. [et al.]. Burnt sugarcane harvesting – cardiovascular effects on a group of healthy workers, Brazil. *PLoS One*, 2012, vol. 7, no. 9, pp. e46142. DOI: 10.1371/journal.pone.0046142
57. Wilker E.H., Mittleman M.A., Coull B.A., Gryparis A., Bots M.L., Schwartz J., Sparrow D. Long-term exposure to black carbon and carotid intima-media thickness: the normative aging study. *Environ. Health Perspect.*, 2013, vol. 121, no. 9, pp. 1061–1067. DOI: 10.1289/ehp.1104845
58. Adar S.D., Sheppard L., Vedal S., Polak J.F., Sampson P.D., Diez Roux A.V., Budoff M.M., Jacobs D.R. Jr. [et al.]. Fine particulate air pollution and the progression of carotid intima-media thickness: a prospective cohort study from the multi-ethnic study of atherosclerosis and air pollution. *PLoS Med.*, 2013, vol. 10, no. 4, pp. e1001430. DOI: 10.1371/journal.pmed.1001430
59. Kunzli N., Jerrett M., Mack W.J., Beckerman B., La Bree L., Gilliland F., Thomas D., Peters J., Hodis H.N. Ambient air pollution and atherosclerosis in Los Angeles. *Environ. Health Perspect.*, 2005, vol. 113, no. 2, pp. 201–206. DOI: 10.1289/ehp.7523
60. Bauer M., Moebus S., Mohlenkamp S., Dragano N., Nonnemacher M., Fuchsluger M., Kessler C., Jakobs H. [et al.]. Urban particulate matter air pollution is associated with subclinical atherosclerosis: results from the HNR (Heinz Nixdorf Recall) study. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2010, vol. 56, no. 22, pp. 1803–1808. DOI: 10.1016/j.jacc.2010.04.065
61. Rajagopalan S., Brook R.D. Air pollution and type 2 diabetes: mechanistic insights. *Diabetes*, 2012, vol. 61, no. 12, pp. 3037–3045. DOI: 10.2337/db12-0190
62. Brook R.D., Newby D.E., Rajagopalan S. Pollution and Cardiometabolic Disease: An Update and Call for Clinical Trials. *Am. J. Hypertens.*, 2017, vol. 31, no. 1, pp. 1–10. DOI: 10.1093/ajh/hpx109
63. Chen H., Burnett R.T., Kwong J.C., Villeneuve P.J., Goldberg M.S., Brook R.D., van Donkelaar A., Jerrett M. [et al.]. Risk of incident diabetes in relation to long-term exposure to fine particulate matter in Ontario, Canada. *Environ. Health Perspect.*, 2013, vol. 121, no. 7, pp. 804–810. DOI: 10.1289/ehp.1205958
64. Liu C., Yang C., Zhao Y., Ma Z., Bi J., Liu Y., Meng X., Wan Y. [et al.]. Associations between long-term exposure to ambient particulate air pollution and type 2 diabetes prevalence, blood glucose and glycosylated hemoglobin levels in China. *Environ. Int.*, 2016, vol. 92–93, pp. 416–421. DOI: 10.1016/j.envint.2016.03.028
65. Brook R.D., Xu X., Bard L.R., Dvonch J.T., Morishita M., Kaciroti N., Sun Q., Harkema J., Rajagopalan S. Reduced metabolic insulin sensitivity following sub-acute exposures to low levels of ambient fine particulate matter air pollution. *Sci. Total Environ.*, 2013, vol. 448, pp. 66–71. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2012.07.034
66. Liang F., Yang X., Liu F., Li J., Xiao Q., Chen J., Liu X., Cao J. [et al.]. Long-term exposure to ambient fine particulate matter and incidence of diabetes in China: A cohort study. *Environment International*, 2019, vol. 126, pp. 568–575. DOI: 10.1016/j.envint.2019.02.069
67. Lao X.Q., Guo Q., Chang L., Bo Y., Zhang Z., Chuang Y.C., Jiang W.K., Lin C. [et al.]. Long-term exposure to ambient fine particulate matter (PM_{2.5}) and incident type 2 diabetes: a longitudinal cohort study. *Diabetologia*, 2019, vol. 62, no. 5, pp. 759–769. DOI: 10.1007/s00125-019-4825-1
68. Eze I.C., Hemkens L.G., Bucher H.C., Hofmann B., Schindler C., Kunzli N., Schikowski T., Probst-Hensch N.M. Association between ambient air pollution and diabetes mellitus in Europe and North America: systematic review and meta-analysis. *Environ. Health Perspect.*, 2015, vol. 123, no. 5, pp. 381–389. DOI: 10.1289/ehp.1307823
69. Rao X., Montresor-Lopez J., Puett R., Rajagopalan S., Brook R.D. Ambient air pollution: an emerging risk factor for diabetes mellitus. *Curr. Diab. Rep.*, 2015, vol. 15, no. 6, pp. 603. DOI: 10.1007/s11892-015-0603-8
70. Shoelson S.E., Lee J., Goldfine A.B. Inflammation and insulin resistance. *J. Clin. Invest.*, 2006, vol. 116, no. 7, pp. 1793–1801. DOI: 10.1172/JCI29069
71. Sun Q., Yue P., Deiluiis J.A., Lumeng C.N., Kampfrath T., Mikolaj M.B., Cai Y., Ostrowski M.C. [et al.]. Ambient air pollution exaggerates adipose inflammation and insulin resistance in a mouse model of diet-induced obesity. *Circulation*, 2009, vol. 119, no. 4, pp. 538–546. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.799015
72. Simon S.A., Liedtke W. How irritating: the role of TRPA1 in sensing cigarette smoke and aerogenic oxidants in the airways. *J. Clin. Invest.*, 2008, vol. 118, no. 7, pp. 2383–2386. DOI: 10.1172/JCI36111
73. Baron A.D., Steinber H.O., Chaker H., Leaming R., Johnson A., Brechtel G. Insulin-mediated skeletal muscle vasodilation contributes to both insulin sensitivity and responsiveness in lean humans. *J. Clin. Invest.*, 1995, vol. 96, no. 2, pp. 786–792. DOI: 10.1172/JCI118124
74. Shi H., Kokoeva M.V., Inouye K., Tzamelis I., Yin H., Flier J.S. TLR4 links innate immunity and fatty acid-induced insulin resistance. *J. Clin. Invest.*, 2006, vol. 116, no. 11, pp. 3015–3025. DOI: 10.1172/JCI28898
75. Vandanmagsar B., Youm Y.H., Ravussin A., Galgani J.E., Stadler K., Mynatt R.L., Ravussin E., Stephens J.M., Dixit V.D. The NLRP3 inflammasome instigates obesity-induced inflammation and insulin resistance. *Nat. Med.*, 2011, vol. 17, no. 2, pp. 179–188. DOI: 10.1038/nm.2279
76. Imai Y., Kuba K., Neely G.G., Yaghubian-Malhami R., Perkmann T., van Loo G., Ermolaeva M., Veldhuizen R. [et al.]. Identification of oxidative stress and Toll-like receptor 4 signaling as a key pathway of acute lung injury. *Cell*, 2008, vol. 133, no. 2, pp. 235–249. DOI: 10.1016/j.cell.2008.02.043
77. Kampfrath T., Maiseyeu A., Ying Z., Shah Z., Deiluiis J.A., Xu X., Kherada N., Brook R.D. [et al.]. Chronic fine particulate matter exposure induces systemic vascular dysfunction via NADPH oxidase and TLR4 pathways. *Circ. Res.*, 2011, vol. 108, no. 6, pp. 716–726. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.110.237560
78. Deiluiis J.A., Kampfrath T., Zhong J., Oghumu S., Maiseyeu A., Chen L.C., Sun Q., Satoskar A.R., Rajagopalan S. Pulmonary T cell activation in response to chronic particulate air pollution. *Am. J. Physiol. Lung Cell Mol. Physiol.*, 2012, vol. 302, no. 4, pp. L399–409. DOI: 10.1152/ajplung.00261.2011
79. Dominici F., Peng R.D., Ebisu K., Zeger S.L., Samet J.M., Bell M.L. Does the effect of PM₁₀ on mortality depend on PM nickel and vanadium content? A reanalysis of the NMMAPS data. *Environ. Health Perspect.*, 2007, vol. 115, no. 12, pp. 1701–1703. DOI: 10.1289/ehp.10737
80. Shertzer H.G., Nebert D.W., Puga A., Ary M., Sonntag D., Dixon K., Robinson L.J., Cianciolo E., Dalton T.P. Dioxin causes a sustained oxidative stress response in the mouse. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 1998, vol. 253, no. 1, pp. 44–48. DOI: 10.1006/bbrc.1998.9753
81. Nebert D.W., Roe A.L., Dieter M.Z., Solis W.A., Yang Y., Dalton T.P. Role of the aromatic hydrocarbon receptor and [Ah] gene battery in the oxidative stress response, cell cycle control, and apoptosis. *Biochem. Pharmacol.*, 2000, vol. 59, no. 1, pp. 65–85. DOI: 10.1016/s0006-2952(99)00310-x
82. Desvergne B., Feige J.N., Casals-Casas C. PPAR-mediated activity of phthalates: a link to the obesity epidemic? *Mol. Cell Endocrinol.*, 2009, vol. 304, no. 1–2, pp. 43–48. DOI: 10.1016/j.mce.2009.02.017
83. Wang S.L., Tsai P.C., Yang C.Y., Guo Y.L. Increased risk of diabetes and polychlorinated biphenyls and dioxins: a 24-year follow-up study of the Yucheng cohort. *Diabetes Care*, 2008, vol. 31, no. 8, pp. 1574–1579. DOI: 10.2337/dc07-2449
84. Sergeev A.V., Carpenter D.O. Hospitalization rates for coronary heart disease in relation to residence near areas contaminated with persistent organic pollutants and other pollutants. *Environ. Health Perspect.*, 2005, vol. 113, no. 6, pp. 756–761. DOI: 10.1289/ehp.7595
85. Everett C.J., Frittsen I.L., Diaz V.A., Koopman R.J., Simpson W.M. Jr., Mainous A.G. 3rd. Association of a polychlorinated dibenzo-p-dioxin, a polychlorinated biphenyl, and DDT with diabetes in the 1999–2002 National Health and Nutrition Examination Survey. *Environ. Res.*, 2007, vol. 103, no. 3, pp. 413–418. DOI: 10.1016/j.envres.2006.11.002
86. Ha M.H., Lee D.H., Son H.K., Park S.K., Jacobs D.R. Jr. Association between serum concentrations of persistent organic pollutants and prevalence of newly diagnosed hypertension: results from the National Health and Nutrition Examination Survey 1999–2002. *J. Hum. Hypertens.*, 2009, vol. 23, no. 4, pp. 274–286. DOI: 10.1038/jhh.2008.124

87. Uemura H., Arisawa K., Hiyoshi M., Kitayama A., Takami H., Sawachika F., Dakeshita S., Nii K. [et al.]. Prevalence of metabolic syndrome associated with body burden levels of dioxin and related compounds among Japan's general population. *Environ. Health Perspect.*, 2009, vol. 117, no. 4, pp. 568–573. DOI: 10.1289/ehp.0800012
88. Lee D.H., Lee I.K., Porta M., Steffes M., Jacobs D.R. Jr. Relationship between serum concentrations of persistent organic pollutants and the prevalence of metabolic syndrome among non-diabetic adults: results from the National Health and Nutrition Examination Survey 1999–2002. *Diabetologia*, 2007, vol. 50, no. 9, pp. 1841–1851. DOI: 10.1007/s00125-007-0755-4
89. Park S.K., Son H.K., Lee S.K., Kang J.H., Chang Y.S., Jacobs D.R., Lee D.H. Relationship between serum concentrations of organochlorine pesticides and metabolic syndrome among non-diabetic adults. *J. Prev. Med. Public Health*, 2010, vol. 43, no. 1, pp. 1–8. DOI: 10.3961/jpmph.2010.43.1.1
90. Lee D.H., Lee I.K., Jin S.H., Steffes M., Jacobs D.R. Jr. Association between serum concentrations of persistent organic pollutants and insulin resistance among non-diabetic adults: results from the National Health and Nutrition Examination Survey 1999–2002. *Diabetes Care*, 2007, vol. 30, no. 3, pp. 622–628. DOI: 10.2337/dc06-2190
91. Ronn M., Lind L., van Bavel B., Salihovic S., Michaelsson K., Lind P.M. Circulating levels of persistent organic pollutants associate in divergent ways to fat mass measured by DXA in humans. *Chemosphere*, 2011, vol. 85, no. 3, pp. 335–343. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2011.06.095
92. Wolff M.S., Anderson H.A., Britton J.A., Rothman N. Pharmacokinetic variability and modern epidemiology – the example of dichlorodiphenyltrichloroethane, body mass index, and birth cohort. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.*, 2007, vol. 16, no. 10, pp. 1925–1930. DOI: 10.1158/1055-9965.EPI-07-0394
93. Elobeid M.A., Padilla M.A., Brock D.W., Ruden D.M., Allison D.B. Endocrine disruptors and obesity: an examination of selected persistent organic pollutants in the NHANES 1999–2002 data. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2010, vol. 7, no. 7, pp. 2988–3005. DOI: 10.3390/ijerph7072988
94. Lee D.H., Steffes M.W., Sjoedin A., Jones R.S., Needham L.L., Jacobs D.R. Jr. Low dose of some persistent organic pollutants predicts type 2 diabetes: a nested case-control study. *Environ. Health Perspect.*, 2010, vol. 118, no. 9, pp. 1235–1242. DOI: 10.1289/ehp.0901480
95. Vasiliu O., Cameron L., Gardiner J., Deguire P., Karmaus W. Polybrominated biphenyls, polychlorinated biphenyls, body weight, and incidence of adult-onset diabetes mellitus. *Epidemiology*, 2006, vol. 17, no. 4, pp. 352–359. DOI: 10.1097/01.ede.0000220553.84350.c5
96. Lind P.M., Lind L. Circulating levels of bisphenol A and phthalates are related to carotid atherosclerosis in the elderly. *Atherosclerosis*, 2011, vol. 218, no. 1, pp. 207–213. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2011.05.001
97. Vena J., Boffetta P., Becher H., Benn T., Bueno-de-Mesquita H.B., Coggon D., Colin D., Flesch-Janys D. [et al.]. Exposure to dioxin and nonneoplastic mortality in the expanded IARC international cohort study of phenoxyherbicide and chlorophenol production workers and sprayers. *Environ. Health Perspect.*, 1998, vol. 106, suppl. 2, pp. 645–653. DOI: 10.1289/ehp.98106645
98. Shcherbatykh I., Huang X., Lessner L., Carpenter D.O. Hazardous waste sites and stroke in New York State. *Environ. Health*, 2005, vol. 4, pp. 18. DOI: 10.1186/1476-069X-4-18
99. Melzer D., Rice N.E., Lewis C., Henley W.E., Galloway T.S. Association of urinary bisphenol a concentration with heart disease: evidence from NHANES 2003/06. *PLoS One*, 2010, vol. 5, no. 1, pp. e8673. DOI: 10.1371/journal.pone.0008673
100. Weichenthal S., Mallach G., Kulka R., Black A., Wheeler A., You H., St-Jean M., Kwiatkowski R., Sharp D. A randomized double-blind cross-over study of indoor air filtration and acute changes in cardiorespiratory health in a First Nations community. *Indoor Air*, 2013, vol. 23, no. 3, pp. 175–184. DOI: 10.1111/ina.12019
101. Allen R.W., Carlsen C., Karlen B., Leckie S., van Eeden S., Vedral S., Wong I., Brauer M. An air filter intervention study of endothelial function among healthy adults in a woodsmoke-impacted community. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 2011, vol. 183, no. 9, pp. 1222–1230. DOI: 10.1164/rccm.201010-1572OC
102. Langrish J.P., Mills N.L., Chan J.K., Leseman D.L., Aitken R.J., Fokkens P.H., Cassee F.R., Li J. [et al.]. Beneficial cardiovascular effects of reducing exposure to particulate air pollution with a simple facemask. *Part. Fibre Toxicol.*, 2009, vol. 6, pp. 8. DOI: 10.1186/1743-8977-6-8
103. Pope C.A. 3rd., Ezzati M., Dockery D.W. Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States. *N. Engl. J. Med.*, 2009, vol. 360, no. 4, pp. 376–386. DOI: 10.1056/NEJMsa0805646
104. Morishita M., Thompson K.C., Brook R.D. Understanding air pollution and cardiovascular diseases: is it preventable? *Curr. Cardiovasc. Risk Rep.*, 2015, vol. 9, no. 6, pp. 30. DOI: 10.1007/s12170-015-0458-1
105. Huang W., Wang G., Lu S.-E., Kipen H., Wang Y., Hu M., Lin W., Rich D. [et al.]. Inflammatory and oxidative stress responses of healthy young adults to changes in air quality during the Beijing Olympics. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 2012, vol. 186, no. 11, pp. 1150–1159. DOI: 10.1164/rccm.201205-0850OC

Nosov A.E., Baydina A.S., Ustinova O.Yu. Aerogenic pollutants as risk factors causing development of cardio-metabolic pathology (review). *Health Risk Analysis*, 2021, no. 4, pp. 181–194. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.20.eng

Получена: 27.09.2021

Принята: 12.10.2021

Опубликована: 30.12.2021

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

Четвертый квартал 2021 г. (13 сентября – 17 декабря 2021 г.)

Решение Совета Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) от 14.09.2021 № 89 «Об общих принципах и подходах к обеспечению продовольственной безопасности государств - членов Евразийского экономического союза (ЕАЭС)»

Утверждены общие принципы и подходы к обеспечению продовольственной безопасности государств-членов ЕАЭС: недопустимость дискриминации на общем аграрном рынке Союза; обеспечение устойчивого развития агропромышленных комплексов государств-членов и общего аграрного рынка Союза; повышение уровня продовольственной независимости государств-членов в условиях конъюнктуры рынка; реализация потенциала взаимной торговли; снижение зависимости государств-членов от импорта материально-технических ресурсов из третьих стран.

Решение Совета ЕЭК от 29.10.2021 № 110 «О техническом регламенте ЕАЭС «О безопасности мяса птицы и продукции его переработки»

С 1 января 2023 г. вступает в силу технический регламент ЕАЭС «О безопасности мяса птицы и продукции его переработки» (ТР ЕАЭС 051/2021). Документ регламентирует требования к продуктам убоя сельскохозяйственной птицы и продукции их переработки, к процессам их производства, хранения, перевозки (транспортирования), реализации и утилизации, к маркировке и упаковке продуктов.

Решение Совета ЕЭК от 29.10.2021 № 113 «О введении маркировки упакованной воды средствами идентификации»

Государства-члены ЕАЭС самостоятельно определяют дату введения и порядок маркировки средствами идентификации упакованной воды на своей территории и не позднее чем за 6 месяцев до такой даты уведомляют об этом ЕЭК. Определено, что: маркировке подлежат товары, включенные в перечень; маркировка товаров осуществляется средствами идентификации, которые наносятся на потребительскую и (или) групповую упаковку товаров; маркировка остатков товаров, не осуществляется; сроки нахождения в обороте немаркированных товаров определяются законодательством государства-члена; государства-члены определяют национальных операторов национальных компонентов информационных систем маркировки. При введении маркировки обеспечивается криптографическая защита средств идентификации.

Решение Коллегии ЕЭК от 29.11.2021 № 159 «О внесении изменений в некоторые решения Коллегии ЕЭК»

Внесены изменения в Решение ЕЭК от 6 марта 2014 г. № 39 «Об утверждении перечня продукции, в отношении которой подача таможенной декларации сопровождается представлением документа об оценке (подтверждении) соответствия требованиям «Технического регламента на масложировую продукцию» (ТР ТС 024/2011)» и Решении от 26 мая 2014 г. № 76 «Об утверждении перечня продукции, в отношении которой подача таможенной декларации сопровождается представлением документа об оценке соответствия требованиям «Технического регламента на соковую продукцию из фруктов и овощей» (ТР ТС 023/2011)». Решение вступает в силу с 1 января 2022 г.

Перечень поручений по результатам проверки исполнения положений законодательства и решений Президента, направленных на создание национальной системы управления качеством пищевой продукции на основе внедрения комплексного механизма ее прослеживаемости» (утв. Президентом РФ 24.10.2021 № Пр-2005)

Правительству РФ поручено завершить создание системы управления качеством и безопасностью пищевой продукции посредством формирования комплексного механизма ее прослеживаемости. Система предусматривает: обеспечение доступности данных в цифровом формате о происхождении компонентов пищевых продуктов; поэтапное дополнение государственных информационных систем сведениями, характеризующими безопасность и качество пищевой продукции и ее элементов; разработку программы по обеспечения прослеживаемости продукции.

Распоряжение Правительства РФ от 16.09.2021 № 2580-р «Об утверждении плана мероприятий по реализации в 2021–2025 годах Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года»

Утвержден план мероприятий по реализации в 2021–2025 гг. Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 г. *Основные направления:* популяризация и продвижение традиционных семейных ценностей и актив-

ного долголетия; повышение благополучия семей с детьми, увеличение рождаемости; снижение материнской и младенческой смертности, улучшение репродуктивного здоровья; снижение смертности и повышение ожидаемой продолжительности жизни; формирование здоровья на производстве; поддержание здоровья старшего поколения; повышение мотивации к здоровому образу жизни.

Распоряжение Правительства РФ от 15.10.2021 № 2900-р «Об утверждении плана мероприятий по внедрению Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем, одиннадцатого пересмотра (МКБ-11) на территории Российской Федерации на 2021–2024 годы»

Определены мероприятия по внедрению Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем, одиннадцатого пересмотра (МКБ-11) в РФ на 2021–2024 гг.

Распоряжение Правительства РФ от 19.10.2021 № 2933-р «Об утверждении плана мероприятий по реализации Государственной стратегии противодействия распространению ВИЧ-инфекции в РФ на период до 2030 года»

Утвержден план мероприятий по реализации Государственной стратегии противодействия распространению ВИЧ-инфекции в Российской Федерации до 2030 г. План включает в себя мероприятия по: повышению информированности граждан по вопросам ВИЧ-инфекции, обеспечение комплексного подхода при диагностике, оказании медицинской помощи и социальной поддержки лицам с ВИЧ-инфекцией; увеличение охвата антиретровирусной терапией лиц с инфекцией; социальной поддержке ВИЧ-инфицированных; развитии правового регулирования и международного сотрудничества по вопросам ВИЧ-инфекции; совершенствование эпидемиологического контроля и надзора за распространением инфекции.

Постановление Правительства РФ от 02.10.2021 № 1676 «О внесении изменений в Положение о Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека»

Расширены полномочия Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. К полномочиям отнесено проведение нотификации новых химических веществ, и проведение процедуры разрешительной государственной регистрации химической продукции.

Постановление Правительства РФ от 27.10.2021 № 1844 «Об утверждении требований к разработке, содержанию, общественному обсуждению проектов форм проверочных листов, утверждению, применению, актуализации форм

проверочных листов, а также случаев обязательного применения проверочных листов»

С 1 марта 2022 г. устанавливаются требования к разработке, содержанию, общественному обсуждению проектов форм проверочных листов, утверждению, применению, актуализации их форм, а также случаи их обязательного применения.

Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 № 2101 «О внесении изменений в Положение о федеральном государственном контроле (надзоре) в области обеспечения качества и безопасности зерна и продуктов переработки зерна»

С 1 марта 2022 г. устанавливается ключевой показатель государственного контроля (надзора) в области обеспечения качества и безопасности зерна и продуктов переработки зерна: отношение количества объектов контроля по которым принято решение об изменении категории риска на более низкую, к общему количеству объектов контроля. Приводится формула расчета ключевого показателя и его целевое (плановое) значение.

Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 № 2100 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 15 декабря 2020 г. № 2099»

С 1 марта 2022 г. вступают в силу изменения в правила маркировки молочной продукции средствами идентификации. Расширен понятийный аппарат, уточнены действия участников оборота продукции, уточнен порядок регистрации молочной продукции и представления сведений в информационную систему мониторинга.

Постановление Правительства РФ от 13.12.2021 № 2277 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 31 мая 2021 г. № 841»

Внесены уточнения в правила маркировки упакованной воды средствами идентификации. Указанные правила дополнены позицией 11.07.11.150 «Воды обработанные питьевые упакованные, в том числе газированные, не содержащие сахара, подсластителей, ароматизаторов и других пищевых веществ».

Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 11.10.2021 № 25 «О внесении изменения в санитарно-эпидемиологические правила СП 3.1.3597-20 «Профилактика новой коронавирусной инфекции (COVID-19)», утвержденные постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 22.05.2020 № 15»

Срок выполнения лабораторного исследования на COVID-19 сокращен с 48 часов до 24 часов.

Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 02.11.2021 № 27 «О внесении изменения в пункт 3 постановления Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 30.06.2020 № 16 «Об утверждении санитарно-эпидемиологических правил СП 3.1/2.4.3598-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации работы образовательных организаций и других объектов социальной инфраструктуры для детей и молодежи в условиях распространения новой коронавирусной инфекции (COVID-19)»

До 1 января 2024 г. продлено действие санитарно-эпидемиологических требований к деятельности детских и молодежных организаций в условиях распространения COVID-19. Постановлением утверждены правила, обязывающие проводить уборку всех помещений, оборудования и инвентаря с применением моющих и дезинфицирующих средств; на входе предписывается термометрия посетителей; для обработки рук должно быть обеспечено постоянное наличие мыла, а также кожных антисептиков и пр.

Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 03.11.2021 № 28 «Об утверждении санитарно-эпидемиологических правил СП 3.1.3271-21 «Условия транспортирования и хранения замороженных иммунобиологических лекарственных препаратов для профилактики новой коронавирусной инфекции (COVID-19)»

СП 3.1.3271-21 устанавливают требования к условиям транспортировки и хранения указанных препаратов в организациях оптовой торговли лекарственными средствами, аптечных и медицинских организациях, требования к оборудованию, обеспечивающему сохранение исходного качества и безопасность замороженных препаратов, порядку их использования. Взамен СП 3.1.3671-20 «Условия транспортирования и хранения вакцины для профилактики новой коронавирусной инфекции (COVID-19) Гам-Ковид-Вак».

Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 09.11.2021 № 29 «О внесении изменений в постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 22.05.2020 № 15 «Об утверждении санитарно-эпидемиологических правил СП 3.1.3597-20 «Профилактика новой коронавирусной инфекции (COVID-19)»

Действие санитарно-эпидемиологических правил по профилактике COVID-19 продлено до 1 января 2024 г. Уточнены порядок лабораторного исследования на COVID-19 и выписки пациентов. Предусмотрено, что время доставки материала для исследования на COVID-19 в лабораторию не должно превышать 24 ч с момента отбора. Выписка контактных лиц проводится только после получения отрицательного ПЦР-теста. Определено, что не под-

лежат изоляции лица, контактировавшие с больным, но прошедшие полный курс вакцинации против COVID-19 в течение последних 6 месяцев, а также переболевшие в течение последних 6 месяцев.

Письмо Роспотребнадзора от 18.10.2021 № 02/21120-2021-32 «Разъяснения о порядке изоляции иностранных специалистов, прибывающих с целью осуществления трудовой деятельности»

Предусмотрен дифференцированный подход к срокам изоляции иностранных граждан, прибывающих в РФ для трудовой деятельности. При привлечении к работе таких лиц организуется отбор биологического материала и проведение лабораторного исследования на COVID-19. Работники с отрицательным результатом исследования методом ПЦР и отсутствием IgG подлежат обсервации в течение 14 календарных дней. Работники с отрицательным результатом исследования методом ПЦР и наличием IgG направляются к месту трудовой деятельности без ограничений. Иные категории иностранных граждан, прибывающие в РФ для трудовой деятельности, должны обеспечить наличие медицинского документа подтверждающего отрицательный результат лабораторного исследования материала на COVID-19 методом ПЦР.

МР 3.1.0268-21. 3.1. Профилактика инфекционных болезней. Изменение № 1 в МР 3.1.0262-21 «Критерии отнесения субъектов Российской Федерации к территориям, «свободным от COVID-19». Методические рекомендации» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 24.11.2021)

В целях отнесения к территории к «свободной от коронавируса», установлено, что в охват тестированием на COVID-19 должен составлять не менее 300 на 100 тыс. населения в день. Показатель должен сохраняться в течение не менее четырех недель.

МР 2.4.0260-21. 2.4. Гигиена детей и подростков. Рекомендации по проведению оценки соответствия меню обязательным требованиям. Методические рекомендации» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 04.10.2021)

Утверждены методические рекомендации по оценке соответствия меню учреждений, оказывающих услуги по питанию детей, обязательным требованиям. Рекомендуются оценивать: режим питания и продолжительность времени приема пищи; отсутствие или наличие запрещенных продуктов и блюд; соответствие суммарной массы блюд за прием пищи регламентированному нормативу; содержание витаминов и минеральных веществ.

МР 2.3.1.0253-21. 2.3.1. Гигиена. Гигиена питания. Рациональное питание. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации»

(утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22.07.2021)

В рекомендациях учтены актуальные фундаментальные и прикладные исследования в области науки о питании и таких новых областях знаний, как нутригеномика, нутригенетика, нутриметабомика и протеомика, а также антропонутициология.

МР 2.5/4.3.0258-21. 2.5. Гигиена и эпидемиология на транспорте. 4.3. Методы контроля. Физические факторы. Методика установления (изменения) седьмой подзоны приаэродромной территории. Методические рекомендации» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 27.09.2021)

Роспотребнадзором разработана методика установления (изменения) седьмой подзоны приаэродромной территории в целях планирования землепользования в отношении авиационного шума в районе аэродромов. Методика содержит порядок обоснования границ седьмой подзоны приаэродромной территории, проведения их верификации и производственного контроля в части оценки уровней авиационного шума.

МР 2.4.0259-21. 2.4. Гигиена детей и подростков. Методические рекомендации по обеспечению санитарно-эпидемиологических требований к организациям, реализующим образовательные программы дошкольного образования, осуществляющим присмотр и уход за детьми, в том числе размещенным в жилых и нежилых помещениях жилищного фонда и нежилых зданий, а также детским центрам, центрам развития детей и иным хозяйствующим субъектам, реализующим образовательные программы дошкольного образования и (или) осуществляющим присмотр и

уход за детьми, размещенным в нежилых помещениях. Методические рекомендации» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 28.09.2021)

Рекомендациями предусмотрены требования к устройству и содержанию детей, транспортному обслуживанию; зданиям, помещениям и их оборудованию; организации отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, освещения помещений; организации образовательного процесса и режима дня; предотвращению и профилактике распространения инфекционных и неинфекционных заболеваний; организации питания.

«МР 3.1.0262-21. 3.1. Профилактика инфекционных болезней. Критерии отнесения субъектов Российской Федерации к территориям, «свободным от COVID-19». Методические рекомендации» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 12.10.2021)

Определены критерии отнесения субъектов РФ к территориям, «свободным от COVID-19». Предполагается 5 критериев, среди которых: показатель заболеваемости COVID-19; охват тестированием населения на COVID-19; уровень коллективного иммунитета населения к COVID-19; занятость коек с ИВЛ; удельный вес коек, развернутых для лечения пациентов с новой коронавирусной инфекцией от расчетного нормативного значения. Субъект РФ может быть отнесен к территориям, «свободным от COVID-19», только при соответствии показателям всех пяти критериев. Решение об отнесении субъектов РФ к таким территориям принимается на заседании Оперативного штаба по предупреждению завоза и распространения новой коронавирусной инфекции на территории РФ по итогам конкурса.