

ЭКОЛОГИЯ

ЧЕЛОВЕКА

Содержание:

**Медведева О. В., Меньшикова Л. И.,
Чвырева Н. В., Гажева А. В., Большов И. Н.**

Региональное общественное здоровье:
оценка вклада кадровой обеспеченности здравоохранения

**Салтыкова М. М., Балакаева А. В.,
Шопина О. В., Бобровницкий И. П.**

Анализ влияния загрязнения атмосферного воздуха
на смертность от основных неинфекционных заболеваний
в зависимости от пола и возраста

**Мырзаматова А. О., Каширин А. К., Концевая А. В.,
Сиротко М. Л., Муканеева Д. К., Худяков М. Б.**

Семилетняя выживаемость и ассоциация факторов риска
с общей смертностью и смертностью от сердечно-сосудистых
заболеваний среди сельских жителей Самарской области

**Колпаков В. В., Томилова Е. А.,
Беспалова Т. В., Рыбцова Т. Н.**

Типологическая вариабельность компенсаторно-
приспособительных реакций организма
при челночных перемещениях в условия Арктики

**Новикова Т. А., Луцевич И. Н.,
Алешина Ю. А., Барегамян Л. А.**

Методологические подходы к обоснованию мер профилактики
профессионально обусловленных заболеваний
у работников производства молочной продукции

Коменкова Т. С., Зайцева Е. А., Шадрин А. М.

Генетическая вариабельность *Enterococcus faecalis*,
выделенных от детей с инфекцией мочевыводящих
путей в Приморском крае России

**Мякишева Ю. В., Михайлюк Н. А., Федосейкина И. В.,
Халитова Ю. А., Дудина А. И.**

Комплексная оценка влияния основных источников выбросов
загрязняющих веществ на качество атмосферного воздуха
Куйбышевского района города Самара

Подписной индекс:
20454 в каталоге
«Пресса России»

Телефоны:
(8182) 20-65-63,
28-56-64

Факс:
(8182) 20-61-90

E-mail:
HE-office@eco-vector.com
rionsmu@yandex.ru

www.Hum-Ecol.ru

12
2021

ЭКОЛОГИЯ

Ч Е Л О В Е К А

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

12.2021

**Учредитель — федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северный государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Основан в 1994 году**

Основным направлением деятельности журнала является публикация научных исследований, посвященных проблемам экологии человека и имеющих как фундаментальное, так и прикладное значение. В журнале публикуются оригинальные статьи, обзоры и краткие сообщения по всем аспектам экологии человека и общественного здоровья. Предназначен для публикации материалов кандидатских и докторских диссертаций.

Главный редактор — А. М. Гржибовский (Архангельск)

Заместители главного редактора: А. Б. Гудков (Архангельск), И. Б. Ушаков (Москва)

Научный редактор — П. И. Сидоров (Архангельск)

Международный редактор — Й. О. Одланд (Норвегия)

Ответственный секретарь — В. А. Постоев (Архангельск)

Редакционный совет: И. Н. Болотов (Архангельск), Р. В. Бузинов (Архангельск), П. Вейхе (Фарерские острова), М. Гисслер (Финляндия/Швеция), Л. Н. Горбатова (Архангельск), А. В. Грибанов (Архангельск), Р. Джонсон (США), Н. В. Доршакова (Петрозаводск), П. С. Журавлев (Архангельск), Н. В. Зайцева (Пермь), А. Ингве (Швеция), Р. Каледене (Литва), В. А. Карпин (Сургут), П. Ф. Кикю (Владивосток), П. Магнус (Норвегия), В. И. Макарова (Архангельск), А. Л. Максимов (Магадан), А. О. Марьяндышев (Архангельск), И. Г. Мосягин (Санкт-Петербург), Э. Нибоер (Канада), Г. Г. Онищенко (Москва), К. Пярна (Эстония), А. Раутио (Финляндия), Ю. А. Рахманин (Москва), Г. Роллин (ЮАР), М. Рудге (Бразилия), Й. Руис (Испания), А. Г. Соловьев (Архангельск), Г. А. Софронов (Санкт-Петербург), В. И. Торшин (Москва), Т. Н. Унгурияну (Архангельск), В. П. Чашин (Санкт-Петербург), В. А. Черешнев (Москва), З. Ши (Катар), К. Ю (Китай), К. Янг (Канада)

Редактор Н. С. Дурасова **Переводчик** О. В. Калашникова **Дизайн обложки и верстка** Г. Е. Волкова

Перепечатка текстов без разрешения журнала запрещена. При цитировании материалов ссылка на журнал обязательна.

Издатель: ООО "Эко-Вектор"

Адрес издателя: 191186, Санкт-Петербург, Аптекарский пер. д.3 литер А, помещение 1Н.

e-mail: info@eco-vector.com WEB: <https://eco-vector.com>

Адрес редакции: 163069, г. Архангельск, пр. Троицкий, 51.

Тел. (8182) 20-65-63; e-mail: rio@nsmu.ru; rionsmu@yandex.ru

Адрес типографии:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
163069, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51. Тел. (8182) 28-56-64, факс (8182) 20-61-90

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 20 марта 2020 г. Регистрационный номер ПИ № ФС77-78166

Подписано в печать 24.12.21. Дата выхода в свет 24.12.21. Формат 60×90/8. Печать цифровая.

Уч.-изд. л. 7,1. Тираж 1000 экз., зак. 2421.

Индекс 20454. Цена свободная

© Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск

EKOLOGIYA

С Е Л О В Е К А (HUMAN ECOLOGY)

MONTHLY PEER-REVIEWED JOURNAL

12.2021

Publisher: Eco-Vector

In continuous publication since 1994

Human Ecology is a peer-reviewed nationally and internationally circulated Russian journal with the main focus on research and practice in the fields of human ecology and public health. The Journal publishes original articles, reviews, short communications, educational materials and news. The primary audience of the Journal includes health professionals, environmental specialists, researchers and doctoral students. The journal is recommended by the Higher Attestation Committee of the Russian Federation for publication of materials from doctoral theses in health sciences.

Editor-in-Chief: A. M. Grjibovski (Arkhangelsk)

Deputy Editors-in-Chief: A. B. Gudkov (Arkhangelsk), I. B. Ushakov (Moscow)

Science Editor: P. I. Sidorov (Arkhangelsk)

International Editor: J. Ø. Odland (Norway)

Executive Secretary: V. A. Postoev (Arkhangelsk)

Editorial Council: I. N. Bolotov (Arkhangelsk), R. V. Buzinov (Arkhangelsk), P. Weihe (Faroe Islands), M. Gissler (Finland/Sweden), L. N. Gorbatoва (Arkhangelsk), A. V. Gribanov (Arkhangelsk), R. Johnson (USA), N. V. Dorshakova (Petrozavodsk), P. S. Zhuravlev (Arkhangelsk), N. V. Zaitseva (Perm), A. Yngve (Sweden), R. Kalediene (Lithuania), V. A. Karpin (Surgut), P. F. Kiku (Vladivostok), P. Magnus (Norway), V. I. Makarova (Arkhangelsk), A. L. Maksimov (Magadan), A. O. Maryandyshev (Arkhangelsk), I. G. Mosyagin (Saint Petersburg), E. Nieboer (Canada), G. G. Onishchenko (Moscow), K. Pärna (Estonia), A. Rautio (Finland), Ya. A. Rakhmanin (Moscow), H. Rollin (South Africa), M. Rudge (Brazil), J. Ruiz (Spain), A. G. Soloviev (Arkhangelsk), G. A. Sofronov (Saint Petersburg), V. I. Torshin (Moscow), T. N. Unguryanu (Arkhangelsk), V. P. Chashchin (Saint Petersburg), V. A. Chereshnev (Moscow), Z. Shi (Qatar), C. Yu (China), K. Young (Canada)

Editor: N. S. Durasova **Translator:** O. V. Kalashnikova **Design and layout:** G. E. Volkova

Publisher: Eco-Vector

3 liter A, 1H, Aptekarsky pereulok, 191186, Saint Petersburg Russian Federation

E-mail: info@eco-vector.com WEB: <https://eco-vector.com>

Editorial office: Troitsky Ave. 51, 163069 Arkhangelsk, Russia.

Tel. +7 (8182) 20 65 63; email: rio@nsmu.ru; rionsmu@yandex.ru

Founders:

Eco-Vector

liter A, 1H, Aptekarsky pereulok, 191186, Saint Petersburg Russian Federation

E-mail: info@eco-vector.com WEB: <https://eco-vector.com>

**Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Northern State Medical University» of
Ministry of Healthcare of Russian Federation**

Troitsky Ave. 51, 163069 Arkhangelsk, Russia. Tel. +7 (8182) 28 56 64, fax +7 (8182) 20 61 90.

Registered by the Federal Supervision Agency for Information Technologies and Communications on 20.03.2020.

Registration number ПИ № ФС 77-78166.

СОДЕРЖАНИЕ

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

- Медведева О. В., Меньшикова Л. И., Чвырева Н. В.,
Гажева А. В., Большов И. Н.**
Региональное общественное здоровье: оценка вклада
кадровой обеспеченности здравоохранения 4
- Салтыкова М. М., Балакаева А. В., Шопина О. В.,
Бобровницкий И. П.**
Анализ влияния загрязнения атмосферного воздуха
на смертность от основных неинфекционных заболеваний
в зависимости от пола и возраста..... 14
- Мырзаматова А. О., Каширин А. К., Концевая А. В.,
Сиротко М. Л., Муканеева Д. К., Худяков М. Б.**
Семилетняя выживаемость и ассоциация факторов риска
с общей смертностью и смертностью от сердечно-сосудистых
заболеваний среди сельских жителей Самарской области..... 23
- Колпаков В. В., Томилова Е. А.,
Беспалова Т. В., Рыбцова Т. Н.**
Типологическая вариабельность
компенсаторно-приспособительных реакций организма
при челночных перемещениях в условия Арктики..... 30
- Новикова Т. А., Луцевич И. Н.,
Алешина Ю. А., Барегамян Л. А.**
Методологические подходы к обоснованию мер
профилактики профессионально обусловленных заболеваний
у работников производства молочной продукции 41
- Коменкова Т. С., Зайцева Е. А., Шадрин А. М.**
Генетическая вариабельность *Enterococcus faecalis*,
выделенных от детей с инфекцией мочевыводящих путей
в Приморском крае России 49
- Мякишева Ю. В., Михайлюк Н. А., Федосейкина И. В.,
Халитова Ю. А., Дудина А. И.**
Комплексная оценка влияния основных источников выбросов
загрязняющих веществ на качество атмосферного воздуха
Куйбышевского района города Самара..... 56

РЕГИОНАЛЬНОЕ ОБЩЕСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ: ОЦЕНКА ВКЛАДА КАДРОВОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

©2021 г. ¹О. В. Медведева, ³Л. И. Меньшикова, ¹Н. В. Чвырева, ²А. В. Гажева, ¹И. Н. Большов

¹ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; г. Рязань; ²ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Минздрава России, г. Москва; ³ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет», г. Архангельск

Введение: Проблема обеспеченности населения медицинскими кадрами остается одной из наиболее значимых проблем здравоохранения России. Отсутствие благоприятных условий труда и недостаточная его оплата ведут к активному оттоку квалифицированных медицинских работников из государственного в частный сектор здравоохранения. Результатом этих процессов является снижение обеспеченности населения врачами и средним медицинским персоналом, что, в свою очередь, оказывает негативное влияние на организационную доступность медицинской помощи и, как следствие, показатели общественного здоровья.

Цель: Проанализировать состояние кадровой обеспеченности медицинских организаций и заболеваемости населения региона, установить их возможную взаимосвязь на примере Рязанской области в период с 2009 по 2018 г.

Методы: Проводилось ретроспективное наблюдение за показателями заболеваемости и кадровым обеспечением медицинских организаций, построенное на сборе и анализе показателей за 2009–2018 гг.

Результаты: Заболеваемость всего населения Рязанской области в период с 2009 по 2018 г. снизилась на 2,5 % (с 7 400,3 до 7 214,9 на 10 тыс. населения), при этом заболеваемость городского населения превышала таковую у сельских жителей в 4,5 раза, а в 2018 г. – в 1,8 раза. Динамика обеспеченности населения Рязанской области медицинскими кадрами соответствует общероссийским тенденциям: отмечается снижение обеспеченности врачами и средним медицинским персоналом, более существенное по врачам.

Выводы: Кадровое обеспечение медицинских организаций оказывает влияние на состояние общественного здоровья региона, в частности на показатель заболеваемости. Выявленные корреляционные связи между обеспеченностью врачебными кадрами и уровнем заболеваемости населения Рязанской области свидетельствуют о том, что организационная доступность медицинской помощи взаимосвязана с показателями общественного здоровья.

Ключевые слова: общественное здоровье, заболеваемость, обеспеченность медицинскими кадрами, коэффициент совместительства, дефицит кадров

REGIONAL PUBLIC HEALTH: ASSESSMENT OF THE ROLE OF HEALTHCARE STAFFING SUPPLY

¹O. V. Medvedeva, ³L. I. Menshikova, ¹N. V. Chvyreva, ²A. V. Gazheva, ¹I. N. Bolshov

¹Ryazan State Medical University, Ryazan;

²Federal Research Institute for Health Organization and Informatics of Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow; ³Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

Introduction: Adequate supply with healthcare staff remains one of the most significant challenges for public health in Russia. Suboptimal labor conditions and low payments have led to significant outflow of medical professionals from public to private health sector resulting in insufficient number of doctors and nurses, but the impact of this lack of personnel has not been assessed.

Aim: To study associations between staffing in medical organizations and population morbidity in 2009–2018 in Ryazan region.

Methods: Secondary data on population morbidity and staffing of medical organizations for the period from 2009 to 2018 were used for all analyses.

Results: Total morbidity in the Ryazan region decreased from 7 400.3 to 7 214.9 per 10 thousand. Significant urban-rural differences were observed. In 2018, urban morbidity exceeded rural morbidity by 80 %. Staffing of healthcare system has been decreasing over the study period which is in line with the national trend. The number of doctors has been decreasing more rapidly than the number of nurses.

Conclusions: Staffing of medical organizations is associated with population morbidity. Further research should concentrate on the factors that could explain the observed associations.

Key words: public health, morbidity, staffing of medical personnel, coefficient combine job, personnel deficiency

Библиографическая ссылка:

Медведева О. В., Меньшикова Л. И., Чвырева Н. В., Гажева А. В., Большов И. Н. Региональное общественное здоровье: оценка вклада кадровой обеспеченности здравоохранения // Экология человека. 2021. № 12. С. 4–13.

For citing:

Medvedeva O. V., Menshikova L. I., Chvyreva N. V., Gazheva A. V., Bolshov I. N. Regional Public Health: Assessment of the Role of Healthcare Staffing Supply. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 12, pp. 4–13.

Введение

Показатели общественного здоровья, в том числе уровень заболеваемости населения, являются чутким барометром социально-экономического благополучия населения региона. Общественное здоровье как важнейшее свойство трудовых ресурсов оказывает значительное влияние на социально-экономическое развитие наряду с такими характеристиками трудоспособного населения, как уровень образования, наличие квалификации, играя роль первостепенной движущей силы экономического роста. Общественное здоровье формирует обобщающую картину состояния здоровья населения, определяющих его факторов, что позволяет определять стратегические направления развития здравоохранения региона [25, 35, 36].

Рассматривая проблему постоянного снижения уровня здоровья современного населения и учитывая социальные последствия этого, следует прогнозировать неизбежные потери будущих поколений, обусловленные, как правило, недооценкой фактора здоровья. Необходимо принимать во внимание в том числе и необратимость негативных процессов, связанных с распространением отдельных видов заболеваний. Состояние здоровья населения страны представляется возможным охарактеризовать по динамике показателей первичной заболеваемости. Согласно имеющимся данным федеральной службы государственной статистики, темп прироста общей заболеваемости в Российской Федерации (РФ) превышает темп прироста первичной, что свидетельствует о наличии тенденции перехода имеющихся болезней в хроническую форму. Многими исследователями рост заболеваемости трактуется как следствие активного внедрения современных методов диагностики, что имеет место в последние несколько десятилетий, однако имеющийся рост показателей смертности и инвалидности свидетельствует о действительном росте заболеваемости [25].

Сомнению не подвергается тот факт, что состояние общественного здоровья обусловлено не только образом жизни индивидуума, экологическими факторами, наследственной предрасположенностью, но и состоянием системы здравоохранения. В отечественном здравоохранении традиционной проблемой остается дефицит и дисбаланс медицинских кадров как среди медицинских специальностей, так и диспропорции в обеспеченности медицинским персоналом городских и сельских, федеральных и региональных медицинских организаций [22, 26], на чем акцентируется постоянное пристальное внимание современных исследователей в области общественного здоровья [32–34].

Состояние кадрового обеспечения имеет существенные межрегиональные различия. Так, в крупных мегаполисах, таких как Москва, Санкт-Петербург, острота кадровой проблемы сводится к дисбалансу по некоторым специальностям, в то время как в субъектах РФ отмечается несоответствие числа физических лиц врачей расчетным значениям потребности в медицинских кадрах, то есть имеет место абсолютный дефицит врачей [1, 3, 24, 26].

В Указе Президента РФ от 07.05.2019 г. № 204 в числе национальных целей указаны «ликвидация кадрового дефицита в медицинских организациях, оказывающих первичную медико-санитарную помощь, и обеспечение оптимальной доступности для населения... медицинских организаций, оказывающих первичную медико-санитарную помощь, сокращение времени ожидания в очереди при обращении граждан в указанные медицинские организации» [27].

Отсутствие благоприятных условий труда вместе с недостаточной его оплатой ведет к активному оттоку квалифицированных медицинских работников из государственного в частный сектор здравоохранения, способствуя тем самым снижению обеспеченности населения медицинскими кадрами, что, в свою очередь, оказывает негативное влияние на качество оказания медицинской помощи населению [2, 4, 28].

Ведущая роль в разрешении проблемы кадрового дефицита здравоохранения принадлежит активному привлечению в отрасль молодых специалистов, которые при поиске места работы, как правило, руководствуются целым комплексом факторов, особенно при выборе в качестве места будущей собственной профессиональной деятельности сельской медицинской организации. Чаще всего данные факторы несут негативные составляющие: повышенную нагрузку в сравнении с городскими медицинскими организациями, недостаточное материально-техническое оснащение, низкую оплату труда, отсутствие социальной защищенности и возможности карьерного роста [6, 9, 10].

Кроме того, одним из первостепенных факторов, способствующих снижению притока выпускников медицинских вузов в медицинские организации, является и наличие у них желания продолжать получение высшего образования по программам ординатуры [13, 14].

Система здравоохранения в РФ характеризуется в настоящее время тенденцией к недостаточной укомплектованности медицинскими кадрами. Вариативность показателей обеспеченности врачами и средними медицинскими работниками по РФ и ее субъектам не может обеспечить равные условия в предоставлении доступной и качественной медицинской помощи для всех категорий граждан. Изучение динамики кадрового состава на современном этапе — одна из ведущих задач в обосновании стратегии развития здравоохранения [5, 11, 12, 21].

На начальных этапах внедрения и реализации приоритетного национального проекта «Здравоохранение», а также региональных программ модернизации первичного звена здравоохранения отмечалась незначительная положительная динамика, характеризующаяся небольшим приростом числа врачей в медицинских организациях, оказывающих помощь в амбулаторных условиях при малом сокращении штатных должностей. Кадровая проблема врачей «первичного звена» в настоящий момент времени

решается более медленными темпами, чем среди врачей-специалистов, вместе с тем наметились положительные сдвиги [15, 17, 19, 20, 23].

Цель исследования: проанализировать состояние кадровой обеспеченности медицинских организаций и заболеваемости населения региона, установить их возможную взаимосвязь на примере Рязанской области в период с 2009 по 2018 г.

Методы

Для получения необходимой информации была проведена выкопировка данных из форм федерального статистического наблюдения (ФСН), использовалась ведомственная отчетность, данные дополнены материалами статистического обследования.

Предмет исследования — влияние кадрового обеспечения медицинских организаций РФ, Центрального федерального округа (ЦФО) и Рязанской области на заболеваемость населения. Объектом исследования стали медицинские организации РФ, ЦФО и Рязанской области.

Проводилось ретроспективное наблюдение за показателями заболеваемости и кадровым обеспечением медицинских организаций, построенное на сборе и анализе показателей за 2009–2018 гг. Сбор статистической информации проводился по материалам форм федерального статистического наблюдения (Форма № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации», Форма № 30 «Сведения о медицинской организации», Форма № 47 «Сведения о сети и деятельности медицинских организаций»).

При статистической обработке полученных данных использовались следующие математико-статистические подходы: расчет относительных показателей и средней ошибки относительной величины ($\pm m$), оценка достоверности результатов по критерию Стьюдента (t), анализ трендов, корреляционный анализ по методу Пирсона (r). Коэффициент корреляции Пирсона был рассчитан на основании имеющихся данных обеспеченности медицинскими кадрами городского и сельского населения с 2015 по 2018 г. вследствие внесения изменений в Форму № 30.

Для определения основной тенденции отдельных показателей заболеваемости и ресурсного обеспечения медицинской организации использованы стандартные математические приемы, основанные на замене одних значений отдельных характеристик показателей заболеваемости и численности врачей, обеспеченности врачами и средним медицинским персоналом — другими характеристиками математических объектов в зависимости от временных параметров.

Количественная оценка тенденции проводилась по среднему темпу прироста (убыли), измеренному по взаимосвязи между темпами роста и прироста по данным о средних темпах роста, и выраженному в %:

$$T_{\text{пр.}} = \frac{v \cdot K}{a} \cdot 100 \%,$$

где a — среднеарифметический показатель уровня ряда, рассчитывается по формуле: $a = \Sigma \text{Уфакт.} / n$; v — параметр прямой, коэффициент, показывающий различие между теоретическими уровнями ряда за смежные периоды, определяется путем расчета по формуле: $v = \Sigma(X \cdot \text{Уфакт.}) / \Sigma X^2$; где n — число уровней динамического ряда; X — временные точки, натуральные числа, проставляемые от середины (центра) ряда в оба конца. $K = 1$ при нечетном числе уровней ряда; $K = 2$ при четном числе уровней ряда.

Зависимость средних темпов прироста определялась по формуле:

$$\overline{T_p} = \overline{T_r} - 1,$$

где $\overline{T_r}$ — средний темп роста, который рассчитывался по следующей формуле:

$$\overline{T_r} = n^{-1} \sqrt[n]{\frac{y_n}{y_0}},$$

где n — количество лет, y_n — текущий показатель, y_0 — базисный показатель.

Оценка тенденции проводилась по следующим диапазонам: тенденция стабильная — темп среднего прироста от 0 до ± 1 %; тенденция умеренная — темп среднего прироста от $\pm 1,1$ до $\pm 5,0$ %, тенденция выраженная — темп среднего прироста больше $\pm 5,0$ %. Затем с помощью метода аналитического выравнивания было проверено наличие тренда в динамических рядах на основании формулы:

$$f(t) = a_0 + alt.$$

На следующем этапе определялось наличие или отсутствие связи между временем и изучаемым показателем и, в зависимости от величины коэффициента (r), оценивалась устойчивость ряда: от 0,7 до 1,0 — ряд с выраженной устойчивой тенденцией; от 0,4 до 0,69 — ряд с неустойчивой тенденцией; от 0 до 0,39 — ряд с отсутствием тенденции или с неясной тенденцией.

Результаты

Заболеваемость всего населения Рязанской области в период с 2009 по 2018 г. снизилась на 2,5 % (с 7 400,3 до 7 214,9 на 10 тыс. населения); темп снижения характеризовался стабильной тенденцией с темпом среднегодовой убыли $-0,64$ % ($r = -0,87$) (рис. 1). Снижение заболеваемости среди городского населения за анализируемый период произошло на 9,4 % (с 9 140,0 до 8 280,2 на 10 тыс. населения ($m_p = \pm 0,013$)), темп снижения характеризовался умеренной тенденцией с темпом среднегодовой убыли $-1,04$ % ($r = -0,77$); у сельского населения области отмечено увеличение показателя заболеваемости на 121,1 % (с 2 024,5 до 4 475,9 на 10 тыс. населения) ($m_p = \pm 0,014$), выявлена выраженная тенденция к увеличению с темпом среднегодового прироста $+6,6$ % ($r = +0,9$).

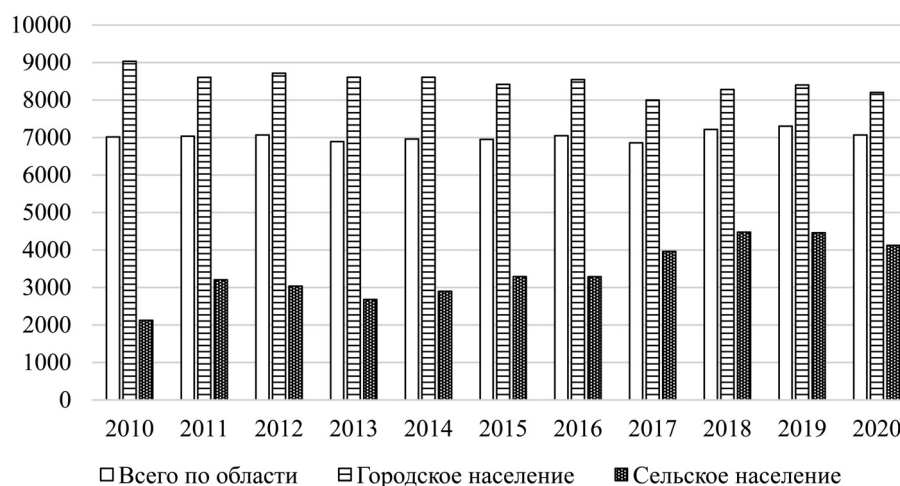


Рис. 1. Динамика заболеваемости населения Рязанской области за 2010–2020 гг. (на 10 тыс. населения)

Обращает на себя внимание тот факт, что в 2009 г. заболеваемость городского населения (9 140,0 на 10 тыс. населения) ($m_p = \pm 0,018$) превышала таковую у сельских жителей (2 024,5 на 10 тыс. населения) ($m_p = \pm 0,013$) в 4,5 раза, а в 2018-м – в 1,8 раза, соответственно составляя 8 280,2 и 4 475,9 на 10 тыс. населения.

Одним из важнейших критериев общественного здоровья является показатель ожидаемой продолжительности жизни (ОПЖ), который в 2009 г. в Рязанской области составлял 67,8 года, а в 2018-м – 72,84. Показатель ОПЖ вырос соответственно на 6,9 % ($m_p = \pm 0,22$) [16, 30, 32].

По данным Федеральной службы государственной статистики [7, 8, 18], динамика обеспеченности врачами в РФ характеризуется отрицательным трендом: с 2009 по 2018 г. – снижение на 3,8 % (с 49,8 до 47,9 на 10 тыс. населения) ($m_p = \pm 0,01$). В ЦФО и Рязанской области, по данным того же источника, за этот же период также отмечалось снижение обеспеченности врачами, соответственно на 12,5 и 7,2 % (с 54,5 до 47,7 в ЦФО и с 55,5 до 51,5 на 10 тыс. населения в Рязанской области) ($m_p = \pm 0,028$)) (таблица).

В 2018 г. обеспеченность врачами в РФ и ЦФО составила соответственно 47,9 ($m_p = \pm 0,018$) и 47,7 ($m_p = \pm 0,13$) на 10 тыс. населения, что значительно ниже (7,5 и 8,0 %), чем в Рязанской области – 51,5 на 10 тыс. населения ($m_p = \pm 0,033$) ($p < 0,05$). При сравнении обеспеченности населения РФ, ЦФО и Рязанской области врачами за период с 2009 по 2018 г. не отмечено позитивной и явно выраженной динамики.

Темпы снижения обеспеченности населения врачами в целом по России и ЦФО характеризуются одинаковой, умеренной устойчивой тенденцией к снижению: темп среднегодовой убыли –0,87 % ($r = -0,77$), –2,02 % ($r = -0,9$). В Рязанской области [16] при аналогичных характеристиках динамики ее направленность имела собственные отличительные

Обеспеченность населения Рязанской области врачами всех профилей (на 10 тыс. населения)

Год	Врачи всех профилей		
	РФ	ЦФО	Рязанская обл.
2009	49,8	54,5	55,5
2010	50,1	53,5	56,8
2011	51,2	54,9	57,3
2012	49,1	51,6	52,3
2013	48,9	51,0	51,6
2014	48,5	50,2	52,1
2015	45,9	46,1	47,9
2016	46,4	46,3	51,8
2017	47,5	46,8	50,7
2018	47,9	47,7	51,5
Темп прироста/убыли 2018 к 2009, %	–3,8	–12,5	–7,2

черты: за этот же период темп среднегодовой убыли составил –1,36 % ($r = -0,61$) при относительном росте за 2009–2011 гг. на 3,2 %. При этом на протяжении всего анализируемого периода обеспеченность врачами в области была в среднем на 8,7 % ($p < 0,05$) и на 5,0 % ($p < 0,05$) соответственно выше общероссийского уровня и уровня ЦФО.

В 2018 г. в Рязанской области работало 10 299 средних медицинских работников. Показатель обеспеченности средним медицинским персоналом в 2018 г. в РФ составил 101,6 ($m_p = \pm 0,028$), а в ЦФО – 91,9 на 10 тыс. населения ($m_p = \pm 0,037$), в Рязанской области данный показатель был выше (110,7 на 10 тыс. населения), чем в РФ, на 8,96 и 20,45 % выше, чем в ЦФО ($p < 0,05$). Изучение обеспеченности населения РФ, ЦФО и Рязанской области средним медицинским персоналом (СПМ) за период с 2009 по 2018 г. не позволило выявить положительной динамики. Темпы снижения обеспеченности средним медицинским персоналом в РФ и ЦФО были схожими. Так, в целом по России

отмечалась стабильная устойчивая тенденция, темп среднегодовой убыли составил $-0,42\%$ ($r = -0,83$), в ЦФО — умеренная устойчивая тенденция $-1,1\%$ ($r = -0,94$). В Рязанской области динамика сопоставима с общероссийскими изменениями со стабильной устойчивой тенденцией к снижению: темп среднегодовой убыли составил $-0,6\%$ ($r = -0,76$).

Вследствие внесения изменений в Форму № 30 «Сведения о медицинской организации» и особенностей статистического учета представляется возможным провести анализ изменения показателей обеспеченности врачебным и средним медицинским персоналом городского и сельского населения Рязанской области начиная с 2015 г. Обеспеченность городского и сельского населения области врачами всех профилей не была подвержена резким колебаниям и составляла соответственно 55,9 и 5,9 на 10 тыс. населения в 2015 г. ($m_p = \pm 0,011$). Вместе с тем обеспеченность врачами г. Рязани имела тенденцию к снижению с 55,9 в 2015 г. до 54,7 в 2018-м ($m_p = \pm 0,028$). За изучаемый период динамика показателя обеспеченности врачами сельского населения носила волнообразный характер, снижаясь с 5,9 в 2015 г. до 5,1 в 2016-м, затем увеличиваясь до 6,4 в 2017 г. и вновь снижаясь до 6,3 в 2018-м в расчете на 10 тыс. населения. За период с 2015 по 2018 г. обеспеченность средним медицинским персоналом городского населения на территории области имела тенденцию к снижению с 117,9 в 2015 г. до 113,5 в 2018-м на 10 тыс. населения, а у жителей села было зафиксировано небольшое увеличение с 36,2 в 2015 г. до 37,2 в 2017-м с последующим снижением до 36,6 в 2018 на 10 тыс. населения.

Темпы изменения обеспеченности населения средним медицинским персоналом и врачами существенно различались. Тренд динамики обеспеченности врачами в расчете на 10 тыс. городского населения характеризовался умеренной устойчивой тенденцией к снижению (темп среднегодовой убыли соответственно $-0,72\%$ ($r = -0,9$)), в расчете на 10 тыс. сельского населения отмечалась умеренная неустойчивая тенденция к увеличению (темп среднегодового прироста $4,2\%$, $r = -0,55$). Анализ динамики обеспеченности городского населения средним медицинским персоналом показал выраженную устойчивую тенденцию к снижению (темп среднегодовой убыли $-1,35\%$, $r = -0,94$), а сельского населения — неустойчивую положительную тенденцию (темп среднегодового прироста $0,57\%$, $r = 0,6$).

В Рязанской области сохраняется диспропорция в обеспечении врачами и средним медицинским персоналом городского и сельского населения в разрезе муниципальных образований. Наиболее обеспечены средним медицинским персоналом Касимовский и Скопинский межрайонные медицинские центры (116,4 и 108,9 на 10 тыс. населения) ($m_p = \pm 0,034$), причем обеспеченность населения данной категорией персонала за изучаемый период изменялась по-разному (в Касимовском межрайонном медицинском центре

убыль на $3,9\%$, в Скопинском — прирост на $7,3\%$). Наименьшая обеспеченность средним медицинским персоналом выявлена в зоне ответственности Рязанской межрайонной больницы (40,7 на 10 тыс. населения) и Старожиловской районной больницы (55,7 на 10 тыс. населения), с уменьшением на $8,3\%$ в первой больнице и увеличением на $11,2\%$ во второй.

Укомплектованность врачами в области составила $80,5\%$ ($m_p = \pm 0,017$). В районах области укомплектованность врачами достаточно неравномерна: от $77,3\%$ в Рязанской межрайонной больнице и $71,4\%$ в Новомичуринской межрайонной больнице до $43,6\%$ в Шацкой межрайонной больнице ($m_p = \pm 0,033$). Выраженные межмуниципальные различия могут косвенно свидетельствовать не только о социально-экономической привлекательности отдельных муниципальных образований области, но и об уровне мер социальной поддержки медицинских работников на уровне муниципалитетов.

Укомплектованность средним медицинским персоналом в области в 2018 г. на $2,4\%$ выше, чем врачами ($82,4\%$). Отмечается отрицательная динамика показателя обеспеченности средним медицинским персоналом сельского населения с $90,3\%$ в 2015 г. до $86,6\%$ в 2018-м.

Соотношение числа врачей и среднего медицинского персонала в Рязанской области в 2018 г. составило $1:2,23$ (в 2009 г. — $1:2,5$), что несколько выше, чем в целом по России и ЦФО (соответственно $1:2,1$ и $1:1,9$) ($m_p = \pm 0,05$).

Своевременность и результативность медицинской помощи являются компонентами организационной доступности, зависящими от профессионализма и квалификации медицинского персонала [21]. Данный фактор оказывает непосредственное выраженное влияние на качество оказываемой медицинской помощи. Нами была использована оценка уровня квалификации медицинских работников в качестве индикатора соответствия требованиям, предъявляемым к специалисту.

В 2018 г. $68,3\%$ врачей всех специальностей в Рязанской области имели квалификационные категории. По сравнению с 2015 г. ($70,9\%$) убыль регионального показателя составила всего $3,7\%$, что значительно ниже темпа убыли данного показателя в РФ — $9,09\%$. При этом его значение в 2015 г. превышало значение общероссийского показателя в 1,5 раза ($47,7\%$), а в 2018-м превысило на $55,2\%$ ($p < 0,05$).

Однако при сравнении квалификации врачей по категориям за 2015 и 2018 гг. можно отметить трансформацию структуры по долям специалистов с первой и высшей категорий, так, удельный вес врачей с первой квалификационной категорией сократился на $23,6\%$ ($p < 0,05$) при одновременном росте доли врачей с высшей категорией на $4,3\%$ ($p < 0,05$).

Наряду с этим незначительно изменились доли лиц, имеющих вторую категорию и не имеющих категории (рис. 2). Представляется возможным предположить,

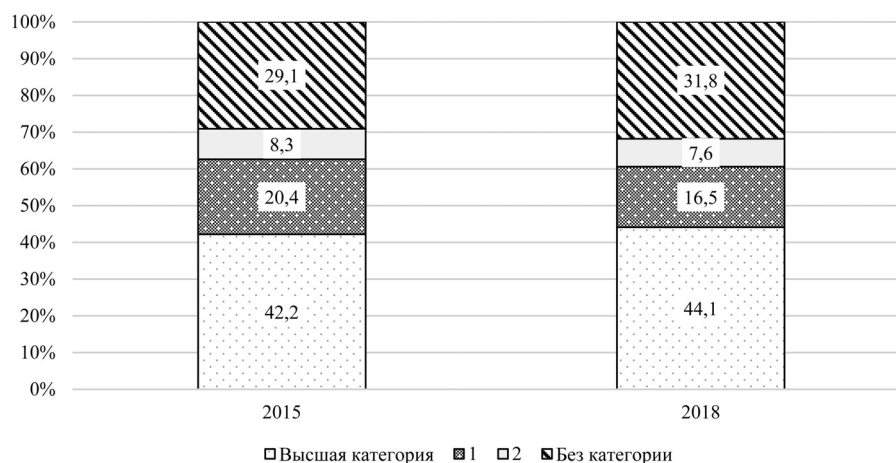


Рис. 2. Динамика структуры врачей всех специальностей в Рязанской области по квалификационным категориям (в % к итогу)

что структура изменялась за счет повышения квалификационной категории у лиц, имеющих достаточный стаж работы и первую категорию, основная часть из них (97,2 %) приходится на работающих непосредственно в г. Рязани.

В 2018 г. по сравнению с 2015-м отмечается незначительное снижение числа СМП, имеющего квалификационные категории — с 82,4 до 81,14 % (на 1,6 %). При этом число СМП, имеющего высшую квалификационную категорию, увеличилось на 7,05 % — с 55,3 в 2015 г. до 59,5 в 2018 г. ($p < 0,05$). Это в основном объясняется снижением числа лиц, имеющих первую (с 18,6 % до 13,6) и вторую квалификационные категории (с 8,5 % до 8,04).

В Рязанской области доля врачей, имеющих сертификат специалиста, уменьшилась на 2,3 % за четыре года (с 99,1 % в 2015 г. до 96,9 в 2018), что несколько ниже, чем в ЦФО (–1,6 %; с 99,3 % до 97,7) и ниже, чем в РФ (с 98,0 % до 97,0, или 1,03 % за этот же период). Доля сертифицированного СМП также достаточно высока (97,2 %), что практически равно общероссийскому показателю (97,1 %), но вместе с тем ниже показателя ЦФО на 0,7 % (97,9 %). Снижение числа сертифицированных медицинских работников обусловлено прежде всего поэтапной заменой сертификации процедурой аккредитации специалистов.

Анализ корреляционных связей между показателями кадровой обеспеченности, прежде всего врачами, и показателями заболеваемости населения Рязанской области позволило выявить определенные закономерности. Так, было установлено наличие прямой средней силы связи между обеспеченностью врачебными кадрами и уровнем заболеваемости всего населения области за изучаемый период ($r_{xy} = +0,4$). Установлена прямая средней силы связь между показателем обеспеченности врачебными кадрами городского населения и уровнем заболеваемости ($r_{xy} = +0,41$) в отличие от сельского населения, где была выявлена обратная сильная связь между обеспеченностью врачебными кадрами и заболеваемостью ($r_{xy} = -0,74$).

Обсуждение результатов

Общественное здоровье выступает в роли первостепенного и всеобъемлющего показателя условий жизни населения при одновременной зависимости от них. Качество общественного здоровья возможно оценить, используя для этого разнообразные показатели, однако наиболее достоверными являются: ожидаемая продолжительность жизни (ОПЖ), общая заболеваемость, а также и заболеваемость некоторыми социальными болезнями (туберкулез, инфекции, передающиеся половым путем, ВИЧ-инфекция и др.). Анализ совокупности вышеназванных показателей позволяет более точно оценить уровень здоровья населения, а также на данной основе проводить сравнения различных регионов между собой [25, 29, 31, 37].

Именно первичная заболеваемость выступает в качестве индикатора обеспеченности населения медицинской помощью, в том числе врачебными и медсестринскими кадрами. За анализируемый период времени нами было выявлено снижение заболеваемости среди городского населения при явном стойком ее увеличении среди сельского более чем в два раза.

Установление природы взаимосвязи между кадровой обеспеченностью медицинских организаций региона и состоянием общественного здоровья является довольно сложной задачей. В нашем исследовании получены достоверные корреляционные связи между этими показателями, однако их трактовка является дискуссионной. С одной стороны, дефицит кадров обуславливает снижение доступности медицинской помощи и тем самым снижение регистрируемой заболеваемости населения, с другой стороны, ликвидация кадрового дефицита и тем самым увеличение доступности медицинской помощи может привести к увеличению регистрируемой заболеваемости. Мы полагаем, что после такого «роста» заболеваемости закономерно ожидать в течение ряда лет ее снижения как результата эффективной профилактической работы с населением, но для подтверждения данных положений необходимо продолжение исследований данной проблемы.

Снижение абсолютной численности врачей и среднего медицинского персонала и, как следствие этого, обеспеченности медицинскими кадрами населения РФ является характерной тенденцией последнего десятилетия [23]. Проведенное Р. М. Садыковым и Ю. В. Мигуновой [21] исследование показало, что численность медицинского персонала с высшим и средним медицинским образованием за последние десять лет сократилась на 4,2 %. Аналогичные тенденции выявлены нами и в ЦФО, и в Рязанской области. Все это отражается и на показателе укомплектованности врачами в Рязанской области, который составил 80,5 %, что ниже, чем укомплектованность средним медицинским персоналом (82,4 %). Реализуемые в последние годы Национальный проект «Здравоохранение» и программа модернизации первичного звена здравоохранения призваны переломить ситуацию и увеличить число работающих в отрасли специалистов.

Помимо имеющегося дефицита кадров, который отмечают многие исследователи, более важным, на наш взгляд, является сбалансированность обеспеченности кадрами, которая проявляется в т. ч. соотношением врачей и среднего медицинского персонала. Несмотря на чуть более высокие значения показателя укомплектованности сестринским персоналом, соотношение врач/средний медработник остается достаточно низким — от 1:1,9 в ЦФО до 1:2,23 в Рязанской области при рекомендованных нормативах не менее 1:3. Практически для всех регионов ЦФО характерно соотношение менее чем 1:3. Неоптимальное соотношение врачей и среднего медицинского персонала приводит к тому, что врачом выполняется существенная часть обязанностей, которые с успехом могли бы быть делегированы среднему медицинскому персоналу. Все это приводит к недостатку времени для общения с пациентом и, как следствие, снижает удовлетворенность медицинской помощью населения.

По данным нашего исследования, имеются диспропорции в обеспеченности и укомплектованности медицинскими кадрами медицинских организаций, расположенных в городских округах и сельских муниципальных образованиях, при этом выражена межмуниципальная вариабельность данных показателей.

Уровень квалификации медицинских кадров, работающих в системе здравоохранения Рязанской области, достаточно высок, так как более 60 % врачей и более 80 % среднего медицинского персонала имеют квалификационные категории. Вместе с тем большинство врачей (97,2 %), имеющих категорию, работают в городах, а наряду с увеличением в структуре врачей, имеющих высшую квалификационную категорию, не может остаться незамеченным и увеличение числа неаттестованных врачей.

Выявленные нами особенности кадрового состава медицинского персонала свидетельствуют о наличии системных проблем в региональной кадровой политике.

Следует отметить то, что характеристика кадрового обеспечения здравоохранения по стране в целом не

дает представления о состоянии проблемы по отдельным регионам, где уровень кадровых ресурсов может существенно различаться. В связи с этим актуально соотносить состояние и тенденции обеспечения медицинскими кадрами в целом по России с аналогичными процессами в региональном здравоохранении и определять, насколько полно общие направления отражены в отдельных территориях и внутри их.

Различные показатели кадрового обеспечения регионов как в целом, так и внутри субъектов РФ обусловлены, как правило, климатогеографическими, социально-экономическими, социокультурными и даже этническими особенностями территорий. В связи с этим создать универсальный рецепт решения кадровых проблем для всех регионов федерации не представляется возможным. Также во многом процесс управления кадровыми ресурсами зависит от компетентности и уровня управленческой подготовки организаторов здравоохранения, внедрения нестандартных подходов, принятия нетрадиционных управленческих решений руководителями на местах. Необходимо усилить региональный компонент мер социальной поддержки медицинских работников с учетом специфики региона, сформировать реальные механизмы, обеспечивающие не только приток специалистов с медицинским образованием в отрасль, но и закрепление их в тех медицинских организациях, где эти специалисты нужны больше всего. Учитывая существенное влияние кадрового обеспечения на показатели общественного здоровья, в условиях изменяющегося законодательства, одноканального финансирования через систему ОМС, развития частной медицины, должны поменяться и подходы к кадровой политике в здравоохранении.

Выводы:

1. В динамике за последнее десятилетие заболеваемость всего населения Рязанской области снизилась, преимущественно за счет снижения данного показателя у городского населения. Установлено, что в 2018 г. уровень заболеваемости городского населения в 1,8 раза выше, чем у сельских жителей, при этом в 2009 г. превышение составляло 4,5 раза.

2. Динамика обеспеченности населения медицинскими кадрами на региональном уровне свидетельствует о том, что основные тенденции в Рязанской области соответствуют общероссийским: отмечается снижение обеспеченности врачами и средним медицинским персоналом, более существенное по врачам, неоптимальное соотношение числа врачей и средних медицинских работников (1:2,23), диспропорция в обеспеченности медицинскими кадрами городского и сельского населения, значительные межмуниципальные различия показателей укомплектованности врачами и средним медицинским персоналом.

3. В Рязанской области более половины врачей и среднего медицинского персонала имеют квалификационные категории с трансформацией структуры аттестованных специалистов за счет увеличения доли медицинских работников с высшей квалификационной

категорией, что свидетельствует о высоком уровне квалификации медицинских кадров в региональном здравоохранении.

4. Кадровое обеспечение медицинских организаций оказывает неоднозначное влияние на состояние общественного здоровья региона, в частности на показатели заболеваемости. Установление природы взаимосвязи между кадровой обеспеченностью медицинских организаций региона и состоянием общественного здоровья требует дальнейшего изучения.

Авторство

Медведева О. В. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, составила библиографический список, сделала обзор литературы, выполнила окончательную редакцию статьи; Меньшикова Л. И. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, окончательно утвердила присланную в редакцию рукопись; Чвырева Н. В. дополнила библиографический список и подготовила первый вариант статьи; Гажева А. В. осуществила сбор данных, их анализ и интерпретацию; Большов И. Н. осуществил сбор данных, участвовал в их анализе.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Медведева Ольга Васильевна — ORCID 0000-0002-3637-9062; SPIN 8808-5837

Меньшикова Лариса Ивановна — ORCID 0000-0002-3034-9014; SPIN 9700-6736

Чвырева Наталья Владимировна — ORCID 0000-0003-1138-3900; SPIN 1397-4374

Гажева Анастасия Викторовна — ORCID 0000-0003-2665-5606; SPIN 1983-2040

Большов Иван Николаевич — ORCID 0000-0001-7271-4035; SPIN 9874-1020

Список литературы / References

1. Алексеева Н. В., Маршалкина Е. А. Анализ проблем развития кадрового потенциала сферы здравоохранения // Правовестник (Уфа). 2018. № 3 (5). С. 54–59.

Alekseeva N. V., Marshalkina E. A. Analysis of the problems of development of human resources in the health sector. *Pravovestnik (Ufa)* [Jurist]. 2018, 3 (5), pp. 54–59. [In Russian]

2. Артамонов И. В. Здравоохранение сельских территорий — один из факторов их трансформации // Молодые ученые экономики региона: материалы XIX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Вологда, 2020. С. 127–133.

Artamonov I. V. Zdravookhraneniye sel'skikh territorii - odin iz faktorov ikh transformatsii [Health care of rural areas is one of the factors of their transformation]. In: *Molodye uchenye ekonomike regiona. Materialy XIX Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, Vologda, 2020* [Young scientists of the region's economy. Materials of the XIX All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation]. Vologda, 2020, pp. 127–133.

3. Артюхов И. П., Шулмин А. В., Добрецова Е. А., Аршукова И. Л., Титов Л. С., Ланг А. А. Дефицит врачебных кадров: есть ли перспективы для изменений? // Социология медицины. 2017. № 16 (2). С. 115–118. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1728-2810-2017-16-2-115-118>

Artukhov I. P., Shulmin A. V., Dobretsova E. A., Arshukova I. L., Titov L. S., Lang A. A. The Deficiency of

Medical Personnel: Are There Perspectives for Changing? *Sotsiologiya meditsiny* [Sociology of Medicine]. 2017, 16 (2), pp. 115–118. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1728-2810-2017-16-2-115-118> [In Russian]

4. Белова Н. И. Сельское здравоохранение: состояние, тенденции, проблемы // Социологические исследования. 2017. № 3 (395). С. 97–105.

Belova N. I. Rural health: status, trends, problems. *Sotsiologicheskie Issledovaniia*. 2017, 3 (395), pp. 97–105. [In Russian]

5. Евдаков В. А., Мельников Ю. Ю., Смышляев А. В. Обеспечение врачебными кадрами в Российской Федерации в период 2012–2018 гг. // Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2020. Т. 8, № 3. С. 378–387.

Evdakov V. A., Melnikov Y. Y., Smyshlyaev A. V. Provision of Medical Institutions of the Russian Federation with Staff in the Period 2012–2018. *Nauka molodykh (Eruditio Juvenium)*. 2020, 8 (3), pp. 378–387. [In Russian]

6. Захарова О. А. Кадровая политика в системе российского здравоохранения // Наука и искусство управления: материалы IV Международного конкурса научных работ. 2017. С. 94–97.

Zakharova O. A. Kadrovaya politika v sisteme Rossiiskogo zdravookhraneniya [Personnel policy in the Russian healthcare system]. In: *Nauka i iskusstvo upravleniya: materialy IV Mezhdunarodnogo konkursa nauchnykh rabot* [Science and art of management. Materials of the IV International Competition of Scientific Works]. 2017, pp. 94–97.

7. Здравоохранение в России. 2009: Стат. сб. / Росстат. М., 2009. 365 с.

Zdravookhranenie v Rossii. 2009: Stat. sb. Rosstat [Healthcare in Russia. 2009: Stat. Collection. Rosstat]. Moscow, 2009, 365 p.

8. Здравоохранение в России. 2019: Стат. сб. / Росстат. М., 2019. 170 с.

Zdravookhranenie v Rossii. 2019: Stat. sb. Rosstat [Healthcare in Russia. 2019: Stat. Collection. Rosstat]. Moscow, 2019, 170 p.

9. Зюкин Д. А., Беляев С. А. Оптимизации системы управления медицинскими кадрами региона // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 11-6. С. 1145–1148.

Zyukin D. A., Belayev S. A. Optimization of Development System of Region Health Workforce. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research]. 2016, 11 (6), pp. 1145–1148. [In Russian]

10. Квачахия Л. Л. Кадровый потенциал как фактор развития экономики здравоохранения региона // Иннов: электронный научный журнал. 2018. № 1 (34). С. 1–8.

Kvachakhiya L. L. Regulation of Retail Prices in the Market of Medicines. *Innov: Elektronnyi nauchnyi zhurnal* [Innov: electronic scientific journal]. 2018, 1 (34), pp. 1–8. [In Russian]

11. Латышова А. А., Несветайло Н. Я., Люцко В. В. Основные тенденции динамики обеспеченности средним медицинским персоналом в Российской Федерации за период 2015–2019 гг. // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2020. № 4. С. 341–353.

Latyshova A. A., Nesvetailo N. Ya., Lyutsko V. V. Main Trends in the Dynamics of Provision of Secondary Medical Personnel in the Russian Federation for the Period 2015–2019. *Sovremennye problemy zdravookhraneniya i meditsinskoi statistiki* [Current Problems of Health Care and Medical Statistics]. 2020, 4, pp. 341–353. [In Russian]

12. Окцлов М. В., Догот Р. А. О роли некоторых факторов, влияющих на проблему кадрового дефицита в

учреждениях, оказывающих первичную медико-санитарную помощь сельскому населению Российской Федерации // Проблемы городского здравоохранения: сборник научных трудов. 2019. Вып. 24. С. 93–96.

Okulov M. V., Dogot R. A. O roli nekotorykh faktorov, vliyayushchikh na problemu kadrovogo defitsita v uchrezhdeniyakh, okazyvayushchikh pervichnyu mediko-sanitarnuyu pomoshch' sel'skomu naseleniyu Rossiiskoi Federatsii [On the role of some factors affecting the problem of personnel shortage in institutions providing primary health care to the rural population of the Russian Federation]. In: *Problemy gorodskogo zdravookhraneniya: sbornik nauchnykh trudov* [Problems of urban health care: a collection of scientific works]. 2019, 24, pp. 93–96.

13. Полякова А. Г., Колмаков В. В. Проблемы развития кадрового потенциала в российском здравоохранении // Карельский научный журнал. 2017. Т. 6, № 3 (20). С. 123–126.

Polyakova A. G., Kolmakov V. V. Human Resources Potential in the Russian Healthcare: Problems of Development. *Karel'skii nauchnyi zhurnal* [Karelian scientific Journal]. 2017, 6 (3-20), pp. 123–126. [In Russian]

14. Попцова В. А., Назаренко Н. А., Штоколова К. В. Медицинские кадры как основной ресурс повышения качества оказания медицинской помощи // Региональный вестник. 2018. № 1 (10). С. 38–40.

Poptsova V. A., Nazarenko N. A., Shtokolova K. V. Medical personnel as the main resource for improving the quality of medical care. *Regionalnyi vestnik* [Regional Bulletin]. 2018, 1 (10), pp. 38–40. [In Russian]

15. Постановление Правительства РФ от 26.12.2017 № 1640 (ред. от 23.12.2020) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_286834/ (дата обращения: 21.01.2020).

Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 26.12.2017 N 1640 (red. ot 23.12.2020) «Ob utverzhdenii gosudarstvennoi programmy Rossiiskoi Federatsii «Razvitie zdravookhraneniya» [Resolution of the Government of the Russian Federation dated 26.12.2017 No. 1640 (as amended on 23.12.2020) “On Approval of the State Program of the Russian Federation “Development of Healthcare”]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_286834/ (accessed: 21.01.2020).

16. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2019: Стат. сб. / Росстат. М., 2019. 1204 с.

Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli. 2019: Stat. sb. Rosstat [Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2019: Stat. Sat. Rosstat]. Moscow, 2019, 1204 p.

17. Репринцева Е. В. Сравнительная оценка обеспеченности врачами здравоохранения Российской Федерации и стран Европы // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2018. Т. 7, № 3 (24). С. 240–243.

Reprintseva E. V. Comparative Assessment of Doctor's Supply in Russia and Europe. *Azimut nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravlenie* [Azimuth of scientific research: economics and administration]. 2018, 7 (3-24), pp. 240–243. [In Russian]

18. Российский статистический ежегодник. 2018: Стат. сб. / Росстат. М., 2018. 694 с.

Rossiiskii statisticheskii ezhegodnik. 2018: Stat. sb. Rosstat [Russian Statistical Yearbook. 2018: Stat. Sat. Rosstat]. Moscow, 2018, 694 p.

19. Руголь Л. В., Сон И. М., Гажева А. В., Михайлова Ю. В., Бантьева М. Н. Проблемы кадровой обе-

спеченности в аспекте доступности и качества первичной медико-санитарной помощи // Профилактическая медицина. 2019. Т. 22, № 1. С. 49–56.

Rugol' L. V., Son I. M., Gazheva A. V., Mikhailova Yu. V., Bant'eva M. N. Problems of Personnel Provision in Terms of Access to Primary Health Care and Its Quality. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2019, 22 (1), pp. 49–56. [In Russian]

20. Руголь Л. В., Сон И. М., Меньшикова Л. И. Влияние кадрового обеспечения первичной медико-санитарной помощи на эффективность ее деятельности // Социальные аспекты здоровья населения. 2020. Т. 66, № 3. С. 10.

Rugol L., Son I., Menshikova L. Influence of Primary Care Staffing on Its Performance Efficiency. *Sotsial'nye aspekty zdorov'ya naseleniya* [Social aspects of population health]. 2020, 66 (3), p. 10.

21. Садыков Р. М., Мигунова Ю. В. Роль кадрового обеспечения медицинских организаций в контексте проблем российского здравоохранения // Известия Уфимского научного центра РАН. 2019. № 3. С. 74–80.

Sadykov R. M., Migunova Yu. V. The Role of Staffing in Medical Organizations in the Context of Russian Healthcare Problems. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of the RAS Ufa Scientific Centre]. 2019, 3, pp. 74–80. [In Russian]

22. Семёнова Т. В. Медицинские кадры России. Кадровый дисбаланс и его устранение в здравоохранении // Вестник Росздравнадзора. 2019. № 4. С. 49–59.

Semenova T. V. Health Care Staff of Russia. Staff Imbalance and Its Elimination in Health Care. *Vestnik Roszdravnadzora*. 2019, 4, pp. 49–59. [In Russian]

23. Сергеева Н. М. О кадровом дефиците в здравоохранении в РФ и регионах ЦЧР // Наука и практика регионов. 2019. № 1 (14). С. 10–15.

Sergeeva N. M. On the personnel deficit in healthcare in the Russian Federation and the regions of the Central Emergency Committee. *Nauka i praktika regionov* [Science and practice of the regions]. 2019, 1 (14), pp. 10–15. [In Russian]

24. Созарукова Ф. М. Проблемы кадрового обеспечения здравоохранения на региональном уровне // Вестник Экспертного совета. 2017. № 4 (11). С. 30–34.

Sozarukova F. M. The Problems of Human Resources Management at a Regional Level. *Vestnik Ekspertnogo soveta* [Bulletin of the Expert Council]. 2017, 4 (11), pp. 30–34. [In Russian]

25. Соломонов А. Д., Калоев А. Д. К проблеме формирования концепции и критериев общественного здоровья // Медицинский вестник Северного Кавказа. 2017. Т. 12, № 4. С. 483–486.

Solomonov A. D., Kaloev A. D. The Problem of Formation of Concepts and Criteria of Public Health. *Meditsinskii vestnik Severnogo Kavkaza* [Medical news of the North Caucasus]. 2017, 12 (4), pp. 483–486. [In Russian]

26. Сон И. М., Сененко А. Ш., Гармаева А. Б., Гажева А. В., Купеева И. А., Стародубов В. И. Кадровые ресурсы первичной медико-санитарной помощи Российской Федерации 2014–2017 гг. Информационно-аналитический обзор / Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения / РИО ЦНИИОИЗ. М., 2018. 124 с.

Son I. M., Senenko A. Sh., Garmayeva A. B., Gazheva A. V., Kupeeveva I. A., Starodubov V. I. *Kadrovye resursy pervichnoi mediko-sanitarnoi pomoshchi Rossiiskoi Federatsii 2014-2017 gg. Informatsionno-analiticheskii obzor. Tsentral'nyi nauchno-issledovatel'skii institut organizatsii*

i informatizatsii zdavookhraneniya [Human Resources of Primary Health Care of the Russian Federation 2014-2017. Information and Analytical Review. Central Research Institute of Healthcare Organization and Informatization]. Moscow, 2018, 124 s.

27. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027/> (дата обращения: 21.10.2020).

Ukaz Prezidenta Rossiiskoi Federatsii ot 7 maya 2018 goda N 204 «O natsional'nykh tselyakh i strategicheskikh zadachakh razvitiya Rossiiskoi federatsii na period do 2024 goda» [Decree of the President of the Russian Federation of May 7, 2018 No. 204 "On national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024"]. Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027/> (accessed: 21.10.2020).

28. Хасанов Ф. З. Проблемы реформирования и оптимизации здравоохранения в сельской местности // Актуальные проблемы государства и общества в области обеспечения прав и свобод человека и гражданина. 2017. № 1. С. 118–121.

Khasanov F. Z. Problems of reforming and optimizing health care in rural areas. *Aktual'nye problemy gosudarstva i obshchestva v oblasti obespecheniya prav i svobod cheloveka i grazhdanina* [Actual problems of the state and society in the field of ensuring human and civil rights and freedoms]. 2017, 1, pp. 118-121. [In Russian]

29. Arias E., Heron M., Xu J. United States Life Tables, 2014. *National Vital Statistics Reports*. 2017, 4, pp. 1-64.

30. Berkman L. F., Kawachi I., Glymour M. M. A Historical Framework for Social Epidemiology: Social Determinants of Population Health. *Social Epidemiology*. New York, Oxford University Press, 2014, pp. 1-16.

31. Dicker D., Nguyen G., Abate D. Global, regional, and national age-sex-specific mortality and life expectancy, 1950-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet*. 2018, 10159, pp. 1684-1735.

32. Goroll A., Greiner A., Schoenbaum S. Reform of payment for primary care - from evolution to revolution. *New England Journal of Medicine*. 2021, 384, pp. 788-791

33. Magnan S., Gold M., Isham G. Healthier people: setting targets for life expectancy and health care expenditures. *American Journal of Public Health*. 2020, 110 (12), pp. 1733-1734.

34. United Nation Population Information Network - Official UN Demographic Website. Available at: <http://esa.un.org/undp>

35. Verhulst A., Beltrán-Sánchez H., Palloni A. Impact of delayed effects on human old-age mortality. *Demographic Research*. 2019, 40, pp. 1167-1210.

36. Wang H., Abajobir A. A., Abate K. H. Global, regional, and national under-5 mortality, adult mortality, age-specific mortality, and life expectancy, 1970-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet*. 2017, 390 (10100), pp. 1084-1150.

37. Zheng H. Unobserved population heterogeneity and dynamics of health disparities. *Demographic Research*. 2020, 43, pp. 1009-1048.

Контактная информация:

Медведева Ольга Васильевна — доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой общественного здоровья и здравоохранения с курсом организации здравоохранения ФДПО, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Адрес: 390026, г. Рязань, ул. Высоковольная, д. 9

E-mail: o.medvedeva@rzgmu.ru

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА СМЕРТНОСТЬ ОТ ОСНОВНЫХ НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛА И ВОЗРАСТА

© 2021 г. ¹М. М. Салтыкова, ¹А. В. Балакаева, ^{1,2}О. В. Шопина, ^{1,3}И. П. Бобровницкий

¹ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью»
Федерального медико-биологического агентства, г. Москва; ²ФГБОУ ВО «Московский государственный
университет им. М. В. Ломоносова», г. Москва; ³ФГАУ ВО «Первый Московский государственный медицинский
университет им. И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет), г. Москва

Введение: Определение групп пациентов, наиболее уязвимых для влияния загрязнения воздуха, является необходимым звеном в разработке профилактических мер, направленных на повышение резистентности организма человека в условиях работы и проживания в местах с высоким уровнем загрязнения воздуха, что будет способствовать существенному снижению смертности и повышению продолжительности жизни в промышленных городах.

Цель: Анализ влияния загрязнения атмосферного воздуха на смертность от основных неинфекционных заболеваний со стратификацией по полу, возрасту и причинам смерти.

Методы: Для оценки изолированного влияния загрязнения атмосферного воздуха на смертность населения отобраны четыре пары городов со сходными природными и социально-экономическими условиями, но различным уровнем загрязнения воздуха (первый город с очень высоким загрязнением, второй – относительно чистый): Братск – Киров; Чита – Томск; Нижний Тагил – Киров; Магнитогорск – Оренбург. Проводилось сравнение показателей смертности от основных неинфекционных заболеваний со стратификацией по полу, возрасту и нозологической форме. Для оценки значимости различий между показателями ежегодной смертности в парах городов с разным уровнем загрязнения использовался двусторонний критерий Манна – Уитни.

Результаты: Наибольшие различия выявлены в показателях смертности от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), они статистически значимо выше во всех возрастных группах, начиная с молодого возраста, в городах с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха по сравнению с городами сравнения. Медианные значения смертности от ССЗ в первой группе городов не менее чем на 30 % превосходили соответствующие значения во второй. Влияние на смертность от других причин существенно менее выражено.

Вывод: Полученные результаты указывают на необходимость проведения в городах с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха дополнительных обследований во всех возрастных группах, начиная с молодого возраста, направленных на выявление и оценку факторов риска развития болезней системы кровообращения.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, смертность, сердечно-сосудистые заболевания, онкологические заболевания, болезни органов дыхания

ANALYSIS OF ASSOCIATIONS BETWEEN AIR POLLUTION AND MORTALITY FROM NONCOMMUNICABLE DISEASES ACROSS GENDERS AND AGE-GROUPS

¹M. M. Saltykova, ¹A. V. Balakaeva, ^{1,2}O. V. Shopina, ^{1,3}I. P. Bobrovnikskii

¹Federal State Budgetary Institution “Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks”
of the Federal Medical Biological Agency, Moscow; ²Lomonosov Moscow State University, Moscow;
³I. M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

Introduction: Identification of the groups of patients that are the most vulnerable to the effects of ambient air pollution is required for the development of public health measures to promote health and prevent diseases in cities with a high level of atmospheric air pollution with the further going aim to reduce mortality and increase life expectancy of the population

Aim: To analyze associations between air pollution and mortality from the most common non-communicable diseases stratified across genders and age-groups.

Methods: To assess the isolated effect of ambient air pollution on the mortality rate, we selected 4 pairs of cities with similar climatic and socio-economic condition, but with high vs. low levels of air pollution. There pairs were: Bratsk - Kirov; Chita - Tomsk; Nizhny Tagil - Kirov; Magnitogorsk - Orenburg. Differences in mortality rates from major non-communicable diseases between the cities were analyzed using stratification by gender and age.

Results: Cardiovascular mortality in cities with high levels of air pollution significantly exceeded mortality in cities with low pollution in all age groups. The differences in mortality from respiratory causes and neoplasms was less pronounced.

Conclusion: The results suggest that high levels of air pollution may be associated with greater cardiovascular mortality in all age-groups. Closer monitoring of cardiovascular health of residents of polluted cities is warranted.

Key words: Ambient air pollution, mortality, cardiovascular diseases, cancer, respiratory diseases

Библиографическая ссылка:

Салтыкова М. М., Балакаева А. В., Шопина О. В., Бобровницкий И. П. Анализ влияния загрязнения атмосферного воздуха на смертность от основных неинфекционных заболеваний в зависимости от пола и возраста // Экология человека. 2021. № 12. С. 14–22.

For citing:

Saltykova M. M., Balakaeva A. V., Shopina O. V., Bobrovnikskii I. P. Analysis of Associations between Air Pollution and Mortality from Noncommunicable Diseases Across Genders and Age-Groups. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 12, pp. 14–22.

Введение

По данным ВОЗ [32, 33], смертность от основных неинфекционных заболеваний составляет более 60 % от общей смертности в мире, при этом загрязнение атмосферного воздуха, прежде всего взвешенными частицами, является пятым из 25 основных факторов риска их развития.

В крупных международных исследованиях, проведенных в последние десятилетия в разных странах, показано, что загрязнение воздуха в наибольшей степени влияет на смертность от болезней системы кровообращения [6, 32, 33]. Вместе с тем в российских исследованиях, направленных на анализ зависимости смертности населения от загрязнения воздуха, акцент делается на онкологические заболевания и болезни органов дыхания [5, 7]. В связи с этим необходимо проведение дополнительных исследований для определения нозологических форм, в наибольшей степени связанных с загрязнением в городах Российской Федерации (РФ). Результаты таких исследований необходимы для разработки профилактических мер, направленных на повышение резистентности организма человека в условиях работы и проживания в местах с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, что, в свою очередь, будет способствовать существенному снижению смертности и повышению продолжительности жизни в промышленных городах.

Целью данной работы являлся анализ влияния загрязнения атмосферного воздуха на смертность от основных неинфекционных заболеваний со стратификацией по полу, возрасту и причинам смерти.

Методы

Для того чтобы оценить изолированное влияние загрязнения атмосферного воздуха на смертность населения, проводилось попарное сравнение показателей смертности, стратифицированных по полу, возрасту и нозологической форме, в городах со сходными природными и социально-экономическими условиями, но разным уровнем загрязнения воздуха.

В качестве городов с высоким уровнем загрязнения воздуха («грязные» города) в исследование были включены четыре города с населением от 250 до 550 тыс. человек, ежегодно входящие в формируемый Росгидрометом Список городов России с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха [8–10]: Братск, Магнитогорск, Нижний Тагил и Чита. Основными источниками загрязнения в Братске, Магнитогорске и Нижнем Тагиле являются металлургические предприятия. Высокий уровень загрязнения в Чите обусловлен его расположением в Читино-Ингодинской межгорной котловине с низким потенциалом самоочищения атмосферы, в связи с

этим при относительно невысоком количестве выбросов в атмосферу загрязняющих веществ уровень загрязнения в городе очень высокий. Кроме того, во всех городах, включенных в исследование, существенный вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят выбросы предприятий теплоэнергетики и автотранспорта.

Для проведения сравнительного анализа для каждого из городов с очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха в исследование был включен крупный город с меньшим загрязнением атмосферного воздуха по данным Росгидромета, но со сходными социально-экономическими и природными условиями, находящийся в той же климатической зоне по данным Института географии РАН [4]. Для характеристики социально-экономического уровня жизни населения использовался экономический индекс (ЭИ), который вычислялся на основании данных Росстата [2] как среднее значение отношения среднемесячной заработной платы на предприятиях города (показатель, наиболее устойчивый к влиянию экономического неравенства [1]) к прожиточному минимуму соответствующего региона за 2013–2016 годы. Различия ЭИ между городами внутри одной пары не превосходили 0,2.

Таким образом, были сформированы следующие пары городов («грязный» – «чистый»): Братск (ЭИ = 3,6) – Киров (ЭИ = 3,5), Нижний Тагил (ЭИ = 3,6) – Киров (ЭИ = 3,5), Чита (ЭИ = 4) – Томск (ЭИ = 4), Магнитогорск (ЭИ = 4,2) – Оренбург (ЭИ = 4,3).

Сравнительный анализ загрязнения атмосферного воздуха в городах показал, что во всех «грязных» городах по сравнению с соответствующими «чистыми» статистически значимо выше загрязнение взвешенными веществами, диоксидом серы и бенз(а)пиреном. Кроме того, в Братске по сравнению с Кировым значимо выше загрязнение диоксидом азота и оксидом углерода, в Нижнем Тагиле – диоксидом и оксидом азота, в Магнитогорске по сравнению с Оренбургом значимо выше загрязнение оксидами азота и углерода и формальдегидом.

Для проведения сравнительного анализа смертности в городах с разным уровнем загрязнения в исследование были включены данные за 2011–2018 годы о количестве населения с учетом пола и возраста, а также сведения о количестве умерших в пятилетних возрастных группах с указанием пола и причин смерти (коды МКБ-10), предоставленные Федеральной службой государственной статистики.

В исследование были включены три группы причин смерти:

1) сердечно-сосудистые заболевания – ССЗ (коды МКБ-10: I10–I51),

2) злокачественные новообразования — ОНК (коды МКБ-10: C00–C97),

3) болезни органов дыхания — БОД (коды МКБ-10: J00–J99).

Выбор указанных групп определялся следующим. В большинстве российских исследований, посвященных оценке влияния загрязнения атмосферного воздуха, анализируются заболеваемость и смертность населения только от злокачественных образований и болезней органов дыхания [5, 7]. Вместе с тем, по данным ВОЗ [33], наибольший вклад загрязнение воздуха дает в смертность от болезней системы кровообращения. При этом, поскольку в общей смертности населения от болезней системы кровообращения доминирует смертность от ССЗ, а вклад цереброваскулярных болезней много меньше, в исследование помимо смертности от болезней органов дыхания и онкологических заболеваний были включены данные по смертности от ССЗ.

Для стратификации по возрасту использовалось следующее разбиение по возрастным подгруппам: 20–44 года, 45–54, 55–59, 60–64, 65–70, 70–74, 75–80 и старше 80 лет.

Указанный выбор возрастных подгрупп определялся балансом двух факторов: первый — необходимость детально проанализировать влияние загрязнения на смертность в зависимости от возраста, второй — существенно более низкий уровень смертности в младших возрастных подгруппах (до 45 лет) обуславливал их объединение для корректного проведения статистического анализа.

Для каждой из подгрупп по ежегодным данным Росстата о количестве проживающих в отобранных городах мужчин и женщин и о количестве умерших была рассчитана смертность на 100 тыс. населения соответствующего пола и возраста.

Для статистической характеристики анализируемых подгрупп использовались медиана (Me) как показатель центра распределения значений ежегодной смертности, нижний и верхний квартили (Q1 и Q3) — как показатели разброса её значений. Для оценки значимости различий между показателями ежегодной смертности в парах городов с разным уровнем загрязнения использовался двусторонний критерий Манна — Уитни, статистически значимыми считались различия при p менее 0,05.

Результаты

В табл. 1–6 представлены результаты анализа показателей смертности населения от различных причин (ССЗ — табл. 1 и 2, ОНК — табл. 3 и 4, БОД — табл. 5 и 6) отдельно для мужчин и женщин со стратификацией по возрасту. Символами «*» и «**» обозначены случаи значимого и высоко значимого повышения показателей смертности в городах с высоким уровнем загрязнения воздуха относительно соответствующих им показателей в городах с меньшим загрязнением.

Как видно из табл. 1 и 2, во всех городах с высоким загрязнением атмосферного воздуха смертность от ССЗ как мужчин, так и женщин значимо выше во всех возрастных группах.

Различия в смертности от ОНК (табл. 3 и 4) менее выражены. Однако в молодом возрасте (20–44 года) во всех городах с высоким загрязнением атмосферного воздуха смертность женщин значимо выше.

Различий в смертности от БОД, характерных для всех пар городов, включенных в исследование, выявлено не было (табл. 5 и 6).

Обсуждение результатов

Таким образом, проведенное исследование, основанное на попарном сравнении показателей смертности в городах РФ с разным уровнем загрязнения

Таблица 1
Результаты статистического анализа показателей смертности женщин от сердечно-сосудистых заболеваний
(на 100 тыс.), Me (Q1; Q3)

Возраст, годы	Томск «чистый»	Чита «грязный»	Киров «чистый»	Братск «грязный»	Нижний Тагил «грязный»	Оренбург «чистый»	Магнитогорск «грязный»
20–44	12,8 (10,2; 13,9)	21,5 (13,8; 29,7)	11,1 (8,5; 14,3)	43,7 (36,1; 52)**	30,9 (20,9; 33,1)**	22,4 (19,1; 27,3)	33,2 (29,1; 35,8)**
45–54	60,6 (50,8; 64,3)	99,4 (81,3; 133,2)**	75,6 (56,4; 90)	144,1 (127,6; 160,4)**	106,5 (92,6; 115,6)*	74,9 (66,9; 84,2)	111 (92,7; 129,6)**
55–59	155,8 (134,9; 160,4)	238,2 (154,3; 283,5)	154,4 (122,1; 173,5)	284,5 (229,7; 295,1)**	208,2 (167,7; 251,2)*	148,4 (122,1; 164,7)	213,5 (203,1; 258,1)**
60–64	267,3 (240,6; 321,7)	391,3 (325,8; 452,8)**	243,1 (189,3; 280,7)	414,3 (332,7; 462,6)**	379,1 (338,8; 402,9)**	250,5 (224,7; 288,1)	321 (291,8; 394,5)*
65–69	476,8 (437,1; 513,5)	605,3 (536,6; 667,1)**	397,6 (317,4; 466,4)	611,2 (523; 704,2)**	607,8 (532,1; 665,2)**	465,7 (386,7; 546)	602,3 (543,2; 769,9)*
70–74	859,9 (810,5; 916,3)	1130,4 (976,6; 1328,3)**	737,7 (619,2; 830,7)	1005,6 (818,6; 1269,6)**	960,9 (828; 1180)*	725,3 (659,7; 797,3)	983,1 (919,5; 1079,9)**
75–79	1551,4 (1392,9; 1664,3)	2388,8 (1740,8; 2780,3)*	1301,5 (1164; 1573,8)	2051 (1745,4; 2335,9)**	1907,6 (1544,6; 2364,9)**	1543,6 (1417,9; 1822,8)	2019,1 (1880,2; 2286,4)**
> 80	4930,4 (4262,3; 5710,6)	5298,2 (4975,2; 5998,4)	4143,8 (3936,4; 4284,7)	5473,4 (4994,5; 5808,5)**	5482,7 (3348,5; 7172,6)	3821 (3389,1; 4002,6)	5917,2 (5349,8; 6085,1)**

Примечание для табл. 1–6: * — значимое ($p < 0,05$) отличие от показателей в соответствующем «чистом» городе; ** — высоко значимое ($p < 0,01$) отличие от показателей в соответствующем «чистом» городе.

Таблица 2

Результаты статистического анализа показателей смертности мужчин от сердечно-сосудистых заболеваний
(на 100 тыс.), Ме (Q1; Q3)

Возраст, годы	Томск «чистый»	Чита «грязный»	Киров «чистый»	Братск «грязный»	Нижний Тагил «грязный»	Оренбург «чистый»	Магнитогорск «грязный»
20–44	42,1 (36,6; 44,2)	68,5 (53,3; 82,2)**	60,7 (57,6; 62,1)	147,8 (129,1; 191,9)**	94,7 (78,6; 113,3)**	73,6 (65; 83,3)	117,6 (103,9; 125,7)**
45–54	278,5 (247,7; 321,2)	387,3 (329,3; 466,8)**	362,8 (332,6; 403,1)	566,3 (537,8; 621)**	464 (408,9; 488,1)**	376,7 (349,2; 409,9)	418,8 (391,7; 455,2)
55–59	586,1 (540,1; 640)	760,6 (701,3; 908,7)**	704,4 (635,2; 745,8)	1073,9 (905,1; 1154,8)**	889,2 (818,8; 953,9)**	633,9 (625,4; 717,4)	876,9 (776,3; 933,1)**
60–64	963 (832,4; 1009,1)	1225,3 (1063,9; 1373,6)*	1142 (926,6; 1235,1)	1362,9 (1253,6; 1603,1)*	1337,5 (1242,4; 1423,6)**	1058,1 (965,9; 1139,5)	1379,9 (1137,5; 1453,2)**
65–69	1281,5 (1165; 1331,9)	1709,7 (1213,9; 1998,9)	1379,7 (1287,9; 1558,4)	2035,4 (1683,4; 2342,1)**	1842,8 (1453,4; 2059,4)*	1443,4 (1309,7; 1626,5)	1766,5 (1709,4; 1878,1)**
70–74	1762,1 (1606,4; 2001,3)	2219,9 (2080,9; 2558,9)**	1808,8 (1771,9; 1935)	2447,7 (2261,6; 2849,6)**	2167,7 (1812; 2784)	1704,5 (1580,1; 1970,2)	2462,4 (2110,8; 2629,6)**
75–79	2903,4 (2590; 3179,2)	3927,3 (3274,9; 4676,6)**	2835,2 (2373,4; 3421,7)	3746,9 (3643,8; 3938,2)**	3642,6 (3351,2; 4441,3)*	2914,7 (2523,4; 3121,9)	3877,4 (3625,2; 4174,7)**
> 80	5034,9 (4499,5; 5598)	6579,4 (5649,4; 6945,8)*	5274,2 (5127; 5816,3)	5867 (5649,6; 6968,9)*	6162,3 (3962; 8734,2)	4675,3 (4035,4; 5104,2)	6685,9 (6129,9; 7608,8)**

Таблица 3

Результаты статистического анализа показателей смертности женщин от онкологических заболеваний
(на 100 тыс.), Ме (Q1; Q3)

Возраст, годы	Томск «чистый»	Чита «грязный»	Киров «чистый»	Братск «грязный»	Нижний Тагил «грязный»	Оренбург «чистый»	Магнитогорск «грязный»
20–44	21,6 (20,9; 22,4)	25,8 (22,4; 27,6)*	19,4 (18,3; 21,3)	30,6 (25,6; 33,2)*	28,6 (25,1; 29,6)**	22,3 (19,8; 26,2)	31,4 (26,4; 34,7)**
45–54	151,9 (134,1; 167,3)	164,4 (149,1; 185,4)	111,6 (90; 127,6)	142,6 (129,2; 165,7)**	137,3 (120,5; 143,5)*	135,4 (114,4; 152,7)	142,7 (123,1; 163)
55–59	294 (280,1; 315,9)	301,6 (274,6; 329,2)	227,3 (188,3; 260,2)	230,6 (210,6; 300,1)	241,4 (222,5; 262,8)	215,4 (185,1; 225,4)	282,6 (242,9; 309,7)**
60–64	393,9 (370,8; 445,7)	468,7 (414,7; 496,9)*	346,5 (322,3; 394,3)	380,5 (313,7; 408,5)	378,4 (352; 401,1)	402,4 (349,8; 442,1)	386,4 (365,2; 424)
65–69	542,5 (515,4; 590)	580,9 (532,6; 686,1)	507,2 (471,1; 569,7)	482,4 (411,1; 535,6)	528,9 (463,7; 591)	511,9 (465,8; 587,5)	522,8 (483,9; 586,6)
70–74	651,4 (633,1; 681,7)	814,1 (734,8; 888,1)*	581,4 (485,3; 660,8)	663,5 (604,5; 668,9)	631,9 (508,6; 665)	707,2 (613,2; 766)	633,2 (602,2; 691,3)
75–79	912 (781,8; 1067,5)	1068,8 (997,4; 1136,8)	799,2 (685,2; 819,4)	710,7 (703,4; 768,6)	768,5 (686,3; 951,8)	962,2 (869,8; 974,5)	859,6 (765,3; 1045,8)
> 80	1406,9 (1256,2; 1507,8)	1015,1 (949,9; 1205,3)*	987,6 (962,5; 1088,3)	966 (824; 1101,3)	1054,1 (759,3; 1164,8)	1206,8 (1126,4; 1270,6)	1077,4 (897,7; 1148,7)*

Таблица 4

Результаты статистического анализа показателей смертности мужчин от онкологических заболеваний
(на 100 тыс.), Ме (Q1; Q3)

Возраст, годы	Томск «чистый»	Чита «грязный»	Киров «чистый»	Братск «грязный»	Нижний Тагил «грязный»	Оренбург «чистый»	Магнитогорск «грязный»
20–44	17,1 (15,4; 20,1)	18,6 (16,4; 24)	18,6 (17,2; 22,2)	29,4 (18,9; 33,9)	22 (18,3; 28,2)	18,2 (16,1; 24,2)	20,8 (16,5; 26,5)
45–54	164,5 (151,1; 191,2)	202,5 (178,5; 235,9)	169,2 (157,3; 193,9)	208,7 (188,8; 229,2)*	196,6 (179,8; 211,6)	182,7 (175,8; 187,7)	185,4 (178,7; 206,1)
55–59	460,5 (445,1; 509,8)	577 (505,6; 621,4)*	444,6 (403; 462,6)	507,1 (418,7; 532,3)	499,9 (438,1; 552,4)	473,2 (443,7; 550,2)	502,1 (450,7; 544)
60–64	716 (696,5; 837)	966,6 (940,7; 1012,7)**	820,3 (769,4; 896,8)	854,4 (702,2; 936,7)	876,8 (729,4; 950,2)	853,6 (789,7; 903)	851,1 (733,1; 949,2)
65–69	1125,4 (1013,5; 1180,3)	1332 (1125,9; 1352,4)*	1227,5 (1136,4; 1367,8)	1445,6 (1220,9; 1589,2)	1349,1 (1149,1; 1550,9)	1400 (1313,5; 1469,3)	1143,4 (1035,2; 1288,7)*
70–74	1482,1 (1382,4; 1631,3)	1780,9 (1621,9; 1814,1)**	1724,2 (1373,5; 1902,6)	1677,2 (1426,1; 1727,5)	1358,5 (1187,1; 1461,4)	1882,7 (1719,7; 1977,1)	1567,9 (1331,6; 1791)*
75–79	1996,3 (1724,1; 2394,3)	2000,8 (1827,6; 2119,3)	1990,5 (1829,5; 2195,7)	1900,4 (1653,9; 2208,7)	1823,1 (1551,8; 1973,6)	2242,6 (2153,9; 2354,8)	2208,2 (2068,1; 2300,8)
> 80	2384,8 (2158,3; 2619,6)	1897,2 (1682,3; 2551,5)	2522,5 (2275,8; 2670,9)	2026,5 (1831,1; 2561,1)*	1881 (1540,4; 2218,5)*	2506,9 (2348,6; 2704,6)	2259,7 (1844,5; 2444,4)*

Таблица 5

Результаты статистического анализа показателей смертности женщин от болезней органов дыхания (на 100 тыс.), Ме (Q1; Q3)

Возраст, годы	Томск «чистый»	Чита «грязный»	Киров «чистый»	Братск «грязный»	Нижний Тагил «грязный»	Оренбург «чистый»	Магнитогорск «грязный»
20–44	6,2 (5,5; 11,3)	7,7 (7,5; 10,4)	3,7 (2,4; 4,3)	18,1 (6,6; 23,3)*	11,1 (7,3; 14,7)**	9,3 (4,5; 12,1)	9,4 (5,4; 11,3)
45–54	22,9 (12,9; 30,7)	17 (10,2; 34,7)	11,6 (8,2; 15,3)	19,5 (16,8; 29,8)*	21,1 (17,3; 24,7)**	11,2 (5,2; 19)	19,8 (12; 24)
55–59	23,6 (13,3; 34,3)	47,2 (17,5; 68,3)	14,4 (11,8; 18,9)	21,3 (5,2; 37)	29,5(22;38,8)**	24,7 (11,3; 30,6)	18,3 (15,3; 18,6)
60–64	38,1 (26,5; 42,7)	54,6 (49,5; 81,1)*	24,8 (18,7; 29,2)	29,6 (11,7; 35,2)	26,3 (17,4; 34,3)	23,9 (18; 31,7)	23,4 (16,1; 29,6)
65–69	72 (57,9; 85,9)	116,5 (87,6; 138,3)*	56,8 (46,1; 64)	47,7 (0; 63,5)	39,5 (19,7; 54,5)	38,8 (25,5; 48,1)	31,2 (17,1; 45,4)
70–74	91,6 (73,2; 107,7)	97,6 (58,4; 151,5)	51,7 (34; 82,3)	94,3 (73,3; 118,1)	82,8 (33,8; 111,4)	43,5 (34,6; 62,7)	33,3 (25,3; 61,9)
75–79	169,3 (137,1; 215,1)	171,6 (72,2; 194,4)	86,8 (72,9; 106)	109,8 (79,6; 130,2)	100,5 (76,9; 122,7)	103,8 (96,6; 118,1)	124,8 (88; 135,6)
> 80	515,8 (422,8; 589,2)	340,8 (321,9; 488,7)	201,5 (107,2; 281,7)	286,3 (195,7; 374,9)	243,4 (201; 257,8)	260,7 (183,5; 338)	318 (198,8; 383,7)*

Таблица 6

Результаты статистического анализа показателей смертности мужчин от болезней органов дыхания (на 100 тыс.), Ме (Q1; Q3)

Возраст, годы	Томск «чистый»	Чита «грязный»	Киров «чистый»	Братск «грязный»	Нижний Тагил «грязный»	Оренбург «чистый»	Магнитогорск «грязный»
20–44	19,3 (17,7; 30,9)	15,9 (12,3; 22,1)*	12,4 (8,8; 16)	36,9 (21,5; 44,6)**	28,5 (26,9; 30,5)**	26,9 (20,2; 39,8)	25,9 (14,9; 30,8)
45–54	80,4 (65,2; 100,8)	87,3 (68,6; 108,1)	55,9 (43,9; 77)	92,5 (63,3; 109,9)	63,8 (41,7; 88,2)	97,9 (73,1; 114,2)	73,9 (55,5; 84,6)
55–59	126,2 (116,9; 134,8)	126,3 (115,2; 171,2)	104,8 (88,2; 116,3)	110 (71,3; 125,3)	92,1 (68,8; 170,7)	119,7 (81; 144,7)	104,6 (71; 154,2)
60–64	168,1 (146,6; 206,7)	208 (166,2; 316,5)	140,6 (118; 205,2)	168,1 (111; 226,2)	189,9 (157,5; 201,3)	150,2 (127,2; 195)	160 (126,4; 178,5)
65–69	264,4 (245,9; 352)	322,4 (195,4; 389,4)	221,3 (189,2; 263,2)	298,6 (210,5; 349,8)	297,7 (236,6; 366,1)	238,7 (207,3; 274,3)	286,7 (238,5; 339,5)
70–74	376,8 (301,2; 442,1)	471,5 (379,6; 579)	318,1 (248,2; 377)	291,4 (175,6; 372,7)	329,4 (298,7; 444,6)	369,7 (334,6; 415)	302,2 (247,9; 404,2)
75–79	736,2 (625; 764,2)	555,2 (450,6; 745,1)	402,4 (350,1; 563,9)	523,7 (333,1; 692,7)	491,4 (466,6; 660,6)	553 (507,6; 694,6)	507,5 (439,1; 546,4)
> 80	1141,6 (948,8; 1310,1)	929,7 (705,5; 1214,7)	649,8 (500,8; 933,7)	765,9 (587,3; 1011,4)	883,9 (666,8; 1058,9)	1003,3 (904,5; 1203,2)	811,4 (635,7; 1084)

атмосферного воздуха, показало, что загрязнение атмосферного воздуха в наибольшей степени влияет на смертность от ССЗ: она значимо выше во всех возрастных группах в городах с высоким уровнем загрязнения, при этом различия в смертности от онкологических заболеваний и болезней органов дыхания существенно менее выражены. Полученные результаты согласуются с результатами математического моделирования, показавшими, что в РФ загрязнение атмосферного воздуха дает наибольший вклад в смертность от ишемической болезни сердца и инсульта [33].

Необходимо отметить, что повышенная смертность от ССЗ в городах с высоким уровнем загрязнения воздуха характерна как для мужчин, так и для женщин. Это свидетельствует о существенном влиянии на смертность в этих городах факторов окружающей среды (прежде всего загрязненный воздух), поскольку производственные факторы в большей степени влияют на смертность мужчин, так как к работе в цехах с вредными условиями труда они привлекаются

значительно чаще, чем женщины. Значимость влияния экологических факторов на смертность от ССЗ подтверждается и тем фактом, что в Чите, в которой нет крупных металлургических или химических предприятий, а высокий уровень загрязнения воздуха обусловлен расположением города в межгорной котловине с низким потенциалом самоочищения атмосферы, выявленные закономерности в показателях смертности сходны с теми, которые были найдены для крупных промышленных центров.

Уязвимость сердечно-сосудистой системы для влияния загрязнения окружающего воздуха была продемонстрирована во многих исследованиях, проведенных в последние десятилетия в разных странах [11, 14, 15, 19, 22, 24, 29, 32]. Как и традиционные факторы риска, такие как курение и сахарный диабет, загрязнение воздуха способствует развитию заболеваний и смертности посредством развития эндотелиальной дисфункции, нарушения регуляции артериального давления, углеводного и липидного обмена и атерогенеза. Среди исследователей нет

единого мнения о том, какие возрастные группы наиболее чувствительны к загрязнению воздуха. Liu и соавторы [22] показали неоднородность эффектов кратковременного загрязнения воздуха в двух городах Китайской Народной Республики: в сильно загрязненном городе дополнительное повышение загрязнения воздуха в большей степени увеличивало госпитализацию молодых пациентов, чем пожилых, а в более чистом — наоборот. Авторы предположили, что молодые люди более уязвимы для влияния загрязнения воздуха, поскольку в среднем они больше времени находятся на открытом воздухе, особенно если работают в строительной отрасли. В то же время пожилые люди, живущие в сильно загрязненном городе, активнее предпринимают защитные меры, сокращая свое пребывание вне дома и надевая маски. В более чистом городе пожилые люди в меньшей степени используют меры предосторожности, что, как считают авторы, может объяснить более выраженное влияние кратковременного загрязнения воздуха на пожилых пациентов в этом городе. Thurston и соавторы [28], анализируя влияние загрязнения воздуха мелкодисперсными взвешенными частицами с диаметром менее 2.5 мкм (particulate matter PM_{2.5}) на смертность от ССЗ, не выявили значимых различий между группами мужчин и женщин в возрасте 50–65 и 65–71 год в когорте National Institutions of Health-AARP (США). Напротив, Cesaroni и соавторы [13] обнаружили, что люди в возрасте до 60 лет (особенно мужчины) имеют более высокий риск развития или обострения заболеваний системы кровообращения вследствие загрязнения воздуха, Fischer и соавторы [16] показали, что это проявляется в возрастной группе до 65 лет. При этом Gouveia и Fletcher [17], а также Wong и соавторы [30] выявили, что влияние загрязнения воздуха на смертность увеличивается с возрастом, особенно после 65 лет. В исследовании Hart и соавторов [18] было показано, что люди старше 70 лет (особенно женщины) более чувствительны к загрязнению воздуха. Naess и соавторы [23] обнаружили, что у людей в возрасте 51–70 лет влияние загрязнения сильнее, чем у пожилых людей, но в то же время порог повышения риска для них выше.

Необходимо отметить, что, несмотря на достаточно большое количество исследований, направленных на анализ влияния загрязнения атмосферного воздуха на смертность населения, в большинстве из них анализируются только две группы (до 60–70 лет и старше), а анализ чувствительности к загрязнению самой молодой возрастной подгруппы взрослых (20–44 года) обычно не проводится.

Наши результаты показывают, что влияние длительного загрязнения воздуха на смертность от ССЗ значимо во всех возрастных подгруппах, включая группу 20–44 года.

По данным ВОЗ [33], из всех факторов загрязнения атмосферного воздуха наибольшее влияние на смертность от ССЗ оказывает загрязнение мелкодисперсными взвешенными частицами PM_{2.5}.

Хотя в большинстве городов РФ загрязнение взвешенными частицами (ВЧ) контролируется без учета их размеров, но, поскольку, по данным канадских исследователей [12], в атмосферном воздухе PM_{2.5} составляют около 22 % всех взвешенных частиц, оценка концентрации ВЧ позволяет судить и о степени загрязнения мелкодисперсными частицами. При этом необходимо отметить, что отсутствуют данные о предельно допустимых концентрациях PM_{2.5}, превышение которых положительно ассоциируется с общей смертностью и смертностью от ССЗ [21]. Наше исследование показало, что загрязнение взвешенными частицами значительно выше (высоко значимо) в «грязных» городах, поэтому логично предположить, что загрязнение PM_{2.5} там также выше.

Помимо загрязнения ВЧ во всех «грязных» городах значимо выше концентрации бенз(а)пирена, который является одним из самых токсичных контролируемых загрязняющих воздух веществ. Бенз(а)пирен — один из полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), его высокие концентрации в атмосферном воздухе обычно свидетельствуют и о существенном загрязнении другими ПАУ, основными источниками которых являются предприятия энергетического комплекса, химической и нефтеперерабатывающей промышленности, а также автомобильный транспорт. Эпидемиологические и экспериментальные исследования убедительно свидетельствуют о том, что ПАУ, прикрепленные к взвешенным частицам, могут индуцировать ССЗ, включая гипертонию, атеросклероз и инфаркт миокарда [11, 19]. Важно, что загрязнение ПАУ и взвешенными частицами влияет даже на молодых и здоровых взрослых. Двойное перекрестное исследование, проведенное в США, показало, что дизельные выхлопы (значительная часть которых — ПАУ) повышают систолическое артериальное давление у практических здоровых лиц [14]. Недавние исследования Роре и соавторов [24] показали, что высокие концентрации PM_{2.5} могут вызывать повреждение эндотелия у молодых здоровых взрослых. Воспалительные процессы в клетках эндотелия сосудов и легких считаются связующим звеном между воздействием мелкодисперсных взвешенных веществ и ССЗ [15, 20, 29]. Окислительный стресс занимает центральное место в этих процессах. Активные формы кислорода могут генерироваться непосредственно частицами и компонентами частиц или, более опосредованно, через различные метаболические и воспалительные процессы. Более того, Роре и соавторы [25] показали, что повышенный риск смерти от ССЗ, связанный с PM_{2.5}, аналогичен у пациентов с уже существующими сердечно-сосудистыми заболеваниями и без них. Возможно, столь значительное влияние PM_{2.5} и ПАУ на систему кровообращения людей всех возрастов, в том числе молодежи и людей без ранее существовавших ССЗ, объясняет выраженную зависимость смертности от ССЗ во всех возрастных группах, в том числе и молодежи, от загрязнения атмосферного воздуха. Это

особенно важно в условиях, когда ССЗ являются ведущими причинами смертности, на долю которых приходится более 30 % глобальной смертности [31].

Кроме того, поскольку многим тысячам людей приходится жить в промышленных городах с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, необходимо разрабатывать профилактические меры по снижению его негативного воздействия на здоровье. Исследования, проведенные различными группами ученых, показали, что окислительный стресс является центральным элементом связи между загрязнением воздуха и ростом заболеваемости и смертности, поэтому антиоксидантная терапия может быть частью таких мер [26, 27].

Проведенное исследование имеет свои ограничения. Это прежде всего небольшой временной интервал, в течение которого анализировались смертность и загрязнение окружающей среды в городах РФ. Мы не смогли включить в анализ более длительный временной интервал из-за существенных различий в экономических и экологических условиях в стране в предыдущие годы по сравнению с последними десятилетиями. Еще одно ограничение данного исследования касается использования информации о причинах смерти, содержащейся в свидетельствах о смерти. Государственная служба статистики собирает данные только о первоначальных причинах смерти, которые не всегда могут быть определены однозначно, особенно в старших возрастных группах.

Заключение

Таким образом, проведенное исследование показало, что в наибольшей степени загрязнение атмосферного воздуха влияет на смертность от ССЗ и это влияние проявляется во всех возрастных группах. Влияние на смертность от болезней органов дыхания и онкологических заболеваний значимо, но существенно менее выражено.

Поскольку ССЗ — наиболее частая причина смерти в России, при этом многие тысячи людей вынуждены жить в промышленных городах с высоким уровнем загрязнения воздуха, необходимы не только мероприятия по снижению загрязнения в таких городах, но и разработка методик для раннего выявления патологических изменений в сердечно-сосудистой системе.

Полученные результаты указывают на необходимость проведения в городах с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха дополнительных диспансерных обследований во всех возрастных группах, начиная с молодого возраста, направленных на выявление и оценку факторов риска развития болезней системы кровообращения.

Авторство

Концепция и дизайн исследования — Салтыкова М. М., Бобровницкий И. П.; анализ и интерпретация данных — Салтыкова М. М., Балакаева А. В., Шопина О. В., Бобровницкий И. П.; написание и редактирование текста — Салтыкова М. М., Балакаева А. В., Шопина О. В.,

Бобровницкий И. П.; окончательное утверждение — Салтыкова М. М., Балакаева А. В., Шопина О. В., Бобровницкий И. П.

Салтыкова Марина Михайловна — ORCID 0000-0002-1823-8952; SPIN 3310-9270

Бобровницкий Игорь Петрович — ORCID 0000-0002-1805-4010

Балакаева Алиса Викторовна — ORCID 0000-0003-4217-4300

Шопина Ольга Владимировна — ORCID 0000-0001-7094-7230

Список литературы / References

1. Андреев Е. М., Школьников В. М. Связь между уровнями смертности и экономического развития в России и ее регионах // Демографическое обозрение. 2018. Т. 5, № 1. С. 6–24.

Andreev E. M., Shkolnikov V. M. The relationship between mortality and economic development in Russia and its regions. *Demographicheskoe obozrenie* [Demographic survey]. 2018, 5 (1), pp. 6-24. [In Russian]

2. База данных показателей муниципальных образований. URL: <https://www.gks.ru/dbscripts/munst> (дата обращения: 1.06.2020).

Database of indicators of municipalities. Available at: <https://www.gks.ru/dbscripts/munst> (accessed: 1.06.2020). [In Russian]

3. Величина прожиточного минимума. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/30957> (дата обращения: 1.06.2020).

The subsistence minimum. Available at: <https://www.fedstat.ru/indicator/30957> (accessed: 1.06.2020). [In Russian]

4. Золотокрылин А. Н., Кренке А. Н., Виноградова В. В. Районирование России по природным условиям жизни населения. М.: Геос, 2012. 156 с.

Zolotokrylin A. N., Krenke A. N., Vinogradova V. V. *Zoning of Russia according to the natural conditions of life of the population*. Moscow, Geos Publ., 2012, 156 p. [In Russian]

5. Лисецкая Л. Г., Дедкова Л. А., Тихонова И. В., Тараненко Н. А. Оценка степени загрязненности воздуха и патология верхних дыхательных путей у подростков урбанизированных территорий Иркутской области // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 2013. № 3 (91). Ч. 1. С. 91–95.

Lisetskaya L. G., Dedkova L. A., Tikhonova I. V., Taranenko N. A. Degree assessment of pollution and pathology of upper respiratory tract in teenagers of urbanized territories of Irkutsk region. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk* [Eastern-Siberian Scientific Centre of Human Ecology SB RAMS]. 2013, 3 (91), pt. 1, pp. 91-95. [In Russian]

6. Салтыкова М. М., Бобровницкий И. П., Федичкина Т. П., Балакаева А. В., Яковлев М. Ю. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на структуру смертности населения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 6. С. 96–100.

Saltykova M. M., Bobrovnikskii I. P., Fedichkina T. P., Balakaeva A. V., Yakovlev M. Yu. Impact of ambient air pollution on the mortality structure. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research]. 2019, 6, pp. 96-100. [In Russian]

7. Тоцилкина Н. В. Оценка влияния индекса загрязнения атмосферы на медико-демографические показатели жителей города Саратова // Самарский научный вестник. 2016. № 4. С. 65–70.

Tochilkina N. V. Estimation of air pollution influence on demographic and health of the population of Saratov. *Samarsky nauchnyy vestnik* [Samara Scientific Bulletin]. 2016, 4, pp. 65-70. [In Russian]

8. ФГБУ «ГГО» Росгидромета. Ежегодник. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2013. СПб., 2014. 275 с.

FSBI «GGO» Roshydromet. *Yearbook. The state of air pollution in cities on the territory of Russia for 2013*. Saint Petersburg, 2014, 275 p. [In Russian]

9. ФГБУ «ГГО» Росгидромета. Ежегодник. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2016. СПб., 2017. 227 с.

FSBI «GGO» Roshydromet. *Yearbook. The state of air pollution in cities on the territory of Russia for 2016*. Saint Petersburg, 2017, 222 p. [In Russian]

10. ФГБУ «ГГО» Росгидромета. Ежегодник. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2017. СПб., 2018. 234 с.

FSBI «GGO» Roshydromet. *Yearbook. The state of air pollution in cities in Russia in 2017*. Saint Petersburg, 2018, 234 p. [In Russian]

11. Asweto C. O. Cardiovascular health risk posed by polycyclic aromatic hydrocarbon and ultrafine particles. *J Clin Exp Tox*. 2018, 2 (1), pp. 1-5. doi: 10.4066/2630-4570.009.

12. Brook J. R., Tom F., Dann T. F., Burnett R. T. The Relationship among TSP, PM10, PM2.5, and Inorganic Constituents of Atmospheric Particulate Matter at Multiple Canadian Locations. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 1997, 47 (1), pp. 2-19. doi: 10.1080/10473289.1997.10464407.

13. Cesaroni G., Badaloni C., Gariazzo C., Stafoggia M., Sozzi R., Davoli M., Forastiere F. Long-Term Exposure to Urban Air Pollution and Mortality in a Cohort of More than a Million Adults in Rome. *Environ. Health Perspect.* 2013, 121 (3), pp. 324-331. doi: 10.1289/ehp.1205862.

14. Cosselman K., Krishnan R., Oron A., Jansen K., Peretz A., Sullivan J., Larson T. V., Kaufman J. D. Blood Pressure Response to Controlled Diesel Exhaust Exposure in Human Subjects. *Hypertension*. 2012, 59 (5), pp. 943-948.

15. Donaldson K., Stone V., Seaton A., MacNee W. Ambient particle inhalation and the cardiovascular system: potential mechanisms. *Environmental Health Perspectives*. 2001, 109 (suppl 4), pp. 523-527.

16. Fischer P. H., Marra M., Ameling C. B., Hoek G., Beelen R., de Hoogh K., Breugelmans O., Kruize H., Janssen N. A., Houthuijs D. Air pollution and mortality in seven million adults: The Dutch Environmental Longitudinal Study (DUELS). *Environmental Health Perspectives*. 2015, 123, pp. 697-704. doi: 10.1289/ehp.1408254.

17. Gouveia N., Fletcher T. Time series analysis of air pollution and mortality: effects by cause, age and socioeconomic status. *J Epidemiol Community Health*. 2000, 54 (10), pp. 750-755. doi: 10.1136/jech.54.10.750.

18. Hart J. E., Puett R. C., Rexrode K. M., Albert C. M., Laden F. Effect Modification of Long-Term Air Pollution Exposures and the Risk of Incident Cardiovascular Disease in US Women. *J Am Heart Assoc*. 2015, 4 (12), e002301. doi: 10.1161/JAHA.115.002301.

19. Holme J., Brinckmann B., Refsnes M., Låg M., Ovreivik J. Potential role of polycyclic aromatic hydrocarbons as mediators of cardiovascular effects from combustion particles.

Environmental Health. 2019, 18, p. 74. doi: 10.1186/s12940-019-0514-2.

20. Hu C., Hou J., Zhou Y., Sun H., Yin W., Zhang Y., Wang X., Wang G., Chen W., Yuan J. Association of polycyclic aromatic hydrocarbons exposure with atherosclerotic cardiovascular disease risk: A role of mean platelet volume or club cell secretory protein. *Environmental Pollution*. 2018, 233, pp. 45-53.

21. Liu Z., Wang F., Li W., Yin L., Wang Y., Yan R., Qian Lao X., Kan H., Tse L. A. Does Utilizing WHO's Interim Targets Further Reduce the Risk - Meta-Analysis on ambient particulate matter pollution and mortality of cardiovascular diseases? *Environmental Pollution*. 2018, 242, pp. 1299-1307. doi: 10.1016/j.envpol.2018.07.041.

22. Liu Y., Sun J., Gou Y., Sun X., Zhang D., Xue F. Analysis of Short-Term Effects of Air Pollution on Cardiovascular Disease Using Bayesian Spatio-Temporal Models. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020, 17, p. 879. doi: 10.3390/ijerph17030879.

23. Naess O., Nafstad P., Aamodt G., Claussen B., Rosland P. Relation between Concentration of Air Pollution and Cause-Specific Mortality: Four-Year Exposures to Nitrogen Dioxide and Particulate Matter Pollutants in 470 Neighborhoods in Oslo, Norway. *Am J Epidemiol*. 2007, 165 (4), pp. 435-443. doi: 10.1093/aje/kwk016.

24. Pope C., Bhatnagar A., McCracken J., Abplanalp W., Conklin D., O'Toole T. Exposure to Fine Particulate Air Pollution Is Associated With Endothelial Injury and Systemic Inflammation. *Circ Res*. 2016, 119 (11), pp. 1204-1214.

25. Pope C., Turner M., Burnett R., Jerrett M., Gapstur S., Diver W., Krewski D., Brook R. D. Relationships between Fine Particulate Air Pollution, Cardiometabolic Disorders, and Cardiovascular Mortality. *Circ Res*. 2015, 116 (1), pp. 108-115. doi: 10.1161/circresaha.116.305060.

26. Romieu I., Castro-Giner F., Kunzli N., Sunyer J. Air pollution, oxidative stress and dietary supplementation: a review. *European Respiratory Journal*. 2008, 31, pp. 179-196. doi: 10.1183/09031936.00128106.

27. Schulz A. J., Mentz G. B., Sampson N. R., Dvornich J. T., Reyes A. G., Betty Izumi B. Effects of Particulate Matter and Antioxidant Dietary Intake on Blood Pressure. *Am J Public Health*. 2015, 105, pp. 1254-1261. doi:10.2105/AJPH.2014.302176.

28. Thurston G. D., Ahn J., Cromar K. R., Shao Y., Reynolds H. R., Jerrett M., Lim C. C., Shanley R., Park Y., Hayes R. B. Ambient particulate matter air pollution exposure and mortality in the NIH-AARP Diet and Health cohort. *Environ Health Perspect.* 2016, 124, pp. 484-490. doi: 10.1289/ehp.1509676.

29. Tornqvist H., Mills N., Gonzalez M., Miller M., Robinson S., Megson I., Macnee W., Donaldson K., Soderberg S., Newby D. E., Sandstrom T., Blomberg A. Persistent Endothelial Dysfunction in Humans after Diesel Exhaust Inhalation. *Am J Respir Crit Care Med*. 2007, 176 (4), pp. 395-400.

30. Wong C. M., Lai H. K., Tsang H., Thach T. Q., Thomas G. N., Lam K. B., Chan K. P., Yang L., Lau A. K., Ayres J. G., Lee S. Y., Chan W. M., Hedley A. J., Lam T. H. Satellite-based estimates of long-term exposure to fine particles and association with mortality in elderly Hong Kong residents. *Environ Health Perspect.* 2015, 123 (11), pp. 1167-1172. doi: 10.1289/ehp.1408264.

31. World Health Organization. Cardiovascular Diseases. Available at: <https://www.who.int/health-topics/cardiovascular-diseases/> (accessed: 01.02.2021).

32. Cohen A. J., Brauer M., Burnett R., Anderson H. R., Frostad J., Estep K., Balakrishnan K., Brunekreef B., Dandona L., Dandona R., Feigin V., Freedman G., Hubbell B., Jobling A., Kan H., Knibbs L., Liu Y., Martin R., Morawska L., Pope C. A., Shin H., Straif K., Shaddick G., Thomas M., van Dingenen R., van Donkelaar A., Vos T., Murray C. J. L., Forouzanfar M. H. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet*. 2017, 389 (10082), pp. 1907-1918. doi: 10.1016/S0140-6736(17)30505-6.

33. World Health Organization. Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease.

2016. ISBN: 9789241511353. Available at: <https://www.who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en> (accessed: 01.10.2020).

Контактная информация:

Балакаева Алиса Викторовна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Лаборатории экологии человека и общественного здоровья ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства

Адрес: 119121, г. Москва, ул. Погодинская, д. 10, с. 1
E-mail: ABalakaeva@cspmrz.ru

СЕМИЛЕТНЯЯ ВЫЖИВАЕМОСТЬ И АССОЦИАЦИЯ ФАКТОРОВ РИСКА С ОБЩЕЙ СМЕРТНОСТЬЮ И СМЕРТНОСТЬЮ ОТ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ СРЕДИ СЕЛЬСКИХ ЖИТЕЛЕЙ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2021 г. ¹А. О. Мырзаматова, ²А. К. Каширин, ¹А. В. Концевая, ³М. Л. Сиротко,
¹Д. К. Муканеева, ¹М. Б. Худяков

¹ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва; ²ГБУ здравоохранения Самарской области
«Самарский областной клинический госпиталь для ветеранов войн», г. Самара; ³ФГБОУ ВО «Самарский
государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара

Введение: Высокая распространенность поведенческих факторов риска (ФР) в России оказывает значительное влияние на состояние здоровья населения, являясь серьезной угрозой для здоровья как нынешнего, так и будущего поколений. По результатам ряда отечественных и зарубежных исследований имеются данные о градиентах смертности и заболеваемости среди разных групп популяций, проживающих как в одной стране, так и в разных государствах.

Цель: Оценить семилетнюю выживаемость и ассоциацию ФР с общей смертностью и смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) среди жителей сельской местности Самарской области России.

Методы: Когортное проспективное исследование проведено в рамках международного проекта «Интерэпид». В анализ включены результаты обследования репрезентативной выборки сельского населения области (n = 1 050) в возрасте 20–64 лет. Одномоментное обследование проводилось в 2011–2012 годы. Жизненный статус и случаи смерти (от всех причин и от ССЗ) анализировались дважды: через 4 года и 7 лет от начала исследования.

Результаты: Жизненный статус в 2019 году удалось установить у 919 человек (отклик 87,5 %). Доля выбывших из исследования 12,5 %, умерших – 7,3 %, из них 68,9 % мужчин, 31,1 % женщин. Медиана наблюдения составила 6,9 года. Общая выживаемость к концу семилетнего периода наблюдения достигла 92,7 %. В структуре смертности ССЗ заняли более 40 %, новообразования 20 %, травмы и воздействия внешних причин 15 %, другие причины 23 %. В смертность от всех причин значимый вклад внесли курение, артериальная гипертензия (АГ), избыточное потребление субпродуктов, потребление высокой жирности молока, кефира, йогурта среди мужчин, АГ и ожирение – среди женщин. Вклад в смертность от ССЗ – курение, АГ, избыточное потребление соли и субпродуктов среди мужчин, АГ, низкая физическая активность и избыточное потребление соли – среди женщин.

Выводы: Выявлен значимый вклад многих ФР в смертность сельских жителей Самарской области за период наблюдения. Полученные данные важны для планирования, реализации и оценки эффективности программ укрепления общественного здоровья.

Ключевые слова: факторы риска, смертность, проспективное исследование, сельское население

SEVEN-YEAR SURVIVAL AND ASSOCIATIONS OF RISK FACTORS WITH ALL-CAUSE AND CARDIOVASCULAR MORTALITY AMONG RURAL RESIDENTS OF SAMARA REGION

¹A. O. Myrzamatova, ²A. K. Kashirin, ¹A. V. Kontsevaya, ³M. L. Sirotko,
¹D. K. Mukaneeva, ¹M. B. Khudyakov

¹National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine, Moscow; ²Samara Regional Clinical Hospital for War Veterans, Samara; ³Samara State Medical University, Samara

Introduction: The high prevalence of behavioral risk factors in Russia has a significant impact on the health of the population being a serious threat for both current and future generations. There is substantial evidence on health differences between and within countries.

Aim: To estimate the 7-year survival rate and the association between risk factors and all-cause and cardiovascular mortality among rural residents of the Samara region of Russia.

Methods: This is a prospective cohort study conducted in the framework of the "Interepid" international project. The analysis included the data from a representative sample of the 20-64 years old rural residents of the Volzhsky district of the Samara region of the Russian Federation (n=1050). A cross-sectional survey was carried out in 2011-2012. Vital status and deaths from all causes and from cardiovascular diseases were analyzed twice, after 4 years and after 7 years of the follow-up.

Results: Smoking, hypertension, excess intake of meat offal, whole milk and yogurt were significantly associated with all-cause mortality among men while hypertension and obesity were the main contributors to all-cause mortality among women. CVD mortality was associated with smoking, hypertension, excess salt intake, excess intake of meat offal among men while hypertension, low physical activity and excess salt were the main risk factors among women.

Conclusions: We observed significant contribution of many risk factors to all-cause and CVD mortality over a 7-year follow-up period. The importance of the risk factors significantly varied across genders. The results of the study can be used in planning, implementation and evaluation of the effectiveness of public health interventions.

Key words: risk factors, mortality, prospective study, rural population

Библиографическая ссылка:

Мырзаматова А. О., Каширин А. К., Концевая А. В., Сиротко М. Л., Муканеева Д. К., Худяков М. Б. Семилетняя выживаемость и ассоциация факторов риска с общей смертностью и смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний среди сельских жителей Самарской области // Экология человека. 2021. № 12. С. 23–29.

For citing:

Myrzamatova A. O., Kashirin A. K., Kontsevaya A. V., Sirotko M. L., Mukaneeva D. K., Khudyakov M. B. Seven-Year Survival and Associations of Risk Factors with All-Cause and Cardiovascular Mortality among Rural Residents of Samara Region. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 12, pp. 23–29.

Хронические неинфекционные заболевания (ХНИЗ) характеризуются значительным социально-экономическим бременем как на систему здравоохранения, так и на экономику в целом [8, 12]. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) [2], более 50 % смертей и случаев нетрудоспособности вызваны заболеваниями сердца. Считавшиеся ранее болезнями индустриально развитых стран сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) стремительно охватывают развивающиеся регионы. Так, около 80 % всех смертей от ССЗ имеют место в развивающихся странах и странах с низким и средним доходом [2].

В настоящее время хорошо изучены факторы риска (ФР), приводящие к возникновению ХНИЗ: курение, артериальная гипертензия (АГ), гиперхолестеринемия (ГХС), нерациональное питание, низкая физическая активность (НФА), повышенный уровень глюкозы в крови, ожирение, чрезмерное потребление алкоголя. Показано, что восемь ФР обуславливают до 75 % смертности от ХНИЗ [12]. Высокая распространенность поведенческих ФР в России оказывает значительное влияние на состояние здоровья населения, являясь серьезной угрозой для здоровья как нынешнего, так и будущего поколений [8].

По результатам ряда отечественных и зарубежных исследований имеются данные о градиентах смертности и заболеваемости среди разных групп популяций, проживающих как в одной стране, так и в разных государствах [4, 17, 14]. Данные градиенты могут быть обусловлены расовыми/этническими показателями, различиями в экологической ситуации, социально-экономическими возможностями, развитием инфраструктуры, особенностями образа жизни и, конечно, доступностью медицинской помощи [11].

Несмотря на то, что ФР ХНИЗ общие, имеются сведения об особенностях их вклада в развитие неблагоприятных событий в разных популяциях [3, 16]. Вопрос о степени вклада данных ФР в развитие изучаемых событий и исходов остается открытым, в связи с чем изучение их влияния в разных популяциях является актуальным. Из всех возможных ФР развития ССЗ наибольший интерес с точки зрения профилактической медицины представляют поведенческие факторы, которые поддаются коррекции как на популяционном, так и на индивидуальном уровне.

Цель работы — оценить 7-летнюю выживаемость и ассоциацию ФР с общей смертностью и смертностью от ССЗ среди жителей сельской местности Самарской области России (по данным исследования Интерэпид).

Методы

Настоящее когортное проспективное исследование было проведено в рамках международного проекта «Интерэпид».

Интерэпид — это международное когортное проспективное эпидемиологическое исследование по изучению распространенности ФР ХНИЗ и их вклада в смертность и заболеваемость среди сельских жителей трех стран (Россия, Кыргызстан, Казахстан) с длительностью наблюдения 7 лет. Результаты проведенного анализа распространенности ФР ХНИЗ и данные 4-летнего проспективного наблюдения опубликованы ранее [6, 7].

Одномоментное исследование

В анализ включены результаты обследования репрезентативной выборки сельского населения Волжского района Самарской области России в возрасте 20–64 лет. Выборка была сформирована на основании списков жителей поселков Стройкерамика и Смышляевка, получающих медицинскую помощь в амбулаторно-поликлинических учреждениях всего региона. На момент проведения исследования общая численность населения поселков в названной возрастной группе составляла 3 034 человека. Стратифицированные многоступенчатые случайные выборки были сформированы по методу Киша с учетом принципов кластерности и репрезентативности по полу и возрасту. Первичное обследование респондентов из числа репрезентативной выборки сельского населения Самарской области было проведено у 1 050 человек, что составило 78 % отклика. Одномоментное обследование проводилось в 2011–2012 годах по протоколу [6] с использованием специально разработанных опросников. Обследование включало опрос по специальной карте, объективные данные и лабораторные анализы. «Карта профилактического обследования» включала 9 блоков информации, в том числе паспортную часть, вопросы по семейному и личному анамнезу, наличию ФР и другие [6].

Артериальное давление (АД) измеряли на обеих руках по методу Короткова в положении испытуемого сидя, придерживаясь общепринятых правил измерения давления (ВОЗ, 1986). Критериями повышенного АД служили систолическое АД (САД) ≥ 140 мм рт. ст. и/или диастолическое АД (ДАД) ≥ 90 мм рт. ст. При выявлении повышенного АД пациент осматривался повторно через 2–3 дня.

Фактор риска курение признавался в случае выкуривания в течение суток хотя бы одной сигареты.

Артериальную гипертензию определяли по критериям повышенного АД (САД ≥ 140 мм рт. ст. и/или

ДАД ≥ 90 мм рт. ст.) или при нормальном уровне АД (САД < 140 мм рт. ст. и ДАД < 90 мм рт. ст.) на фоне приема антигипертензивных препаратов.

Критерием ожирения являлся индекс массы тела (ИМТ) ≥ 30 . Рассчитывался ИМТ как отношение массы тела в килограммах к квадрату длины тела в метрах ($\text{кг}/\text{м}^2$).

Критериями ГХС служили уровень общего холестерина (ОХ) в крови более 5,2 ммоль/л или прием гиполипидемических препаратов.

Критериями сахарного диабета явились уровень глюкозы натощак $\geq 7,0$ ммоль/л или прием гипогликемической терапии.

Злоупотреблением алкоголем считали такой уровень употребления алкоголя, выше которого, согласно мнению экспертов ВОЗ [9], алкоголь начинает наносить вред здоровью, в частности для мужчин >22 стандартных доз в неделю и/или >5 доз в день, для женщин >14 доз в неделю и/или >3 доз в день. В качестве стандартной одной дозы алкоголя принимались рекомендованные ВОЗ 10 г чистого алкоголя или 12,7 мл спирта [9].

Изучение характера питания в Самарской области проводилось методом оценки пищевых привычек с использованием вопросника частоты потребления основных групп пищевых продуктов.

Оценка характера питания проводилась согласно разработанным экспертами ВОЗ (2015) принципам, изложенным в пирамиде здорового питания и представленным в виде рекомендуемой частоты потребления основных рационформирующих групп продуктов [1].

Критерии оценки привычек нездорового питания

Об избыточном потреблении соли свидетельствовала привычка «досаливания» уже приготовленного блюда и/или потребление солений чаще одного раза в неделю. Избыточным потреблением сахара считалось потребление более 10 кусков/чайных ложек сахара в день и/или ежедневное потребление кондитерских изделий. Избыточное потребление животного жира расценивалось при использовании животных масел в процессе приготовления пищи и/или ежедневном потреблении 3–4 чайных ложек сливочного масла и более. Недостаточным считалось употребление овощей и фруктов не каждый день. Недостаточное потребление рыбопродуктов расценивалось при потреблении рыбопродуктов реже 1–2 раз в неделю.

Оценивалось ежедневное потребление молока, кефира и йогурта; еженедельное потребление творога и сыра. К высокожировой молочной продукции были отнесены молоко и кисломолочные изделия более 3,5 % жирности, творог — 9 % и более, сыры — 50 % и более.

Проспективный этап

Проспективный этап исследования проводился по специальному протоколу, который включал контакт с участником исследования, определение жизненного статуса, верификацию случая смерти (медицинское свидетельство о смерти, гражданское свидетельство о смерти и опрос родственников), верификацию вы-

бывших из исследования (отправка запроса о жизненном статусе пациента в паспортный отдел по месту жительства или в ЗАГС). Жизненный статус и случаи смерти анализировались дважды: через 4 года и через 7 лет от начала исследования.

Процедура верификации смерти проводилась в трех случаях:

1. При выявлении случаев смерти в рамках госпитализации, стационарного лечения в течение периода наблюдения. 2. При выявлении случаев смерти вне стационара. 3. Если после 7 лет наблюдения не удалось установить контакт с пациентом и/или его родственниками и жизненный статус пациента оставался неизвестным.

Для установления жизненного статуса запрос отправлялся в ЗАГС, паспортный отдел. Если статус был «умер», отправлялся запрос в ЗАГС, а также запрос доступа к амбулаторным картам для получения данных о причинах смерти.

В 2016 году проводился первый контроль жизненного статуса (через 4 года от момента первичного осмотра респондента). Результаты 4-летнего проспективного наблюдения были опубликованы в 2018 году [7].

В 2019 году был проведен повторный контроль жизненного статуса респондентов (через 7 лет от момента первичного осмотра), были собраны конечные точки, включающие: 1. Случаи смерти от всех причин. 2. Случаи смерти от ССЗ.

Статистическая обработка

Статистическая обработка полученных данных проводилась при помощи программы SPSS 19.0 с использованием пакета стандартных статистических программ. Взаимосвязь между показателями оценивалась с помощью корреляционного анализа по Пирсону и однофакторного регрессионного анализа. Различия считались значимыми при $p < 0,05$. Оценка частоты событий проводилась методами анализа выживаемости (регрессионная модель пропорционального риска Кокса, выживаемость по методу Каплана — Майера). Расчёт выживаемости проводился от числа всех включенных в исследование.

Различия в группах оценивались по суммарной вероятности достижения конечных точек при помощи логарифмического рангового критерия. Когортный анализ проведен с помощью регрессионной модели Кокса (пропорциональных рисков) с учетом многомерного влияния следующих ФР: пол, статус курения, потребления алкоголя, НФА, АГ, ожирения, ГХС.

Силу влияния анализируемых ФР определяли с помощью величины относительного риска (ОР) с 95 % доверительным интервалом (ДИ).

Относительный риск высчитывали по формуле:

$$ОР = \frac{(a + 0,5) \times (d + 0,5)}{(b + 0,5) \times (c + 0,5)},$$

где a — количество умерших с наличием изучаемого ФР; b — количество наблюдаемых с наличием изучаемого ФР; c — количество умерших без изучаемого ФР; d — количество исследуемых без изучаемого ФР.

Считали, если $OR = 1$, то ассоциация отсутствует. Если $OR < 1,0$, то ассоциация отрицательная; если $OR > 1,0$, то данная ассоциация положительная. Статистическую значимость различий между группами определяли по χ^2 при 95 % значимости.

$$\chi^2 = \frac{((a + 0,5) \times (d + 0,5) - (a + 0,5) \times (d + 0,5)) \times N}{m1 \times m2 \times n0 \times nk},$$

где N — всего наблюдаемых; $m1$ — общее количество умерших; $m2$ — общее количество живых наблюдаемых; $n0$ — общее количество наблюдаемых без изучаемого ФР; nk — общее количество наблюдаемых с наличием изучаемого ФР.

Результаты

Среди пациентов, включенных в исследование, наблюдались высокие показатели распространенности традиционных сердечно-сосудистых ФР, таких как АГ, курение, ГХС, ожирение. Данные распространенности ФР опубликованы ранее [6].

Жизненный статус в 2019 году удалось установить у 919 человек из 1 050 (отклик 87,5 %). Количество выбывших из исследования (переезд/отсутствие контакта) — 131 человек (12,5 %). Количество умерших составило 67 человек (7,3 %), из них 46 мужчин (68,9 %), 21 женщина (31,1 %), (табл. 1). Среди пациентов с установленным жизненным статусом в распределении по полу женщины составили 59 %

($n = 542$) выборки, мужчины 41 % ($n = 377$). Средний возраст ($48,6 \pm 7,3$) года. Общий период наблюдения от 0,7 до 7,4 (в среднем 6,9) года. Общая выживаемость к концу 7-летнего периода наблюдения составила 92,7 (95 % ДИ (85,3; 98,6) %) (рисунок). Выживаемость среди мужчин была ниже и составила 87,7 (95 % ДИ 85,3; 91,7) %, среди женщин — 96,1 (95 % ДИ 94,2; 98,6) %.

В структуре смертности сердечно-сосудистые причины составили более 40 %, новообразования — 20 %, травмы и воздействия внешних причин — 15 %, другие причины — 23 % (см. табл. 1).

В рамках проспективного этапа исследования мы оценили прогностическое значение анализируемых ФР в отношении их влияния на риск развития летальных исходов среди мужчин и женщин Самарской области России.

Курение

Статус курения независимо увеличивал риск развития смерти от всех причин ($OR\ 2,1$ (95 % ДИ 1,23; 2,91), $p = 0,002$) и от ССЗ ($OR\ 2,3$ (95 % ДИ 1,15; 2,97), $p = 0,001$) среди мужчин (табл. 2). В женской части когорты курение как ФР влияния на анализируемые фатальные конечные точки не оказало (см. табл. 2).

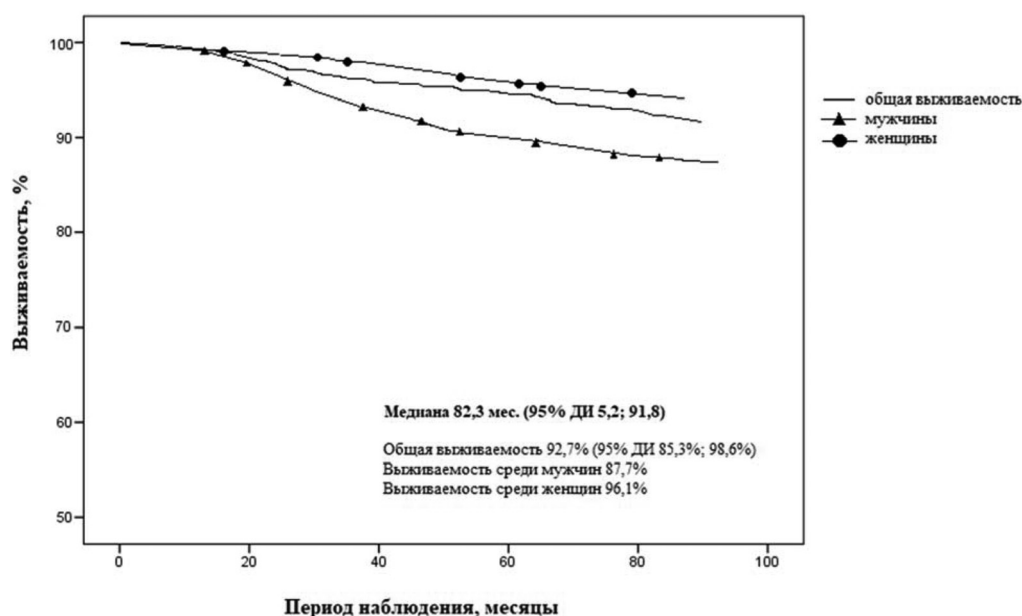
Артериальная гипертензия

За 7-летний период проспективного наблюдения АГ статистически значимо увеличивала риск развития

Таблица 1

Структура причин смерти среди жителей Самарской области за семилетний период наблюдения

Причина смерти	Мужчины		Женщины		Все	
	Абс	%	Абс	%	Абс	%
Сердечно-сосудистые заболевания	20	43,7	8	38	28	42
Новообразования	7	15,2	6	28,5	13	20
Травмы, другие последствия воздействия внешних причин	7	15,2	3	14,2	10	15
Другие причины	12	25,9	4	19,3	16	23
Всего	46	100	21	100	67	100



Выживаемость среди жителей Самарской области в течение 7 лет наблюдения (Каплан — Мейер)

Таблица 2

Прогностическая значимость факторов риска в развитии летальных исходов за семилетний период наблюдения среди жителей Самарской области

Фактор риска	Мужчины		Женщины	
	ОР (95 % ДИ)	p	ОР (95 % ДИ)	P
Смерть от всех причин				
Курение	2,1 (1,23; 2,91)	0,002*	1,01 (0,63; 1,21)	0,3
АГ	1,53 (1,1; 1,92)	0,01*	1,75 (1,14; 2,18)	0,007*
Ожирение	1,11 (0,59; 1,19)	0,09	1,58 (1,1; 2,31)	0,009*
Избыточное потребление субпродуктов (колбаса, сосиски)	1,43 (1,2; 1,96)	0,02*	1,17 (0,9; 1,41)	0,08
Потребление высокой жирности молока, кефира, йогурта	1,39 (1,1; 1,78)	0,02*	1,14 (0,85; 1,24)	0,1
Смерть от ССЗ				
Курение	2,3 (1,15; 2,97)	0,001*	0,98 (0,87; 1,2)	0,3
АГ	1,66 (1,16; 2,31)	0,009*	1,87 (1,21; 2,42)	0,008*
НФА	1,19 (0,55; 1,31)	0,08	1,71 (1,14; 2,2)	0,01*
Избыточное потребление соли	1,6 (1,1; 2,3)	0,008*	1,35 (1,02; 1,67)	0,03*
Избыточное потребление субпродуктов (колбаса, сосиски)	1,48 (1,07; 2,1)	0,02*	1,16 (0,89; 1,3)	0,1

смерти от всех причин как среди мужчин (ОР 11,53 (95 % ДИ 1,1; 1,92), $p = 0,01$), так и среди женщин (ОР 1,75 (95 % ДИ 1,14; 2,18), $p = 0,007$). Как ФР АГ оказывала влияние еще и на уровень смертности от ССЗ среди мужчин (ОР 1,66 (95 % ДИ 1,16; 2,31), $p = 0,009$), среди женщин (ОР 1,87 (95 % ДИ 1,21; 2,42), $p = 0,008$) (см. табл. 2).

Ожирение

Ожирение оказалось значимым ФР для смертности от всех причин только среди женщин (ОР 1,58 (95 % ДИ 1,1; 2,31), $p = 0,009$) (см. табл. 2). На смертность от ССЗ среди женщин данный ФР статистически значимого влияния не оказал.

Низкая физическая активность

В течение 7 лет проспективного наблюдения НФА статистически значимо оказала влияние только на смертность от ССЗ и только среди женщин (ОР 1,71 (95 % ДИ 1,14; 2,2), $p = 0,01$) (см. табл. 2). Среди мужской популяции влияние НФА на фатальные конечные точки было незначимым (см. табл. 2).

Компоненты нерационального питания

Избыточное потребление субпродуктов (колбаса, сосиски). За 7 лет наблюдения среди жителей Самарской области избыточное потребление субпродуктов статистически значимо влияло на развитие фатальных конечных точек только в мужской популяции. Так, ОР смерти от всех причин был равен 1,43 (95 % ДИ 1,2; 1,96), $p = 0,02$, ОР смерти от ССЗ среди мужчин был равен 1,48 (95 % ДИ 1,07; 2,1), $p = 0,02$ (см. табл. 2).

Избыточное потребление соли. Данный ФР статистически значимо влиял только на риск смерти от ССЗ как среди мужчин (ОР 1,6 (95 % ДИ 1,1; 2,3), $p = 0,008$), так и среди женщин (ОР 1,35 (95 % ДИ 1,02; 1,67), $p = 0,03$) (см. табл. 2).

Потребление высокой жирности молока, кефира, йогурта. За 7 лет проспективного наблюдения потребление высокой жирности данных молочных продуктов оказалось значимым в риске смерти от всех причин только среди мужской популяции (ОР 1,39 (95 % ДИ 1,1; 1,78), $p = 0,02$) (см. табл. 2).

Обсуждение результатов

В рамках проспективного эпидемиологического исследования среди жителей Самарской области России получены данные о 7-летнем прогнозе жизни и частоте развития смерти от всех и сердечно-сосудистых причин. Выявлены ФР, ассоциированные как со смертностью от всех причин, так и со смертностью от ССЗ.

Общая выживаемость к концу 7-летнего периода наблюдения составила 92,7 % и была ниже среди мужчин, чем среди женщин, 87,7 и 96,1 % соответственно. Доля умерших составила 7,3 %, среди которых более 60 % были мужчины, что согласуется с данными одного из крупнейших когортных исследований, проведенных в Российской Федерации (Томск, 1988–2005). По результатам 17-летнего когортного исследования среди жителей Ленинского района г. Томска в возрасте 20–59 лет [10], из 207 случаев смерти 131 (63,3 %) наблюдался среди мужчин. В структуре смертности в нашем исследовании за 7-летний период наблюдения сердечно-сосудистые причины составили более 40 %, из них 71,4 % наблюдались среди мужчин. По данным исследования среди жителей Томска сердечно-сосудистые причины составили 37,1 %, из них 56 % среди мужчин [10].

В нашем исследовании, как было показано ранее [7], за 4-летний проспективный период наблюдения значимый вклад анализируемых ФР в развитие фатальных исходов не выявлен. Отсутствие влияния на прогноз в течение 4 лет наблюдения данных ФР может быть обусловлено тем, что риски, ассоциированные с данными ФР, требуют большего периода наблюдения.

По результатам 7-летнего периода наблюдения был выявлен значимый вклад в смертность от всех причин следующих ФР: курение, АГ, избыточное потребление субпродуктов, потребление высокой жирности молока, кефира, йогурта среди мужчин; АГ и ожирение среди женщин.

Вклад в смертность от ССЗ был выявлен среди следующих ФР: курение, АГ, избыточное потребление соли, избыточное потребление субпродуктов среди мужчин; АГ, НФА и избыточное потребление соли среди женщин.

Курение статистически значимо влияло на развитие смерти как от всех, так и от сердечно-сосудистых причин только среди мужчин. По данным когортного исследования среди жителей Томска, статус курения независимо увеличивал 17-летний риск смерти от всех причин в 2,36 раза среди мужчин и в 2,68 раза — среди женщин. В женской части когорты курение как ФР оказывало влияние еще и на уровень смертности от ССЗ (ОР 3,44 (95 % ДИ 1,21; 9,81), $p = 0,003$) [10]. В сравнении с нашим исследованием в данной когорте был значительно более длительный проспективный период наблюдения (7 против 17 лет), с чем возможно связать различия вклада курения в финальные конечные точки.

По данным ВОЗ, низкая НФА вносит весомый вклад в смертность [13]. Среди жителей Самарской области за 7 лет проспективного наблюдения НФА статистически значимо увеличила вклад в развитие смертности от ССЗ в женской популяции. По данным исследования PURE (The Prospective Urban Rural Epidemiology), высокая физическая активность (более 3 000 MET х количество минут физической активности в неделю/более 750 минут активной физической нагрузки в неделю) ассоциируется с низким риском общей смертности и сердечно-сосудистых событий (ОР 0,86, $p < 0,001$) [14].

Артериальная гипертензия внесла значимый вклад в развитие фатальных исходов среди жителей Самарской области в течение 7 лет наблюдения. Данный ФР статистически значимо влиял на риск возникновения как общей смерти, так и от ССЗ среди мужчин и женщин. Проспективные данные исследования ЭССЕ-РФ показали увеличение риска смерти по мере роста уровней АД как у мужчин, так и у женщин, кроме мужчин 60–64 лет, у которых минимальный риск смерти приходился на группу лиц с АД 140–149/90–99 мм рт. ст. [5].

Избыточное потребление субпродуктов оказало влияние на развитие как общей смерти, так и от ССЗ за 7 лет наблюдения среди мужской популяции Самарской области. По данным крупного когортного исследования [18], в США с 1985 по 2002 год избыточное потребление переработанного красного мяса было ассоциировано с высоким риском развития смерти от ССЗ (ОР 1,74 (95 % ДИ 0,85; 2,63).

Избыточное потребление соли вносило значимый вклад в развитие смерти только от ССЗ как среди мужчин, так и среди женщин Самарской области за 7 лет наблюдения. В исследовании PURE оценка потребления соли проводилась по количеству экскреции солей натрия с мочой. Так, высокая экскреция натрия (более 7 г в сутки) была ассоциирована с высоким риском как общей смертности, так и фатальных и нефатальных сердечно-сосудистых событий [15].

Заключение

В данной статье впервые представлены результаты 7-летнего проспективного этапа исследования Интерэпид в Самарской области России.

Выживаемость к концу периода наблюдения среди мужчин была ниже, чем среди женщин. Более 40 % причин смерти составили ССЗ. Был выявлен значимый вклад в общую смертность таких ФР, как курение, АГ, избыточное потребление субпродуктов, потребление высокой жирности молока, кефира, йогурта среди мужчин и АГ и ожирение среди женщин. Вклад в смертность от ССЗ внесли курение, АГ, избыточное потребление соли, избыточное потребление субпродуктов среди мужчин и АГ, НФА и избыточное потребление соли среди женщин. Представленные результаты важны для планирования, реализации и оценки эффективности программ укрепления общественного здоровья.

Авторство

Концепция и дизайн — А. В. Концевая, А. К. Каширин, А. О. Мырзаматова; сбор и обработка материала — А. К. Каширин, М. Л. Сиротко, М. Б. Худяков, Д. К. Муканеева; статистическая обработка данных — А. О. Мырзаматова, М. Б. Худяков; написание текста — А. О. Мырзаматова; редактирование — А. В. Концевая, А. К. Каширин.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Мырзаматова Азалия Орозбековна — ORCID 0000-0001-8064-7215, SPIN 9306-1678

Каширин Александр Константинович — ORCID 0000-0002-5265-3180, SPIN 6649-3409

Концевая Анна Васильевна — ORCID 0000-0003-2062-1536, SPIN 6787-2500

Сиротко Майя Леонидовна — ORCID 0000-0002-4998-0279, SPIN 4992-4975

Муканеева Динара Камиловна — ORCID 0000-0003-2682-7914, SPIN 3050-1199

Худяков Михаил Борисович — ORCID 0000-0002-7869-2030, SPIN 8955-2020

Список литературы / References

1. Баланова Ю. А., Имаева А. Э., Концевая А. В. и др. Эпидемиологический мониторинг факторов риска хронических неинфекционных заболеваний в практическом здравоохранении на региональном уровне: методические рекомендации / под ред. С. А. Бойцова. М., 2016. 111 с.

Balanova Yu. A., Imaeva A. E., Kontsevaya A. V., et al. *Epidemiological monitoring of risk factors for chronic non-infectious diseases in practical health care at the regional level. Methodical recommendations*. Ed. by S. A. Boytsov. Moscow, 2016, 111 p. [In Russian]

2. ВОЗ. Сердечно-сосудистые заболевания. Борьба с сердечно-сосудистыми заболеваниями // URL: https://www.who.int/cardiovascular_diseases/ru/. (дата обращения: 11.06.2020).

WHO. Cardiovascular diseases. The fight against cardiovascular diseases. Available at: https://www.who.int/cardiovascular_diseases/ru/ (accessed: 11.06.2020).

3. Гамбарян М. Г., Дидковский Н. А., Калинина А. М., Деев А. Д. Факторы риска хронической обструктивной болезни легких, их взаимосвязь и прогностическая значимость // Пульмонология. 2006. № 3. С. 72–76.

Gambaryan M. G., Didkovsky N. A., Kalinina A. M., Deev A. D. Risk factors for chronic obstructive pulmonary disease, their relationship and prognostic value. *Pul'monologiya* [Pulmonology]. 2006, 3, pp. 72-76. [In Russian]

4. Киреева В. В., Орлова Г. М., Верлан Н. В., Бессонова Л. О., Лемешко Е. Х. Прогностическая роль факторов риска ишемической болезни сердца в разных этнических группах Прибайкалья // Сибирский медицинский журнал. 2009. № 7. С. 34–36.

Kireeva V. V., Orlova G. M., Verlan N. V., Bessonova L. O., Lemeshko E. Kh. Prognostic role of risk factors for coronary heart disease in different ethnic groups of the Baikal region. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal* [Siberian Medical Journal]. 2009, 7, pp. 34–36. [In Russian]

5. Концевая А. В., Шальнова С. А., Суворова Е. И. и др. Модель прогнозирования сердечно-сосудистых событий в Российской популяции: методологические аспекты // Кардиология. 2016. № 12. С. 54–62. doi: 10.18565/cardio.2016.12.54-62

Kontsevaya A. V., Shalnova S. A., Suvorova E. I. et al. Model for predicting cardiovascular events in the Russian population: methodological aspects. *Cardiologiya*. 2016, 12, pp. 54–62. doi: 10.18565/cardio.2016.12.54-62 [In Russian]

6. Концевая А. В., Мырзаматова А. О., Полунов А. Г. и др. Этнические особенности распространенности основных сердечно-сосудистых факторов риска среди жителей сельской местности в Российском регионе и регионах Кыргызстана и Казахстана // Российский кардиологический журнал. 2017. № 6. С. 113–121. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2017-6-113-121>

Kontsevaya A. V., Myrzamatova A. O., Polupanov A. G. et al. Ethnic characteristics of the prevalence of the main cardiovascular risk factors among rural residents in the Russian region and regions of Kyrgyzstan and Kazakhstan. *Russian Journal of Cardiology*. 2017, 6, pp. 113–121. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2017-6-113-121> [In Russian]

7. Концевая А. В., Мырзаматова А. О., Халматов А. Н. и др. Результаты 4-летнего проспективного наблюдения в исследовании Интерэпид: факторы, влияющие на заболеваемость и смертность популяции в сельских регионах России и Кыргызской Республики // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2018. Т. 17, № 2. С. 49–56. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2018-2-49-56>

Kontsevaya A. V., Myrzamatova A. O., Halmatov A. N. et al. Results of a 4-year prospective observation in the study Interepid: factors affecting the morbidity and mortality of the population in rural regions of Russia and the Kyrgyz Republic. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2018, 17 (2), pp. 49–56. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2018-2-49-56> [In Russian]

8. Концевая А. В., Мырзаматова А. О., Муканеева Д. К. и др. Экономический ущерб от основных хронических неинфекционных заболеваний в Российской Федерации в 2016 году // Профилактическая медицина. 2019. Т. 22, № 6. С. 18–23. doi: 10.17116/profmed20192206118

Kontsevaya A. V., Myrzamatova A. O., Mukaneeva D. K. et al. Economic damage from the main chronic non-communicable diseases in the Russian Federation in 2016. *Profilakticheskaya Meditsina* [Preventive Medicine]. 2019, 22 (6), pp. 18–23. doi: 10.17116/profmed20192206118 [In Russian]

9. Немцов А. В. Алкогольная история России: Новейший период. М.: Изд-во Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 320 с.

Nemtsov A. V. *Alcoholic History of Russia: The Newest Period*. Moscow, LIBROKOM Publ., 2009, 320 p. [In Russian]

10. Серякова В. А., Долгалева И. В., Образцов В. В., Цимбалюк И. В. Влияние отдельных поведенческих факторов риска (курение, потребление алкоголя) на формирование смертности в популяционной когорте взрослого населения 20–59 лет г. Томска (17-летнее проспективное исследование) // Бюллетень сибирской медицины. 2011. № 3. С. 162–167.

Seryakova V. A., Dolgalev I. V., Obraztsov V. V., Tsimbalyuk I. V. The influence of certain behavioral risk factors (smoking, alcohol consumption) on the formation of mortality in the population cohort of the adult population aged 20–59 years in Tomsk (17-year prospective study). *Bulletin of Siberian Meditsiny* [Bulletin of Siberian Medicine]. 2011, 3, pp. 162–167. [In Russian]

11. Anderson T. J., Saman D., Lipsky M., Nawal Lutfiyya M. A cross-sectional study on health differences between rural and non-rural U.S. counties using the County Health Rankings. *BMC Health Serv. Res.* 2015, 15, p. 441. <https://doi.org/10.1186/s12913-015-1053-3>

12. Global Health Observatory data repository. Mortality and global health estimates. 2012. Available at: <http://apps.who.int/gho/data/node.main.CODWORLD?lang=en>. (accessed: 11.06.2020)

13. Global recommendations on physical activity for health. Geneva: World Health Organization, 2010. Available at: http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_recommendations/en/. (accessed: 11.06.2020)

14. Lear S. A., Hu W., Rangarajan S. et al. The effect of physical activity on mortality and cardiovascular disease in 130 000 people from 17 high-income, middle-income, and low-income countries: the PURE study. *Lancet (London, England)*. Elsevier. 2017, 390 (10113), pp. 2643–2654. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)31634-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)31634-3)

15. O'Donnell M., Mente A., Rangarajan S. et al. Urinary sodium and potassium excretion, mortality, and cardiovascular events. *N. Engl. J. Med.* 2014, 371 (7), pp. 612–623. doi: 10.1056/NEJMoa1311889

16. Smyth A., Teo K., Rangarajan S. et al. Alcohol consumption and cardiovascular disease, cancer, injury, admission to hospital, and mortality: a prospective cohort study. *Lancet. Elsevier*. 2015, 386 (10007), pp. 1945–1954. doi: 10.1016/S0140-6736(15)00235-4

17. Yusuf S., Rangarajan S., Teo K. et al. Cardiovascular risk and events in 17 low-, middle-, and high-income countries. *N. Engl. J. Med.* 2014, 371 (9), pp. 818–827. doi: 10.1056/NEJMoa1311890

18. Zhong V., Van Horn L., Greenland P. et al. Associations of Processed Meat, Unprocessed Red Meat, Poultry, or Fish Intake With Incident Cardiovascular Disease and All-Cause Mortality. *JAMA Intern Med.* 2020, 180 (4), pp. 503–512. doi: 10.1001/jamainternmed.2019.6969

Контактная информация:

Мырзаматова Азалия Орозбековна — кандидат медицинских наук, научный сотрудник отдела укрепления общественного здоровья ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины Министерства здравоохранения Российской Федерации

Адрес: 101990, г. Москва, Петроверигский пер., 10, с. 3
E-mail: azaliya89@list.ru

ТИПОЛОГИЧЕСКАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ КОМПЕНСАТОРНО-ПРИСПОСОБИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ ОРГАНИЗМА ПРИ ЧЕЛНОЧНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ В УСЛОВИЯ АРКТИКИ

© 2021 г. ¹В. В. Колпаков, ¹Е. А. Томилова, ²Т. В. Беспалова, ¹Т. Н. Рыбцова

¹ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Тюмень;

²БУ ВО ХМАО – Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия», г. Ханты-Мансийск

Введение: Вопросы межсистемных взаимоотношений и эффективности компенсаторно-приспособительных механизмов в физиологии человека до настоящего времени остаются актуальными и во многом дискуссионными.

Цель: Дать комплексную оценку показателей внешнего дыхания, гемодинамики и крови у лиц мужского пола здоровой популяции при челночных меридиональных перемещениях на маршруте средние широты – Арктика с установлением эффективности и уравновешенности кислородтранспортных систем в обеспечении организма кислородом, выделением типологических особенностей межсистемной компенсации и разработкой критериев донозологической диагностики.

Методы: У двух групп работников геологоразведочных экспедиций (в каждой группе по 35 человек) в условиях средних широт (исходные данные) и после 2–2,5 года работы в Арктике проводились комплексные исследования деятельности функциональной системы (ФУС) обеспечения организма кислородом с установлением объемных и вентиляционных показателей легких, минутного потребления кислорода – $\dot{V}O_2$ (оксипиранограф «Мета 1-25М»), показателей гемодинамики и морфофункциональных особенностей крови. Дополнительно определяли параметры эффективности и уравновешенности каждой кислородтранспортной системы с расчетом интегрального показателя деятельности всей ФУС. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программы Statistics 26.0 с расчетом критериев Манна – Уитни и Краскела – Уоллиса.

Результаты: Установлены типологические особенности межсистемной адаптивной компенсации при производственной деятельности в условиях Арктики, которые характеризуют различную («долевую») выраженность функциональной активности внешнего дыхания («дыхательный тип» – ДТ) и сердечно-сосудистой системы («сердечный тип» – СТ) в обеспечении организма кислородом ($\dot{V}O_2$). По сравнению с исходными данными в группе ДТ отмечалось увеличение минутного объема дыхания – на 20,6 %, а в группе СТ минутного объема кровообращения – на 19,6 %. По данным средней концентрации гемоглобина межгрупповое различие было статистически незначимо (соответственно увеличение на 1,5 и 1,8 %).

Выводы: Типологическая вариабельность межсистемной адаптивной компенсации организма после 2–2,5 года производственной деятельности в условиях Арктики характеризуется более выраженным напряжением внешнего дыхания у лиц «дыхательного типа» и гемодинамики у лиц «сердечного типа», с повышением общей деятельности всей функциональной системы в каждой группе.

Ключевые слова: Арктика, вахта, типологическая вариабельность функции, межсистемная компенсация, донозологическая диагностика

COMPENSATORY AND ADAPTIVE BODY REACTIONS ON SHUTTLE TRAVEL FROM AND TO THE ARCTIC

¹V. V. Kolpakov, ¹E. A. Tomilova, ²T. V. Bepalova, ¹T. N. Rybtsova

¹Tyumen State Medical University, Tyumen;

²KHMAO YUGRA «Khanty-Mansiisk State Medical Academy, Khanty-Mansiisk, Russia

Introduction: Effectiveness of compensatory mechanisms in adapting to environmental conditions is an important area for research in the field of human physiology yielding controversial results

Aim: To study adaptation of respiratory and cardiovascular systems of men to shuttle travels between the Arctic and Central Russia.

Methods: Two groups of geologists each consisting of 35 individuals comprised the sample. The complex investigation of functional systems (FS) activity was performed in Central Russia and after 2 years of work in the Arctic Data on minute respiratory volume, hemodynamic parameters and, morphofunctional features of blood were studied.

Results: We observed two types of adaptation to unfavorable conditions of the North - the breathing type and the cardiovascular type of adaptation to provide adequate body supply with oxygen. In comparison with the reference values measured in Central Russia there was an increase in respiratory minute volume by 20.6 % in the breathing adaptation type group and by 19.6 % in the cardiovascular type adaptation group. Average concentration of hemoglobin increased by 1.50 and 1.85, but the difference was not significant.

Conclusions: Our findings suggest that adaptation to the harsh conditions of the Arctic may occur either via mainly respiratory or mainly cardiovascular mechanisms.

Key words: Arctic, shift work, typological variability of functions, pre-nosological diagnostics

Библиографическая ссылка:

Колпаков В. В., Томилова Е. А., Беспалова Т. В., Рыбцова Т. Н. Типологическая вариабельность компенсаторно-приспособительных реакций организма при челночных перемещениях в условия Арктики // Экология человека. 2021. № 12. С.

For citing:

Kolpakov V. V., Tomilova E. A., Bepalova T. V., Rybtsova T. N. Compensatory and Adaptive Body Reactions on Shuttle Travel from and to the Arctic. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 12, pp. 30–40.

Введение

К настоящему времени накоплен достаточно большой объем проведенных исследований, где показано, что климатические условия северных регионов по сравнению со средними широтами способствуют развитию в организме человека достаточно существенных физиологических перестроек. Данное направление всегда было приоритетным для отечественной науки и закреплено в целом ряде концепций и теорий, которые продолжают развиваться с учетом новых данных [1, 3, 5, 12, 13]. При этом, несмотря на совершенствование индивидуальных и коллективных форм защиты от неблагоприятных факторов окружающей среды, особенности природно-климатических условий Арктики предъявляют повышенные требования прежде всего к деятельности кислородтранспортных систем и кислородному режиму организма. Последнее во многом определяет у населения северного региона более высокий уровень дизрегуляторных расстройств и патологий со стороны внешнего дыхания, сердечно-сосудистой системы и системы крови по сравнению со среднеширотными данными [9].

Однако проблема определения «долевого участия» респираторного, циркуляторного и гематологического компонентов в ограничении адаптационного потенциала организма и возможности направленного прогноза формирования соответствующей патологии остается практически открытым. Это во многом связано с тем, что вопросы межсистемных взаимоотношений и эффективности компенсаторно-приспособительных механизмов с мультипараметрической оценкой по промежуточным и конечным результатам, а также разработка критериев направленной донологической диагностики являются недостаточно изученными и во многом дискуссионными. Как результат продолжают активно обсуждаться вопросы, касающиеся физиологических стандартов и принципов гомеостатического регулирования функций организма в условиях северных регионов [11, 22].

В связи с этим рассмотрение эффектов совместной деятельности внешнего дыхания, сердечно-сосудистой системы и крови в исходном состоянии, а также в координатах «недостаточность функции — компенсация функции» как реальной основы физиологической метрологии живого организма в оценке индивидуального здоровья при действии неблагоприятных факторов окружающей среды является актуальным и требует более активного проведения фундаментальных и клинических исследований. Особое значение это приобретает при клинко-физиологической оценке трудовой деятельности в циркумполярных условиях, и прежде всего при вахтовой организации труда, а также у военнослужащих с учетом геостратегических интересов и выстраивании новой системы обеспечения безопасности страны в Арктическом регионе [2, 6, 7, 14, 20, 21].

Цель работы — дать комплексную оценку показателей внешнего дыхания, гемодинамики и крови у лиц мужского пола здоровой популяции при челночных меридиональных перемещениях на маршруте средние широты — Арктика с установлением эффективности и уравниваемости кислородтранспортных систем в обеспечении организма кислородом, выделением типологических особенностей межсистемной компенсации и разработкой критериев донологической диагностики.

Методологической основой проводимого исследования является общая теория функциональных систем [4, 18, 19].

Методы

Согласно положениям Хельсинкской декларации экспериментальное исследование проводилось в двух группах мужчин первого зрелого возраста — работников геологоразведочных экспедиций (в каждой группе по 35 человек). Форма организации труда — вахта второго типа с меридиональными перемещениями из климатической зоны г. Тюмени (57°07' с. ш., постоянное место жительства) на п-ов Ямал (71°11' с. ш., место производственной деятельности) [21].

Был разработан дизайн исследования, включающий три этапа. На первом этапе все испытуемые (85 лиц мужского пола 25–35 лет) при поступлении на работу проходили углубленное общеклиническое обследование с определением исходных данных внешнего дыхания, гемодинамики и крови, а также установлением общих закономерностей и индивидуальных особенностей в системной организации обеспечения организма кислородом в условиях средних широт (г. Тюмень). На втором этапе проводились аналогичные исследования у тех же лиц на сертифицированной аппаратуре в условиях непосредственной производственной деятельности (п-ов Ямал) во все сезоны года. На заключительном этапе с учетом цели и задач исследования проводился сравнительный анализ исходных данных (средние широты) с данными, полученными «в полевых условиях» у вахтового контингента со стажем работы от 2 до 2,5 года (в среднем 20–23 челночных перемещения).

Для установления объемных параметров и вентиляционных показателей легких (частота дыхательных движений — ЧДД, дыхательный объем — ДО, минутный объем дыхания — МОД) применялась спирография с определением минутного потребления кислорода (использовался оксиспирограф «Мета 1-25М»). Показатели легочной вентиляции и объема потребления кислорода (VO_2) приводились в соответствии с данными барометрического давления, температуры и влажности воздуха к стандартным условиям [7].

Для определения морфофункциональных особенностей крови регистрировались следующие показатели:

количество эритроцитов (Эр) в 1 мкл крови, содержание гемоглобина (Hb), цветной показатель (ЦП), гематокрит (Ht) и средняя концентрация гемоглобина в одном эритроците (СКГ) [15].

Для оценки состояния кровообращения определялась частота сердечных сокращений (ЧСС), систолическое (САД) и диастолическое (ДАД) артериальное давление осциллографическим методом по Короткову, пульсовое давление (ПД = САД – ДАД), ударный объем (УО по методу Старра – Акуэль) и минутный объем кровообращения (МОК = УО × ЧСС) [10].

Дополнительно на основе системно-количественного подхода и комплексной оценки деятельности функциональной системы (ФУС) обеспечения организма O_2 определяли показатели эффективности каждой из кислородтранспортных систем – МОК/ O_2 , МОД/ O_2 , СКГ/ O_2 , уравновешенность работы эффекторов – ЧСС/ЧДД, МОК/МОД, УО/ЧСС, ДО/ЧДД, СКГ/МОД, СКГ/МОК, интегральный показатель эффективности всей ФУС – ИПЭ = МОК × МОД × СКГ/ O_2 [8, 18, 19].

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программы Statistics 26.0 с расчетом параметрического t-критерия Стьюдента при сравнении средних значений независимых выборок и непараметрических критериев (U-критерий Манна – Уитни, H-критерий Краскела – Уоллиса) для выявления различий в уровне и распределении изучаемых показателей. Для измерения силы между двумя переменными вычислялся коэффициент корреляции по Пирсону и Спирмену. При сравнении средних данных, а также проверке статистических гипотез критический уровень значимости (p) в работе принимался 0,05.

Результаты

На первом этапе были изучены показатели внешнего дыхания, сердечно-сосудистой системы и крови у практически здоровых лиц 25–35 лет в условиях средних широт (исходные данные) с оценкой их типологической вариабельности в достижении конечного результата деятельности – эффективности обеспечения организма кислородом (табл. 1, 2).

Из всей популяции обследуемых были выделены две группы лиц по соотношению пульса к частоте дыхания (ЧСС/ЧДД), которое характеризует уровень вегетативной интеграции между сердечно-сосудистой системой и внешним дыханием [19]. С этой целью использовался соответствующий подход с выделением «группового профиля» или «усредненного портрета» [17]. Так, в первую группу были включены лица, чьи значения превышали среднюю величину не менее чем на 1,4 стандартного отклонения ($M + 0,25 \sigma$), что составило 35 человек, или 41,1 % от общего количества обследованных. Во второй группе были представлены только те индивидуумы, чьи значения были более чем на 1,4 ниже средней

величины стандартного отклонения ($M - 0,25 \sigma$), что составило также 35 человек, или 41,1 % от общего количества обследованных. Оставшееся количество составило 15 человек (17,8 %), показатели которых оказались в зоне средних величин ($M \pm 0,25 \sigma$) и которые были исключены из дальнейшего обследования.

Анализ результатов проведенного исследования установил, что в первой группе показатель ЧСС/ЧДД ($M \pm \sigma$) составил ($4,25 \pm 0,184$) усл. ед., а во второй ($4,93 \pm 0,191$) усл. ед. При этом межгрупповые различия по данному параметру были статистически значимы ($p < 0,001$). Дополнительно для установления различия по уровню ЧСС/ЧДД между двумя выборками было проведено их сопоставление с учетом U-критерия Манна – Уитни. Результаты проведенных расчетов показали преобладание высоких значений средних рангов и суммы рангов в первой группе лиц по сравнению со второй группой: Mean Rank соответственно 43,3 и 27,7; Sum of Ranks 1 515,5 и 969,5. Как следствие, эмпирическое значение U-критерия (Mann-Whitney U) и p-уровень значимости (Asymp. Sig.) в серии сравнения был равен 339,5 с достоверностью 0,001, что подтверждает наличие неслучайных межгрупповых различий по уровню ЧСС/ЧДД.

Кроме того, дополнительно был определен уровень отличий по исходным показателям – ЧСС и ЧДД (табл. 1). Анализ полученных данных также показал статистически значимое различие между указанными группами (соответственно по ЧСС $69,02 \pm 2,13$ и $73,97 \pm 2,21$; $p < 0,001$; по ЧДД $16,28 \pm 1,15$ и $14,77 \pm 0,96$; $p < 0,001$). При этом известно, что если при сопоставлении базовых показателей в предлагаемых выборках последние будут статистически значимо различаться, то это может быть основой для построения классификации и типологии испытуемых [17, 23–25]. В связи с этим установление статистически значимого различия распределения соответствующих признаков определило выделение типологий испытуемых, в частности «дыхательного типа» (ДТ₁) и «сердечного типа» (СТ₁).

Последнее было подтверждено при комплексной (системно-количественной) оценке показателей дыхания, гемодинамики и крови ФУС обеспечения организма кислородом. Так, уже на уровне первичных показателей и их производных были выявлены статистически значимые межгрупповые различия практически по всем показателям, исключение составило содержание гемоглобина ($p < 0,104$). При этом если в первой группе в сравнительном аспекте отмечалось преимущественное увеличение показателей внешнего дыхания, то во второй – со стороны сердечно-сосудистой системы. При этом показатели красной крови по уровню статистической значимости как в первой, так и во второй группе занимали промежуточное положение (см. табл. 1).

Таблица 1

Индивидуально-типологические особенности первичных показателей и их производных функциональной системы обеспечения организма кислородом мужчин 25–35 лет здоровой популяции в условиях средних широт

Показатель	Статистическая характеристика	Группа		Уровень значимости различия $DT_1 - CT_1$
		Первая дыхательный тип – DT_1 (n = 35)	Вторая сердечный тип – CT_1 (n = 35)	
ЧДД, в 1 мин	$M \pm \sigma$	$16,28 \pm 1,15$	$14,77 \pm 0,96$	0,001
	MR	46,89	24,11	
ДО, мл	$M \pm \sigma$	$738,28 \pm 49,43$	$663,14 \pm 51,02$	0,001
	MR	47,79	23,21	
МОД, л	$M \pm \sigma$	$11,97 \pm 0,39$	$9,76 \pm 0,63$	0,001
	MR	53,0	18,0	
ЧСС, уд. мин.	$M \pm \sigma$	$69,02 \pm 2,13$	$73,97 \pm 2,21$	0,001
	MR	20,30	50,70	
САД, мм рт. ст.	$M \pm \sigma$	$115,68 \pm 3,76$	$118,11 \pm 2,79$	0,005
	MR	28,70	42,30	
ДАД, мм рт. ст.	$M \pm \sigma$	$72,51 \pm 3,47$	$76,88 \pm 3,54$	0,005
	MR	25,03	45,97	
ПД, мм рт. ст.	$M \pm \sigma$	$43,17 \pm 1,15$	$41,23 \pm 1,11$	0,001
	MR	48,67	22,33	
УО, мл	$M \pm \sigma$	$65,2 \pm 3,19$	$64,25 \pm 3,81$	0,039
	MR	40,51	30,49	
МОК, л	$M \pm \sigma$	$4,49 \pm 0,11$	$4,74 \pm 0,15$	0,001
	MR	22,96	48,04	
Эритроциты, млн/мкл	$M \pm \sigma$	$4,52 \pm 0,19$	$4,64 \pm 0,19$	0,014
	MR	29,50	41,50	
ЦП, усл. ед.	$M \pm \sigma$	$0,93 \pm 0,03$	$0,92 \pm 0,02$	0,006
	MR	42,44	28,56	
Гемоглобин, г/л	$M \pm \sigma$	$140,9 \pm 2,38$	$142,1 \pm 2,74$	0,104
	MR	31,54	39,46	
СКГ, усл. ед.	$M \pm \sigma$	$3,26 \pm 0,04$	$3,23 \pm 0,07$	0,028
	MR	40,86	30,14	
VO_2 , мл в 1 мин.	$M \pm \sigma$	$316,5 \pm 15,68$	$308,4 \pm 13,61$	0,031
	MR	40,74	30,26	

Примечание. В табл. 1–4 MR – средний ранг межгруппового сравнения каждого показателя.

В связи с этим полученные данные явились основой для последующего определения эффективности и уравновешенности кислородтранспортных систем в достижении общего приспособительного результата деятельности – обеспечении организма кислородом в условиях средних широт (табл. 2).

Необходимо отметить, что уже в состоянии относительного покоя в оценке эффективности отдельных параметров ФУС обеспечения организмом O_2 были установлены статистически значимые различия по всем показателям. В частности, у лиц второй группы (CT_1) по сравнению с первой (DT_1) выявлены более высокий уровень соотношений МОК/ O_2 , МОК/МОД, ЧСС/ЧДД и более низкий УО/ЧСС, что может говорить о более высокой активации сердечно-сосудистой системы по сравнению с внешним дыханием в обеспечении организма кислородом. Так, по одному из основных показателей (МОК/ O_2) было установлено

увеличение на 8,3 % (соответственно $15,37 \pm 0,98$ и $14,19 \pm 0,97$; $p < 0,001$).

Таблица 2

Показатели эффективности и уравновешенности функциональной системы обеспечения организма кислородом мужчин 25–35 лет здоровой популяции в условиях средних широт, усл. ед.

Показатель	Статистическая характеристика	Группа		Уровень значимости различия $DT_1 - CT_1$
		Первая дыхательный тип – DT_1 (n = 35)	Вторая сердечный тип – CT_1 (n = 35)	
МОК/ O_2	$M \pm \sigma$	$14,19 \pm 0,97$	$15,37 \pm 0,98$	0,001
	MR	25,94	45,06	
МОД/ O_2	$M \pm \sigma$	$37,82 \pm 2,09$	$31,64 \pm 2,65$	0,001
	MR	52,43	18,57	
СКГ/ O_2	$M \pm \sigma$	$10,31 \pm 0,51$	$10,47 \pm 0,52$	0,211
	MR	32,46	38,54	
МОК/МОД	$M \pm \sigma$	$0,375 \pm 0,017$	$0,486 \pm 0,031$	0,001
	MR	18,0	53,1	
УО/ЧСС	$M \pm \sigma$	$0,944 \pm 0,74$	$0,868 \pm 0,72$	0,001
	MR	45,79	25,21	
ДО/ЧДД	$M \pm \sigma$	$45,35 \pm 5,92$	$44,89 \pm 6,18$	0,375
	MR	37,66	33,34	
МОД/СКГ	$M \pm \sigma$	$3,66 \pm 0,13$	$3,02 \pm 0,22$	0,001
	MR	52,94	18,06	
МОК/СКГ	$M \pm \sigma$	$1,37 \pm 0,042$	$1,47 \pm 0,051$	0,001
	MR	21,94	49,03	
ИПЭ	$M \pm \sigma$	$553,6 \pm 38,53$	$484,5 \pm 48,17$	0,001
	MR	49,03	21,97	

Подтверждением этого является обратная закономерность у лиц первой группы с определением статистически значимых различий по показателям МОД/ O_2 , МОК/МОД и ЧСС/ЧДД, которые характеризуют более выраженную активацию у них внешнего дыхания. В частности, по одному из ключевых показателей (МОД/ O_2) отмечено увеличение на 19,5 % (соответственно $37,81 \pm 2,09$ и $31,64 \pm 2,65$; $p < 0,001$). Это играет достаточно существенную роль как в оценке исходных данных, так и в прогнозе формирования функциональной активности сердечной деятельности и внешнего дыхания при воздействии неблагоприятных факторов окружающей среды.

Также необходимым условием достоверного представления оптимальности функционирования ФУС обеспечения организма O_2 является установление значений синтетического критерия напряжения всей совокупности эффекторов – интегрального показателя эффективности системы (ИПЭ). В целом ИПЭ выражает отношение общих энергозатрат взаимодействующих эффекторов к величине достигнутого (ценой этих энергозатрат) полезного приспособительного результата ($ИПЭ = МОС \times МОД \times СКГ/O_2$). В наших исследованиях данный показатель в первой группе составил ($553,6 \pm 38,53$), а во второй ($484,5 \pm 48,17$) усл. ед.

Таблица 3

Индивидуально-типологические особенности первичных показателей и их производных функциональной системы обеспечения организма кислородом у вахтовиков со стажем работы 2–2,5 года

Показатель	Статистическая характеристика	Группа		Уровень значимости различия $DT_1 - CT_1$
		Первая дыхательный тип – DT_1 (n = 35)	Вторая сердечный тип – CT_1 (n = 35)	
ЧДД, в мин	$M \pm \sigma$	$17,77 \pm 1,29^*$	$15,91 \pm 1,01^{**}$	0,001
	MR	46,63	24,37	
ДО, мл	$M \pm \sigma$	$815,28 \pm 49,43^*$	$713,14 \pm 51,02^{**}$	0,001
	MR	50,66	20,34	
МОД, л	$M \pm \sigma$	$14,44 \pm 0,53^*$	$11,31 \pm 0,68^{**}$	0,001
	MR	53,0	18,0	
ЧСС, уд. мин.	$M \pm \sigma$	$73,03 \pm 2,13^*$	$80,95 \pm 2,21^{**}$	0,001
	MR	18,37	52,63	
САД, мм рт. ст.	$M \pm \sigma$	$118,18 \pm 3,76^*$	$123,81 \pm 2,79^{**}$	0,001
	MR	21,90	49,06	
ДАД, мм рт. ст.	$M \pm \sigma$	$75,81 \pm 3,47^*$	$83,71 \pm 3,54^{**}$	0,001
	MR	20,09	50,91	
ПД, мм рт. ст.	$M \pm \sigma$	$42,37 \pm 1,15$	$40,11 \pm 1,12^{**}$	0,001
	MR	50,69	20,31	
УО, мл	$M \pm \sigma$	$68,65 \pm 3,25^*$	$70,15 \pm 3,82^{**}$	0,081
	MR	32,31	38,69	
МОК, л	$M \pm \sigma$	$5,01 \pm 0,12^*$	$5,67 \pm 0,23^{**}$	0,001
	MR	18,26	52,74	
Эритроциты, млн/мкл	$M \pm \sigma$	$4,73 \pm 0,19^*$	$4,84 \pm 0,19^{**}$	0,029
	MR	30,20	40,80	
ЦП, усл. ед.	$M \pm \sigma$	$0,91 \pm 0,02^*$	$0,89 \pm 0,02^{**}$	0,052
	MR	40,23	30,77	
Гемоглобин, г/л	$M \pm \sigma$	$143,18 \pm 2,38^*$	$144,8 \pm 2,74^{**}$	0,019
	MR	29,80	41,20	
СКГ, усл. ед.	$M \pm \sigma$	$3,31 \pm 0,04^*$	$3,29 \pm 0,07^{**}$	0,134
	MR	39,14	31,86	
VO_2 , мл в мин	$M \pm \sigma$	$334,1 \pm 14,7$	$328,4 \pm 12,5^{**}$	0,132
	MR	39,08	31,82	

Примечание. * – статистически значимое различие с исходными данными (средние широты) у лиц первой группы; ** – статистически значимое различие с исходными данными (средние широты) у лиц второй группы.

Таким образом, согласно цели и задачам настоящего исследования полученные данные могут быть, с одной стороны, нормативными показателями для мужчин 25–35 лет в условиях средних широт, а с другой – отправной базой для более глубокой оценки долевого участия каждого звена в обеспечении организма O_2 и выявления функциональной

направленности компенсации при производственной деятельности в условиях северного региона (табл. 3).

С учетом разработанного алгоритма исследования на втором этапе были получены первичные показатели и их производные ФУС обеспечения организма O_2 у мужчин этих же групп после 2–2,5 года работы в условиях Арктики при экспедиционно-вахтовой организации труда (см. табл. 3).

При сравнении полученных показателей с исходными данными прежде всего необходимо отметить два основополагающих момента. Первый определен наличием статистически значимого различия практически по всем показателям как в первой, так и во второй группе с исходными данными. Вторым моментом связан с сохранением типологической направленности в формировании компенсаторно-приспособительных реакций у лиц каждой группы после 2–2,5 года работы в условиях Арктики. Так, анализ результатов проведенного исследования установил, что в первой группе показатель ЧСС/ЧДД составил $(4,11 \pm 0,21)$ усл. ед, а во второй $(5,09 \pm 0,29)$ усл. ед. При этом межгрупповые различия по данному параметру были статистически значимы ($p < 0,001$). Сопоставление различия по уровню ЧСС/ЧДД между двумя выборками с учетом U-критерия Манна – Уитни также подтвердило это отличие: Mean Rank соответственно 18,0 и 53,0; Sum of Ranks 630,0 и 1 855, p-уровень значимости (Asymp. Sig.) с достоверностью 0,001, что подтверждает наличие неслучайных межгрупповых различий по уровню ЧСС/ЧДД.

Дополнительно необходимо отметить еще одну особенность – межгрупповую разнонаправленность изменения соотношения ЧСС/ЧДД у вахтовиков после 2–2,5 года работы в условиях северного региона. Так, если по сравнению с исходными данными в первой группе отмечалось статистически значимое уменьшение данного показателя (соответственно $4,25 \pm 0,184$ и $4,11 \pm 0,21$; $p < 0,001$), то во второй группе – увеличение (соответственно $4,93 \pm 0,191$ и $5,09 \pm 0,29$; $p < 0,001$). Последнее уже на данном этапе анализа полученных результатов подтверждает типологическую направленность компенсаторно-приспособительных реакций организма при адаптации к специфическим условиям экспедиционно-вахтовой организации труда в условиях Арктики. Также подтверждением вышеизложенного явился различный уровень отличий от исходных показателей по частоте сердечных сокращений и частоте дыхания в минуту в каждой группе. Если в первой группе увеличение преимущественно шло по ЧДД (соответственно на 9,15 и 7,7 %), то во второй группе – по ЧСС (соответственно на 5,8 и 9,5 %).

Таким образом, анализ полученных результатов показывает, что по данному признаку (ЧСС/ЧДД) сохраняется достаточно высокий уровень вариабельности вегетативной интеграции дыхательного и сердечного компонентов в общей деятельности организма в обеспечении его кислородом как в условиях относительно благоприятной среды обитания

(средние широты), так и при экспедиционно-вахтовой организации труда в условиях Арктики. В связи с этим установление статистически значимого различия распределения данного признака еще раз подтвердило необходимость выделения типологий испытуемых, в частности «дыхательного» и «сердечного» типов среди лиц здоровой популяции при напряженной трудовой деятельности в условиях северного региона, и разработки соответствующих профилактических мероприятий. Последнее было подтверждено при комплексной (системно-количественной) оценке показателей дыхания, гемодинамики и крови функциональной системы обеспечения организма кислородом у вахтовиков со стажем работы 2–2,5 года.

Так, уже на уровне других первичных показателей и их производных ФУС были установлены статистически значимые межгрупповые различия практически по всем показателям, исключение составили ударный объем ($p < 0,081$), среднее содержание гемоглобина ($p < 0,134$) и цветной показатель ($p < 0,056$). При этом, если в первой группе отмечалось преимущественное увеличение показателей внешнего дыхания, то во второй — со стороны сердечно-сосудистой системы. В частности, по сравнению с исходными данными в первой группе (DT_1) отмечалось более высокое увеличение МОД — на 20,6 % (в CT_1 на 15,9 %), а во второй МОК — на 19,6 % (в DT_1 на 11,5 %). По данным средней концентрации гемоглобина увеличение по каждой группе было практически однозначным, соответственно на 1,5 и 1,8 % (см. табл. 3).

Таким образом, при однонаправленном включении компенсаторно-приспособительной реакции у вахтовиков обеих групп (DT_2 и CT_2) со стороны кислородтранспортных систем в обеспечении организма O_2 установлено неодинаковое «долевое участие» респираторного, циркуляторного и гематологического компонентов в формировании адаптационного потенциала организма к специфическим условиям производственной деятельности вахтовиков.

В связи с этим для более полного определения эффективности и уравновешенности кислородтранспортных систем в достижении общего приспособительного результата деятельности был произведен системно-количественный анализ полученных данных у работников геологоразведочных экспедиций со стажем работы 2–2,5 года каждой из вышеуказанных групп. При этом выявлены статистически значимые различия по всем показателям. В частности, у лиц второй группы (CT_2) по сравнению с первой (DT_2) установлены более высокий уровень соотношений МОК/ O_2 , МОК/МОД, ЧСС/ЧДД и более низкий УО/ЧСС, что говорит о более высокой активации сердечно-сосудистой системы в общем обеспечении организма кислородом. Подтверждением этого является обратная закономерность у лиц первой группы (DT_2) с определением статистически значимых различий по показателям МОД/ O_2 , МОК/МОД и ЧСС/ЧДД, которые характеризуют более выраженную

Таблица 4

Показатели эффективности и уравновешенности функциональной системы обеспечения организма кислородом у вахтовиков со стажем работы 2–2,5 года, усл. ед.

Показатель	Статистическая характеристика	Группа		Уровень значимости различия $DT_1 - CT_1$
		Первая дыхательный тип — DT_1 (n = 35)	Вторая сердечный тип — CT_1 (n = 35)	
МОК/ O_2	$M \pm \sigma$	$15,03 \pm 0,97^*$	$17,31 \pm 1,18^{**}$	0,001
	MR	20,71	50,29	
МОД/ O_2	$M \pm \sigma$	$43,29 \pm 2,26^*$	$34,51 \pm 2,69^{**}$	0,001
	MR	53,00	18,00	
СКГ/ O_2	$M \pm \sigma$	$9,94 \pm 0,47^*$	$10,04 \pm 0,48^{**}$	0,414
	MR	33,51	37,49	
МОК/МОД	$M \pm \sigma$	$0,347 \pm 0,02^*$	$0,503 \pm 0,01^{**}$	0,001
	MR	18,0	53,0	
УО/ЧСС	$M \pm \sigma$	$0,942 \pm 0,07$	$0,868 \pm 0,06$	0,001
	MR	45,03	25,97	
ДО/ЧДД	$M \pm \sigma$	$46,27 \pm 5,79$	$45,16 \pm 5,71$	0,423
	MR	45,03	39,97	
МОД/СКГ	$M \pm \sigma$	$4,36 \pm 0,16^*$	$3,44 \pm 0,24^{**}$	0,001
	MR	53,00	18,00	
МОК/СКГ	$M \pm \sigma$	$1,51 \pm 0,04^*$	$1,72 \pm 0,01^{**}$	0,001
	MR	18,66	52,34	
ИПЭ	$M \pm \sigma$	$718,95 \pm 48,29^*$	$645,21 \pm 66,68^{**}$	0,001
	MR	46,20	24,80	

активацию у них внешнего дыхания. Это играет достаточно существенную роль в прогностической оценке функциональной активности сердечной деятельности и внешнего дыхания у вахтового контингента при производственной деятельности в условиях Арктики.

Также необходимым условием достоверного представления деятельности ФУС обеспечения организма O_2 является установление значений синтетического критерия напряжения всей совокупности эффекторов — ИПЭ. В наших исследованиях данный показатель в первой группе составил ($595,45 \pm 36,35$), а во второй — ($549,44 \pm 54,72$) усл. ед.

Таким образом, полученные данные настоящего исследования, с одной стороны, расширяют наши представления о физиологической норме лиц здоровой популяции, в частности мужчин 25–35 лет, а с другой — могут являться отправной базой для более глубокой оценки вариативности механизмов в обеспечении организма O_2 и функциональной направленности компенсаторно-приспособительных реакций организма при воздействии неблагоприятных факторов окружающей среды (табл. 4).

Обсуждение результатов

Проблема физиологической нормы и гомеостатического регулирования функций организма в эко-

логии человека, как и медицине в целом, остается актуальной до настоящего времени. С учетом в целом вариабельности различных гомеостатических показателей у лиц здоровой популяции их оценка в понимании нормы в большинстве случаев представляется как среднестатистический показатель. Вместе с тем в научной литературе все большее признание вызывает утверждение, что абсолютизация среднестатистических норм неизбежно порождает шаблоны как физиологического, так и клинического мышления. Это становится все более актуальным при практической реализации концептуальных вопросов персонифицированной медицины и обоснования принципов гомеостатического регулирования различных функций организма в условиях северного региона. Также до настоящего времени в экологии человека остается проблема адекватного подбора необходимых групп для проведения сравнительного анализа при воздействии различных факторов окружающей среды. Установлено, что одинаковый возраст, пол и условия проживания (по этнической принадлежности) не гарантируют подбора физиологически однородных групп [11, 22]. Отсюда поиск новых путей при наличии имеющихся подходов к решению данной проблемы в полной мере оправдан и потребовал проведения соответствующего исследования.

В связи с этим вполне логичным для изучения вариабельности формирования компенсаторно-приспособительных реакций к непосредственному воздействию экологических факторов северного региона явился выбор модели трудовой деятельности с челночными перемещениями из средних широт в условия Арктики. При этом необходимо отметить, что при данной модели – вахты второго типа с меридиональными перемещениями г. Тюмень (57°07' с. ш.) – п-ов Ямал (71°11' с. ш.) исключается дополнительное воздействие смены часовых поясов, что является характерным для широтных перелетов и приводит к дополнительной нагрузке на организм человека [14].

Кроме того, для выделения экспериментальных групп и на этой основе установления типовой направленности формирования компенсаторно-приспособительных реакций у лиц здоровой популяции был выбран адекватный метод идентификации «группового профиля» или «усредненного портрета» по показателю вегетативной интеграции сердечно-сосудистой системы и внешнего дыхания (ПВИ = ЧСС/ЧДД), что, по нашему мнению, является с физиологической точки зрения во многом определяющим. Известно, что даже у лиц здоровой популяции абсолютные значения ведущих вегетативных показателей (ЧСС, ЧДД) могут иметь существенные различия уже в состоянии относительного покоя. При этом сила корреляции между ними изменяется в гораздо меньшей степени и соответствует общему значению их интеграции, характерной для каждого индивидуума. В специально проведенных исследованиях было показано, что уровень их взаимосвязи объективно отражает реакцию

организма как в состоянии относительного покоя, так и в состоянии напряжения, что в целом может характеризовать индивидуально-типологические особенности вегетативной интеграции дыхательного и сердечного компонентов общей деятельности организма в обеспечении O_2 [18, 19].

В связи с этим согласно цели настоящего исследования также вполне правомочным на первом этапе было подтвердить выделение двух экспериментальных групп по вышеуказанному показателю из всей популяции здоровых лиц, проживающих в относительно комфортных условиях средних широт. Анализ результатов проведенного исследования установил межгрупповое различие по данному параметру, которое было статистически значимым ($p < 0,001$). Кроме того, дополнительно был определен уровень отличий по исходным показателям – ЧСС и ЧДД, который также показал их статистически значимое различие между указанными группами. По мнению большинства исследователей, выявление различий в уровне показателя может рассматриваться как объективная основа, позволяющая сформулировать гипотезу для дальнейших исследований [17, 23–25].

Таким образом, анализ полученных данных показал, что по данному признаку (ЧСС/ЧДД) существует высокий уровень наличия субпопуляций в общей выборке обследуемых. В связи с этим установление статистически значимого межгруппового различия соответствующего признака стал основой для выделения типологий испытуемых, в частности «дыхательного типа» (ДТ₁) и «сердечного типа» (СТ₁).

Для подтверждения данной концепции и за ее методическую основу была принята теория функциональных систем [4, 18, 19], основным постулатом которой является положение о том, что ведущим системообразующим фактором служит полезный для организма и системы в целом приспособительный результат. При этом абсолютное значение отдельного физиологического показателя приобретает достоверную системно-физиологическую информативность только в соотношении с другими физиологическими показателями конкретной функциональной системы (ФУС), в частности функциональной системы обеспечения организма кислородом. Для данной ФУС много-связного (мультипараметрического) регулирования характерен соответствующий принцип саморегуляции – отклонение от оптимального уровня конечного результата (потребление кислорода – VO_2) под влиянием факторов окружающей среды есть стимул к направленному перераспределению регулируемых параметров подсистем (внешнего дыхания, сердечно-сосудистой системы, крови). При этом учитывается, что в соотношении значений выбранных физиологических показателей выражается конфигурация более высокого уровня функционального состояния организма – организма как единого целого, его «вегетативный портрет» [8, 19].

Последнее было подтверждено при комплексной (системно-количественной) оценке показателей дыха-

ния, гемодинамики и крови функциональной системы обеспечения организма кислородом у лиц здоровой популяции, мужчин 25–35 лет в условиях средних широт. Так, уже на уровне не только первичных показателей, но и их производных ($МОД/O_2$, $МОК/O_2$, $СКГ/O_2$) были выявлены статистически значимые межгрупповые различия по всем показателям. При этом если в первой группе ($ДТ_1$) в сравнительном аспекте отмечалось преимущественное увеличение показателей внешнего дыхания, в частности по основному показателю $МОК/O_2$ на 19,5 %, то во второй ($СТ_1$) — со стороны сердечно-сосудистой системы, соотношение $МОК/O_2$ повышалось на 8,3 %. Параметры красной крови по уровню статистической значимости как в первой, так и во второй группе занимали промежуточное положение.

Таким образом, полученные данные позволяют дополнительно оценить коэффициент полезного действия (КПД) каждого эффектора, обеспечивающего газовый обмен в организме уже в состоянии относительного покоя у лиц здоровой популяции в конкретных условиях окружающей среды, в частности в условиях средних широт. Это не только может служить существенным показателем типологической характеристики гомеостатического регулирования кислородтранспортной функции организма в норме, но и быть основой для прогноза соответствующей адаптивной направленности компенсаторно-приспособительных реакций в координатах «недостаточность функции — компенсация функции» при воздействии климатических факторов северного региона.

В настоящее время является общепризнанным, что комплекс экологических факторов того или иного региона, воздействуя на организм человека, ведет к последовательным (по стадиям) изменениям в регуляторных и гомеостатических системах, которые непосредственно могут предшествовать возникновению патологии и определять ее характер и специфику. При этом уровень напряженности физиологических функций, мощность ответных реакций и время, затрачиваемое на прохождение отдельных фаз, в определенной мере эквивалентно «физиологической стоимости» или «цене адаптационного процесса» [1, 12].

В связи с этим для оценки устоявшихся компенсаторно-приспособительных реакций организма вахтовиков и проведения сравнительного анализа с исходными данными, с нашей точки зрения, вполне обоснованным является выбранный стаж работы в условиях Арктики 2–2,5 года. По данным большинства исследователей, вышеуказанные сроки соответствуют окончанию первой фазы — фазы адаптивного напряжения и проявления устоявшихся морфофункциональных приспособлений в организме к условиям северного региона [1, 2, 12, 21].

Отсюда с учетом поставленной цели и разработанного алгоритма исследования на втором этапе были получены первичные показатели и их производные ФУС обеспечения организма O_2 у мужчин этих же групп ($ДТ_1$ и $СТ_1$), но уже после 2–2,5 года работы

в условиях Арктики при экспедиционно-вахтовой организации труда (соответственно $ДТ_2$ и $СТ_2$).

При сравнении у вахтового контингента показателей с исходными данными были определены статистически значимые различия по всем показателям. При этом необходимо констатировать, что эти изменения были напрямую связаны с сохранением типологической направленности в формировании компенсаторно-приспособительных реакций у лиц каждой группы после 2–2,5 года работы в условиях Арктики. Так, анализ результатов проведенного исследования позволил прежде всего установить статистически значимые межгрупповые различия по типовому признаку ЧСС/ЧДД ($p < 0,001$). Сопоставление по данному параметру между двумя выборками с учетом U-критерия Манна — Уитни также подтвердило это отличие.

Дополнительно была выявлена межгрупповая разнонаправленность изменения соотношения ЧСС/ЧДД у вахтовиков после 2–2,5 года работы в условиях северного региона. Если по сравнению с исходными данными в группе $ДТ_2$ отмечалось статистически значимое уменьшение данного показателя, то в группе $СТ_2$ — увеличение. Последнее уже на данном этапе анализа полученных результатов подтверждает типологическую направленность компенсаторно-приспособительных реакций организма при адаптации к специфическим условиям экспедиционно-вахтовой организации труда в условиях Арктики. Также подтверждением вышеизложенного явился различный уровень отличий от исходных показателей по ЧСС и частоте дыхания в минуту в каждой группе. Если в первой группе увеличение преимущественно шло по ЧДД (на 9,15 %), то во второй — по ЧСС (на 9,5 %).

Таким образом, анализ полученных результатов показывает, что по данному признаку (ЧСС/ЧДД) сохраняется достаточно высокий уровень вариативности вегетативной интеграции дыхательного и сердечного компонентов в общей деятельности организма в обеспечении его кислородом как в условиях относительно благоприятной среды обитания (средние широты), так и при экспедиционно-вахтовой организации труда в условиях Арктики. В связи с этим установление статистически значимого различия распределения данного признака еще раз подтвердило необходимость выделения типологий испытуемых, в частности «дыхательного» и «сердечного» типов среди лиц здоровой популяции при напряженной трудовой деятельности в условиях северного региона, и на этой основе разработки соответствующих профилактических мероприятий.

Дополнительное обоснование данному концептуальному положению было дано по результатам комплексной (системно-количественной) оценки показателей дыхания, гемодинамики и крови ФУС обеспечения организма кислородом у вахтовиков со стажем работы 2–2,5 года. Так, уже на уровне других первичных показателей и их производных ФУС были сохранены статистически значимые межгрупповые

различия практически по всем показателям. При этом если в первой группе отмечалось преимущественное увеличение показателей внешнего дыхания, то во второй — со стороны сердечно-сосудистой системы. В частности, по сравнению с исходными данными в группе ДТ₂ отмечалось более высокое увеличение МОД — на 20,6 %, а в группе СТ₂ МОК — на 19,6 %. По данным средней концентрации гемоглобина увеличение по каждой группе было практически однозначным, соответственно на 1,5 и 1,8 %.

Таким образом, при более высокой интенсивности функционирования кислородтранспортных систем в обеспечении организма О₂ у вахтовиков обеих групп со стажем работы 2–2,5 года установлено неодинаковое «долевое участие» респираторного, циркуляторного и гематологического компонентов в формировании адаптационного потенциала организма к условиям производственной деятельности в Арктике.

При этом были выявлены статистически значимые межгрупповые различия по всем показателям. В частности, у лиц второй группы (СТ₂) по сравнению с первой (ДТ₂) установлены более высокий уровень соотношений МОК/О₂, МОК/МОД, ЧСС/ЧДД и более низкий УО/ЧСС, что может говорить о более высокой активации сердечно-сосудистой системы в обеспечении организма кислородом. В свою очередь, подтверждением типовой направленности компенсаторно-приспособительных реакций является установленная обратная закономерность у лиц первой группы с определением статистически значимых различий по показателям МОД/О₂, МОК/МОД и ЧСС/ЧДД, которые характеризуют более выраженную активацию у них внешнего дыхания. Это играет достаточно существенную роль в прогностической оценке функциональной активности сердечной деятельности и внешнего дыхания у вахтового контингента при производственной деятельности в условиях Арктики.

Также необходимым условием достоверного представления деятельности ФУС обеспечения организма О₂ является установление значений синтетического критерия напряжения всей совокупности эффекторов — ИПЭ. Как в первой группе (ДТ₂), так и во второй (СТ₂) по сравнению с исходными данными было определено увеличение данного показателя. Вместе с тем необходимо учитывать, что повышение ИПЭ, а также отношений объема О₂ к производительности кровообращения (МОС/О₂) и дыхания (МОД/О₂), в меньшей степени СКГ/О₂, по сравнению с исходными данными указывает на адекватное снижение эффективности как кислородтранспортных систем, так и всей ФУС, что в полной мере связано с более высоким уровнем напряжения организма в экологических условиях северного региона.

При этом отношение минутных объемов внешнего дыхания и кровообращения достаточно четко показывает приспособительные возможности этих подсистем. В данной ситуации более выраженное повышение у вахтовиков группы СТ₂ в сравнительном аспекте с группой ДТ₂ показателя МОК/МОД говорит о боль-

шем напряжении у них сердечно-сосудистой системы, а снижение МОД/МОК у ДТ₂ — о значительном напряжении дыхательной системы. В целом такое длительно продолжающееся и неконтролируемое состояние может приводить к срыву адаптационных возможностей организма и направленному формированию соответствующей патологии. Так, известно, что в условиях несоответствия повышенных обменных потребностей организма и сократительных возможностей миокарда дополнительное уменьшение коэффициента УО/ЧСС выступает как значимый показатель относительной недостаточности сердца. При этом малообъемная одышка, соответствующая снижению коэффициента ОВ/ЧДД, является рутинным клиническим выражением относительной недостаточности дыхательной системы [16].

Заключение

Установленные типологические особенности межсистемной адаптивной компенсации при производственной деятельности в условиях Арктики характеризуют различную («доведенную») выраженность функциональной активности внешнего дыхания, сердечно-сосудистой системы и крови в достижении общего полезного приспособительного результата всей функциональной системы. В практическом плане полученные данные являются основой для выделения индивидуально-типологических критериев донозологической диагностики дисрегуляторных отклонений при напряженной производственной деятельности и направленной разработки мер профилактики и реабилитации. В связи с этим полученные данные настоящего исследования с одной стороны расширяют наши представления о физиологической норме и адаптационном потенциале лиц здоровой популяции, а с другой являются отправной базой для более глубокой оценки вариабельности механизмов в обеспечении организма О₂ и функциональной направленности компенсаторно-приспособительных реакций организма при воздействии неблагоприятных факторов окружающей среды, в частности в циркумполярных условиях северных регионов.

Авторство

Колпаков В. В. разработал концепцию и дизайн исследования, принял участие в написании всех разделов статьи, утвердил окончательный ее вариант; Томилова Е. А. приняла участие в написании первого варианта статьи, участвовала в редактировании текста статьи, формулировании выводов; Беспалова Т. В. осуществила анализ полученных данных, приняла участие в формулировании выводов; Рыбцова Т. Н. приняла участие в сборе первичных данных и анализе полученных результатов.

Колпаков Виктор Васильевич — ORCID 0000-0001-6774-0968

Томилова Евгения Александровна — ORCID 0000-0003-1101-7628

Беспалова Татьяна Викторовна — ORCID 0000-0002-7210-0946

Рыбцова Татьяна Николаевна — ORCID 0000-0001-6938-5082

Список литературы / References

1. Авцын А. П., Марачев А. Г. Проявления адаптации и дизадаптации у жителей Крайнего Севера // Физиология человека. 1975. Т.1, № 4. С. 587–599.

Avtsyn A. P., Marachev A. G. Manifestations of adaptation and disadaptation in residents of the Far North. *Fiziologiya cheloveka*. 1975, 1 (4), pp. 587-599. [In Russian]

2. Агаджанян Н. А., Колпаков В. В., Фатеева Н. М. Вахтово-экспедиционная организация труда в условиях Севера (эколого-физиологические аспекты): монография. М.: Изд-во РУДН, 1999. 106 с.

Agadzhanyan N. A., Kolpakov V. V., Fateeva N. M. *Vakhtovo-ekspeditsionnaya organizatsiya truda v usloviyakh Severa (ekologo-fiziologicheskie aspekty)* [Shift-expeditionary organization of labor in the conditions of the North (ecological and physiological aspects)]. Moscow, 1999, 106 p.

3. Агаджанян Н. А., Баевский Р. М., Берсенева А. П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. М.: Изд-во РУДН, 2006. 284 с.

Agadzhanyan N. A., Baevskii R. M., Berseneva A. P. *Problemy adaptatsii i uchenie o zdorov'e* [Problems of Adaptation and The Teaching of Health]. Moscow, 2006. 284 p.

4. Анохин П. К. Узловые вопросы теории функциональных систем. М.: Наука, 1980. 196 с.

Anokhin P. K. *Uzlovye voprosy teorii funktsional'nykh sistem* [Key issues of the theory of functional systems]. Moscow, Nauka Publ., 1980, 196 p.

5. Грибанов А. В., Гудков А. Б., Попова О. Н., Крайнова И. Н. Кровообращение и дыхание у школьников в циркулярных условиях. Архангельск: САФУ, 2016. 270 с.

Gribanov A. V., Gudkov A. B., Popova O. N., Krainova I. N. *Krovoobrashchenie i dykhanie u shkol'nikov v tsirkumpolyarnykh usloviyakh* [Blood circulation and breathing in schoolchildren in circumpolar conditions]. Arkhangelsk, 2016. 270 p.

6. Гудков А. Б., Ермолин С. П., Попова О. Н., Сарычев А. С. Функциональные изменения системы внешнего дыхания военнослужащих в Арктике в контрастные сезоны года // Экология человека. 2014. № 6. С. 3–7.

Gudkov A. B., Ermolin S. P., Popova O. N., Sarychev A. S. Functional Changes of Military Men's External Respiration System in Contrast Seasons in the Arctic. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2014, 6, pp. 3-7. [In Russian]

7. Гудков А. Б., Попова О. Н. Внешнее дыхание человека на европейском Севере: монография. Изд. 2-е, испр. доп. Архангельск: СГМУ, 2012. 252 с.

Gudkov A. B., Popova O. N. *Vneshnee dykhanie cheloveka na evropeiskom Severe: monografiya* [The External Breath of Man in the European North]. Arkhangelsk, 2012, 252 p.

8. Дмитриева Н. В., Глазачев О. С. Индивидуальное здоровье и полипараметрическая диагностика функциональных состояний организма. Горизонт, 2000. 214 с.

Dmitrieva N. V., Glazachev O. S. *Individual'noe zdorov'e i poliparametricheskaya diagnostika funktsional'nykh sostoyanii organizma* [Individual health and polyparametric diagnostics of functional states of the body]. Gorizont Publ., 2000. 214 p.

9. Доклад о состоянии здоровья населения и организации здравоохранения в Тюменской области по итогам деятельности за 2019 год / Департамент здравоохранения Тюменской области ГАУ ТО «Медицинский информационно-аналитический центр», 2020. 79 с.

Doklad o sostoyanii zdorov'ya naseleniya i organizatsii zdavooxraneniya v Tyumenskoj oblasti po itogam

deyatelnosti za 2019 god [Report on the state of public health and healthcare organization in the Tyumen region on the results of activities for 2019]. Tyumen, 2020, 79 p.

10. Евдокимов В. Г. Функциональное состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем человека на Севере: дис. ... д-ра биол. наук. Сыктывкар, 2004. 287 с.

Evdokimov V. G. *Funktsional'noe sostoyanie serdechno-sosudistoi i dykhatel'noi sistem cheloveka na Severe: dokt. diss.* [Functional state of the human cardiovascular and respiratory systems in the North. Doct. Diss]. Syktyvkar, 2004, 287 p.

11. Еськов В. М., Гудков А. Б., Филатов М. А., Еськов В. В. Принципы гомеостатического регулирования функций организма в экологии человека // Экология человека. 2019. № 10. С. 41–49.

Eskov V. M., Gudkov A. B., Filatov M. A., Eskov V. V. Principles of Homeostatic Regulation of Functions in Human Ecology. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019, 10, pp. 41-49. [In Russian]

12. Казначеев В. П. Очерки теории и практики экологии человека. М.: Наука, 1983. 260 с.

Kaznacheev V. P. *Ocherki teorii i praktiki ekologii cheloveka* [Essays on the theory and practice of human ecology]. Moscow, Nauka Publ., 1983. 260 p.

13. Корчин В. И., Корчина Т. Я., Терникова Е. М., Бигбулатова Л. Н., Лапенко В. В. Влияние климатогеографических факторов Ямало-Ненецкого автономного округа на здоровье населения // Журнал медико-биологических исследований. 2021. Т. 1, № 1. С. 77–88.

Korchin V. I., Korchina T. Ya., Ternikova E. M., Bigbulatova L. N., Lapenko V. V. Influence of Climatic and Geographical Factors of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug on the Health of Its Population. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy* [Journal of Medical and Biological Research]. 2021, 1 (1), pp. 77-88. [In Russian]

14. Кривошеков С. Г. Биоритмологические маркеры дизадаптации при вахтовом труде на Севере // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2012. Т. 98, № 1. С. 57–71.

Krivoshchekov S. G. Biorhythmic Markers of Stress and Dysadaptation Condition at Work on a Rotational Basis in the North. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal im. I. M. Sechenova* [Russian Journal of Physiology]. 2012, 98 (1), pp. 57-71. [In Russian]

15. Основы клинической гематологии: справочное пособие / под ред. Радченко В. Г. СПб.: Диалект, 2003. 304 с.

Osnovy klinicheskoi gematologii. Spravochnoe posobie [Fundamentals of Clinical Hematology: a Reference Guide], ed. Radchenko V. G. Saint Petersburg, Dialekt Publ., 2003. 304 p.

16. Респираторная медицина: руководство / в 3 т. под ред. А. Г. Чучалина; 2-е изд., перераб. и доп. М.: Литтерра, 2017. Т. 1. 640 с.

Respiratornaya meditsina: rukovodstvo [Respiratory Medicine: a Guide], ed. A. G. Chuchalin. Moscow, Litterra Publ., 2017, v. 1, 640 p.

17. Сидоренко Е. В. Методы математической обработки в психологии. СПб.: ООО «Речь», 2002. 350 с.

Sidorenko E. V. *Metody matematicheskoi obrabotki v psikhologii* [Methods of mathematical processing in psychology]. Saint Petersburg, 2002, 350 p.

18. Судаков К. В. Функциональные системы организма. М.: Медицина, 1987. 432 с.

Sudakov K. V. *Funktsional'nye sistemy organizma* [Functional systems of the body]. Moscow, Meditsina Publ., 1987, 432 p.

19. Судаков К. В. Системные механизмы саморегуляции здоровья // Вестник Международной академии наук. Русская секция. 2012. № 2. С. 13–19.

Sudakov K. V. System Mechanisms of Health Selfregulation. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii nauk. Russkaia sektsiia* [Herald of the International Academy of Science. Russian Section]. 2012, 2, pp 13-19. [In Russian]

20. Теддер Ю. Р., Гудков А. Б., Дегтева Г. Н., Симонова Н. Н. Актуальные вопросы физиологии и психологии вахтового труда в Заполярье. Архангельск: Изд-во «Правда Севера», 1996. 127 с.

Tedder Yu. R., Gudkov A. B., Degteva G. N., Simonova N. N. *Aktual'nye voprosy fiziologii i psikhologii vakhtovogo truda v Zapolyar'e* [Topical issues of physiology and psychology of shift work in the Arctic]. Arkhangelsk, Pravda Severa Publ., 1996. 127 p.

21. Фатеева Н. М., Колпаков В. В. Адаптация человека к условиям Крайнего Севера. Изд-во ОГУП «Шадринский дом печати», 2011. 258 с.

Fateeva N. M., Kolpakov V. V. *Adaptatsiya cheloveka k usloviyam Krainego Severa* [Human adaptation to the conditions of the Far North]. Shadrinskii dom pechaty Publ., 2011, 258 p.

22. Филатова О. Е., Гудков А. Б., Еськов В. В., Чempалова Л. С. Понятие однородности группы в экологии человека // Экология человека. 2020. № 2. С. 40–44.

Filatova O. E., Gudkov A. B., Eskov V. V., Chempalova L. S. The Concept of Uniformity of a Group in Human Ecology. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2020, 2, pp. 40-44. [In Russian]

23. Колпаков В. В., Томилова Е. А., Ларкина Н. Ю., Столбов М. В., Ткачук А. А., Беспалова Т. В. Chronobiological assessment of habitual physical activity in humans in Western Siberia. *Human Physiology*. 2016, 42 (2), pp. 203-213.

24. Колпаков В. В., Томилова Е. А., Шторк Т. Е., Мамчиц Е. В., Ларкина Н. Ю., Ткачук А. А., Беспалова Т. В. Systemic Analysis: Individual Typological Characteristics of the Human Body. *Human Physiology*. 2011, 37 (6), pp. 738-749.

25. Зайтseва В., Сон'кин В. Statistical and Physiological Distinction of Constitution Types. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*. 2005, 24 (4), p. 327.

Контактная информация:

Томилова Евгения Александровна — доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры нормальной физиологии ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России

Адрес: 625023, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Одесская, д. 54

E-mail: tomilovaea@mail.ru

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОБОСНОВАНИЮ МЕР ПРОФИЛАКТИКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ОБУСЛОВЛЕННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У РАБОТНИКОВ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

© 2021 г. ¹Т. А. Новикова, ²И. Н. Луцевич, ¹Ю. А. Алешина, ²Л. А. Барегамян

¹Саратовский медицинский научный центр гигиены ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», г. Саратов;

²ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского», г. Саратов

Введение: Профилактика нарушений здоровья, связанных с работой, устранение факторов риска их возникновения является сложнейшей задачей в решении проблем в области охраны труда и здоровья работников различных производств.

Цель: Научное обоснование методологических подходов к разработке гигиенических мер по управлению профессиональным риском здоровью работников производства молочной продукции.

Методы: Проведено аналитическое исследование группового профессионального риска здоровью работников на основе результатов санитарно-гигиенических ($n = 3\,779$) и эпидемиологических исследований (экспонированная группа, $n = 77$, и группа сравнения, $n = 35$) по данным периодического медицинского осмотра.

Результаты: Выявлено, что в процессе трудовой деятельности на работников воздействует комплекс вредных производственных факторов: нагревающий (температура воздуха 27,5–28,8 °C в холодный и 29,5–29,8 °C в теплый период года) или охлаждающий (от 4,4 до –18 °C) микроклимат; шум (превышение ПДУ на 4,5–18 дБА), недостаточная освещенность или отсутствие естественного освещения; физические перегрузки с общей оценкой условий труда вредные классы 3.1–3.3. Установлена очень высокая степень профессиональной обусловленности нейросенсорной тугоухости ($RR = 4,3$; $EF = 76,7\%$; $CI = 1,6–3,9$), заболеваний нервной системы ($RR = 4,4$; $EF = 77,2\%$; $CI = 2,35–8,21$) и высокая степень заболеваний костно-мышечной системы и соединительной ткани ($RR = 2,2$; $EF = 55,1\%$; $CI = 1,17–3,1$). Результаты исследования позволили определить методологию выявления целевых групп работников, подверженных воздействию вредных факторов, и обоснования мер профилактики нарушений их здоровья.

Выводы: Основой мер профилактики развития профессионально обусловленных заболеваний у работников производства молочной продукции служит оценка профессионального риска по результатам параллельных санитарно-гигиенических, клинических и эпидемиологических исследований и установление детерминированности нарушений здоровья воздействием вредных производственных факторов.

Ключевые слова: работники производства молочной продукции, условия труда, профессиональный риск здоровью, меры профилактики

METHODOLOGICAL APPROACHES TO OCCUPATIONAL HEALTH IN DAIRY INDUSTRY

¹T. A. Novikova, ²I. N. Lutsevich, ¹Yu. A. Aleshina, ²L. A. Baregamyan

¹Saratov Medical Research Center for Hygiene FBSI «Federal Research Center for Medical and Preventive Technologies for Managing Public Health Risks», Saratov;

²V. I. Razumovsky Saratov State Medical University, Russia

Introduction: Prevention of occupation diseases and elimination of risk factors are important tasks in the field of occupational health in various industries.

Aim: To provide the evidence for the need of preventive measures in dairy industry in a Russian setting.

Methods: We used secondary data from regular sanitary and hygienic studies with the total sample of 3779 dairy workers and performed a new study using 77 exposed and 35 non-exposed individuals at one of the regular check-ups in Saratov. Relative risks (RR) and etiological fractions (EF) were calculated.

Results: Dairy workers are exposed to a wide range of risk factors including both hot (27.5–28.8 °C) and cold (4.4 to –18 °C) air temperature, noise exceeding the permissible exposure limit by 4.5–18 dBA, insufficient lighting and physical overload. This allows classifying the working conditions as class 3.1–3.3 according to the national classification of occupational risks.

Sensorineural hearing loss ($RR = 4.3$; $EF = 76.7\%$; $CI = 1.6–3.9$), diseases of the nervous system ($RR = 4.4$; $EF = 77.2\%$; $CI = 2.35–8.21$) and diseases of the musculoskeletal system and connective tissue ($RR = 2.2$; $EF = 55.1\%$; $CI = 1.17–3.1$) were mainly attributed to occupational factors.

Conclusion: Assessment of occupational risks and health needs of workers in dairy industry should be performed using a combination of sanitary-hygienic, epidemiological and clinical studies. Our findings contribute to better understanding of occupational diseases among dairy workers and can be used for identifying target groups for specific preventive measures.

Key words: dairy industry, working conditions, occupational health, prevention

Библиографическая ссылка:

Новикова Т. А., Луцевич И. Н., Алешина Ю. А., Барегамян Л. А. Методологические подходы к обоснованию мер профилактики профессионально обусловленных заболеваний у работников производства молочной продукции // Экология человека. 2021. № 12. С. 41–48.

For citing:

Novikova T. A., Lutsevich I. N., Aleshina Yu. A., Baregamyan L. A. Methodological Approaches to Occupational Health in Dairy Industry. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 12, pp. 41–48.

Профилактика профессиональных нарушений здоровья является сложнейшей задачей в решении глобальных проблем в области охраны труда и здоровья населения в мировом масштабе. По данным Международной организации труда [13], доля глобального бремени болезней, связанных с работой, в мире составляет 2,7 %. Согласно информации Европейского регионального бюро Всемирной организации здравоохранения [23], около 25 % болезней работающих связаны с их профессиональной деятельностью.

В Российской Федерации (РФ) в последнее десятилетие отмечается устойчивая тенденция к снижению уровня профессиональной заболеваемости (ПЗ), связанная с уменьшением на предприятиях доли рабочих мест с вредными условиями труда. С 2013 по 2020 год количество рабочих мест, не отвечающих санитарно-гигиеническим требованиям [16] по уровню шума, сократилось в 2,37, вибрации в 1,66, электромагнитных полей в 1,76, по параметрам микроклимата в 1,1, по освещенности в 1,72 раза [12]. В 2020 году показатель ПЗ составил 0,78 на 10 тысяч человек, что ниже в 2,25 раза, чем в 2013 году [7]. Однако существует мнение, что снижение показателей ПЗ не является признаком благополучия — большинство случаев профессиональной патологии по ряду причин не является и/или не связывается с профессиональными вредностями [4, 10]. Согласно официальным данным Федеральной службы государственной статистики РФ, удельный вес численности работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, в настоящее время остается достаточно высоким, составляя на конец 2020 года 37,3 % от общей численности работников организаций по обследуемым видам экономической деятельности (без субъектов малого предпринимательства) [19].

Более того, низкие показатели профессиональной заболеваемости не согласуются с аномально высокой смертностью трудоспособного населения России. Общий коэффициент смертности с 1986 по 2018 год увеличился на 19 % и в 2018 году составил 9,6 случая на 1 000 населения, что выше на 15 %, чем в «новых», и на 29 % — чем в «старых» странах Евросоюза (ЕС) [8]. Особенно высок уровень смертности населения в трудоспособном возрасте — в 3,4 раза выше, чем в странах ЕС [1].

На фоне снижения количества рабочих мест с вредными условиями труда и показателей ПЗ отмечается рост доли соматических профессионально обусловленных заболеваний различной этиологии (преимущественно полиэтиологической), в развитие которых определенным вклад вносит повреждающее воздействие производственных факторов, уровни которого могут не превышать установленные гигиенические нормативы [5, 10]. По итогам диспансеризации в 2016–2017 годах определенных групп взрослого населения и профилактических осмотров доля лиц, имеющих хронические заболевания и требующих диспансерного наблюдения, достигала 58 % (при

охвате 41 % населения). При этом большую часть прошедших диспансеризацию составили работающие граждане в возрасте 39–60 лет [3]. Остается стабильно высокой доля лиц трудоспособного возраста среди всех лиц, впервые признанных инвалидами, составившая в 2018 году 44 %. С 1995 по 2018 год этот показатель вырос на 16 % [17], что может свидетельствовать о неадекватности мер по раннему выявлению и предотвращению прогрессирования заболеваний, связанных с работой.

В этих условиях особое значение приобретают разработка и реализация эффективных механизмов профилактики профессиональных и производственно обусловленных заболеваний, сохранения здоровья и продления долголетия работников производств различных видов экономической деятельности [18, 28].

Целью исследования явилось научное обоснование методологических подходов к разработке гигиенических мер по управлению профессиональным риском здоровью работников производства молочной продукции.

Методы

Объектами исследований явились условия труда и состояние здоровья основных профессиональных групп работников типичного для современной промышленности предприятия по переработке молока и выработке молочной продукции (молоко питьевое, сливки, сметана, кисломолочные напитки, творог и масло сливочное) Саратовской области. Исходными данными для идентификации и оценки факторов риска здоровью служили результаты собственных санитарно-гигиенических ($n = 3\,779$) исследований, проведенных на всех этапах технологического процесса производства молочной продукции и показатели состояния здоровья работников предприятия ($n = 112$) по результатам периодических медицинских осмотров (ПМО), выполненных специалистами клиники Саратовского НИИ сельской гигиены в 2018–2020 годах.

Анализ и расчет группового профессионального риска здоровью проведен путем параллельного изучения и оценки факторов условий труда (микроклимат, шум, параметры световой среды, тяжесть и напряженность трудового процесса) на основе общепринятых критериев гигиенической оценки [14] и распространенности общих хронических заболеваний с использованием принципов и критериев методологии оценки профессионального риска здоровью, изложенной в Р 2.2.1766-03 [15]. Группу исследования (экспонированную) составили работники ($n = 77$) ведущих профессий основного производства возрастом ($46,5 \pm 3,7$) года со стажем работы ($11,2 \pm 3,1$) года, занятые в условиях воздействия неблагоприятных производственных факторов. Критерием включения в группу исследования явился стаж работы в профессии не менее 5 лет. В группу сравнения были включены работники ($n = 35$) этого же предприятия возрастом ($48,1 \pm 1,8$) года и средним стажем работы ($10,8 \pm 2,7$) года, занятые в

допустимых условиях труда, и исключены лица, ранее подвергавшиеся воздействию производственных факторов, характерных для работников экспонированной группы. Исследованные группы были сопоставимы по возрасту и трудовому стажу.

Обработка и анализ данных о состоянии здоровья проведены с использованием Международной классификации болезней (МКБ-10). Исследования проведены после информированного согласия участников в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации 1975 года с дополнениями 1983 года. Для оценки риска развития профессионально обусловленных заболеваний рассчитывались показатели относительного риска (RR) и этиологической доли вклада факторов производственной среды в развитие патологии (EF). При оценке значимости полученных данных использован 95 % доверительный интервал (CI), свидетельствующий о достоверно установленной связи заболеваний с условиями труда. Статистическая обработка результатов исследований проведена с использованием прикладных программ Microsoft Excel XP и Statistica 10.0. Данные санитарно-гигиенических исследований представлены в виде (M) — среднее арифметическое, (m) — стандартная ошибка. Показатель распространенности заболеваний был рассчитан как отношение всех зарегистрированных, вновь выявленных и выявленных ранее случаев патологий к численности обследованных в группах в данный момент и представлен в процентах. При сравнении распространенности заболеваний между группами исследования и сравнения применяли непараметрический критерий χ^2 Пирсона. Критическое значение

уровня статистической значимости (p) принималось равным 0,05.

Результаты

Результаты гигиенических исследований показали, что наиболее значимыми производственными факторами условий труда в производстве молочной продукции являлись шум, неблагоприятные микроклиматические условия, недостаточное освещение и тяжесть трудового процесса, уровни которых зависели от производственного участка и профессиональной группы работников (табл. 1).

Эквивалентные уровни звука за рабочую смену превышали ПДУ на 1,6–9 дБА (классы 3.1–3.2). Наиболее высокий уровень звука ($89,05 \pm 0,24$) дБА регистрировался на рабочих местах аппаратчиков охлаждения молока участка сепарации приемно-аппаратного цеха на этапе очистки, охлаждения, сепарирования, нормализации и гомогенизации молока. На участке пастеризации при тепловой обработке, пастеризации и стерилизации молока превышение ПДУ шума составило 5,1 дБА, при производстве творога — 1,6 дБА.

Воздействие повышенных температур ($27,5^\circ\text{C}$ в холодный и $29,8^\circ\text{C}$ в теплый период года) было зарегистрировано на рабочих местах аппаратчиков пастеризации молока, маслоделов и аппаратчиков по выработке сливочного масла ($28,8$ и $29,5^\circ\text{C}$ соответственно). С учетом времени пребывания в неблагоприятном микроклимате условия труда по данному фактору были оценены как вредные 1 степени (класс 3.1).

Загрузчики-выгрузчики пищевой продукции приемно-аппаратного цеха и работники склада готовой продукции были подвержены воздействию охлажда-

Таблица 1

Априорная оценка профессионального риска в производстве молочной продукции

Профессиональная группа работников	Гигиеническая оценка факторов условий труда (класс, степень вредности)				Общая оценка условий труда	Категория профессионального риска по Р 2.2.1766-03
	Микроклимат	Освещение	Шум	Тяжесть труда		
Участок приемки приемно-аппаратного цеха						
Приемщики продукции	2	3.1	2	2	3.1	Малый (умеренный)
Участок сепарации приемно-аппаратного цеха						
Аппаратчики охлаждения	2	2	3.1	2	3.1	Малый (умеренный)
Участок пастеризации приемно-аппаратного цеха						
Аппаратчики пастеризации	3.1	2	3.2	2	3.2	Средний (существенный)
Цех розлива молочной продукции						
Операторы розлива	2	2	2	3.1	3.1	Малый (умеренный)
Загрузчики-выгрузчики	3.2	3.1	2	3.2	3.3	Высокий (непереносимый)
Цех выработки творога						
Аппаратчики производства творога	2	2	3.1	2	3.1	Малый (умеренный)
Цех выработки сливочного масла						
Маслоделы, аппаратчики по выработке масла	3.1	3.1	2	3.1	3.2	Средний (существенный)
Склад готовой продукции						
Рабочие склада готовой продукции	3.2	3.1	2	3.2	3.3	Высокий (непереносимый)

ющего микроклимата. Они работали 40 % времени смены в помещении склада готовой продукции, где среднесменная температура воздуха составляла $(11,1 \pm 0,02) ^\circ\text{C}$, и 30 % времени в холодильной камере цеха при температуре $(8,3 \pm 0,03) ^\circ\text{C}$. Работники склада готовой продукции (кладовщики-наборщики и грузчики-наборщики) 30 % времени смены трудились в морозильных камерах при температуре воздуха от -18 до $+4,5 ^\circ\text{C}$ и 40 % времени при температуре $(11,1 \pm 0,02) ^\circ\text{C}$ в помещении склада готовой продукции. С учетом времени нахождения в бытовых помещениях (30 % смены), где температура воздуха поддерживалась в пределах оптимальных величин, и категории работ по тяжести среднесменная величина класса условий труда по параметрам микроклимата в этих профессиях была оценена как вредные 2 степени (класс 3.2).

Для помещений участка приемки приемно-аппаратного цеха и склада готовой продукции были характерны недостаточность и (или) отсутствие естественного и недостаточность искусственного освещения. Однако с учетом профилактического ультрафиолетового облучения в бытовых и производственных помещениях условия труда по фактору световая среда были оценены как вредные класс 3.1.

Тяжесть трудового процесса операторов розлива молочной продукции была связана с физическими динамическими и статическими нагрузками, обусловленными подъемом и перемещением грузов весом $5,4-10,8$ кг, удержанием их двумя руками $(42\,050 \pm 240)$ кгс·с. Для данной профессиональной группы также были характерны длительное поддержание рабочей позы стоя до 70 % и периодическое (до 25 % времени смены) принятие неудобной фиксированной рабочей позы.

Тяжелые условия труда маслоделов и аппаратчиков по выработке сливочного масла формировались в результате поддержания неудобного положения тела до 40 % времени смены и вынужденных наклонов корпуса более 30° в среднем 120 ± 12 за смену. Трудовой процесс кладовщиков-наборщиков и грузчиков-наборщиков склада готовой продукции

был связан с подъемом и перемещением грузов массой от $5,4$ до 9 кг вручную при общей физической динамической нагрузке с участием мышц рук, корпуса и ног. Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены, и статическая нагрузка превышали допустимые значения, составляя $1\,100-1\,500$ кг и $200\,000$ кгс·с соответственно. Периодическое нахождение в вынужденной рабочей позе (более 25 % времени смены) и наклоны корпуса (440 ± 28) раз за смену) превышали допустимые значения, соответствуя вредным условиям труда 2 степени (класс 3.2).

Условия труда основных профессиональных групп работников производства характеризовались высокой степенью эмоциональной нагрузки, обусловленной ответственностью за функциональное качество конечной продукции, однако общая оценка напряженности трудового процесса для всех профессий соответствовала допустимым условиям труда (класс 2).

Для помещений молокоперерабатывающих производств характерно загрязнение воздушной среды и поверхностей мезофильными аэробными и факультативно-анаэробными микроорганизмами, дрожжами и плесневыми грибами. По данным производственной лаборатории предприятия, санитарно-микробиологическое состояние воздушной среды в производственных помещениях характеризовалось как удовлетворительное. Из микроорганизмов в воздухе рабочей зоны были обнаружены *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus acidophilus* в концентрации $5,4$ КОЕ/ м^3 , плесень и грибы рода *Candida* — до $2,4$ КОЕ/ м^3 . Общая бактериальная обсемененность (КМАФАнМ — количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов) достигало $3,76$ КОЕ/ м^3 , плесени до 5 КОЕ/ м^3 , дрожжей до 5 КОЕ/ м^3 , оставаясь в пределах допустимых значений.

Результатом гигиенической оценки условий труда явилась априорная оценка профессионального риска здоровью работников, категоризованного в зависимости от класса условий труда (3.1–3.3) на разных производственных участках от малого (умеренного) до высокого (непереносимого) (см. табл. 1).

Таблица 2

Распространенность заболеваний и показатели профессионального риска у работников производства молочной продукции по результатам периодического медицинского осмотра

Класс болезни по МКБ-10	Случаев на 100 осматриваемых, %		Уровень статистической значимости, P	Относительный риск (RR)	Доверительный интервал 95 % (CI)	Этиологическая доля (EF)
	Группа исследования (n=77)	Группа сравнения (n=35)				
VI. Болезни нервной системы	$44,4 \pm 4,1$	$10,1 \pm 2,3$	$<0,001$	4,4	2,35–8,21	77,2**
VIII. Болезни уха и сосцевидного отростка	$21,5 \pm 2,8$	$5,0 \pm 1,1$	0.033	4,3	1,69–10,93	76,7**
IX. Болезни системы кровообращения	$46,6 \pm 2,5$	$41,8 \pm 2,7$	0.702	1,1	0,81–1,52	0,1
X. Болезни органов дыхания	$45,9 \pm 4,1$	$44,3 \pm 3,7$	0.798	1	0,76–1,40	0
XIII. Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	$27,8 \pm 2,8$	$12,5 \pm 1,7$	0.062	2,2	1,21–4,08	55,1*
XIV. Болезни мочеполовой системы	$6,6 \pm 0,7$	$2,3 \pm 0,7$	0.429	2,9	0,65–12,54	0,6

Примечание. * — высокая степень причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой; ** — очень высокая степень причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой.

Профессиональный риск здоровью работников подтвержден результатами ПМО. Распространенность выявленных патологий по классам VI. Болезни нервной системы, VIII. Болезни уха и сосцевидного отростка в экспонированной группе были статистически значимо выше по сравнению с группой сравнения (табл. 2).

В структуре общей заболеваемости работников производства молочной продукции ведущие места занимали болезни системы кровообращения (24,3 %), органов дыхания (23,7 %), нервной системы (22,9 %), костно-мышечной системы и соединительной ткани (14,2 %), уха и сосцевидного отростка (11,5 %). Среди болезней системы кровообращения преобладали артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, варикозная болезнь нижних конечностей. Болезни нервной системы были представлены расстройством вегетативной (автономной) нервной системы неуточненным. Из заболеваний органов дыхания выявлялись хронические заболевания верхних и нижних дыхательных путей не аллергической природы. Среди болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани диагностировались дорсопатия пояснично-крестцового отдела позвоночника, плечелопаточный периартрит, артроз и периартроз суставов кистей рук, миозит. Наиболее представительными среди заболеваний органов пищеварения являлись хронический гастрит и дуоденит. Из болезней мочеполовой системы выявлялись хронические воспалительные заболевания придатков матки, доброкачественные новообразования. Из болезней уха и сосцевидного отростка — нейросенсорная потеря слуха.

Установлена очень высокая степень связи с работой нейросенсорной тугоухости ($RR = 4,3$; $EF = 76,7$ %; $CI = 1,6-3,9$) и заболеваний нервной системы ($RR = 4,4$; $EF = 77,2$ %; $CI = 2,35-8,21$), высокая степень возникновения заболеваний костно-мышечной системы и соединительной ткани ($RR = 2,22$; $EF = 55,1$ %; $CI = 1,17-3,1$), свидетельствующая об их профессиональной обусловленности.

Обсуждение результатов

Условия труда являются одним из важных социальных детерминант, оказывающих влияние на здоровье работающего населения. Происходящие в современном мире технические инновации, глобализация, экономическая перестройка меняют качество жизни, характер труда и рабочих мест [6]. Некоторые тенденции изменений усилила пандемия COVID-19 — растет признание потенциальных последствий изменения структуры трудовых отношений, организации и дизайна трудовой занятости, наблюдается стирание границ между работой и другими сферами жизни [22]. В этих условиях увеличивается актуальность разработки специализированных программ индивидуальной и групповой профилактики нарушений здоровья работников, связанных с работой [18, 26].

Проведенные исследования позволили установить, что в процессе трудовой деятельности работники ос-

новных профессий производства молочной продукции подвержены комплексному воздействию вредных факторов различной природы и интенсивности, обусловленных технологической спецификой отдельных этапов производственного процесса. Профессиональный риск категорирован от малого (умеренного) до высокого (непереносимого) — вредные условия труда первой — третьей степеней (классы 3.1–3.3).

Выявлена достоверная причинно-следственная связь очень высокой степени развития нейросенсорной тугоухости и расстройств вегетативной (автономной) нервной системы, высокой степени заболеваний костно-мышечной системы и соединительной ткани с работой, позволившая оценить указанные заболевания как профессионально обусловленные.

Полученные результаты согласуются с данными научной литературы, свидетельствующими о вкладе вредных производственных факторов в развитие производственно обусловленных заболеваний у работников различных производств [9, 11]. Профессиональная потеря слуха может являться следствием длительного воздействия повышенных уровней производственного шума в сочетании с тепловой нагрузкой производственной среды [20, 24]. Нагревающий микроклимат при хроническом воздействии приводит к развитию теплового стресса, проявляющегося в возникновении головной боли, нарушении сна, раздражительности, тахикардии, дисфункции вегетативной нервной системы, болезней системы кровообращения, органов пищеварения [2, 27]. Заболевания костно-мышечной системы и соединительной ткани могут развиваться под воздействием физического перенапряжения и неблагоприятного микроклимата [21]. Сочетанное воздействие вредных производственных факторов различной природы, психоэмоциональное перенапряжение приводят к учащению и отягощению соматической патологии, преждевременному старению, уменьшению продолжительности жизни [25].

Согласно полученным результатам критериями определения области управления профессиональными рисками для здоровья в производстве молочной продукции явились: наличие на рабочем месте неблагоприятного микроклимата; превышение ПДУ эквивалентных уровней шума; недостаточный уровень и (или) отсутствие естественной и искусственной освещенности; физические перегрузки, а также установленные причинно-следственные связи между условиями труда и показателями здоровья работников. Выявленные критерии позволили обоснованно выделить целевые группы работников, подверженных риску развития профессионально обусловленных заболеваний, и определить приоритетные меры профилактики нарушения их здоровья.

Для более полной оценки факторов профессионального риска здоровью в дальнейших исследованиях планируется учитывать дополнительные медико-биологические показатели, полученные в ходе углубленных клинических обследований, лабораторных и

функциональных тестов, осуществляемых как в рамках нормативно-законодательных актов по проведению ПМО, так и в соответствии с возможными ответами организма на неблагоприятное воздействие вредных факторов. Также будут рассмотрены внешние факторы риска здоровью, не связанные с работой, — социально-экономические, поведенческие, психологические детерминанты здоровья, такие как уровень дохода, табакокурение, употребление алкоголя, наркотиков, малоподвижный образ жизни, нерациональное питание и др.

Выводы

1. Вредные условия труда (классы 3.1–3.3) оказывают детерминирующее влияние на здоровье работников производства молочной продукции, приводя к развитию профессионально обусловленных заболеваний — нейросенсорной тугоухости, расстройств вегетативной (автономной) нервной системы, заболеваний костно-мышечной системы и соединительной ткани.

2. Критериями определения области управления профессиональными рисками для здоровья работников производства молочной продукции является наличие на рабочем месте нагревающего или охлаждающего микроклимата, превышение ПДУ эквивалентных уровней шума, физические перегрузки, а также причинно-следственные связи между условиями труда и показателями здоровья работников.

3. Исследование показало, что основой разработки гигиенических мер профилактики нарушений здоровья, связанных с работой, у работников производства молочной продукции является оценка профессионального риска по результатам параллельных санитарно-гигиенических, клинических, эпидемиологических исследований и установление детерминированности развития профессионально обусловленных заболеваний воздействием вредных факторов.

Авторство

Новикова Т. А. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию его результатов; Луцевич И. Н. окончательно утвердил текст присланной в редакцию статьи; Алешина Ю. А. и Барегамия Л. А. приняли участие в получении, статистическом анализе и интерпретации результатов исследования.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Новикова Тамара Анатольевна — ORCID 0000-0003-1463-0559; SPIN 3648-6341

Луцевич Игорь Николаевич — ORCID 0000-0003-2008-6895; SPIN 2435-6069

Алешина Юлия Александровна — ORCID 0000-0001-9798-3151; SPIN 7157-1047

Барегамия Лилиит Артуровна — ORCID 0000-0001-5731-7234; SPIN 2447-3978

Список литературы / References

1. Аганбегян А. Г. Демографическая драма на пути перспективного развития России // Народонаселение. 2017. Т. 20, № 3. С. 4–23.

Aganbegyan A. G. The demographic drama on the path of Russia's long-term development. *Narodonaselenie* [Population]. 2017, 20 (3), pp. 4–23. [In Russian]

2. Афанасьева Р. Ф. Тепловая нагрузка среды и ее влияние на организм // Профессиональный риск для здоровья работников / под ред. Н. Ф. Измерова, Э. И. Денисова. М.: Тривант, 2003. С. 149–156.

Afanas'eva R. F. Heat load of the environment and its effect on the body. In: *Occupational health risks for employees*. Eds. N. F. Izmerov, E. I. Denisov. Moscow, Trovant Publ., 2003, pp. 149–156. [In Russian]

3. Бухтияров И. В., Денисов Э. И., Лагутина Г. Н., Пфаф В. Ф., Чесалин П. В., Степанян И. В. Критерии и алгоритмы установления связи нарушений здоровья с работой // Медицина труда и промышленная экология. 2018. № 8. С. 4–12.

Bukhtiyarov I. V., Denisov E. I., Lagutina G. N., Pfaf V. F., Chesalin P. V., Stepanyan I. V. Criteria and algorithms for establishing the connection between health disorders and work. *Meditcina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2018, 8, pp. 4–12. [In Russian]

4. Вадулина Н. В., Галлямов М. А., Девятова С. М. Профессиональная заболеваемость в России: проблемы и решения // Безопасность техногенных и природных систем. 2020. № 3. С. 7–15.

Vadulina N. V., Gallyamov M. A., Devyatova S. M. Occupational morbidity in Russia: problems and solutions. *Bezopasnost' tekhnogennykh i prirodnnykh system* [Safety of Technogenic and Natural Systems]. 2020, 3, pp. 7–15. [In Russian]

5. Денисов Э. И., Чесалин В. П. Производственно обусловленная заболеваемость: основы методологии // Медицина труда и промышленная экология. 2006. № 8. С. 5–10.

Denisov E. I., Chesalin V. P. Occupationally related morbidity: basic methodology. *Meditcina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2006, 8, pp. 5–10. [In Russian]

6. Джигоев С. Х. Тенденции и перспективы развития трудовых отношений в условиях глобализации и цифровизации экономики // Образование и право. 2020. № 6. С. 152–159. DOI: 10.24411/2076-1503-2020-10623.

Dzhigoev S. H. Trends and prospects for the development of labor relations in the context of globalization and digitalization of the economy. *Obrazovanie i pravo* [Education and law]. 2020, 6, pp. 152–159. DOI: 10.24411/2076-1503-2020-10623. [In Russian]

7. Здравоохранение в России: статистический сборник. 2019 / Росстат. М., 2019. 170 с. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Zdravoohran-2019.pdf> (дата обращения: 02.09.2021).

Healthcare in Russia. Statistical collection. 2019. Rosstat. Moscow, 2019. 170 p. Available at: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Zdravoohran-2019.pdf> (accessed: 02.09.2021). [In Russian]

8. Измеров Н. Ф., Тихонова Г. И., Горчакова Т. Ю. Смертность населения трудоспособного возраста в России и развитых странах Европы: тенденции последнего двадцатилетия // Вестник РАМН. 2014. № 7–8. С. 121–125.

Izmerov N. F., Tikhonova G. I., Gorchakova T. Yu. Mortality of the working age population in Russia and developed countries of Europe: trends of the last twenty years. *Vestnik Rossiiskoi Akademii Meditsinskikh Nauk* [Newsletter of Russian Academy of Medical Sciences]. 2014, 7–8, pp. 121–125. [In Russian]

9. Копытенкова О. И., Турсунов З. Ш., Леванчук А. В., Мироненко О. В., Фролова Н. М., Сазонова А. М. Гигиеническая оценка условий труда в отдельных профессиях строительных организаций // Гигиена и санитария. 2018. № 12. С. 1203–1209. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-12-1203-1209.

Kopytenkova O. I., Tursunov Z. Sh., Levanchuk A. V., Mironenko O. V., Frolova N. M., Sazonova A. M. Hygienic assessment of working conditions in certain professions of construction organizations. *Gigiena i Sanitariya*. 2018, 12, pp. 1203-1209. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-12-1203-1209. [In Russian]

10. Красовский В. О. Новые подходы в анализе, оценке и прогнозе профессионального риска здоровью работников // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 3 (34). С. 89–93.

Krasovskiy V. O. New approaches in the analysis, assessment and prediction of occupational health risks for workers. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal* [International Research Journal]. 2015, 3 (34), pp. 89-93. [In Russian]

11. Маврина Л. Н., Шайхлисламова Э. Р., Хасанова И. Р., Каримова Л. К., Мулдашева Н. А., Бейгул Н. А. Профессиональный риск в производствах обрабатывающего комплекса (обзор литературы) // Санитарный врач. 2020. № 3. С. 29–36. DOI: 10.33920/mtd-08-2003-03.

Mavrina L. N., Shaihlislamova Ye. R., Hasanova I. R., Karimova L. K., Muldasheva N. A., Beygul N. A. Occupational risk in the production of the processing complex (literature review). *Sanitarnyi vrach* [Sanitary doctor]. 2020, 3, pp. 29-36. DOI: 10.33920/mtd-08-2003-03. [In Russian]

12. 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. URL: <https://superomsk.ru/downloads/05-07-2021-105725.pdf> (дата обращения: 06.09.2021).

On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in 2020. State report. Moscow, 2021, 256 p. Available at: <https://superomsk.ru/downloads/05-07-2021-105725.pdf> (accessed: 06.09.2021). [In Russian]

13. Охрана труда — основа будущего сферы труда. Опираясь на столетний опыт / Группа технической поддержки по вопросам достойного труда и Бюро МОТ для стран Восточной Европы и Центральной Азии. М.: МОТ, 2019. URL: http://rosprofzhel.rzd.ru/article_files/art_2508_1.pdf (дата обращения: 06.09.2021).

Labor protection is the foundation of the future world of work. Building on 100 years of experience / Decent Work Technical Support Team and ILO Office for Eastern Europe and Central Asia. Moscow, 2019. Available at: http://rosprofzhel.rzd.ru/article_files/art_2508_1.pdf (accessed: 09.06.2021). [In Russian]

14. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Доступ из электронного фонда правовых и нормативно-технических документов. Источник <http://docs.cntd.ru/document/1200040973>.

R 2.2.2006-05. Guidelines for the hygienic assessment of the factors of the working environment and the labor process. Criteria and classification of working conditions. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200040973> (accessed: 06.21.2021). [In Russian]

15. Р 2.2.1766-03. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки. Доступ из электронного фонда правовых и нормативно-технических документов. Источник: <http://docs.cntd.ru/document/901902053>.

R 2.2.1766-03. Guidelines for the assessment of occupational health risks for workers. Organizational and methodological foundations, principles and evaluation criteria. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/901902053> (accessed: 06.21.2021). [In Russian]

16. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Доступ из электронного фонда правовых и нормативно-технических документов. Источник: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>.

SanPiN 1.2.3685-21. Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness to humans of environmental factors. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (accessed: 06.21.2021). [In Russian]

17. Сененко А. Ш., Савченко Е. Д., Сон И. М., Захарченко О. О., Терентьева Д. С., Дзюба Н. А. Результаты диспансеризации 2013–17 гг.: распределение обследованного населения по группам здоровья // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2019. № 1. С. 67–90. DOI: 10.24411/2312-2935-2019-10005.

Senenko A. Sh., Savchenko E. D., Son I. M., Zaharchenko O. O., Terent'eva D. S., The results of the clinical examination in 2013-17: the distribution of the surveyed population by health groups. *Sovremennye problemy zdavoookhraneniia i meditsinskoi statistiki* [Modern problems of health care and medical statistics]. 2019, 1, pp. 67-90. DOI: 10.24411/2312-2935-2019-10005. [In Russian]

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

Ustinova O. Yu., Zaitseva N. V., Vlasova E. M., Kostarev V. G. Corporate programs for the prevention of health disorders among employees of hazardous enterprises as a tool for occupational risk management. *Analiz riska zdorov'yu* [Health Risk Analysis]. 2020, 2, pp. 72-82. DOI: 10.21668/health.risk/2020.2.08. [In Russian]

19. Федеральная служба государственной статистики. Условия труда. Удельный вес работников организаций, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда по отдельным видам экономической деятельности (без субъектов малого предпринимательства; на конец 2020 года) URL: https://rosstat.gov.ru/working_conditions?print=1 (дата обращения: 13.09.2021).

Federal State Statistics Service. Working conditions. The share of employees of organizations engaged in work with harmful and (or) hazardous working conditions for certain types of economic activities (excluding small businesses; at the end of 2020) Available at: https://rosstat.gov.ru/working_conditions?print=1 (accessed: 09.13.2021). [In Russian]

20. Chen C. J., Dai Y. T., Sun Y. M., Lin Y. C., Juang Y. J. Evaluation of auditory fatigue in combined noise, heat and workload exposure. *Ind. Health*. 2007, 45 (4), pp. 527-534. DOI: 10.2486/indhealth.45.527. Available at: https://rosstat.gov.ru/working_conditions?print=1 (accessed: 07.09.2021).

21. Chen G. X., Mannetje A. M., Douwes J., Van den Berg L., Pearce N., Kromhout H. et al. Occupation and motor neuron disease: a New Zealand case-control study. *Occupational and environmental medicine*. 2019, 76 (5), pp. 309-316. DOI: 10.1136/oemed-2018-105605 Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30902826/> (accessed: 15.09.2021).
22. Dennerlein J. T., Burke L., Sabbath E. L., Williams J. A., Peters S. E., Wallace L., Karapanos M., Sorensen G. An Integrative Total Worker Health Framework for Keeping Workers Safe and Healthy During the COVID-19 Pandemic. *Hum. Factors*. 2020, 62 (5), pp. 689-696. DOI: 10.1177/0018720820932699. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32515231/> (accessed: 07.09.2021).
23. Good Practice in Occupational Health Services: A Contribution to Workplace Health. EUR/02/5041181. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. 2002. Available at: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/107448/E77650.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed: 02.09.2021).
24. Golmohammadi R., Darvishi E. The combined effects of occupational exposure to noise and other risk factors - a systematic review. *Noise & Health*. 2019, 21 (101), pp. 125-141. DOI: 10.4103/nah.nah_4_18. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32719300/> (accessed: 07.09.2021).
25. Kivimäki M., Steptoe A. Effects of stress on the development and progression of cardiovascular disease. *Nat Rev Cardiol*. 2018, 5 (4), pp. 215-229. DOI: 10.1038/nrcardio.2017.189. Available at: <https://www.nature.com/articles/nrcardio.2017.189> (accessed: 17.09.21).
26. Soren G. I., Dennerlein J. T., Peters S. E., Sabbath L., Kelly E. L., Wagner G. R. The future of research on work, safety, health and wellbeing: A guiding conceptual framework. *Social Science & Medicine*. 2021, 269, p. 113593. DOI: 10.1016/j.socscimed.2020.113593 Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33341740/> (accessed: 15.09.2021).
27. Vanos J., Vecellio D. J., Tord K. Workplace heat exposure, health protection, and economic impacts: A case study in Canada. *Industrial health*. 2019, 62 (2), pp. 1024-1037. DOI: 10.1002 / ajim.22966. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30912193/> (accessed: 07.09.2021).
28. Waddell G., Burton K., Aylward M. Work and common health problems. *J Insur Med*. 2007, 39 (2), pp. 109-20. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17941336/> (accessed: 16.09.2021).

Контактная информация:

Новикова Тамара Анатольевна — кандидат биологических наук, доцент, заведующая лабораторией гигиены труда Саратовского МНЦ гигиены ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора

Адрес: 420022, г. Саратов, ул. Заречная зд. 1 «А», стр.1.
E-mail: novikovata-saratov@yandex.ru

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ *ENTEROCOCCUS FAECALIS*, ВЫДЕЛЕННЫХ ОТ ДЕТЕЙ С ИНФЕКЦИЕЙ МОЧЕВЫВОДЯЩИХ ПУТЕЙ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ РОССИИ

© 2021 г. ¹Т. С. Коменкова, ¹Е. А. Зайцева, ²А. М. Шадрин

¹ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный медицинский университет» Минздрава России, Владивосток;

²ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследований
Российской академии наук», г. Пушкино

Введение: Наиболее типичным возбудителем инфекций мочевыводящих путей (ИМП) является *Escherichia coli*, однако в Приморском крае России среди детей и новорожденных наиболее распространенным возбудителем ИМП является *Enterococcus faecalis*.

Цель: Генотипирование и тестирование наличия генов факторов патогенности у изолятов *E. faecalis*, выделенных у детей при ИМП в Приморском крае Дальневосточного региона России.

Методы: Представлены результаты детальной характеристики 42 клинических изолятов *E. faecalis*, выделенных в период с 2013 по 2017 год при ИМП из мочи у детей в возрасте до 16 лет. Филогенетическое разнообразие штаммов было определено с помощью метода multilocus sequence typing (MLST). В изолятах методом полимеразной цепной реакции было протестировано наличие шести генов факторов патогенности (*cylA*, *aggA*, *efaA*, *eep*, *gelE*, *esp*).

Результаты: Среди *E. faecalis* встречаемость генов патогенности *cylA*, *aggA*, *efaA*, *eep*, *gelE* и *esp* составила 50,0, 80,95, 100, 100, 76,2 и 71,4 % соответственно. Определено одиннадцать вариантов сочетания изучаемых генов, среди которых наиболее распространены (*aggA*, *cylA*, *efaA*, *eep*, *gelE*, *esp*) и (*aggA*, *efaA*, *eep*, *gelE*). Среди уропатогенных *E. faecalis* выявлено четырнадцать сиквенс-типов (ST6, ST16, ST21, ST25, ST40, ST41, ST64, ST116, ST133, ST151, ST179, ST480, ST537, ST774) с преобладанием ST179, ST774, ST6.

Выводы: Выявленное разнообразие сиквенс-типов указывает на генетическую неоднородность уропатогенных энтерококков, выделенных в Приморском крае. Наличие большого числа генов патогенности и их комбинаций способствует преобладанию *E. faecalis* в регионе как клинически значимого этиологического агента ИМП у детей. Выявление высоковирулентных сиквенс-типов, таких как *E. faecalis* ST6, ST179 и ST774, подчеркивает важность проведения дальнейших исследований для определения структуры популяции энтерококков.

Ключевые слова: *Enterococcus faecalis*, генетическая вариабельность, MLST, гены патогенности, инфекция мочевыводящих путей

GENETIC DIVERSITY OF *ENTEROCOCCUS FAECALIS* ISOLATES FROM CHILDREN WITH URINARY TRACT INFECTION IN PRIMORSKY KRAI OF RUSSIA

¹T. S. Komenkova, ¹E. A. Zaitseva, ²A. M. Shadrin

¹Pacific State Medical University, Vladivostok; ²Pushchino Scientific Center for Biological Research of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia

Background: *Escherichia coli* is the most common cause of urinary tract infections (UTI). However, *Enterococcus faecalis* has been shown to be the most common causative agent of UTI among children and newborns in Primorsky Krai of Russia warranting further research.

Aim: To study the occurrence of pathogenicity factor genes in the *E. faecalis* isolates from children with UTI in the Primorsky Krai of the Russian Far East.

Methods: Forty-two *E. faecalis* clinical isolates from children under the age of 16 with UTI identified in 2013-2017 were studied. Phylogenetic diversity of the strains was assessed by the multilocus sequence typing. Six genes, namely, *cylA*, *aggA*, *efaA*, *eep*, *gelE*, *esp* were tested in the isolates by polymerase chain reaction.

Results: *CylA*, *aggA*, *efaA*, *eep*, *gelE* and *esp* genes occurred in 50.0 %, 80.95 %, 100 %, 100 %, 76.2 % and 71.4 % of the isolates, respectively. Eleven different gene variants were detected for the combination of pathogenicity factor genes. The most common gene variants were (*aggA*, *cylA*, *efaA*, *eep*, *gelE*, *esp*) and (*aggA*, *efaA*, *eep*, *gelE*). Among the uropathogenic *E. faecalis*. Fourteen sequence-types were identified (ST6, ST16, ST21, ST25, ST40, ST41, ST64, ST116, ST133, ST151, ST179, ST480, ST537, ST774), with ST179, ST774, ST6 being the most common.

Conclusions: The identified diversity of sequence-types indicates the genetic heterogeneity of uropathogenic enterococci isolated in the Primorsky Krai. The detection of a large amount of pathogenicity factors and their combinations causes the predominance of *E. faecalis* in the region as a clinically relevant etiological agent of UTI among children. The identification of highly virulent sequence types such as *E. faecalis* ST6, ST179 and ST774 warrants further research to determine the population structure of enterococci.

Key words: *Enterococcus faecalis*, genetic diversity, MLST, pathogenicity genes, urinary tract infection

Библиографическая ссылка:

Коменкова Т. С., Зайцева Е. А., Шадрин А. М. Генетическая вариабельность *Enterococcus faecalis*, выделенных от детей с инфекцией мочевыводящих путей в Приморском крае России // Экология человека. 2021. № 12. С. 49–55.

For citing:

Komenkova T. S., Zaitseva E. A., Shadrin A. M. Genetic Diversity of *Enterococcus faecalis* Isolates from Children with Urinary Tract Infection in Primorsky Krai of Russia. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 12, pp. 49-55.

Введение

Энтерококки составляют неотъемлемую часть кишечной микрофлоры многих беспозвоночных, птиц и млекопитающих, включая человека [27]. Роль энтерококков заключается в поддержании микробного гомеостаза, стимуляции иммунной модуляции и предотвращении развития инфекций патогенными бактериями и вирусами [4]. С другой стороны, энтерококки, в частности *Enterococcus faecalis*, все чаще занимают лидирующую позицию в этиологии различных заболеваний, в том числе инфекций мочевыводящих путей (ИМП) [1–3]. Так, в Приморском крае, по данным Краевой детской клинической больницы № 1 (Владивосток) за 2007–2015 годы, в отделении новорожденных *E. faecalis* имел первостепенное значение в развитии ИМП, выявляясь в диапазоне от 30,8 до 74,5 % случаев, с тенденцией роста в 2015 году [3].

Рост заболеваемости энтерококковыми инфекциями связывают с различными факторами патогенности, в том числе с генами вирулентности, которые могут инициировать инфекционный процесс [11]. Цитотоксин (Cyt) — токсин белковой природы, обладающий цитолитической (в отношении прокариотических и эукариотических клеток), гемолитической и бактерицидной активностью [4]. Многочисленные исследования доказали наличие связи между экспрессией цитотоксина и повышенной тяжестью инфекции, вызванной *E. faecalis* [9, 10].

Группа гидролитических ферментов, включающая гиалуронидазу (Hyl), желатиназу (GelE) и сериновую протеазу (SprE), также увеличивает вирулентность энтерококков. Данные протеазы участвуют в инвазии и транслокации *E. faecalis*, а также в распространении их токсинов через ткань хозяина [16].

Поверхностно-опосредованная белковая адгезия к тканям хозяина приводит к энтерококковой колонизации и последующему образованию биопленки, воспалению и развитию инфекции. Примерами поверхностно-экспонированных маркеров вирулентности *E. faecalis* являются капсульные полисахариды, гликолипиды, коллаген-связывающий белок (Ace), пили, ассоциированные с развитием эндокардита и биопленки (Ebp), агрегационные вещества (AS, Agg) и др. [18, 10, 29]. Известно, что энтерококковый поверхностный белок (Esp) участвует в клеточной адгезии, колонизации и персистенции в мочевых путях, уклонении от иммунной системы [18]. Белок агрегации (Agg) обеспечивает адгезию *E. faecalis* к различным клеткам хозяина, в том числе клеткам почечных канальцев и энтероцитов [10].

Энтерококки известны своей способностью обмениваться генетической информацией посредством горизонтального переноса генов, благодаря чему может происходить усиление их вирулентности [11]. Кроме того, предполагается, что горизонтальный перенос генов играет ключевую роль в формировании энтерококковых геномов, бактериальной функциональности и филогении *E. faecalis* [9]. Структура популяции *E. faecalis* включает в себя множество сиквент-типов

(ST) и клональных комплексов (CC). Клональные комплексы CC2, CC9, CC16, CC30, CC40 и CC87 относятся к CC высокого риска, поскольку они в основном включают в себя изоляты, вызывающие инфекцию у госпитализированных пациентов, а также участвуют в распространении устойчивости к противомикробным препаратам [7, 14].

Однако данных о генетическом разнообразии популяции уропатогенных энтерококков на территории России недостаточно для понимания целостной картины их вклада в этиопатогенез ИМП. Таким образом, очевидна необходимость проведения глубоких исследований популяции *E. faecalis* с помощью современных методов.

Целью данной работы являлось генотипирование и тестирование наличия генов факторов патогенности у изолятов *Enterococcus faecalis*, выделенных у детей при инфекциях мочевыводящих путей в Приморском крае Дальневосточного региона России.

Методы

Исследование было одобрено Междисциплинарным комитетом по этике Тихоокеанского государственного медицинского университета (Протокол № 4 от 26 декабря 2016 г. и Протокол № 3 от 20 ноября 2017 г.). Информированное согласие на участие в исследовании было получено от родителей детей или их законных опекунов.

Изоляты *E. faecalis* (n = 42) были выделены в период с 2013 по 2017 год в краевой детской клинической больнице № 1 г. Владивостока из мочи у детей в возрасте от трех дней до шестнадцати лет с инфекциями мочевыводящих путей. Штаммы уропатогенных фекальных энтерококков были охарактеризованы нами ранее с помощью микробиологических методов [2].

Бактериальную ДНК у *E. faecalis* (n = 42) выделяли с помощью набора «ДНК-экспресс» (Литех, Москва).

Тестирование генов факторов патогенности энтерококков (n = 42) проводили с помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР), применяя ранее разработанные наборы праймеров (табл. 1), синтезированные

Таблица 1
Праймеры для тестирования генов факторов патогенности *E. faecalis* и параметры полимеразной цепной реакции

Ген; размер фрагмента (bp)	Последовательность ДНК	Температура отжига	Ссылка
<i>cylA</i> ; 517	TGGATGATAGTGATAGGAAGT TCTACAGTAAATCTTTCGTCA	57 °C	[5]
<i>aggA</i> ; 1553	AAGAAAAAGTAGACCAAC AACGGCAAGACAAGTAAATA	52 °C	[5]
<i>efaA</i> ; 705	GACAGACCCCTCACGAATA AGTTCATCATGCTGCTGTAGTA	52 °C	[5]
<i>eep</i> ; 937	GAGCGGGTATTTTAGTTCGT TACTCCAGCATTGGATGCT	58 °C	[5]
<i>esp</i> ; 933	TTGCTAATGCTAGTCCACGACC GCGTCAACACTTGCATTGCCGAA	62 °C	[5]
<i>gelE</i> ; 419	ACCCCGTATCATTTGGTTT ACGCATTGCTTTTCCATC	56 °C	[22]

компаний «Евроген» (Москва), проводили ПЦР в соответствии с рекомендованными параметрами на амплификаторе Mastercycler proS (Eppendorf). Скорость нагрева и охлаждения проб была уменьшена до 50 %. Продукты амплификации анализировали в 1 % агарозном геле, содержащем 1 мкг/мл бромистого этидия, в ультрафиолетовом свете с помощью гель-документирующей системы E-Box VX5/20M.

Для генотипирования изолятов использовали метод мультислокусного типирования (MLST) [19]. ПЦР-амплификацию локусов проводили в соответствии с рекомендациями, опубликованными на сайте базы данных <http://efaecalis.mlst.net/misc/info.asp>. Продукты ПЦР очищали методом электрофореза в агарозном геле и с помощью набора «Cleanup mini» (Евроген, Москва). Построение филогенетических дендрограмм проводили с помощью сервиса Interactive Tree of Life (iTOL) [12]. Полученные нуклеотидные последовательности были депонированы в международную базу данных «*Enterococcus faecalis* MLST Databases» (<https://pubmlst.org/efaecalis/>).

Результаты

Описанная коллекция *E. faecalis* была проанализирована с помощью ПЦР на присутствие генов, кодирующих факторы патогенности (*aggA*, *esp*, *efaA*, *eep*, *cylA*, *gelE*). Все изоляты энтерококков содержали более двух из шести тестируемых генов факторов патогенности. У одного изолята (2,4 %) выявили два гена, кодирующих факторы патогенности, у трех (7,2 %) — три гена, у четырнадцати (33,3 %) — четыре гена, у десяти (23,8 %) — пять генов факторов патогенности и еще у четырнадцати (33,3 %) изолятов — все тестируемые гены исследуемых факторов патогенности (табл. 2).

Среди исследуемых культур *E. faecalis* частота встречаемости генов *cylA* (цитоллизин), *aggA* (вещество агрегации), *efaA* (белок, связанный с адгезией),

Таблица 2
Комбинация генов факторов патогенности, у уропатогенных *E. faecalis*, выделенных из мочи от детей с инфекцией мочевых путей

Номер генов-варианта	Комбинация генов факторов патогенности	Сиквенс-тип (Частота встречаемости, n)
1	<i>aggA</i> , <i>cylA</i> , <i>efaA</i> , <i>eep</i> , <i>gelE</i> , <i>esp</i>	ST25 (1); ST116 (1); ST179 (11); ST537 (1)
2	<i>aggA</i> , <i>cylA</i> , <i>efaA</i> , <i>eep</i> , <i>gelE</i>	ST179 (1); ST64 (1)
3	<i>aggA</i> , <i>efaA</i> , <i>eep</i> , <i>gelE</i>	ST774 (2); ST6 (5)
4	<i>efaA</i> , <i>eep</i> , <i>gelE</i> , <i>esp</i>	ST40 (2); ST151 (1)
5	<i>aggA</i> , <i>cylA</i> , <i>efaA</i> , <i>eep</i>	ST16 (1); ST133 (1)
6	<i>aggA</i> , <i>efaA</i> , <i>eep</i> , <i>gelE</i> , <i>esp</i>	ST41 (1); ST25 (1); ST774 (3)
7	<i>aggA</i> , <i>cylA</i> , <i>efaA</i> , <i>eep</i> , <i>esp</i>	ST16 (2)
8	<i>aggA</i> , <i>efaA</i> , <i>eep</i> , <i>esp</i>	ST774 (1); ST480 (1)
9	<i>efaA</i> , <i>eep</i>	ST21 (1)
10	<i>cylA</i> , <i>efaA</i> , <i>eep</i> , <i>gelE</i> , <i>esp</i>	ST179 (1)
11	<i>efaA</i> , <i>eep</i> , <i>esp</i>	ST21 (3)

Таблица 3

Идентификация генов, кодирующих факторы патогенности у уропатогенных *E. faecalis*, выделенных от детей с инфекцией мочевых путей

Номер штамма	id	Год изоляции	Ген факторов патогенности						Общее число	Сиквенс-тип
			<i>aggA</i>	<i>esp</i>	<i>cylA</i>	<i>efaA</i>	<i>eep</i>	<i>gelE</i>		
PRV054	1780	2013	+	—	—	+	+	+	4	ST6
PRN030	1779	2015	+	—	—	+	+	+	4	ST6
PRN033	1926	2015	+	—	—	+	+	+	4	ST6
PR198	2099	2016	+	—	—	+	+	+	4	ST6
PRV158	1936	2016	+	—	—	+	+	+	4	ST6
PR050	1781	2013	+	+	+	+	+	—	5	ST16
PR212	1945	2016	+	+	+	+	+	—	5	ST16
PRV092	1782	2016	+	—	+	+	+	—	4	ST16
PRV082	1783	2016	—	—	—	+	+	—	2	ST21
PRV044	1927	2013	—	+	—	+	+	—	3	ST21
PRN095	1928	2016	—	+	—	+	+	—	3	ST21
PRV118	1931	2016	—	+	—	+	+	—	3	ST21
PRU35	1939	2015	+	+	—	+	+	+	5	ST25
PR048	1933	2013	+	+	+	+	+	+	6	ST25
PRA038	1785	2013	—	+	—	+	+	+	4	ST40
PR055	1784	2013	—	+	—	+	+	+	4	ST40
PRV049	1786	2013	+	+	—	+	+	+	5	ST41
PRV102	1929	2016	+	—	+	+	+	+	5	ST64
PR042	1787	2013	+	+	+	+	+	+	6	ST116
PR293	1943	2017	+	—	+	+	+	—	4	ST133
PR036	1938	2015	—	+	—	+	+	+	4	ST151
PRU047	1788	2013	+	—	+	+	+	+	5	ST179
PR043	1940	2013	—	+	+	+	+	+	5	ST179
PRV052	1789	2013	+	+	+	+	+	+	6	ST179
PRV100	1791	2016	+	+	+	+	+	+	6	ST179
PRV105	1790	2016	+	+	+	+	+	+	6	ST179
PRV103	1930	2016	+	+	+	+	+	+	6	ST179
PRV086	1941	2016	+	+	+	+	+	+	6	ST179
PR 278	1942	2017	+	+	+	+	+	+	6	ST179
PR 370	1944	2017	+	+	+	+	+	+	6	ST179
PR233	1946	2016	+	+	+	+	+	+	6	ST179
PR243	1947	2017	+	+	+	+	+	+	6	ST179
PR247	1948	2017	+	+	+	+	+	+	6	ST179
PR251	1949	2017	+	+	+	+	+	+	6	ST179
PR215	1937	2016	+	+	—	+	+	—	4	ST480
PR230	1932	2016	+	+	+	+	+	+	6	ST537
PR051	1792	2013	+	—	—	+	+	+	4	ST774
PRA029	1795	2015	+	—	—	+	+	+	4	ST774
PR040	1794	2013	+	+	—	+	+	—	4	ST774
PRA081	1793	2016	+	+	—	+	+	+	5	ST774
PRL079	1934	2016	+	+	—	+	+	+	5	ST774
PRV080	1935	2016	+	+	—	+	+	+	5	ST774

Примечание. id — международный идентификационный номер, присвоенный штамму *E. faecalis*, в международной базе данных «*Enterococcus faecalis* MLST Databases» (<https://pubmlst.org/efaecalis/>)

eep (усилитель экспрессии феромона), *gelE* (желатиназа) и *esp* (поверхностный белок) составляла 50,0, 80,95, 100, 100, 76,2 и 71,4 % соответственно. Стоит отметить, что два гена, кодирующих факторы патогенности — *efaA* и *eep*, выявлялись у всех исследуемых уропатогенных *E. faecalis*. Эти данные свидетельствуют в пользу того, что продукты генов *efaA* и *eep* необходимы *E. faecalis* при взаимодействии с эукариотическим организмом на определенных этапах инфекционного процесса.

Известно, что количество детектируемых генов факторов патогенности коррелирует с вирулентностью штаммов [8]. Частота встречаемости генов факторов патогенности у дальневосточных клинических изолятов, выделенных из мочи у детей, выше, чем в коллекциях клинических изолятов *E. faecalis*, выделенных из мочи, описанных другими исследователями. Так, например, гены *efaA*, *eep*, *aggA*, *cylA*, *gelE* встречались в 3 раза чаще, чем в коллекции из Кувейта [26], и в 2 раза чаще, чем в бразильских изолятах [5]. Для генов *gelE*, *esp*, *efaA*, *eep* частота детекции была в 1,5 раза выше, чем для изолятов, описанных в Чили [17]. Интересно, что частота встречаемости генов *cylA*, *esp* и *gelE* была сопоставима с частотой встречаемости, описанной для штаммов энтерококков, выделенных в Okayama University Hospital (Япония) [21].

Результаты ПЦР-анализа выявили одиннадцать вариантов сочетания генов, кодирующих факторы патогенности у штаммов *E. faecalis*, выделенных из мочи у детей (табл. 3). Из приведенных данных видно, что самыми распространенными геновариантами являются первый (*aggA*, *cylA*, *efaA*, *eep*, *gelE*, *esp*) ($n = 14$; 33,3 %) и третий (*aggA*, *efaA*, *eep*, *gelE*) ($n = 7$; 16,7 %).

По результатам мультилокусного типирования 42 протестированных *E. faecalis* принадлежали к четырнадцати (ST6, ST16, ST21, ST25, ST40, ST41, ST64, ST116, ST133, ST151, ST179, ST480, ST537, ST774) сиквенс-типам (рисунок).

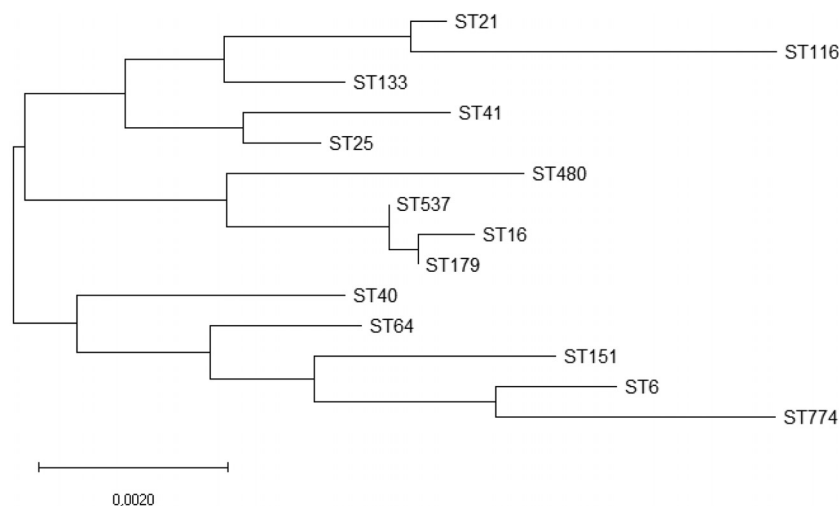
Среди *E. faecalis*, выделенных из мочи детей в Приморском крае, наиболее часто выявлялся ST179, который включал тринадцать штаммов. Реже встречались ST774 ($n = 6$), ST6 ($n = 5$), ST21 ($n = 4$), ST16 ($n = 3$), ST25 ($n = 2$) и ST40 ($n = 2$). Для ST41, ST64, ST116, ST133, ST151, ST480, ST537 было идентифицировано по одному штамму.

Штаммы *E. faecalis* внутри некоторых сиквенс-типов (ST16, ST21, ST25, ST179 и ST774) демонстрировали различные комбинации изучаемых генов факторов патогенности (см. табл. 2, 3).

E. faecalis ST16 сиквенс-типа имели два различных геноварианта: (*aggA*, *cylA*, *efaA*, *eep*, *esp*) ($n = 2$) и (*aggA*, *cylA*, *efaA*, *eep*) ($n = 1$). Энтерококки ST21 характеризовались минимальным набором генов патогенности, штаммы данного сиквенс-типа несли два (*efaA*, *eep*) ($n = 1$) или три (*efaA*, *eep*, *esp*) ($n = 3$) исследуемых гена. Для ST25 отмечено два варианта комбинации генов патогенности: 1) с максимальным числом исследуемых генов — первый геновариант ($n = 1$); и 2) шестой геновариант, отличающийся от первого варианта отсутствием *cylA* гена ($n = 1$) (см. табл. 2, 3).

Сиквенс-типу ST179 соответствовало тринадцать *E. faecalis* с тремя разными (первым, вторым и десятым) генотипами. Штаммы ST179 содержали максимальное количество исследованных генов факторов патогенности (первый геновариант ($n = 11$)), за исключением *E. faecalis* PRV047, в котором отсутствовал ген *esp* (второй геновариант) и *E. faecalis* PR043, в котором отсутствовал *aggA* ген (десятый геновариант) (см. табл. 2, 3).

К сиквенс-типу ST774 относилось шесть штаммов *E. faecalis* с тремя (третий ($n = 2$), шестой ($n = 3$) и восьмой ($n = 1$)) генотипами. *E. faecalis* PRL079, *E. faecalis* PRV080 и *E. faecalis* PRA081 обладали наибольшим количеством (пятью из шести) генов факторов патогенности (6 геновариант). Генотипы штаммов *E. faecalis* PRA029 и *E. faecalis* PR051 (3 геновариант), в отличие от 6 геноварианта не обладали геном *esp*. Штамм *E. faecalis* PR040 содержал



Дендрограмма, отображающая филогенетическое сходство штаммов *E. faecalis*, изолированных в Приморском крае

ген *esp*, однако был ПЦР-негативен по гену, кодирующему желатиназу (8 геновариант) (см. табл. 2, 3).

Обсуждение

Характеристика 42 штаммов *E. faecalis*, выделенных из мочи детей в Приморском крае с использованием MLST, является первой попыткой описания генетической структуры популяции этого вида в России. Полученные результаты были сопоставлены с базой данных MLST [12], содержащей данные о более чем 2 200 штаммах *E. faecalis*. Среди штаммов *E. faecalis*, выявленных в Приморском крае, были идентифицированы наиболее распространённые в мире сиквенс-типы – ST6 (113 (5,7 %) загрузок в базу данных), ST16 (65 (3,3 %) загрузок в базу данных), ST21 (69 (3,5 %) загрузок в базу данных) и ST40 (60 (3,0 %) загрузок в базу данных) [12].

Так, ST6 был обнаружен в 12 странах мира: Испании, США, Португалии, Польше, Норвегии, Кубе, Нидерландах, Франции, Нигерии, Японии, Испании, Малайзии [12]. Штаммы *E. faecalis* ST6 заслуживают особого внимания, поскольку данный сиквенс-тип обычно встречается среди нозокомиальных изолятов и представляет собой адаптировавшийся к госпитальной среде клональный комплекс CC2 [19, 28]. Однако в Нигерии ST6 был выделен из фекалий животных (свиней) [12], а в Норвегии из фекалий здорового младенца [23]. По данным литературы известно, что *E. faecalis* CC2 обладают чувствительностью к ванкомицину, редко несут ген поверхностного белка энтерококка (*esp*), но проявляют высокую устойчивость к аминогликозидам [15]. Все исследованные нами штаммы *E. faecalis* ST6, выделенные в Приморском крае, не несли ген *esp*, были чувствительны к ванкомицину, но устойчивы к аминогликозидам (данные не показаны).

В исследовании Kawalec M. с соавт. среди клинических изолятов *E. faecalis*, выделенных в Польше, сиквенс-тип ST40 являлся наиболее частым [13]. Ранее ST40 не относился к адаптированным клиническим изолятам, так как был обнаружен только у трех штаммов энтерококков, выделенных от животного в Нидерландах, от госпитализированного пациента и от здорового добровольца из Испании [12]. Это позволило авторам предположить, что адаптированный клинический ST40 возник в Польше или соседних странах [13]. На сегодняшний день циркуляция данного сиквенс-типа наблюдается по всей Европе [12, 24]. В других странах (Куба, Бразилия, Нигерия, США) ST40 выделяется спорадически и, возможно, является результатом завоза [12]. Интересно, что в граничащем с Приморским краем Китае данный сиквенс-тип также был выявлен у энтерококков, изолированных при ИМП [29].

В недавнем исследовании коллекции *E. faecalis* ST40 было обнаружено, что гены *gelE*, *fsrB* и *cps* несли все штаммы энтерококков данного сиквенс-типа, а для *asc-10*, *cylM* и *esp* частота детекции варьировала от 16,7 до 78,6 %. Кроме того, не было обнаружено каких-либо расхождений между

присутствием отдельных маркеров (*gelE* и *cylM*) и их экспрессией [30]. Приморские штаммы *E. faecalis* ST40 (id 1784; 1785) не несли *cylA*, и один штамм обладал желатиназо-негативным фенотипом в присутствии гена *gelE*. Однако из-за малого количества изолятов ST40 (n = 2) в данном исследовании очень трудно делать однозначные выводы о геномной изменчивости энтерококков внутри данного сиквенс-типа при распространении на другие территории.

Считается, что ST21 не имеет особого значения для больничной среды, так как часто обнаруживается у энтерококков, изолированных из еды, окружающей среды и от животных [12, 14]. Выявление штаммов *E. faecalis* ST21 среди госпитализированных пациентов предполагает, что они обладают свойствами, способствующими колонизации тканей человека [7]. Так, в исследовании Kuch A. с соавт. около 30 % клинических штаммов энтерококков ST21 сиквенс-типа обладали множественной лекарственной устойчивостью (МЛУ), которая обычно обнаруживалась среди основных эпидемических штаммов [14], а в Польше данный сиквенс-тип включал три изолята ванкомицин-резистентных энтерококков [13]. Штаммы *E. faecalis* ST21 сиквенс-типа, выделенные на территории Приморского края, не обладали МЛУ, были чувствительны к ванкомицину (данные не показаны) и характеризовались минимальным набором изучаемых генов патогенности, что может указывать на роль других генов в инициации ИМП либо на снижение резистентности макроорганизма, благодаря чему авирулентный штамм оказался способным вызвать инфекционный процесс.

На основе кластерного анализа сиквенс-типы ST179, ST16 и ST537 объединены в клональный комплекс CC16. Считается, что энтерококки, относящиеся к CC16, хорошо адаптированы к условиям больничной среды, способны приобретать экзогенные гены посредством рекомбинации и могут нести детерминанты устойчивости к ванкомицину (*vanA* или *vanB*), а также конъюгативные плазмиды и транспозоны, участвующие в передаче генов устойчивости к антибактериальным препаратам и вирулентности [6]. В Приморском крае CC16 оказался наиболее распространенным клональным комплексом, на который приходилось 40,5 % изучаемых *E. faecalis*. Интересно, что сиквенс-типы, входящие в CC16, чаще распространены в азиатских странах (Китай [29], Корея [12], Япония [25], Малайзия [28], Саудовская Аравия [6]) и реже выявляются в Америке [12, 20] и странах Европы [12].

Несмотря на близкое филогенетическое расположение, штаммы энтерококков ST16, ST179 и ST537, выделенные в Приморском крае, относились к разным геновариантам – 1, 2, 5, 7 и 10 (см. табл. 2). Генетическая вариабельность среди сиквенс-типов CC16 также была обнаружена другими учеными. Так, в Китае среди изолятов энтерококков, выделенных из мочи, ген *aggA* чаще детектировался у ST16, а присутствие *gelE* было ассоциировано с ST179 [29].

Обращает на себя внимание ST774 ($n = 6$), который часто встречался в Приморском крае. В настоящее время в мире зафиксирован только один случай выявления *E. faecalis* ST774 от госпитализированного пациента в Венгрии [12]. В нашем исследовании уропатогенные штаммы *E. faecalis* ST774 сиквенс-типа содержали от 4 до 5 генов факторов патогенности. При этом штамм *E. faecalis* PRAs081 был выделен из мочи от пациента с летальным исходом.

Среди *E. faecalis*, выделенных на территории Приморского края, 38 из 42 содержали четыре гена и более, кодирующих факторы патогенности, что намного выше описанных другими группами исследователей [5, 17, 26]. Наличие различных комбинаций генов вирулентности подтверждает, что уропатогенность энтерококков — это полидетерминированная характеристика, зависящая от множества, а не отдельных факторов [1]. Развитие инфекционного процесса требует взаимодействия разнообразных генов, ответственных за секрецию и регуляцию экспрессии факторов вирулентности [26]. По-видимому, наличие большого числа генов патогенности и их комбинаций способствует селекции высокопатогенных штаммов энтерококков, что дает им преимущество при развитии инфекционного процесса и делает *E. faecalis* одним из преобладающих уропатогенов в Приморском крае.

Известно, что *E. faecalis* заселяют кишечник большинства видов теплокровных животных и способны выживать при попадании в почву или водоемы [9]. На распространение и циркуляцию *E. faecalis* также влияет их способность заселять пищеварительный тракт птиц [9]. Филогенетическое разнообразие энтерококков, охарактеризованных в данной работе, не выявило наличия на территории Приморского края единого «сверхпатогенного» штамма *E. faecalis*, однако может указывать на наличие неблагоприятной экологической обстановки, способствующей сохранению и циркуляции штаммов *E. faecalis*, обладающих большим набором факторов патогенности и способных вызывать ИМП. Выявленное разнообразие (как редко, так и широко встречаемых в мире) сиквенс-типов указывает на генетическую неоднородность энтерококков, выделенных в Приморском крае. Возможно, близость стран Азиатско-Тихоокеанского региона и большой туристический проход способствуют формированию региональных особенностей в распространении сиквенс-типов среди мочевых изолятов энтерококков и селекции высоковирулентных штаммов *E. faecalis*.

Таким образом, полученные результаты показывают штаммоспецифический полиморфизм спектра генов, кодирующих факторы адгезии и инвазии у уропатогенных *E. faecalis*, выделенных у детей в Приморском крае.

Заключение

Мультилокусное типирование 42 штаммов *E. faecalis*, выделенных в Приморском крае, впервые представило данные о генетической структуре популяции этого вида в России. Высокая генетическая вариабельность среди уропатогенных штаммов

энтерококков в данном исследовании дает некоторую информацию о локальном распространении, генетическом родстве и вирулентном потенциале *E. faecalis* на юге Дальнего Востока. Выявление высоковирулентных сиквенс-типов, таких как *E. faecalis* ST6, ST179 и ST774, подчеркивает важность определения структуры популяции энтерококков в различных географических районах для понимания влияния социально-демографических факторов на клональное разнообразие энтерококков и, следовательно, на возникновение и передачу вирулентных свойств.

Суммируя полученные результаты, можно заключить, что для детального понимания этиопатогенеза инфекций мочевыводящих путей необходимо дальнейшее, более обширное исследование популяции *E. faecalis* в Приморском крае и других регионах России.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-315-90036.

Авторство

Коменкова Т. С. — получение, анализ и интерпретация данных, написание статьи; Зайцева Е. А. — анализ и интерпретация данных, написание статьи, окончательное утверждение присланной в редакцию рукописи; Шадрин А. М. — разработка дизайна исследования, анализ и интерпретация данных, написание статьи.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов

Коменкова Татьяна Сергеевна — ORCID 0000-0001-5841-0369; SPIN 1830-1879

Зайцева Елена Александровна — ORCID 0000-0002-2625-8275; SPIN 4617-8685

Шадрин Андрей Михайлович — ORCID 0000-0002-2957-4003; SPIN 9202-3636

Список литературы / References

1. Вялкова А. А., Гриценко В. А., Гордиенко Л. М. Инфекция мочевой системы у детей — новые решения старой проблемы // Нефрология. 2010. Т. 14. № 4. С. 63–76.

Vyalkova A. A., Gritsenko V. A., Gordienko L. M. Urinary tract infection in children - new ways of solving an old problem. *Nefrologiya* [Nephrology]. 2010, 14 (4), pp. 63-76. [In Russian]

2. Зайцева Е. А., Крукович Е. В., Мельникова Е. А., Лучанинова В. Н., Коменкова Т. С., Вайсера Н. С. Роль факторов патогенности *Enterococcus faecalis* в развитии пиелонефрита у детей // Тихоокеанский медицинский журнал. 2017. № 2 (68). С. 58–60.

Zaitseva E. A., Krukovich E. V., Melnikova E. A., Luchaninova V. N., Komenkova T. S., Vaisero N. S. The role of pathogenicity factors of *Enterococcus faecalis* in the development of pyelonephritis in children. *Tikhookeanskii meditsinskii zhurnal* [Pacific Medical Journal]. 2017, 2 (68), pp. 58-60. [In Russian]

3. Мельникова Е. А., Зайцева Е. А., Лучанинова В. Н., Крукович Е. В., Коменкова Т. С., Феоктистова Ю. В. Дифференцированные подходы к лечению инфекции мочевой системы у детей с учетом этиологического фактора *Enterococcus faecalis* // Тихоокеанский медицинский журнал. 2019. № 4 (78). С. 60–65.

Melnikova E. A., Zaitseva E. A., Luchaninova V. N., Krukovich E. V., Komenkova T. S., Feoktistova Yu. V. Differentiated approaches to the treatment of urinary tract infection in children taking into account the etiological factor *Enterococcus faecalis*. *Tikhookeanskii meditsinskii zhurnal* [Pacific Medical Journal]. 2019, 4 (78), pp. 60-65. [In Russian]

4. Ben Braïek O., Smaoui S. Enterococci: Between Emerging Pathogens and Potential Probiotics. *Biomed Res Int*. 2019, 2019, pp. 1-13.

5. Bittencourt E. M., Suzart S. Occurrence of virulence-associated genes in clinical *Enterococcus faecalis* strains isolated in Londrina, Brazil. *Journal of Medical Microbiology*. 2004, 53, pp. 1069-1073.

6. Farman M., Yasir M., Al-Hindi R. R., et al. Genomic analysis of multidrug-resistant clinical *Enterococcus faecalis* isolates for antimicrobial resistance genes and virulence factors from the western region of Saudi Arabia. *Antimicrob Resist Infect Control*. 2019, 8 (55), pp. 1-11.

7. Freitas A. R., Novais C., Ruiz-Garbajosa P., Coque T. M., Peixe L. Clonal expansion within clonal complex 2 and spread of vancomycin-resistant plasmids among different genetic lineages of *Enterococcus faecalis* from Portugal. *J Antimicrob Chemother*. 2009, 63 (6), pp. 1104-1111.

8. Freitas A. R., Tedim A. P., Novais C., Lanza V. F., Peixe L. Comparative genomics of global *optrA*-carrying *Enterococcus faecalis* uncovers a common chromosomal hotspot for *optrA* acquisition within a diversity of core and accessory genomes. *Microb Genom*. 2020, 6 (6), pp. 1-17.

9. Gilmore M. S., Clewell D. B., Ike Y., Shankar N. Enterococci: from commensals to leading causes of drug resistant infection. *Massachusetts Eye and Ear Infirmary*. Boston: Massachusetts Eye and Ear Infirmary, 2014.

10. Hållgren A., Claesson C., Saeedi B., Monstein H. J., Hanberger H., Nilsson L. E. Molecular detection of aggregation substance, enterococcal surface protein, and cytolysin genes and in vitro adhesion to urinary catheters of *Enterococcus faecalis* and *E. faecium* of clinical origin. *Int J Med Microbiol*. 2009, 299 (5), pp. 323-332.

11. Hashem Y. A., Yassin A. S., Amin M. A. Molecular characterization of *Enterococcus* spp. clinical isolates from Cairo, Egypt. *Indian J Med Microbiol*. 2015, 33, pp. 80-86.

12. Jolley K. A., Bray J.E., Maiden M. C. J. Open-access bacterial population genomics: BIGSdb software, the PubMLST.org website and their applications. *Wellcome Open Res*. 2018, 3, pp. 124.

13. Kawalec M., Pietras Z., Daniłowicz E., et al. Clonal structure of *Enterococcus faecalis* isolated from Polish hospitals: characterization of epidemic clones. *J Clin Microbiol*. 2007, 45 (1), pp. 147-153.

14. Kuch A., Willems R. J., Werner G., et al. Insight into antimicrobial susceptibility and population structure of contemporary human *Enterococcus faecalis* isolates from Europe. *J Antimicrob Chemother*. 2012, 67 (3), pp. 551-558.

15. Mato R., Almeida F., Pires R., Rodrigues P., Ferreira T., Santos-Sanches I. Assessment of high-level gentamicin and glycopeptide-resistant *Enterococcus faecalis* and *E. faecium* clonal structure in a Portuguese hospital over a 3-year period. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 2009, 28 (7), pp. 855-859.

16. Nayak M. *Enterococcus faecalis*: An Enigma in Root Canal Infections. *International Research Journal of Pharmaceutical and Biosciences*. 2016, 3 (1), pp. 12-21

17. Padilla E. C., Núñez A. M., Padilla G. A., Lobos G. O. Genes de virulencia y bacteriocinas en cepas de *Enterococcus faecalis* aisladas desde diferentes muestras clínicas en la Región del Maule, Chile [Virulence genes and bacteriocins

in *Enterococcus faecalis* strains isolated from different clinical samples in Maule Region, Chile]. *Rev Chilena Infectol*. 2012, 29 (1), pp. 55-61.

18. Paganelli F. L., Willems R. J., Leavis H. L. Optimizing future treatment of enterococcal infections: attacking the biofilm? *Trends Microbiol*. 2012, 20 (1), pp. 40-49.

19. Ruiz-Garbajosa P., Marc J. M., Bonten D. et al. Multilocus Sequence Typing Scheme for *Enterococcus faecalis* Reveals Hospital-Adapted Genetic Complexes in a Background of High Rates of Recombination. *Journal of Clinical Microbiology*. 2006, 44 (6), pp. 2220-2228.

20. Schell C. M., Tedim A. P., Rodríguez-Baños M., et al. Detection of β -Lactamase-Producing *Enterococcus faecalis* and Vancomycin-Resistant *Enterococcus faecium* Isolates in Human Invasive Infections in the Public Hospital of Tandil, Argentina. *Pathogens*. 2020, 9 (2), pp. 1-11.

21. Seno Y., Kariyama R., Mitsuhashi R., Monden K., Kumon H. Clinical implications of biofilm formation by *Enterococcus faecalis* in the urinary tract. *Acta Med Okayama*. 2005, 59 (3), pp. 79-87.

22. Soares R. O., Fedi A. C., Reiter K. C., et al. Correlation between biofilm formation and *gelE*, *esp*, and *agg* genes in *Enterococcus* spp. *Clinical isolates. Virulence*. 2014, 1 (5), pp. 634-637.

23. Solheim M., Aakra A., Snipen L. G., Brede D. A., Nes I. F. Comparative genomics of *Enterococcus faecalis* from healthy Norwegian infants. *BMC Genomics*. 2009, 10, [1-11]

24. Song X., Sun J., Mikalsen T., Roberts A. P., Sundsfjord A. Characterisation of the plasmidome within *Enterococcus faecalis* isolated from marginal periodontitis patients in Norway. *PLoS One*. 2013, 8 (4), pp. 1-7.

25. Todokoro D., Eguchi H., Suzuki T., et al. Genetic diversity and persistent colonization of *Enterococcus faecalis* on ocular surfaces. *Jpn J Ophthalmol*. 2018, 62 (6), pp. 699-705.

26. Udo E. E., Al-Sweih N. Frequency of virulence-associated genes in *Enterococcus faecalis* isolated in Kuwait hospitals. *Med Princ Pract*. 2011, 20 (3), pp. 259-264.

27. Van Tyne D., Gilmore M. S. Friend turned foe: evolution of enterococcal virulence and antibiotic resistance. *Annu Rev Microbiol*. 2014, 68, pp. 337-356.

28. Weng P. L., Ramli R., Shamsudin M. N., Cheah Y. K., Hamat R. A. High genetic diversity of *Enterococcus faecium* and *Enterococcus faecalis* clinical isolates by pulsed-field gel electrophoresis and multilocus sequence typing from a hospital in Malaysia. *Biomed Res Int*. 2013, pp. 1-6.

29. Zheng J. X., Bai B., Lin Z. W., et al. Characterization of biofilm formation by *Enterococcus faecalis* isolates derived from urinary tract infections in China. *J Med Microbiol*. 2018, 67 (1), pp. 60-67.

30. Zischka M., Künne C. T., Blom J., et al. Comprehensive molecular, genomic and phenotypic analysis of a major clone of *Enterococcus faecalis* MLST ST40. *BMC Genomics*. 2015, 16 (175), pp. 1-20

Контактная информация:

Зайцева Елена Александровна — доктор медицинских наук, доцент, зав. кафедрой микробиологии и вирусологии ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный медицинский университет» Минздрава России, ведущий научный сотрудник Центральной научно-исследовательской лаборатории Тихоокеанского государственного университета, г. Владивосток

Адрес: 690000, Приморский край, г. Владивосток, пр-т Острякова, д. 2

E-mail: elza200707@mail.ru

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА КУЙБЫШЕВСКОГО РАЙОНА ГОРОДСКОГО ОКРУГА САМАРА

© 2021 г. ¹Ю. В. Мякишева, ²Н. А. Михайлюк, ¹И. В. Федосейкина,
¹Ю. А. Халитова, ¹А. И. Дудина

¹ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара; ²ООО «Поволжский научно-технический центр охраны труда «Самэко», г. Самара

Введение: В настоящее время в крупных промышленных городах актуальна проблема чистого воздуха. В этом плане важно изучение влияния основных источников выбросов загрязняющих веществ на качество атмосферного воздуха.

Цель: Комплексное изучение влияния основных источников выбросов загрязняющих веществ на качество атмосферного воздуха одного из районов крупного промышленного центра с высокой техногенной нагрузкой.

Методы: Изучены материалы за 2019 год, предоставленные ФГБУ «Приволжское УГМС» и ФБУЗ «Центр эпидемиологии и гигиены по Самарской области». Проанализированы географические карты, схемы расположения источников, метеорологические параметры, выбросы загрязняющих веществ и границы санитарно-защитных зон промышленных предприятий. С использованием методов хроматографического, электрохимического и фотометрического анализа проведено лабораторное определение концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в различные периоды года с учетом изменяющихся метеорологических условий. Статистическая обработка материалов проведена с использованием пакета «Анализ данных» в Microsoft Excel 2019.

Результаты: Установлено, что 26 % выбросов загрязняющих веществ в атмосферу происходит из промышленных источников, 45 % поступает из других антропогенных источников, в частности автотранспорта; выбросы от средних, малых и микропредприятий мало-значительны и составляют от общей суммы 13, 9, 7 % соответственно. Определены количественные характеристики загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в границах действующих предприятий района, на жилой застройке и их пространственное распределение на всей территории в зоне влияния выбросов исследуемых объектов. Выявлено, что приоритетными загрязняющими веществами изучаемого воздушного бассейна являются сероводород, фенол, углеводороды C12–C19, формальдегид, аммиак. В большинстве исследуемых проб обнаружены концентрации на уровне 0,2–0,4 ПДК, однако в 16,4 % проб регистрировалось превышение по сероводороду до 5,6 ПДК, по фенолу – до 1,3 ПДК. В летний период года с преобладанием западных и северо-западных ветров увеличение концентрации загрязняющих веществ в 15 % всех анализируемых проб. В холодный период года при преобладании юго-западного и западного направлений ветра, постоянной смене атмосферного давления превышение концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе фиксируется в 23,3 % исследуемых проб.

Выводы: В исследуемом районе городского округа Самара отмечено неблагоприятное воздействие химических загрязнителей атмосферного воздуха на здоровье населения. Проведенное исследование диктует необходимость разработки и проведения в экологически неблагоприятных районах профилактических мероприятий, направленных на сохранение и укрепление здоровья населения.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, источники выбросов загрязняющих веществ, общие и специфические особенности загрязнения воздушной среды

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE MAIN SOURCES OF EMISSIONS OF POLLUTANTS ON THE AIR QUALITY OF THE KUIBYSHEVSKY DISTRICT OF SAMARA

¹Yu. V. Myakisheva, ²N. A. Mikhailuk, ¹I. V. Fedoseykina, ¹Yu. A. Halitova, ¹A. I. Dudina

¹Samara State Medical University, Samara; ²Society with limited liability
«Povolga scientific and technical center for labor protection» Sameko, Samara, Russia

Introduction: Air quality in large urban settings is a considerable public health problem in Russia. Thus, identification of the main sources of pollution and qualitative assessment of their impact on air quality is of paramount importance.

Aim: To perform comprehensive assessment of the influence of the main sources of pollutant emissions on air quality of atmospheric air in one of the districts in an industrial Russian city.

Methods: Secondary data from the Federal State Budgetary Institution "Privolzhskoe UGMS" and the Federal State Budgetary Institution "Center of Epidemiology and Hygiene in the Samara Region" were obtained. Geographical maps, emission source location schemes, meteorological parameters, pollutant emissions and borders of sanitary protection zones of industrial enterprises were analyzed. Chromatographic, electrochemical, and photometric analysis, laboratory determination of the concentration of pollutants in the atmospheric air in different periods of the year were performed taking into account changing meteorological conditions.

Results: As many as 26 % of emissions of pollutants into the atmosphere come from industrial sources while 45 % come from other anthropogenic sources including motor vehicles. Emissions from medium, small and microenterprises account for only 13 %, 9 % and 7 % of emissions, respectively. The most common pollutants were hydrogen sulfide, phenol, hydrocarbons C12-C19, formaldehyde and am-

monia. Concentrations at the level of 0.2-0.4 MPC were found in most of the studied samples. In 16.4 % of the samples concentrations of hydrogen sulfide were up to 5.6 MPC. In the summer period with western and north-western winds, the concentration of pollutants was 15 % higher in all samples. In the cold period, with south-western and western winds excessive concentrations of pollutants in the atmospheric air was recorded in 23.3 % of the samples.

Conclusions: Our findings suggest an adverse effect of air pollution on health of the residents of the studied district. Preventive measures in ecologically challenged areas of Samara are needed to preserve and promote health of the population.

Key words: air pollution, sources of pollutant emissions, general and specific features of air pollution

Библиографическая ссылка:

Мякишева Ю. В., Михайлюк Н. А., Федосейкина И. В., Халитова Ю. А., Дудина А. И. Комплексная оценка влияния основных источников выбросов загрязняющих веществ на качество атмосферного воздуха Куйбышевского района городского округа Самара // Экология человека. 2021. № 12. С. 56–64.

For citing:

Myakisheva Yu. V., Mikhailuk N. A., Fedoseykina I. V., Halitova Yu. A., Dudina A. I. Comprehensive Assessment of the Impact of the Main Sources of Emissions of Pollutants on the Air Quality of the Kuibyshevsky District of Samara. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 12, pp. 56-64.

В конце XX — начале XXI века человечество столкнулось с серьезными проблемами практически повсеместного загрязнения окружающей среды. В настоящее время в России в большинстве промышленных центров сложилась неблагоприятная экологическая обстановка. Более чем 100 млн человек проживают в неблагоприятных гигиенических условиях [2, 4, 9, 25]. Следовательно, в настоящее время проблема чистого воздуха в крупных промышленных городах с повышенной техногенной нагрузкой является актуальной и комплексной. К числу наиболее значимых источников, поставляющих в окружающую среду вредные для здоровья человека загрязнители, относятся предприятия черной и цветной металлургии, комплексы химических, нефте- и сланцеперерабатывающих предприятий, производства строительных материалов и автотранспорт [20, 26, 27].

Основная задача таких регионов заключается в реализации комплекса мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, направленного на улучшение экологической обстановки, обеспечение снижения выбросов промышленными производствами [7, 8, 17, 18]. Одной из мер, направленных на снижение антропогенного воздействия на состояние воздушного бассейна, является быстрое реагирование производственных предприятий на изменение концентраций загрязняющих веществ, совершенствование системы мониторинга на территории промышленной площадки, а также открытие дополнительных автоматизированных постов наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха в границах близлежащей жилой застройки. При этом важным для предприятия остается и экономический эффект производства [19]. Данная проблема касается урбаноэкосистем в масштабах как страны, так и отдельных регионов, округов, районов. В этом плане актуальным является разработка мер мониторинга и реагирования на изменения окружающей среды для конкретных территорий, результаты использования которых могут быть применимы и другими субъектами [10, 22, 24].

Целью нашей работы явилось комплексное изучение степени влияния основных источников выбросов загрязняющих веществ на качество атмосферного воздуха в районе с высокой техногенной нагрузкой крупного промышленного центра.

В качестве объекта изучения нами выбран воздушный бассейн Куйбышевского района городского округа Самара. Городской округ (г. о.) Самара является крупным промышленным центром, на территории которого функционируют предприятия нефтеперерабатывающей, машиностроительной, химической промышленности, что вызывает изменение экологической обстановки, в частности отражается на качестве атмосферного воздуха в определенных районах. В последнее время экологическая ситуация в Куйбышевском районе г. о. Самара характеризуется как неблагоприятная и требует особого внимания для определения источников загрязнения воздушного бассейна и усовершенствования природоохранных мер.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

Обеспечить понимание вклада выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от промышленной деятельности предприятий изучаемого района и определить их роль в контексте общих выбросов соответствующих загрязняющих веществ из всех существующих антропогенных источников.

Дать углубленную количественную оценку вклада предприятий регулируемых отраслей в общие выбросы в атмосферный воздух и установить «нерегулируемые» сектора, которые вносят значительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха.

Предоставить описательные меры и подходы, которые могут быть использованы для предотвращения или сокращения уровня загрязнений от видов деятельности, которые в настоящее время не регулируются.

Работа проводилась по нескольким направлениям:

1. Изучение метеорологической и климатической характеристик Куйбышевского района г. о. Самара, анализ режима ветра, способствующего воздействию выбросов предприятий на состав атмосферного воздуха в жилых районах.

2. Определение вклада основных источников выбросов загрязняющих веществ, оказывающих влияние на экологию изучаемого района.

3. Выявление всех характерных загрязняющих веществ в выбросах предприятий аналитическим методом в зависимости от вида деятельности, а также путём проведения инструментального анализа атмосферного воздуха вблизи источников выбросов, оценка их влияния на экологическую ситуацию Куйбышевского района.

4. Количественная оценка воздействия выбросов предприятий на атмосферу жилой застройки по содержанию следующих приоритетных загрязняющих веществ: сероводород, фенол, диоксид азота, формальдегид, бензол, ксилол, толуол, этилбензол, серы диоксид, оксид углерода, сумма предельных углеводородов C1–C5, сумма предельных углеводородов C6–C10, углеводороды предельные C12–C19.

Методы

Изучены материалы за 2019 год, предоставленные ФГБУ «Приволжское УГМС» и ФБУЗ «Центр эпидемиологии и гигиены по Самарской области». Проанализированы географические карты, схемы расположения источников, метеорологические параметры, выбросы загрязняющих веществ и границы санитарно-защитных зон промышленных предприятий.

Также использованы данные метеостанций «Самара-Смышляевка», «Безенчукская», аэропорта Курумоч о скорости и направлении ветра, температуре воздуха, атмосферном давлении, облачности разных ярусов.

Определение относительного вклада различных промышленных предприятий и их выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух Куйбышевского района г. о. Самара проводилось на основе анализа имеющихся первичных данных. Изучались географические карты, схемы расположения источников, метеорологические параметры, выбросы загрязняющих веществ и границы санитарно-защитных зон промышленных предприятий, оценивались материалы за период 2018–2020 годов, представленные промышленными предприятиями, государственными службами – ФГБУ «Приволжское УГМС» и ФБУЗ «Центр эпидемиологии и гигиены по Самарской области» [12, 13, 15]. Для географической привязки и представления результатов расчета использовались спутниковые снимки с сайтов свободного доступа Google Maps и Яндекс-карты, а также ситуационные карты-схемы и схема расположения источников, точки рассеивания загрязняющих веществ, предоставленные предприятиями и управлением муниципальных информационных ресурсов. Точность взаимной привязки расположения источников по всем этим данным составляет 20–50 м, что достаточно для достижения целей данной работы.

Нормативы загрязнителей в мощности выброса крупных и средних предприятий Куйбышевского района сравнивались с официальными данными Федераль-

ной службы по надзору в сфере природопользования. На этапе скрининга оценивались среднегодовые и максимальные разовые концентрации приоритетных загрязняющих веществ, атмосферного воздуха, выбрасываемых предприятиями [1, 5, 11].

Проведено лабораторное исследование атмосферного воздуха в различные периоды года с учетом изменяющихся метеорологических условий в аккредитованной лаборатории (аттестат аккредитации РОСС RU.0001.516106 от 13.01.2016 г.) на современном аналитическом оборудовании методами хроматографического, электрохимического и фотометрического анализа. Определяли концентрацию сероводорода, фенола, диоксида азота, формальдегида, бензола, ксилола, толуола, этилбензола, серы диоксида, оксида углерода, суммы предельных углеводородов C1–C5, суммы предельных углеводородов C6–C10, углеводороды предельные C12–C19. За период проведения исследовательской работы выполнено 7 568 измерений максимальных концентраций изучаемых загрязняющих веществ. Для статистической обработки использован пакет «Анализ данных» в Microsoft Excel 2019. Соответствие распределений данных нормальному закону проверяли с помощью показателей асимметрии и эксцесса по правилу трех сигм. Для оценки статистических связей рассчитывали значения коэффициента корреляции Пирсона. Уровень значимости вычислений принимали не ниже $p = 0,05$.

Результаты

Куйбышевский район г. о. Самара относится к умеренно-континентальной климатической зоне. Климатические условия района охарактеризованы в табл. 1.

Таблица 1
Метеорологические характеристики Куйбышевского района г. о. Самара, определяющие условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере

Наименование характеристики						Значение		
Коэффициент, зависящий от стратификации атмосферы, А						160		
Средняя температура жаркого месяца, Т°						+26,2		
Средняя температура холодного месяца, Т°						−16,5		
Скорость ветра, вероятность которой превышает 5 %, м/с						7,0		
Коэффициент, учитывающий рельеф местности						1,0		
Среднегодовая роза ветров, %	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
	10	5,0	14,0	4,0	8,0	15	30	14

Особенностью ветрового режима является преобладание в холодный период года юго-западных и южных ветров, в теплый период – западных и северо-западных ветров. Наиболее сильные ветры бывают южного направления, средняя годовая скорость ветра составляет 3,2–4,4 м/с. Роза ветров в районе за изучаемый период года представлена на рис. 1.

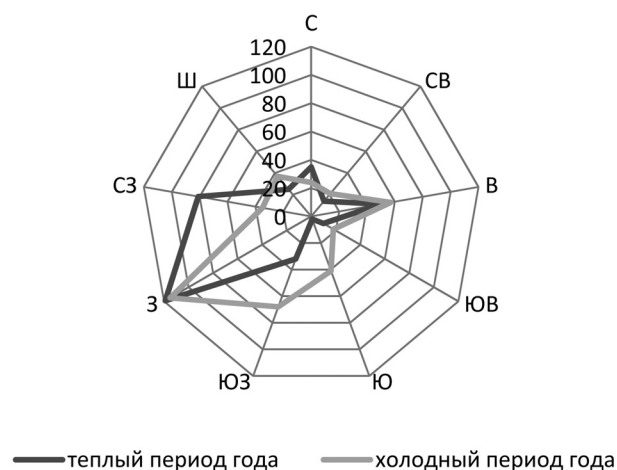


Рис. 1. Роза ветров в Куйбышевском районе г. о. Самара в период исследовательских работ в 2019 году

На экологическую обстановку Куйбышевского района оказывает влияние наличие предприятий химического и нефтехимического профиля, предприятий транспортного и строительного профиля, жилищно-коммунального хозяйства, а также интенсивные потоки грузового и легкового автотранспорта.

Для определения воздействия источников выбросов на прилегающие районы жилой застройки изучаемого района наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха проводятся специализированными службами: ФГБУ «Приволжское УГМС», ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по Самарской области».

На рис. 2 представлена сравнительная характеристика по сезонам в 2019 году уровня загрязнения атмосферного воздуха приоритетными загрязнителями, вносящими наибольший вклад в загрязнение атмосферы изучаемого района – жилой застройки 116 км (район ПНЗ 8) и п. Волгарь (район ПНЗ 91).

Таким образом, наибольшая тенденция загрязнения атмосферы наблюдается в переходный период года, при смене атмосферного давления, а именно в осенние месяцы при южном и юго-западном направлении ветра.

Для выявления и анализа основных источников выбросов загрязняющих веществ, оказывающих влияние

на экологию изучаемого района, мы ранжировали выбросы загрязняющих веществ по 4 категориям: категория 1 – виды деятельности крупных промышленных предприятий района; категория 2 – виды деятельности средних и малых промышленных предприятий; категория 3 – виды деятельности микропредприятий; категория 4 – все другие антропогенные источники загрязнения, например транспортные, бытовые, коммерческие.

При анализе полученных результатов установлено, что 26 % общих выбросов загрязняющих веществ в атмосферу происходит из промышленных источников (категория 1). Большая часть выбросов (45 %) поступает из других антропогенных источников категории 4; выбросы от средних, малых и микропредприятий (категории 2, 3) малозначительны и составляют от общей суммы 13, 9, 7 % соответственно.

Далее проведен анализ вклада каждого предприятия в загрязнение окружающей среды, с учетом времени работы, количества выпускаемой продукции или перерабатываемых веществ. Для изучаемого района основным фактором, формирующим уровень загрязнения воздушного бассейна, являются промышленные выбросы предприятий с характерным для них составом примесей (смесь углеводородов, диоксид серы, оксиды азота, сероводород, ароматические углеводороды, аммиак, формальдегид). Для учета совместного влияния на среду обитания был проведен отбор объектов путем анализа природоохранной документации, характерный перечень веществ основных промышленных предприятий, выбрасываемых ими при осуществлении своей деятельности.

Для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха выделены значимые предприятия района. По данным о выбросах для каждого промышленного предприятия дано предварительное ранжирование по мощности выброса веществ (в т/в год) и по выраженности неравномерного (импульсного) характера выброса. Информация использовалась далее при скрининге для выделения приоритетных источников загрязняющих веществ (рис. 3).

Лабораторные исследования концентрации загрязняющих веществ – сероводорода, фенола, диоксида

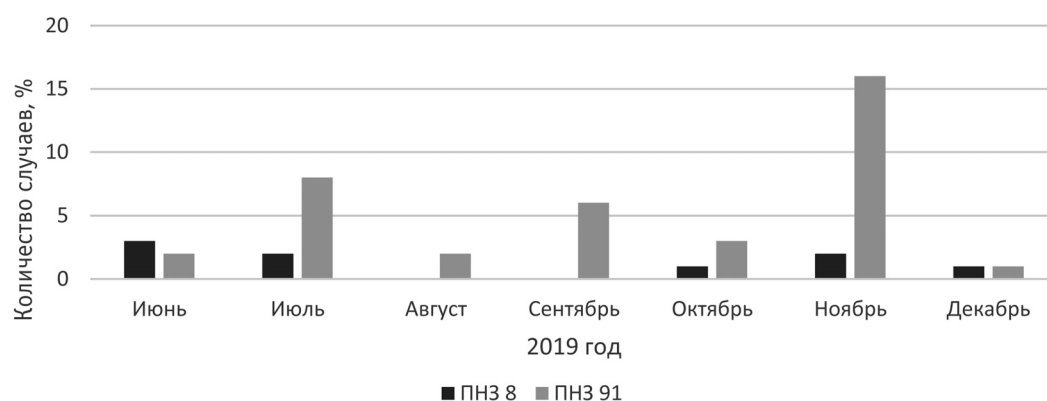


Рис. 2. Характеристика уровня загрязнения атмосферного воздуха Куйбышевского района г. о. Самара приоритетными загрязнителями по сезонам

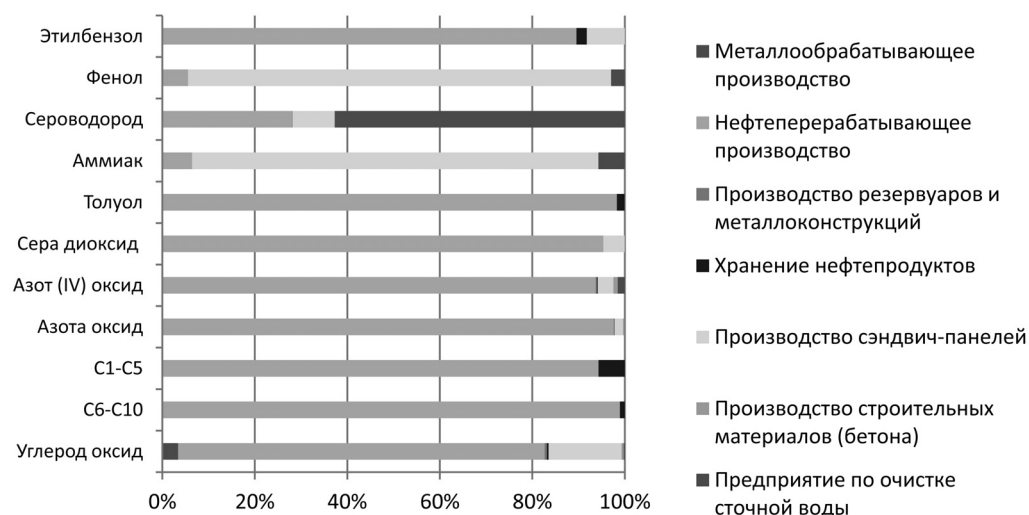


Рис. 3. Распределение анализируемых загрязняющих веществ в выбросах (%) основных предприятий Куйбышевского района г. о. Самара

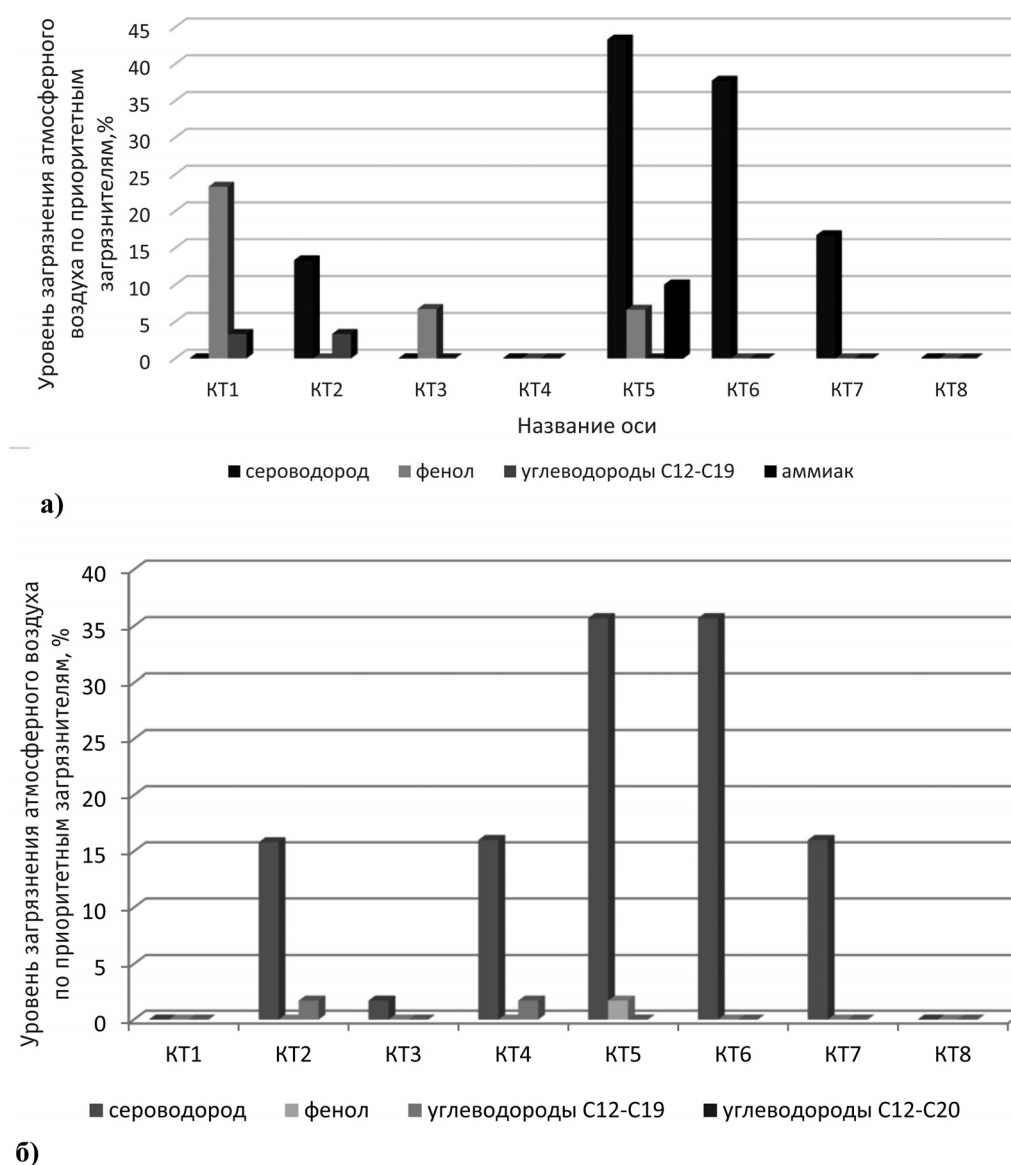


Рис. 4. Уровень загрязнения атмосферного воздуха в контрольных точках наблюдений (%) по приоритетным загрязнителям: а) в теплый период года (июнь – сентябрь); б) в холодный период года (сентябрь – декабрь)

азота, формальдегида, бензола, ксилола, толуола, этилбензола, серы диоксида, оксида углерода, углеводородов C1–C5, углеводородов C6–C10, углеводородов C12–C19 в атмосферном воздухе проводились с учетом разного режима ветра и его направления в изучаемом районе. По результатам исследований проведен сравнительный анализ уровня загрязнения атмосферного воздуха по приоритетным химическим веществам в зависимости от сезона года в контрольных точках наблюдений (рис. 4 а, б).

Обсуждение результатов

При анализе полученных результатов распределения выбросов загрязняющих веществ промышленного узла определено, что основной вклад в загрязнение аммиаком, углеводородами C1–C5, C6–C10, формальдегидом, толуолом, этилбензолом, фенолом вносят промышленные предприятия категории 1, в то время как около 70 % всех загрязнений сероводородом вносят предприятия категории 2 (рис. 5).

Автомобильный транспорт как основной источник загрязнения в изучаемом районе, относящийся к категории 4 антропогенных источников, также вносит значительный вклад в общий уровень загрязнения атмосферы изучаемой территории. В нашем исследовании производился расчет выбросов от передвижных источников — автомобильного транспорта, зарегистрированного на территории Самарской области, поскольку по иным видам транспорта и специальной техники в региональном разрезе статистический учет не ведется. При оценке полученных результатов выявлено, что каждый час область воздуха, находящаяся в районе исследуемых участков, загрязняется примерно на 12 714,03 л — углерод оксидом, на 2 183,95 л — углеводородами, на 1 009,98 л — диоксидом азота, что свидетельствует о значительной роли автотранспорта по некоторым загрязняющим веществам, присутствующим в атмосферном воздухе изучаемого района (табл. 2).

Таблица 2

Распределение выбросов (л) в зависимости от вида топлива на исследуемых участках автодороги Куйбышевского района г.о. Самара

Тип автотранспорта	Участок автотрассы по ул. Бакинская			Участок автотрассы по ул. Фасадная		
	CO, л	Углеводороды (CH ₄), л	NO ₂ , л	CO, л	Углеводороды (CH ₄), л	NO ₂ , л
Бензин	7730,53	1288,42	515,37	4496,36	749,39	299,76
Дизельное топливо	296,86	89,06	118,74	190,28	57,08	76,11
Всего:	8027,39	1377,48	634,11	4686,64	806,47	375,87

При оценке полученных данных с учетом спектра основных выбросов загрязняющих веществ и их источников можно сделать вывод о значительном вкладе нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности изучаемого района в загрязнение атмосферы смесью углеводородов, диоксидом серы, оксидами азота, оксидом углерода. Данный вклад составляет более 80 % общего количества выбросов предприятий. Кроме того, выбросы аммиака в основном осуществляются предприятиями по производству металлических конструкций, сэндвич-панелей, бетона и другими и составляют более 80 % от всех выбросов. Выбросы сероводорода в районе обусловлены деятельностью предприятий по очистке сточной воды, которые осуществляют выброс более 90 % данного соединения.

В целом все источники загрязняющих выбросов можно разделить на четыре категории, каждая из которых вносит наибольший вклад в неблагоприятную экологическую ситуацию изучаемого района по конкретным веществам: сероводороду, аммиаку, меркаптанам — предприятия по очистке сточной воды, многочисленные аварии на канализационных сетях района; по фенолу, формальдегиду, аммиаку — интенсивные потоки грузового и легкового автотран-

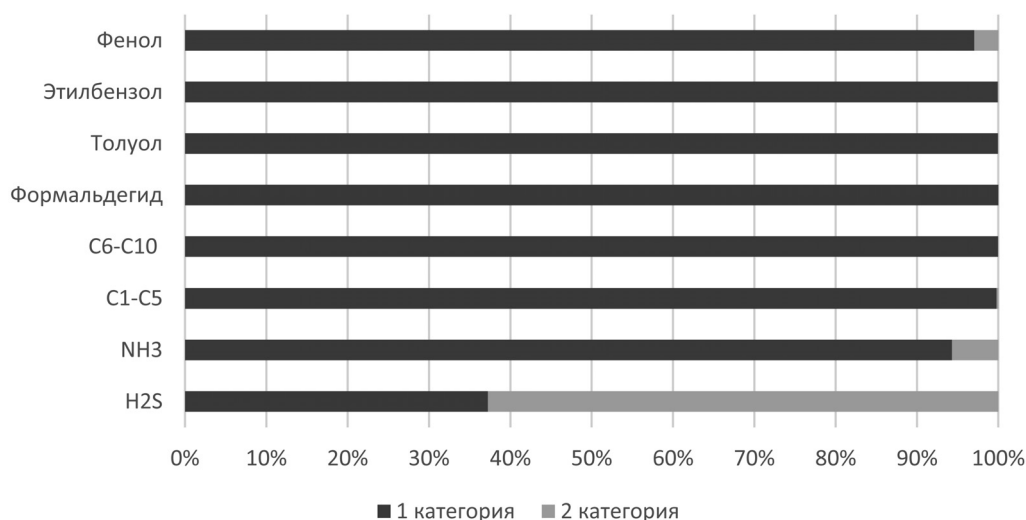


Рис. 5. Распределение загрязняющих веществ (%), образующихся в процессе промышленной деятельности предприятий на территории Куйбышевского района г. о. Самара

спорта, предприятия по производству металлических конструкций, сэндвич-панелей, бетона; по диоксиду серы, оксидам азота и оксиду углерода, смесям углеводородов — предприятия нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.

При лабораторном исследовании концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе изучаемого района выявлено, что приоритетными загрязняющими веществами являются сероводород, фенол, углеводороды C12–C19, формальдегид, аммиак. Как известно, сероводород, фенол, смесь углеводородов C12–C19, согласно механизмам их биологического действия, при незначительном содержании в воздухе ощутимы на запах, что объясняет поступающие периодически жалобы от населения Куйбышевского района. В нашем исследовании в большинстве проб атмосферного воздуха обнаружены концентрации на уровне 0,2–0,4 ПДК, их токсичность соответствует допустимому и даже минимальному уровню согласно классификации медико-социальных рисков [6].

Однако в период с июня по декабрь 2019 года в районе жилой застройки также зафиксировано превышение ПДК анализируемых веществ в 167 пробах, что составило 16,4 % от всех исследуемых проб. Причем превышение по сероводороду регистрировалось до 5,6 ПДК, по фенолу — до 1,3 ПДК.

Полученные результаты согласуются с данными Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации за 2019 год, которые свидетельствуют о том, что качество атмосферного воздуха в городах (по отдельным показателям) по-прежнему сохраняется неудовлетворительным. В 133 городах с населением 50,6 млн человек средняя за год концентрация какой-либо примеси превышает 1 ПДК [3]. По итогам проведенных в 2018–2019 годах исследований качества атмосферного воздуха в различных районах г. о. Самара в целом отмечен рост уровня загрязнения атмосферы аммиаком, снижение — формальдегидом, хлоридом водорода, диоксидом азота, содержание оксида углерода оставалось стабильным. Зафиксированы разовые превышения предельно допустимой концентрации сероводорода в атмосферном воздухе Куйбышевского района (п. Волгарь), что подтверждается и в нашем исследовании. Необходимо отметить, что случаи превышения ПДК по сероводороду, фенолу, углеводородам в воздушном бассейне других районах городского округа за период исследования не выявлялись. Однако были выявлены случаи превышения концентрации в атмосферном воздухе аммиака (в Промышленном районе) и формальдегида (в Кировском районе) [15], что, вероятно, обусловлено наличием промышленных предприятий и других источников, в частности большим автотранспортным потоком.

При лабораторном определении концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе выявлена зависимость их содержания от времени года, что также согласуется с данными экологических бюллетеней Самарской области за соответствующие

месяцы. Особенностью ветрового режима изучаемого района является преобладание в холодный период года юго-западных и южных ветров, в теплый период — западных и северо-западных ветров. В связи с этим с учетом месторасположения источников выбросов в летний период года случаи превышения концентрации загрязняющих веществ фиксировались реже, чем в холодный период. За исследуемый период они составили 15 % от всех анализируемых проб. В холодный период года при преобладании юго-западного и западного направлений ветра, постоянной смене атмосферного давления чаще фиксируется превышение концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, что составляет 23,3 % от исследуемых проб.

При анализе причин загрязнения атмосферного воздуха с учетом розы ветров в различных точках жилой застройки выявлено, что в районе 116 км основную роль играет деятельность близлежащих средних и мелких предприятий, аварийные случаи на коммунальных сетях, сеть АЗС. На территории пос. Волгарь вклад в загрязнение атмосферного воздуха в большей степени вносят очистные коммунальные сооружения, объекты строительства и интенсивный автомагистральный поток.

Полученные нами результаты свидетельствуют об эффективности выбранной методологии анализа степени влияния загрязнителей на качество атмосферного воздуха и возможности ее применения для определения состояния воздушного бассейна в жилых районах, расположенных вблизи промышленных предприятий. Согласно данному подходу для комплексной оценки необходимо исследование метеорологической ситуации, а также использование аналитических и инструментальных методов для определения качества воздуха по содержанию в нем приоритетных ксенобиотиков — продуктов выбросов предприятий определенного вида промышленности в различные периоды года. Это позволит осуществлять постоянный мониторинг ситуации на различных территориях и оперативно реагировать на возникающие изменения состава атмосферного воздуха с целью их регулирования и снижения медико-социальных рисков.

Таким образом, в исследуемом районе г. о. Самара население подвергается неблагоприятному воздействию химических загрязнителей атмосферного воздуха, источниками которого являются предприятия различного рода деятельности, а также автотранспорт. Ксенобиотики в составе атмосферного воздуха не только оказывают пагубное действие на состояние воздушного бассейна территории, но и отрицательно влияют на здоровье человека, нарушая работу органов и систем, что повышает их медико-социальные риски [14, 16, 21, 23].

Выводы:

1. Неблагоприятную экологическую ситуацию изучаемого района по конкретным загрязнителям создают четыре категории источников, при этом наибольший вклад вносят крупные промышленные

предприятия, осуществляющие определенный вид деятельности, и автотранспорт.

2. Приоритетными загрязняющими веществами атмосферного воздуха Куйбышевского района г. о. Самара в 2019 году, по данным проведенного лабораторного контроля, являлись сероводород, фенол, углеводороды C12–C19, формальдегид, аммиак. При этом концентрации сероводорода, фенола, смеси углеводородов C12–C19 в атмосферном воздухе изучаемого района соответствуют минимальному уровню медико-социальных рисков.

3. Анализ загрязнения атмосферного воздуха с учетом ветрового режима свидетельствует о преобладании случаев превышения концентрации загрязняющих веществ в холодный период года по сравнению с летним.

4. Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха на территории жилой застройки 116 км (район ПНЗ 8) с учетом юго-западного и западного ветров вносит деятельность близлежащих средних и мелких предприятий, аварийные случаи на коммунальных сетях, сеть АЗС; на территории п. Волгарь (район ПНЗ 91) вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят очистные коммунальные сооружения, объекты строительства и интенсивный автомагистральный поток.

Авторство

Мякишева Ю. В. — организатор исследования, предложила идею статьи, разработала ее концепцию, внесла существенный вклад в дизайн исследования, окончательно утвердила присланную в редакцию рукопись; Михайлюк Н. А. проводила лабораторное исследование, участвовала в анализе данных и подготовке первого варианта статьи, написании окончательной рукописи статьи; Федосейкина И. В. участвовала в планировании обработки данных, контролировала выполнение статистического анализа, участвовала в написании рукописи статьи; Халитова Ю. А. внесла вклад в дизайн исследования и редактирование рукописи; Дудина А. И. участвовала в планировании исследования и написании рукописи статьи. Все авторы утвердили окончательную версию рукописи.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Мякишева Юлия Валерьевна — ORCID 0000-0003-0947-511X; SPIN 5057-9838

Михайлюк Наталья Александровна — ORCID 0000-0002-8234-6552; SPIN 8379-0373

Федосейкина Ирина Валерьевна — ORCID 0000-0001-5358-1839; SPIN 6797-8650

Халитова Юлия Аббясовна — ORCID 0000-0002-3527-2255; SPIN 7258-4323

Дудина Алла Ивановна — ORCID 0000-0002-0400-3554; SPIN 2718-5821

Список литературы / References

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году» / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. М., 2018. С. 890.

State report «About the state and Environmental protection of the Russian Federation in 2017». Ministry of natural resources and ecology of Russian Federation. Moscow. 2018, 890 p. [In Russian]

2. Голиков Р. А., Суржииков Д. В., Кислицина В. В., Штайгер В. А. Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье населения // Научное обозрение. Медицинские науки. 2017. № 5. С. 20–31.

Golikov R. A., Surzhikov D. V., Kisitsina V. V., Shteyger V. A. Influence of environmental pollution on public health (literature review). *Nauchnoe obozrenie. Meditsinskie nauki* [Scientific review. Medical Sciences]. 2017, 5, pp. 20-31. [In Russian]

3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 году» / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. М., 2020. С. 890.

State report «On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2019». Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation. Moscow, 2020, p. 890. [In Russian]

4. Долгушина Н. А., Кувшинова И. А. Оценка загрязнения атмосферного воздуха промышленных городов Челябинской области и неканцерогенных рисков здоровью населения // Экология человека. 2019. № 6. С. 17–22.

Dolgushina N. A., Kuvshinova I. A. Assessment of atmospheric air pollution in industrial cities of the Chelyabinsk region and non-carcinogenic risks to the health of the population. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019, 6, pp. 17-22. [In Russian]

5. Ефимова Н. В., Рукавишников В. С., Кауров П. К. Факторы окружающей среды: опыт комплексной оценки. НЦ РБХ СО РАМН, 2010. С. 232.

Elimova N. V., Rukavishnikov V. S., Kaurov P. K. *Environmental factors: the experience of a comprehensive assessment*. Moscow, 2010, p. 232. [In Russian]

6. О классификациях и критериях, используемых при осуществлении медико-социальной экспертизы граждан федеральными государственными учреждениями медико-социальной экспертизы: приказ Министерства труда и социального развития РФ от 27 августа 2019 г. № 585н. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72921006/> (дата обращения: 10.06.2019).

On the classifications and criteria used in the implementation of medical and social expertise of citizens by federal state institutions of medical and social expertise: order of the Ministry of Labor and Social Development of the Russian Federation of August 27, No. 2019 585n. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72921006/> (accessed: 10.06.2019). [In Russian]

7. Об охране окружающей среды: федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ.2015. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 11.06.2019).

On Environmental Protection: Federal Law of 10.01.2002 No. 7-FZ.2015. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (accessed: 11.06.2019). [In Russian]

8. О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации: федеральный закон от 21.07.2014 № 219. 2016. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_165823/ (дата обращения: 11.06.2019).

On Amendments to the Federal Law “On Environmental Protection” and Certain Legislative Acts of the Russian Federation: Federal Law of 21.07.2014 No. 219. 2016. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_165823/ (accessed: 11.06.2019). [In Russian]

9. Пашкевич М. А., Баркан М. Ш., Шариков Ю. В. Экологические проблемы мегаполисов и промышленных агломераций: учеб. пособие. СПб., 2010. 202 с.

Pashkevich M. A., Barkan M. Sh., Sharikov Yu. V. Ecological problems of mega-policies and industrial agglomerations. *Textbook. allowance*. Saint Petersburg, 2010, p. 202. [In Russian]

10. Рахманин Ю. А. Актуализация проблем экологии человека и гигиены окружающей среды и пути их решения // Гигиена и санитария. 2012. № 5. С. 4–8.

Rakhmanin Yu. A. Actualization of problems of human ecology and environmental hygiene and ways to solve them. *Gigiena i Sanitariya*. 2012, 5, pp. 4-8. [In Russian]

11. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест. 2001. № 2711. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901787814/titles/3KI2TSB> (дата обращения: 15.06.2019).

SanPiN 2.1.6.1032-01. Hygienic requirements for ensuring the quality of atmospheric air in populated areas. 2001, No. 2711. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901787814/titles/3KI2TSB> (accessed: 15.06.2019). [In Russian]

12. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. 2007. № 74. URL: <https://base.garant.ru/12158477/b89690251be5277812a78962f6302560/> (дата обращения: 11.06.2019).

SanPiN 2.2.1/2.1.1.1200-03. Sanitary protection zones and sanitary classification of enterprises, structures and other facilities. 2007, No. 74. URL: <https://base.garant.ru/12158477/b89690251be5277812a78962f6302560/> (accessed: 11.06.2019). [In Russian]

13. Сазонова О. В., Сухачева И. Ф., Дроздова И. И., Якунова Е. М., Галицкая А. В. Роль автотранспорта в загрязнении среды обитания и влияние на здоровье населения Самарской области // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. 2013. № 3 (6). С. 1944–1947.

Sazonova O. V., Sukhacheva I. F., Drozdova I. I., Yakunova E. M., Galitskaya A. V. The role of vehicles in the pollution of the environment and the impact on the health of the population of the Samara region. *Известия Самарского научного центра Российской Академии наук* [News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2013, 3 (6), pp. 1944-1947. [In Russian]

14. Турбинский В. В., Коротаева О. Д. Оценка опасности суммации вредного действия атмосферных загрязнений промышленными выбросами для здоровья населения // Социально-гигиенический мониторинг и вопросы профпатологии в Сибирском федеральном округе: Материалы научно-практической конференции, Новосибирск, 14–15 октября, 2010. С. 225–230.

Turbinsky V. V., Korotaeva O. D. Assessment of the hazard of summation of the harmful effect of atmospheric pollution by industrial emissions for the health of the population. In: *Social-hygienic monitoring and issues of occupational pathology in the Siberian Federal District. Materials of scientific-practical. Conf.* Novosibirsk, October 14-15, 2010, pp. 225-230. [In Russian]

15. Экологический бюллетень Самарская область / Приволжское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Самара, 2018. № 1–12., Самара, 2019. № 1–12.

Ecological bulletin Samara region. Publishing house of the

Federal State Budgetary Institution. Privolzhsk Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring. Samara, 2019, No. 1-12. [In Russian]

16. Bai L., Wang J., Ma X., Lu H. Air Pollution Forecasts. An Overview. *Int J Environ Res Public Health*. 2018, 15 (4), p. 780.

17. Burns J., Boogaard H., Polus S. Interventions to reduce ambient particulate matter air pollution and their effect on health. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019, 5.

18. Davalos A. D., Luben T. J., Herring A. H., & Sacks J. D. Current approaches used in epidemiologic studies to examine short-term multipollutant air pollution exposures. *Annals of epidemiology*. 2017, 27 (2), pp. 145-153.

19. Im U., Brandt J., Geels C. Assessment and economic valuation of air pollution impacts on human health over Europe and the United States as calculated by a multi-model ensemble in the framework of AQMEII3. *Atmos Chem Phys*. 2018, 18 (8), pp. 5967-5989.

20. Hahad O., Lelieveld J., Birklein F., Lieb K., Daiber A., Münzel T. Ambient Air Pollution Increases the Risk of Cerebrovascular and Neuropsychiatric Disorders through Induction of Inflammation and Oxidative Stress. *Int J Mol Sci*. 2020 Jun 17, 21 (12), p. 4306.

21. Kelly F. J., Fussell J. C. Air pollution and public health: emerging hazards and improved understanding of risk. *Environ Geochem Health*. 2015, 37 (4), pp. 631-649.

22. Min K. D., Kwon H. J., Kim K., Kim S. Y. Air Pollution Monitoring Design for Epidemiological Application in a Densely Populated City. *Int J Environ Res Public Health*. 2017, 14 (7).

23. Mitsan E. L., Kuvshinova I. A., Baklukova T. V. Complex health-improving pedagogical work with school children in the city with a developed ferrous metal industry. The collection includes 12-h International Scientific and Practical Conference Science and Society by SCIEUKO in London. 24-29 May 2018, pp. 118-122.

24. Tessum M. W., Larson T., Gould T. R., Simpson C. D., Yost M. G., & Vedal S. Mobile and Fixed-Site Measurements to Identify Spatial Distributions of Traffic-Related Pollution Sources in Los Angeles. *Environmental science & technology*. 2017, 52 (5), pp. 2844-2853.

25. Tulchinsky, Theodore Herzl and Elena A. Varavikova. Environmental and Occupational Health. The New Public Health. 2014, pp. 471-533.

26. Xu B., Lin B. Regional differences of pollution emissions in China. Contributing factors and mitigation strategies. *J. Clean. Prod.* 2016, 112, pp. 1454-1463.

27. Yang M., Fan H., Zhao K. Fine-Grained Spatiotemporal Analysis of the Impact of Restricting Factories, Motor Vehicles, and Fireworks on Air Pollution. *Int J Environ Res Public Health*. 2020, 17, p. 4828.

Контактная информация:

Мякишева Юлия Валерьевна — доктор медицинских наук, зав. кафедрой общей и молекулярной биологии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Адрес: 443099, Российская Федерация, г. Самара, ул. Чапаевская, 89

E-mail: ymyakisheva@yandex.ru