

ЭКОЛОГИЯ

Ч Е Л О В Е К А

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

05.2019

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 – Любовь Николаевна Горбатова (Архангельск)
Заместители главного редактора: А. Б. Гудков (Архангельск), И. Б. Ушаков (Москва)
Научный редактор – П. И. Сидоров (Архангельск)
Международный редактор – А. М. Гржибовский (Россия/Казахстан)
Ответственный секретарь – О. Н. Попова

Редакционная коллегия: Т. А. Бажукова (Архангельск), В. П. Быков (Архангельск), Н. В. Зайцева (Пермь), Б. В. Лабудин (Архангельск), В. И. Макарова (Архангельск), В. И. Малыгин (Северодвинск), С. И. Малявская (Архангельск), С. Л. Совершаева (Архангельск), А. Г. Соловьев (Архангельск), В. И. Торшин (Москва), Б. Ю. Филиппов (Архангельск), В. П. Чащин (Санкт-Петербург)

Председатель редакционного совета – В. А. Черешнев (Москва)

Редакционный совет: Р. В. Бузинов (Архангельск), А. Т. Быков (Сочи), А. Н. Глушков (Кемерово), С. Ф. Гончаров (Москва), В. А. Грачев (Москва), А. В. Грибанов (Архангельск), Ронда Джонсон (США), Н. В. Доршакова (Петрозаводск), С. А. Ефименко (Москва), П. С. Журавлев (Архангельск), Е. А. Ильин (Москва), Рамуне Каледене (Литва), С. И. Колесников (Москва), Пер Магнус (Норвегия), И. Г. Мосягин (Санкт-Петербург), Йон Ойвинд Одланд (Норвегия), Г. Г. Онищенко (Москва), В. И. Покровский (Москва), Керсти Пярна (Эстония), Арья Раутио (Финляндия), Ю. А. Рахманин (Москва), Г. А. Софронов (Санкт-Петербург), В. С. Фортыгин (Архангельск), Л. С. Щёголева (Архангельск), Кью 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

Адрес редакции и издателя: 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, 51.

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

Адрес типографии:

ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
163000, 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) 13 октября 2016 г. Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-67426

Подписано в печать 22.04.19. Дата выхода в свет 15.05.19. Формат 60×90/8. Печать цифровая.

Уч.-изд. л. 7,3. Тираж 1000 экз., зак. 2097.

Индекс 20454. Цена свободная

© Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск

HUMAN

ECOLOGY

PEER-REVIEWED SCIENTIFIC JOURNAL

05.2019

Publisher - Northern State Medical University
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 - Liubov Nikolaevna Gorbatova (Arkhangelsk)

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

Science Editor - P. I. Sidorov (Arkhangelsk)

International Editor - A. M. Grjibovski (Russia/Kazakhstan)

Executive Secretary - O. N. Popova

Editorial Board: T. A. Bazhukova (Arkhangelsk), V. P. Bykov (Arkhangelsk), N. V. Zaitseva (Perm), B. V. Labudin (Arkhangelsk), V. I. Makarova (Arkhangelsk), V. I. Malygin (Severodvinsk), S. I. Malyavskaya (Arkhangelsk), S. L. Sovershaeva (Arkhangelsk), A. G. Soloviev (Arkhangelsk), V. I. Torshin (Moscow), B. Yu. Filippov (Arkhangelsk), V. P. Chashchin (Saint Petersburg)

Chairman of Editorial Council - V. A. Chereshnev (Moscow)

Editorial Council: R. V. Buzinov (Arkhangelsk), A. T. Bykov (Sochi), A. N. Glushkov (Kemerovo), S. F. Goncharov (Moscow), V. A. Grachev (Moscow), A. V. Griбанov (Arkhangelsk), Rhonda Johnson (USA), N. V. Dorshakova (Petrozavodsk), S. A. Efimenko (Moscow), P. S. Zuravlev (Arkhangelsk), E. A. Ilyin (Moscow), Ramune Kalediene (Lithuania), S. I. Kolesnikov (Moscow), Per Magnus (Norway), I. G. Mosyagin (Saint Petersburg), Jon Øyvind Odland (Norway), G. G. Onishchenko (Moscow), V. I. Pokrovsky (Moscow), Kersti Pärna (Estonia), Arja Rautio (Finland), Yu. A. Rakhmanin (Moscow), G. A. Sofronov (Saint Petersburg), V. S. Fortygin (Arkhangelsk), L. S. Shchegoleva (Arkhangelsk), Kue Young (Canada)

Editor N. S. Durasova **Translator** O. V. Kalashnikova **Cover design and make-up** G. E. Volkova

Editorial office: Troitsky Ave. 51, 163000 Arkhangelsk, Russia.

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

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

Troitsky Ave. 51, 163000 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 13.10.2016.

Certificate of Mass Media Registration ПИ № ФС 77-67426.

Format 60×90/8. Digital printing. Index 20454. Free price

© Northern State Medical University, Arkhangelsk

СОДЕРЖАНИЕ

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

- Григорьева Е. А., Христофорова Н. К.**
Биоклимат Дальнего Востока России и здоровье населения 4
- Никанов А. Н., Гудков А. Б., Шелков М. В., Попова О. Н., Щербина Ф. А., Щербина А. Ф.**
Характеристика радиационного фона арктической территории в районе расположения горно-обогатительного комплекса 11
- Байдакова Е. В., Унгурияну Т. Н., Крутская К. В., Миненко И. А.**
Качество питьевого водоснабжения и степень эпидемической опасности возникновения кишечных инфекций в городах Архангельской области 15
- Плотникова О. А., Мельников А. Г., Мельников Г. В., Тихомирова Е. И., Ильина Н. А.**
Разработка сенсорной системы для определения экотоксикантов полициклических ароматических углеводов в водных и белковых средах 21

ЭКОЛОГИЯ ТРУДА

- Ермолина Т. А., Мартынова Н. А., Кузьмин А. Г.**
Применение метода моделирования в диагностике латентных форм хронических заболеваний у медицинских работников 26

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

- Корчина Т. Я., Сухарева А. С., Корчин В. И., Лапенко В. В.**
Обеспеченность витамином D женщин Тюменского Севера 31
- Самойлов А. С., Ушаков И. Б., Попов В. И., Попова О. А.**
Анализ адаптационно-приспособительных возможностей отдельных систем организма в условиях воздействия электромагнитного фактора экологического риска 37
- Филатова О. Е., Берестин Д. К., Иляшенко Л. К., Башкатова Ю. В.**
Влияние гипотермии на параметры электромиограмм при малых напряжениях мышц 43
- Федорова О. И., Мальцева А. Е.**
Сезонная динамика функционального состояния новорожденных в зависимости от абиотических факторов среды в условиях города Барнаула 49

СОЦИАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ

- Вишняков Н. И., Кочорова Л. В., Самойлова И. Г.**
Распространенность инфекционной заболеваемости среди детей и подростков Северо-Западного федерального округа 56

МЕНТАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ

- Соловьев А. Г., Ичитовкина Е. Г., Злоказова М. В., Давыдова Н. Е., Евдокимов В. И.**
Организация лечебно-реабилитационной помощи комбатантам с пограничными психическими расстройствами 60

БИОКЛИМАТ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

© 2019 г. ¹Е. А. Григорьева, ²Н. К. Христофорова

¹ФГБУН «Институт комплексного анализа региональных проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук», г. Биробиджан; ²ФГАУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток

Цель: выявить региональные и сезонные особенности биоклимата континентальной части Дальнего Востока и показать влияние дискомфорта климата на состояние здоровья населения. *Методы:* расчёт коэффициентов корреляции между значениями биоклиматических индексов в январе и июле и величинами смертности и заболеваемости от всех причин, болезней кровообращения и органов дыхания. *Результаты.* Показано, что заболеваемость дальневосточников по всем классам болезней отличается от средних для России величин в целом незначительно. Она несколько ниже для болезней системы кровообращения и выше – для болезней органов дыхания, однако в отдельных субъектах этот показатель существенно превышает среднероссийские значения. Установлена корреляционная зависимость заболеваемости от величины тепловой дискомфорта, выраженной биоклиматическими индексами, которая подтвердила предположение о климатической обусловленности некоторых показателей здоровья населения на Дальнем Востоке. Показано, что при выявлении влияния климатической дискомфорта на показатели заболеваемости наиболее приемлем для использования биоклиматический индекс Хилла. Установлено, что заболеваемость болезнями системы кровообращения и органов дыхания почти в два раза выше в Чукотском автономном округе (крайний север Дальнего Востока), чем в Еврейской автономной области (южная часть). В то же время низкие показатели смертности населения Чукотки от всех причин смерти и от болезней системы кровообращения требуют обсуждения. *Вывод:* для континентальной части Дальнего Востока России выявлены общие и частные закономерности пространственной (региональной) и сезонной динамики биоклиматических условий и их возможное влияние на пространственную дифференциацию показателей заболеваемости населения.

Ключевые слова: Дальний Восток, биоклиматические индексы, климатическая дискомфортность, показатели здоровья населения

CLIMATE AND HUMAN HEALTH AT THE RUSSIAN FAR EAST

¹E. A. Grigorieva, ²N. K. Khristoforova

¹Institute for Complex Analysis of Regional Problems Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences, Birobidzhan, Russia; ²Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

Aims: To identify regional and seasonal patterns of climate at the continental part of the Far East and to study associations between climate discomfort and population health. *Methods:* Correlation coefficients between climatic indices in January and July and all-cause-, cardiovascular- and respiratory mortality and morbidity were calculated. *Results:* The overall morbidity was similar to the national average. It was slightly lower for circulatory diseases, but higher for respiratory diseases. In some regions the latter was significantly higher than the national average. Circulatory- and respiratory morbidity was almost twice as high in Chukotka (Far North East) than in the Jewish Autonomous Region (South Far East). At the same time, the low all-cause mortality in Chukotka needs further research. *Conclusions:* Common and specific patterns of spatial and seasonal variations and their associations with morbidity were observed in the continental part of the Russian Far East. Wet Kata Cooling Power index by Hill seems to be the best indicator of thermal discomfort. Significant correlations between health indicators and thermal discomfort expressed by bioclimatic indices are in line with other studies suggesting links between population health in the Russian Far East and climate. Low all-cause mortality in Chukotka requires further research.

Kew words: bioclimatic indices, climatic discomfort, human health indicators, Russian Far East

Библиографическая ссылка:

Григорьева Е. А., Христофорова Н. К. Биоклимат Дальнего Востока России и здоровье населения // Экология человека. 2019. № 5. С. 4–10.

Grigorieva E. A., Khristoforova N. K. Climate and Human Health at the Russian Far East. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 5, pp. 4-10.

Различия условий среды обитания — от типа общественно-экономической формации до особенностей климата конкретного региона — определяют статус здоровья и характер медико-биологических откликов и реакций [8, 10]. К тому же учёт воздействия различных факторов, производимый с позиции наличия экологических условий для жизни человека как биологического существа, должен выполняться в зависимости от масштаба рассматриваемой территории. Известно, что взаимодействие между медико-географическими и социальными показателями населения и пространственными различиями эколого-географической среды

наиболее ярко проявляется на макрорегиональном уровне, определяясь в значительной степени макроклиматическими особенностями территории [1]. В этом случае климат рассматривается как общий энергетический фон жизнедеятельности человека и формирования его здоровья, как предпосылка развития патологических состояний [6, 10]. При этом выявляются характерные особенности биоклимата и наиболее общие тенденции его изменения в пределах некоторого ареала как отражение влияния климатопогодных факторов на дифференциацию здоровья населения.

Дальний Восток России расположен в зоне действия континентального муссонного климата, отличительная черта которого — резкое различие термических свойств основных сезонов года. Особенно ярко это своеобразие проявляется в его южной части: сочетание высоких температур и влажности воздуха, следствием которых являются душные погоды, типичные для влажных тропиков, наблюдаются здесь в летний период; зимой территория характеризуется суровыми сибирскими морозами, усугубляемыми сильным ветром на побережье и в долинах рек [2–5]. При таких экстремальных погодах физиологическое напряжение систем терморегуляции человека может усиливаться до чрезмерного. Климатическая дискомфортность на Дальнем Востоке усугубляет действие других природных условий на жизнедеятельность населения. Демографическими последствиями дискомфортности климата являются высокие уровни заболеваемости и смертности населения, особенно от заболеваний сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

Цель работы — охарактеризовать биоклиматические условия территории континентальной части Дальнего Востока как ведущего экологического фактора, определяющего качество среды жизни человека; показать влияние дискомфортности климата на состояние здоровья населения.

Методы

Исследование проводилось для континентальной части физико-географической области Дальнего Востока России, в которую включены 6 субъектов Российской Федерации (РФ): Чукотский автономный округ (ЧАО), Магаданская и Амурская области, Еврейская автономная область (ЕАО), Хабаровский и Приморский края. Для характеристики состояния здоровья в числе одних из основных показателей качества жизни человека были взяты данные по заболеваемости и смертности населения за 2005–2016 гг., представленные на сайте Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС) [<https://www.fedstat.ru/>]. Оценка фоновых биоклиматических условий выполнена с использованием климатических данных сети гидрометеорологических станций (ГМС) по температуре и влажности воздуха, скорости ветра и облачности в регионе.

Для адекватного описания термической нагрузки окружающей среды на организм человека как основного показателя климатической дискомфортности применяются комплексные биоклиматические индексы, отличающиеся по количеству учитываемых параметров, по сложности расчётной схемы и по использованию моделей теплового баланса тела человека [12]. Предварительно был составлен каталог биоклиматических индексов, предназначенных для комплексной оценки теплового состояния человека под воздействием окружающей среды, проведён критический анализ их классификаций и разработана новая классификация, состоящая из 8 разных по уровню сложности классов, где индексы сгруппированы по

9 показателям и 6 критериям [13]. Такая подготовительная работа даёт возможность выхода на поиск и отбор тех индексов, которые лучше всего выявляют воздействие погоды и климата на жизнедеятельность человека в конкретных условиях для решения научных теоретических и определённых практических задач.

На территории Дальнего Востока с температурными контрастами основных сезонов года необходимо выбирать такие биоклиматические индексы, которые адекватно отображают влияние климата как при высоких, так и при низких температурах, т. е. охватывают широкий тепловой диапазон. Особенно актуально это условие при проведении исследований на макроуровне, т. е. при получении фоновых зависимостей.

С точки зрения биоклиматологии наиболее интересными являются индексы, учитывающие максимально возможное количество метеоусловий, действующих на человека, т. е. при выборе индекса критерий полноты схемы должен быть одним из самых важных. К сожалению, на Дальнем Востоке наблюдения за рядом параметров, например за солнечной радиацией, проводятся только на ограниченном количестве метеостанций, и это лимитирует выбор биоклиматических индексов для проведения эколого-климатических исследований.

Мы предлагаем использовать следующие индексы, соответствующие заявленным критериям. В классах С (индексы, основанные на алгебраических или статистических моделях) и G (индексы нагрузки окружающей среды с использованием модели теплового баланса) [12, 13]. Это Resultant Temperature (RT) (в русском эквиваленте — нормальная эквивалентно-эффективная температура НЭЭТ) [3, 4, 7, 14, 15]; ветровое влажное охлаждение по Хиллу Н [3, 4, 7]; эквивалентно-эффективная температура ЭЭТ [3, 4, 7]; приведенная температура АТ [3, 4]; естественная температура по влажному термометру (Natural Wet Bulb Temperature Tn) [3, 4, 16]. В классе F (индексы физиологического напряжения с использованием модели теплового баланса) это индекс CLODEX, который применяется для характеристики изоляционных свойств одежды [2, 11]. Во всех выбранных индексах в качестве предикторов вводятся температура и влажность воздуха, скорость ветра и в некоторых — облачность.

Для выявления зависимости между биоклиматическими индексами и показателями здоровья населения рассчитаны коэффициенты корреляции между значениями индексов в январе и июле, с одной стороны, и величинами смертности и заболеваемости от всех причин, болезней кровообращения и органов дыхания — с другой. При оценке корреляционных связей использовались коэффициенты парной корреляции Пирсона; критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным 0,01.

Результаты

Нами проанализированы данные по общей заболеваемости и смертности, а также по классам

климаточувствительных болезней, к которым относятся в первую очередь болезни органов дыхания и кровообращения [9].

На рис. 1 показаны пространственные различия

по заболеваемости в целом для РФ, для Дальнего Востока и отдельно для рассматриваемых субъектов. Заболеваемость дальневосточников по всем классам болезней отличается от средних для России величин

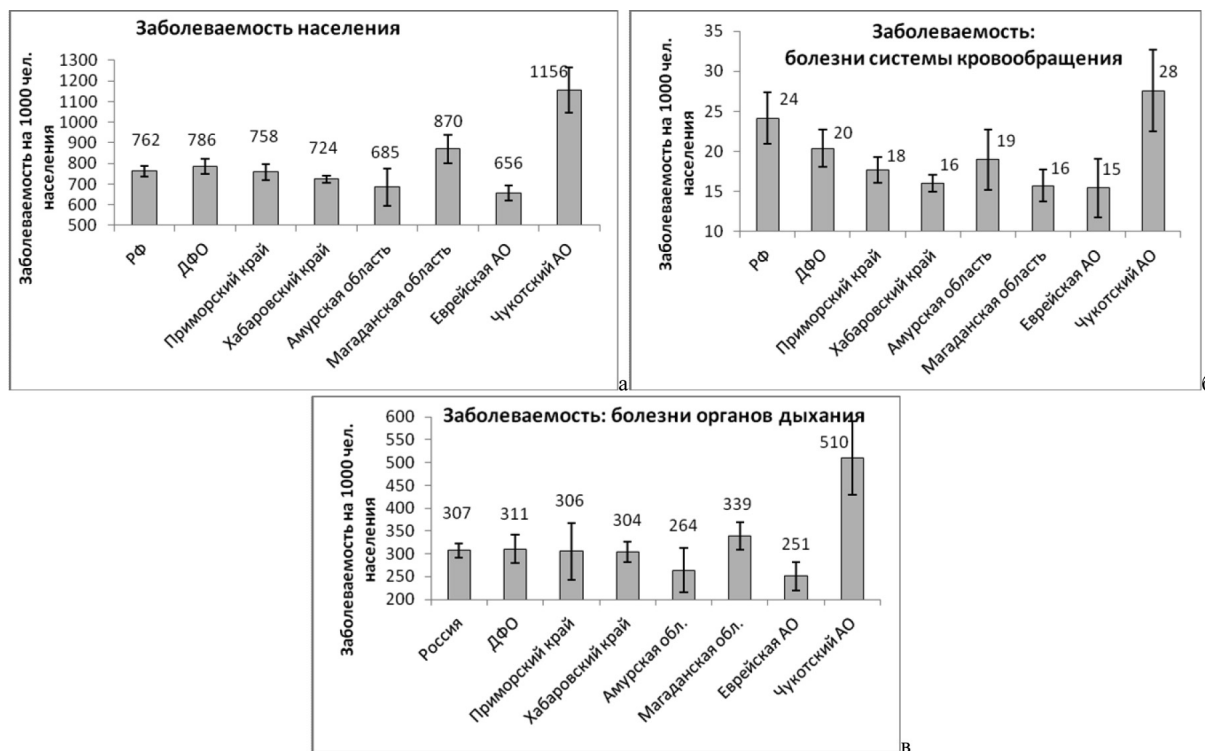


Рис. 1. Заболеваемость населения по всем классам болезней (а) и отдельно для болезней системы кровообращения (б) и органов дыхания (в) на 1 000 человек населения, Дальний Восток, 2005–2016 гг.

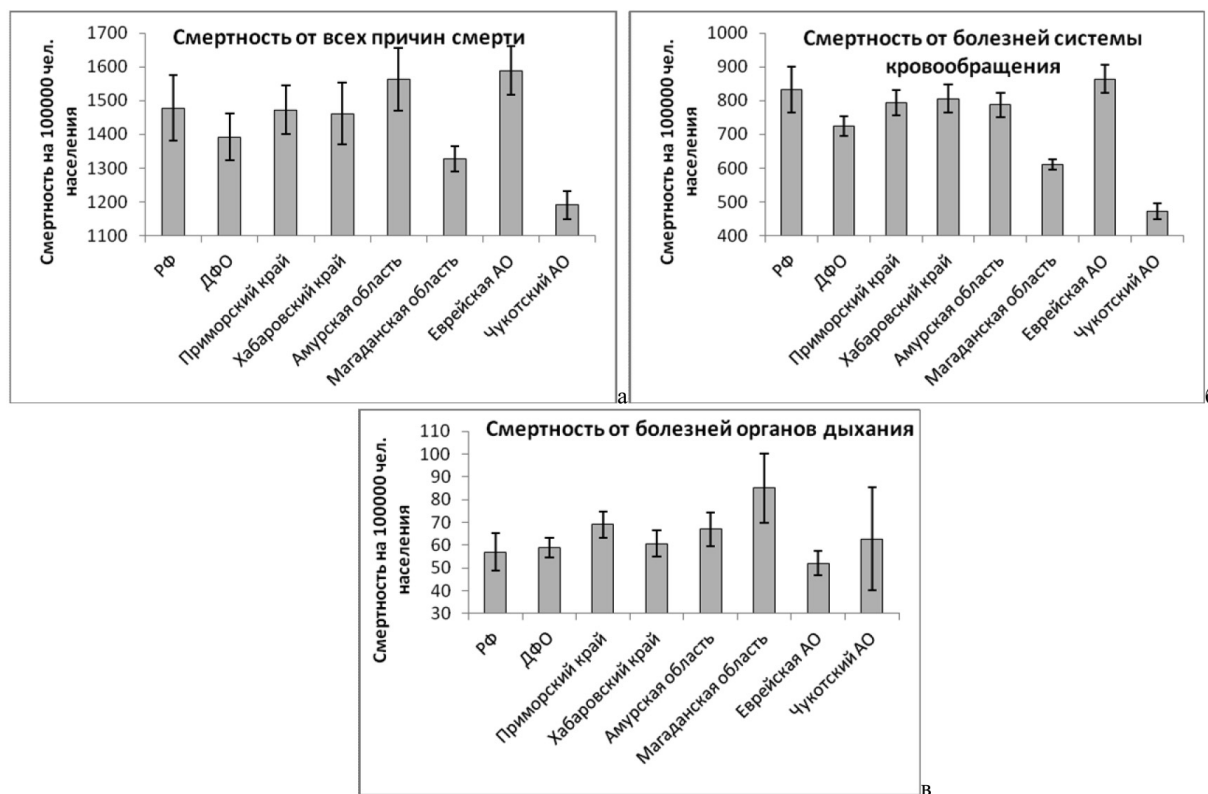


Рис. 2. Смертность населения от всех причин смерти (а) и отдельно от болезней системы кровообращения (б) и органов дыхания (в) на 100 000 человек населения, Дальний Восток, 2005–2016 гг.

ненамного; несколько ниже этот показатель для болезней системы кровообращения и выше — для болезней органов дыхания. В отдельных субъектах этот показатель существенно превышает средние значения. Так, в ЕАО заболеваемость по всем классам болезней в 1,3 раза ниже, чем Магаданской области, и в 1,8 раза — чем на Чукотке, где этот показатель самый высокий. Самые низкие значения отмечаются на юге — в ЕАО и Амурской области. Хабаровский и Приморский края характеризуются уровнем заболеваемости, близким к среднему для Дальнего Востока.

При более детальном изучении заболеваемости по отдельным классам болезней выявлено значительное, почти в два раза, превышение заболеваемости болезнями системы кровообращения и органов дыхания в ЧАО по сравнению с расположенной на юге ЕАО.

На рис. 2 показаны региональные различия в смертности населения от всех причин смерти и от отдельных болезней. При сравнении рис. 1 и 2 видна значительная пространственная диспропорция между показателями смертности и заболеваемости, особенно резко выраженная на Чукотке по сравнению с остальными субъектами Дальневосточного федерального округа (ДФО). Смертность от всех причин изменяется от 1 190,4 умершего на 100 000 человек населения в ЧАО до 1 588,7 в ЕАО. Ещё выше эта разница (в 1,8 раза) для смертности от болезней системы кровообращения, которая в тех же субъектах изменяется от 472,6 до 864,5 умершего на 100 000 человек населения. Несколько сглажена региональная разница в смертности от болезней органов дыхания, но здесь картина в целом повторяет особенности в территориальной дифференциации заболеваемости: максимальные (по сравнению с другими субъектами округа) показатели в Магаданской области (85,0) в 1,6 раза выше, чем в ЕАО (52,1). На остальной части изучаемой территории эти величины практически однородны и меняются в пределах от 62,7 до 69,0 умершего на 100 000 человек населения.

Для выявления пространственных особенностей климатической дискомфортности нами рассчитаны биоклиматические индексы и исследована степень тесноты связи между индексами отдельно для тёплого и холодного времени года (табл. 1).

Как видно, наиболее тесная корреляция с большинством из них оказалась у индексов НЭЭТ и CLODEX; ниже приводится более подробный анализ их пространственно-временной динамики.

Анализ пространственного распределения НЭЭТ [4] показал, что зимой изучаемая территория располагается в зоне с «крайне холодными» условиями и чрезвычайно высокой вероятностью замерзания. НЭЭТ опускается в среднем до $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже, в некоторых районах на севере даже до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Высокая влажность и ветер усиливают действие холода, и ощущаемые человеком температуры оказываются на $20\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ниже реальных. Например, в Анадыре и Беринговском при среднемесячной скорости ветра $8\text{--}10\text{ м/с}$ ощущаемые температуры воспринимаются как -52 и $-46\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответственно, что более чем на $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ниже реальной величины. В прибрежных территориях и в долинах крупных рек (например, р. Амур) отмечается повышенная зимняя суровость с жесткостью погоды, которая в 1,5–2 раза выше, чем на континенте, хотя регистрируемые температуры воздуха здесь более высокие, чем на ГМС, расположенных гораздо севернее. Межгорные котловины при практически полном безветрии характеризуются менее суровыми условиями даже при более низких реальных температурах. В целом более жесткие зимние погоды наблюдаются в Магаданской области и на Чукотке. В летнее время на большей части Дальнего Востока отмечаются условия, находящиеся по теплоощущению в категории нейтральных, характеризующихся термическим комфортом. Прохладный дискомфорт наблюдается только на крайнем севере и на побережье северных морей [4].

Пространственное распределение индекса Хилла практически совпадает с НЭЭТ. В январе почти весь изучаемый регион располагается в жестко холодной зоне с условиями зимнего периода, находящимися в категории «экстремально дискомфортные»; индекс Хилла H поднимается здесь выше $50\text{ мкал см}^{-2}\text{ с}^{-1}$. На севере на побережье отмечаются условия, относящиеся к категории «абсолютно дискомфортные» с величинами H до $80\text{--}90\text{ мкал см}^{-2}\text{ с}^{-1}$ [3, 4].

Оценка теплового состояния человека по изоляционным свойствам одежды с использованием

Таблица 1

Коэффициенты корреляции между биоклиматическими индексами

Биоклиматический индекс	H		T _n		AT		НЭЭТ		CLODEX	
	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето
T _n	0,02	-0,66								
AT	-0,10	-0,78	0,97	0,97						
НЭЭТ	-0,59	-0,90	0,72	0,88	0,82	0,96				
ЭЭТ	-0,74	-0,95	0,48	0,75	0,64	0,88	0,94	0,97		
CLODEX	0,20	0,83	-0,95	-0,93	-0,98	-0,98	-0,87	-0,97	-0,70	-0,91

Примечания: полужирным шрифтом выделены коэффициенты парной корреляции, статистически значимые на уровне 0,01; H — ветровое влажное охлаждение по Хиллу; T_n — естественная температура по влажному термометру; AT — приведённая температура; НЭЭТ — нормальная эквивалентно-эффективная температура; ЭЭТ — эквивалентно-эффективная температура; CLODEX — теплоизоляционные свойства одежды.

биоклиматического индекса CLODEX выполнена нами для зимнего и переходных сезонов при уровне метаболизма 116 Вт м^{-2} (работа с лёгкой нагрузкой). Установлено, что максимальная теплоизоляция одежды необходима ночью в январе: в зависимости от региона величины меняются от 4,0 (зимнее пальто) до 5,2 (арктическая одежда) кло. Минимальные значения теплового сопротивления — до 2,7–3,4 кло — характерны для полудня, когда отмечаются максимальные температуры (расчёт сделан для минимальной ветровой нагрузки). Средние величины теплоизоляции одежды колеблются в пределах от 2,9 до 4,9 кло. Таким образом, показана необходимость уменьшения теплозащитных свойств одежды в дневное время при максимальных температурах, отсутствии ветра и облачности на 0,5–1,3 кло по сравнению со среднесуточными величинами. Ночью же с усилением суровости температурного режима, как и следовало ожидать, теплоизоляция должна быть повышена на 0,4–1,0 кло, при этом максимальный прирост характерен для северных регионов. В целом отличие между максимальными и минимальными величинами достигает 1,0–1,7 кло. Результаты для переходных сезонов — апреля и октября, средних месяцев весны и осени соответственно — практически не отличаются. На юге при более высоких температурах теплоизоляция одежды должна быть ниже, чем в северных районах, причём отличия эти значительны. На Чукотке ночью теплоизоляция, необходимая для достижения теплового комфорта, должна соответствовать утеплённой одежде полярника, на юге Приморья в дневное время — это деловой костюм [2].

Для выяснения зависимости между биоклиматическими индексами в январе и июле и показателями заболеваемости по всем классам болезней, по болезням кровообращения и органов дыхания были рассчитаны коэффициенты линейной корреляции. Статистически значимая парная корреляция отмечена для всех биоклиматических индексов и выбранных показателей здоровья в июле (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между биоклиматическими индексами в июле и показателями здоровья

Биоклиматический индекс	Заболеваемость		
	По всем классам болезней	Болезни системы кровообращения	Болезни органов дыхания
H	0,96	0,68	0,94
Tп	–0,88	–0,58	–0,83
AT	–0,91	–0,6	–0,86
НЭЭТ	–0,93	–0,62	–0,89
ЭЭТ	–0,95	–0,65	–0,92
CLODEX	0,92	0,59	0,88

Примечание. Полужирным шрифтом выделены наиболее высокие коэффициенты парной корреляции.

Установлено, что лучше всех коррелирует с показателями здоровья индекс Хилла, рассчитанный

для июля: чем выше индекс Хилла, т. е. чем сложнее погодно-климатические условия в летний период, тем выше заболеваемость населения как по всем классам болезней, так и отдельно по болезням органов кровообращения и дыхания. Несколько ниже по модулю отрицательная зависимость между показателями здоровья и индексами ЭЭТ и НЭЭТ.

Обсуждение результатов

Для сохранения и улучшения здоровья населения Дальнего Востока России необходимо проводить исследования, анализирующие экологические, социально-экономические, демографические и другие факторы, влияющие на качество жизни. Выявление причинно-следственных связей в системе «Климат и погода — Жизнедеятельность человека» является важной предпосылкой для дальнейших климатофизиологических, климатопатологических и климато-терапевтических разработок, для предупреждения и профилактики климатозависимых заболеваний. Данное комплексное исследование включает оценку биоклиматических условий территории и показателей здоровья населения.

Прежде всего отметим, что заболеваемость дальневосточников по обращаемости за медицинской помощью отличается от средних для России величин ненамного; несколько ниже этот показатель для болезней системы кровообращения и выше — для болезней органов дыхания. Однако существенно ниже среднероссийских показатели смертности, как смертности от всех причин, так и от болезней системы кровообращения. Но в то же время выявлены значительные диспропорции между отдельными субъектами РФ: самые низкие показатели на севере, в Магаданской области и на Чукотке, самые высокие — в ЕАО и в Амурской области.

Еще в 1998 г., обсуждая вопрос о демографических последствиях дискомфорта климата, исследователи высказали мнение о том, что в России климатически обусловленными являются показатели демографической структуры, а не здоровья населения [17]. В регионах с суровым климатом снижена доля лиц с ослабленным здоровьем, в первую очередь из старшей возрастной когорты, что связано с их миграцией в более благоприятные территории при возникновении угроз, вызванных природно-климатической дискомфортом. Таким образом, в формировании показателей смертности и заболеваемости в северных (и особенно дальневосточных) регионах РФ принимает участие более здоровое, чем в остальной части страны, население.

Очень ярко проявляется эта закономерность и сейчас. По нашим данным, смертность населения от всех причин смерти и от болезней системы кровообращения на Чукотке существенно ниже, чем в других рассматриваемых субъектах. Вместе с тем заболеваемость населения ЧАО как общая, так и от климатообусловленных причин в два раза выше, чем, например, в ЕАО. Именно поэтому, чтобы

избежать некорректных выводов при определении корреляционной зависимости показателей здоровья от климатических причин, мы остановились только на показателях заболеваемости.

Несмотря на вывод о том, что НЭЭТ и CLODEX наиболее точно характеризуют биоклиматическую дискомфортность территории (см. табл. 1), индекс Хилла показал более высокую корреляцию с заболеваемостью (см. табл. 2). Индекс Хилла, имеющий почти столетнюю историю, лёгкий в расчётах, не требующий сложных показателей на вводе и дающий простое для понимания выражение конечного результата, оказался наиболее приемлемым при выявлении закономерностей в системе взаимоотношений между средой и качеством жизни населения. В то же время и все остальные индексы, выбранные для характеристики климатической дискомфортности, показали неплохие результаты и могут использоваться при проведении детальных исследований на мезо- и микроуровнях при наличии необходимой для расчётов погодной информации [4].

Безусловно, при проведении комплексной оценки влияния климатопогодных факторов на жизнедеятельность человека необходимо учитывать не только их термический эффект, но и воздействие резких смен основных климатических параметров, например температуры и атмосферного давления, скорости ветра. Такие погоды, особенно типичные зимой и в переходные сезоны, приводят к возникновению условий, оказывающих отрицательное влияние на людей с заболеваниями лёгочной и сердечной недостаточности, бронхолёгочными заболеваниями [5]. И здесь важно рассматривать не только их межсуточные изменения [5], но и особенности долговременных колебаний.

Конечно же, как отмечает А. Б. Косолапов, «ни одна из найденных корреляций не может даже приближённо объяснить сложнейшие процессы, связанные с реакцией организма на абсолютно мозаичное, взаимообусловленное или разной степени антагонистичное воздействие констелляции природных факторов на организм, которые при этом в значительной степени разнонаправлено модифицируются факторами социума» [8, с. 6]. Тем не менее проведенные оценки и расчёты позволили нам дать характеристику биоклиматических условий, определяющих дифференциацию теплового дискомфорта дальневосточной территории. Данные по заболеваемости населения по обращаемости и отдельно по болезням системы кровообращения, а также по смертности и заболеваемости по болезням органов дыхания позволяют предполагать вклад погодно-климатических факторов в многолетнюю динамику эпидемического процесса на Дальнем Востоке. Используемый подход даёт довольно обобщенную — фоновую биоклиматическую характеристику, которая может быть полезна для описания теплового влияния окружающей среды на человека, при проведении климатотерапевтических исследований для туристического сектора, а также при определении влияния климатических изменений на организм человека.

Таким образом, на макроуровне для континентальной части Дальнего Востока России выявлены общие и частные закономерности пространственной (региональной) и сезонной динамики биоклиматических условий. Показаны особенности биоклимата — те устойчивые связи и закономерности, которые необходимо знать для управления региональным развитием. Климат является важнейшим экологическим фактором, и его основные характеристики обуславливают общий энергетический фон жизнедеятельности человека и формирования его здоровья.

Авторство

Григорьева Е. А. внесла основной вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных, окончательно утвердила присланную в редакцию рукопись; Христофорова Н. К. внесла существенный вклад в анализ и интерпретацию данных.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Григорьева Елена Анатольевна — ORCID 0000-0002-7811-7853; SPIN 8336-9125

Христофорова Надежда Константиновна — ORCID 0000-0002-9559-8660; SPIN 7185-2311

Список литературы

1. Бузинов Р. В., Куку П. Ф., Унгуриян Т. Н., Ярыгина М. В., Гудков А. Б. От Поморья до Приморья: социально-гигиенические и экологические проблемы здоровья населения: монография. Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2016. 397 с.
2. Григорьева Е. А. Оценка теплоизоляционных свойств одежды человека в климатических условиях Дальнего Востока России // Известия СамНЦ РАН. 2012. Т. 14, № 5 (3). С. 534–537.
3. Григорьева Е. А. Биоклиматические особенности территории как ресурс развития туризма // Регионы нового освоения: экологическая политика в стратегии развития: материалы Междунар. конф. г. Хабаровск, 1–3 октября 2013 г. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2013. С. 334–340.
4. Григорьева Е. А. Многоуровневость территориальной дифференциации в биоклиматических исследованиях // Геосистемы в Северо-Восточной Азии: территориальная организация и динамика. Владивосток: Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 2017. С. 13–19.
5. Григорьева Е. А., Кирьянцева Л. П. Кардиореспираторная патология, вызываемая сезонными изменениями погоды, и меры по её профилактике // Здоровье населения и среда обитания. 2016. № 2 (275). С. 7–10.
6. Гудков А. Б., Лукманова Н. Б., Раменская Е. Б. Человек в приполярном регионе Европейского Севера: эколого-физиологические аспекты. Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. 184 с.
7. Исаев А. А. Экологическая климатология. М.: Научный мир, 2001. 458 с.
8. Косолапов А. Б. Устойчивое развитие Российского Дальнего Востока в контексте анализа условий жизнедеятельности населения // Проблемы устойчивого развития туризма. 2013. № 5. С. 4–32. URL: tourism.esrae.ru/17-26 (дата обращения: 03.08.2017).
9. Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска: методические

рекомендации МР 2.1.10.0057–12. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. 48 с.

10. Рященко С. В. Региональная антропоэкология в системе географических знаний // География и природные ресурсы. 2007. № 3. С. 84–87.

11. de Freitas C. R. Human climates of northern China // *Atmos. Environ.* 1979. Vol. 13. P. 71–77.

12. de Freitas C. R., Grigorieva E. A. A comprehensive catalogue and classification of human thermal climate indices // *Int. J. Biometeorol.* 2015. Vol. 59. P. 109–120.

13. de Freitas C. R., Grigorieva E. A. A comparison and appraisal of a comprehensive range of human thermal climate indices // *Int. J. Biometeorol.* 2017. Vol. 61. P. 487–512. DOI 10.1007/s00484-016-1228-6.

14. Grigorieva E., Tunegolovets V. Change of climate on the south of the Russian Far East in the second half of the 20th century // *Annalen der Meteorologie.* 2005. N. 41, Vol. 1. P. 209–212.

15. Landsberg H. E. The assessment of Human Bioclimate. A limited review of physical parameters. W.M.O. Tech. Note No. 123, 1972.

16. Maloney S. K., Forbes C. F. What effect will a few degrees of climate change have on human heat balance? Implications for human activity // *Int. J. Biometeorol.* 2011. Vol. 55. P. 147–160.

17. Web-атлас Окружающая среда и здоровье населения России. 1998. URL: <http://www.sci.aha.ru/ATL/ra00.htm> (дата обращения: 03.08.2017).

References

1. Buzinov R. V., Kiku P. F., Unguryanu T. N., Yarygina M. V., Gudkov A. B. *Ot Pomor'ya do Primor'ya: sotsial'no-gigienicheskie i ekologicheskie problemy zdorov'ya naseleniya* [From Pomorie to Primorye: socio-hygienic and environmental problems of public health]. Arkhangelsk: Publishing house of the Northern State Medical University, 2016. 397 p.

2. Grigorieva E. A. Evaluation of the clothes insulation in the climate of the Russian Far East. *Izvestiya SamNT* [Proceedings of the Samara Scientific Centre]. 2012, 14, 5 (3), pp. 534-537. [In Russian]

3. Grigorieva E. A. Bioklimaticheskie osobennosti territorii kak resurs razvitiya turizma [Bioclimatic features of an area as a resource for tourism development]. In: *Regiony novogo osvoeniya: ekologicheskaya politika v strategii razvitiya: materialy Mezhdunarodnoi konferentsii. Khabarovsk, 1-3 Oktyabrya 2013 g.* [Regions of New Development: Ecological Policy in Development Strategies. Proceedings of the International Conference, 1-3 October 2013]. Khabarovsk, 2013, pp. 334-340.

4. Grigorieva E. A. Mnogourovnevost territorial'noi differentsiatsii v bioklimaticheskikh issledovaniyakh [Multilevel territorial differentiation in bioclimatic research]. In: *Geosistemy v Severo-Vostochnoy Azii: territorial'naya organizatsiya i dinamika* [Geosystems in North-Eastern Asia: territorial organization and dynamics]. Vladivostok, 2017, pp. 13-19.

5. Grigorieva E. A., Kiryantseva L. P. Cardio-respiratory morbidity caused by seasonal weather changes and measures for mitigating its impact. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya* [Health and environment]. 2016, 2 (275), pp. 7-10. [In Russian]

6. Gudkov A. B., Lukmanova N. B., Ramenskaya E. B. *Chelovek v pripolyarnom regione Evropeiskogo Severa: ekologo-fiziologicheskie aspekty* [Human in the circumpolar region of the European North: ecological and physiological aspects]. Arkhangelsk, 2013, 184 p.

7. Isaev A. A. *Ekologicheskaya klimatologiya* [Environmental Climatology]. Moscow, 2001, 458 p.

8. Kosolapov A. B. Sustainable development of the Russian Far East in the context of living conditions of the population. *Problemy ustoichivogo razvitiya turizma* [Problems of sustainable development of tourism]. 2013, 5, pp. 4-32. Available at: tourism.esrae.ru/17-26 (accessed: 03.08.2017). [In Russian]

9. *Risk assessment and damage from climatic changes that affect the increased morbidity and mortality in high risk population groups: Guidelines MR 2.1.10.0057-12.* Moscow, 2012, 48 p. [In Russian]

10. Ryaschenko S. V. Regional anthropology in the system of geographical science. *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and Natural Resources]. 2007, 3, pp. 84-87. [In Russian]

11. de Freitas C. R. Human climates of northern China. *Atmos. Environ.* 1979, 13, pp. 71-77.

12. de Freitas C. R., Grigorieva E. A. A comprehensive catalogue and classification of human thermal climate indices. *Int. J. Biometeorol.* 2015, 59, pp. 109-120.

13. de Freitas C. R., Grigorieva E. A. A comparison and appraisal of a comprehensive range of human thermal climate indices. *Int. J. Biometeorol.* 2017, 61, pp. 487-512. DOI 10.1007/s00484-016-1228-6.

14. Grigorieva E., Tunegolovets V. Change of climate on the south of the Russian Far East in the second half of the 20th century. *Annalen der Meteorologie.* 2005, 41 (1), pp. 209-212.

15. Landsberg H. E. *The assessment of Human Bioclimate. A limited review of physical parameters.* W.M.O. Tech. Note No. 123, 1972.

16. Maloney S. K., Forbes C. F. What effect will a few degrees of climate change have on human heat balance? Implications for human activity. *Int. J. Biometeorol.* 2011, 55, pp. 147-160.

17. *Web-atlas Environment and human health in Russia.* 1998. Available at: <http://www.sci.aha.ru/ATL/ra00.htm> (accessed: 03.08.2017).

Контактная информация:

Григорьева Елена Анатольевна — кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник ФГБУН «Институт комплексного анализа региональных проблем Дальневосточного отделения РАН»

Адрес: 670016, Еврейская автономная область, г. Биробиджан, ул. Шолом-Алейхема, д. 4

E-mail: eagrigror@yandex.ru

ХАРАКТЕРИСТИКА РАДИАЦИОННОГО ФОНА АРКТИЧЕСКОЙ ТЕРРИТОРИИ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

© 2019 г. ¹А. Н. Никанов, ²А. Б. Гудков, ³М. В. Шелков, ²О. Н. Попова,
^{3,4}Ф. А. Щербина, ³А. Ф. Щербина

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», г. Санкт-Петербург;
²ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет», г. Архангельск; ³ФГБОУ ВО «Мурманский
государственный технический университет», г. Мурманск; ⁴ФГБОУ ВО «Мурманский арктический
государственный университет», г. Мурманск

Цель работы – выявить особенности радиационного фона в районе расположения горно-обогатительного комплекса в Арктике. *Методы.* При помощи маршрутной радиометрической съёмки измерялась мощность эквивалентной дозы в мкЗв/час на высоте около 1 м и плотность потока альфа- и бета-излучений с поверхности воды, горных пород и почв. Для установления мощности дозы гамма-излучения и содержания естественных радионуклидов в почве использовался портативный спектрометрический комплекс МКС-01А «Мультирад-М». Уровень радона измеряли с помощью радиометра аэрозолью РАА-10 и ИЗВ-3М. *Результаты.* Удельная активность почв Хибинской тундры составляла в болотной тундре от 7,03 до 71,06, а в горной тундре от 15,17 до 27,75 Бк/кг. Интенсивность излучения поверхностных отложений Хибин была от 0,12 (почвы болот и низменностей) до 0,45 (коренные породы, обвально-осыпные отложения) мкЗв/час. На территории карьеров и промышленных площадок, а также в горных местностях, используемых в рекреационных целях, радиационный фон составлял 0,21–60,0 мкЗв/час. Удельная активность воздуха в подвальных помещениях зданий была от 17,3 до 57,6 Бк/м³. *Выводы.* Территории карьеров и других промышленных площадок, а также горные участки, используемые в рекреационных целях (0,21–0,60 мкЗв/час), согласно нормам радиационной безопасности могут быть отнесены к территориям для лиц категории Б – ограниченной части населения, которая по условиям проживания (размещения рабочих мест) может подвергаться облучению. Данные территории не вызывают опасения, так как реальное время пребывания людей на них намного ниже регламентируемого нормами радиационной безопасности допустимого времени облучения для этих условий – 8 800 часов в год для населения. Содержание радона и оценка активности дочерних продуктов его распада в подвальных помещениях города показали, что их средние концентрации не превышают предельных уровней (200 Бк/м³). Радиационную обстановку исследуемой территории можно охарактеризовать как относительно благополучную.

Ключевые слова: Арктическая зона РФ, горно-обогатительный комплекс, радиационный фон

MINING AND PROCESSING PLANT ACTIVITIES AND THE LEVELS OF BACKGROUND RADIATION IN AN ARCTIC SETTING

¹A. N. Nikanov, ²A. B. Gudkov, ³M. V. Shelkov, ²O. N. Popova,
^{3,4}F. A. Shcherbina, ³A. F. Shcherbina

¹Northwest Public Health Research Center, Saint Petersburg, Russia; ²Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia; ³Murmansk State Technical University, Murmansk, Russia; ⁴Murmansk Arctic State University, Murmansk, Russia

Aim: To assess background radiation levels in the area adjacent to a mining and processing plant in a Russian Arctic setting. *Methods:* An equivalent dose rate in $\mu\text{Sv/h}$ at an altitude of about 1 m as well as a flux density of alpha and beta radiation from the surface of water, rocks and soil were estimated. The MKS-01A Multirad-M portable spectrometry complex was used for the route radiometric survey to measure the dose rate of gamma radiation and the content of natural radionuclides in soil. Radon level measurements were carried out using a PAA-10 and IZV-3M radiometer aerosols. *Result:* Soil radioactivity in the swamp tundra varied from 7.03 to 71.06 Bq/kg while in the mountain tundra the corresponding values were from 15.17 to 27.75 Bq/kg. The radiation intensity of the Khibiny surface sediments ranged from 0.12 (soils of wetlands and lowlands) to 0.45 (bedrock, precipitation-scrub deposits) $\mu\text{Sv/h}$. On the territory of quarries and industrial sites, as well as in the mountains used for recreational purposes, the background radiation was from 0.21-60.0 $\mu\text{Sv/h}$. Air radioactivity in the basements of buildings was from 17.3 to 57.6 Bq/m³. *Conclusions.* Our results suggest that the territories of quarries and other industrial sites, as well as mountain areas used for recreational purposes can be classified as areas for persons of category B meaning that a limited part of the population may be exposed to radiation. This does not raise concerns because of limited duration of stay of people in these areas which is much shorter than the permissible exposure time for these conditions regulated by URB. The radon content and the assessment of the activity of the daughter products of its decay in the basements suggest that the average concentrations do not exceed the limit of 200 Bq/m³. The radiation environment of the study area can be considered as relatively safe.

Key words: Arctic Russia, mining and processing plant, background radiation, radon

Библиографическая ссылка:

Никанов А. Н., Гудков А. Б., Шелков М. В., Попова О. Н., Щербина Ф. А., Щербина А. Ф. Характеристика радиационного фона арктической территории в районе расположения горно-обогатительного комплекса // Экология человека. 2019. № 5. С. 11–14.
Nikanov A. N., Gudkov A. B., Shelkov M. V., Popova O. N., Shcherbina F. A., Shcherbina A. F. Mining and Processing Plant Activities and the Levels of Background Radiation in an Arctic Setting. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 5, pp. 11-14.

Анализ имеющихся материалов по ионизирующему излучению, связанному с природными (естественными) и техногенными (искусственными) факторами, воздействующими на человека, считается сложной и недостаточно изученной проблемой, особенно на региональном уровне [5]. В 80-е годы XX века особую актуальность приобрела проблема стохастического воздействия малых доз ионизирующего излучения на людей в повседневной жизни за счет искусственных и естественных источников, в том числе радона и продуктов его распада [1, 3].

В расчете на одного жителя среднее значение годовой эффективной дозы облучения населения Российской Федерации за счет всех источников ионизирующего излучения составляет 3,76 мЗв/год, при этом 86,1 % дозы дают природные источники, а 13,6 % — медицинские исследования [5]. Наибольшие значения годовой эффективной дозы в 2016 г. отмечались в Республике Алтай (7,2 мЗв), Еврейской автономной области (6,6 мЗв), Республике Тыва и Иркутской области (5,7 мЗв). Наибольший вклад в суммарную дозу природного облучения россиян (59,5 %) вносил радон.

На территории Мурманской области расположена Кольская геопроvincia с большим набором добываемых полезных ископаемых. К настоящему времени сырьем для горно-обогатительных предприятий горно-химической промышленности являются апатитовые руды, представленные апатитонепелиновыми, сфено-apatитонепелиновыми и полевошпатонепелиновыми месторождениями [2]. Для всех горных пород Хибинского массива характерно наличие естественных радиоактивных изотопов с малой скоростью распада [6, 7], таких как торий и уран. Для тория и урана радиоактивные превращения завершаются выделением газообразных радиоактивных веществ: торона и радона, последний является наиболее весомым из естественных источников радиации, определяющим дозу внешнего облучения, получаемого населением на открытой территории. В связи с этим актуально изучение радиационного фона Кировско-Апатитского региона.

Цель работы — выявить особенности радиационного фона в районе расположения горно-обогатительного комплекса в Арктике.

Методы

Для характеристики радиационного фона окрестностей города Кировска Мурманской области, выявления новых и подтверждения ранее обнаруженных аномалий была проведена наземная маршрутная радиометрическая съемка. Измерялась мощность эквивалентной дозы (МЭД) в мкЗв/час на высоте около 1 м и плотность потока альфа- и бета-излучений с поверхности воды, горных пород и почв. Для определения мощности дозы гамма-излучения и содержания естественных радионуклидов в почве использовался портативный спектрометрический комплекс МКС-01А «Мультирад-М». Уровень радона

устанавливался с помощью радиометра аэрозолей РАА-10 и измерителя загрязненности воздуха ИЗВ-ЗМ, которые предназначены для измерения массовой концентрации аэрозоля в воздухе помещений.

Результаты

Исследования показали, что для заболоченных местностей и мест со значительным почвенным покровом (долины озер Малый и Большой Вудъявр и т. п.) были характерны невысокие значения МЭД и практически полное отсутствие бета-излучения (табл. 1).

Таблица 1

Удельная активность почв Хибинской тундры за счет урана, тория и радия, Бк/кг

Тип почвы	Th-232	U-238	Ra-226	Суммарная
Болотистая тундра	35,15	71,04	7,03	113,22
Горная тундра	15,17	27,38	27,75	70,30

Жилые и промышленные микрорайоны находились в таких же геолого-геоморфологических условиях, значения МЭД здесь не превышали 0,20 мкЗв/час.

Ущелье Гакмана — участок с наиболее сложной радиационной обстановкой, связанной с естественной аномалией (залегание пород, содержащих радиоактивный минерал ловчоррит). Обнаружена аномалия и в районе перевала Лопарский. Указанные аномалии локализованы и уже в полукилометре их влияние практически незаметно.

Анализ радиационной обстановки позволил выявить взаимосвязь характера и интенсивности излучения с генетическими типами поверхностных отложений, а значит и с экзогенными геологическими процессами (табл. 2).

Таблица 2

Интенсивность излучения поверхностных отложений Хибин

Генетический тип отложений (характеристика геодинамического комплекса)	Абсолютные высоты, м	МЭД, мкЗв/час	ПП бета-частиц, част./см ² мин
Коренные породы, обвально-осыпные отложения верхних частей склонов	> 600	0,45	6—8
Обломочные и рыхлые отложения средних частей склонов и отложения эрозионных участков русла	500—800	0,35—0,40	8—10
Рыхлые отложения нижних частей склонов, отложения аккумулятивных участков русла	360—500	0,25—0,30	3—8
Ледниковые, озерные, делювиальные и пролювиальные отложения долин	< 360	0,20	0
Почвы низменностей и болот	< 360	0,12—0,18	0
Неперемещенные обломочные отложения горных плато	> 700	0,35—0,40	8—10

Известно, что человек получает определенную дозу облучения от естественных (естественный радиационный фон) и искусственных источников ради-

ации. Величина естественного радиационного фона для разных территорий различна и функционально связана с их географическим положением и физико-химическими свойствами подстилающей поверхности [4, 8, 10]. Для территории, расположенной на 67–68 параллели северной широты и находящейся в интервале высот 400–1 000 м над уровнем моря, доза облучения от естественного радиационного фона составляет 1,0–1,2 мЗв/год, что соответствует мощности излучения 0,11–0,14 мкЗв/час (без учета эффекта, определяемого повышенным содержанием радионуклидов в горных породах). Превышение этих значений может быть обусловлено как естественными факторами (повышенное содержание радиоактивных элементов в залегающих вблизи поверхности горных породах), так и техногенными.

По оценкам международной группы экспертов ВОЗ, на долю радона, который образуется в процессе естественного радиоактивного распада элементов семейства урана – радия, приходится примерно 70,0 % суммарной эффективной эквивалентной дозы от всех естественных источников излучения. Концентрации радона на открытой территории незначительны (от 0,1 до 10,0 Бк/м³). Так как источниками радона могут быть строительные материалы, вода, природный газ, подлежащая под зданием почва, то его содержание в атмосферном воздухе всегда ниже, чем в помещении, и уровень его зависит от типа и этажности здания. Поскольку радон тяжелее воздуха, он накапливается в подвальных помещениях и на первых этажах зданий [9, 11].

Исследования, проведенные в осенний период в ряде городов Мурманской области с использованием пассивных дозиметров, позволили оценить уровни радона в помещениях зданий жилого и коммунально-бытового назначения. В каждом изучаемом населенном пункте в трех помещениях первых этажей зданий, расположенных на значительном расстоянии друг от друга, были зафиксированы концентрации радона меньше предельно допустимых для жилых помещений (200,0 Бк/м³). Среднее содержание радона составило 64,0 Бк/м³. Результаты измерений уровня радона и оценка активности дочерних продуктов его распада в подвальных помещениях показали, что средние концентрации этого естественного радиоактивного газа, вносящего наибольший вклад в формирование популяционной эквивалентной дозы облучения для населения, также не превышали предельных уровней (табл. 3).

Таблица 3

Удельная активность воздуха в подвалах зданий, Бк/м³

Пункт наблюдения	Число наблюдений	Минимальная	Максимальная	Средняя	Эффективная эквивалентная доза, мЗв/год
Здание 1	7	0	46,1	17,3 ± 7,2	1,04 ± 0,43
Здание 2	2	2	69,2	46,1 ± 23,1	2,77 ± 1,39
Здание 3	20	0	103,2	31,1 ± 6,1	1,86 ± 0,37
Здание 4	7	0	184,4	57,6 ± 28,0	3,46 ± 1,68

Обсуждение результатов

Основным источником ионизирующего излучения на исследуемой территории являются коренные горные породы, активность фонового излучения которых изменяется незначительно и может считаться постоянной. Так, абсолютные значения мощности суммарной эквивалентной дозы ионизирующего излучения на исследуемой территории принимают значения от 0,12 (заболоченная пойма северо-восточного побережья оз. Большой Вудъявр) до 5,41 мкЗв/час (ущелье Гакмана, ловчорритовый рудник). При этом аномалии коренных пород локализованы и их влияние на окружающую территорию, как правило, быстро затухает.

Жилые массивы на исследуемой территории, согласно рекомендациям Международной комиссии по радиологической защите, относятся к зоне относительного экологического благополучия (0,12–0,20 мкЗв/час), где дозовый предел облучения населения определяется в 1 мЗв (0,1 бэр)/год за любые последовательные 5 лет (соответствует в среднем 0,12 мкЗв/час), а за период жизни (70 лет) – 70 мЗв (что соответствует в среднем 0,20 мкЗв/час).

Территории карьеров и других промышленных площадок, а также горные участки, используемые в рекреационных целях (0,21–0,60 мкЗв/час), согласно нормам радиационной безопасности могут быть отнесены к территориям для лиц категории Б – ограниченной части населения, которая по условиям проживания (размещения рабочих мест) может подвергаться облучению. Эти территории не вызывают опасения, так как реальное время пребывания людей на них намного ниже регламентируемого нормами радиационной безопасности допустимого времени облучения для этих условий – 8 800 часов в год для населения.

Важно подчеркнуть, что локально расположенные участки с аномально высокими значениями радиационного фона могут быть использованы для непродолжительных спортивно-познавательных и минералогических посещений (10–20 час в год), в этом случае реальное время облучения в течение года на этих участках не превысит и сотых долей процента от регламентируемого уровня.

Таким образом, радиационную обстановку исследуемой территории можно охарактеризовать как относительно благополучную.

Авторство

Никанов А. Н. внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, отредактировал и окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись; Гудков А. Б. существенно переработал статью на предмет важного интеллектуального содержания; Шелков М. В. участвовал в наборе первичного материала и анализе данных; Попова О. Н. участвовала в анализе и интерпретации результатов, подготовила первый вариант статьи; Щербина Ф. А. участвовал в анализе данных и в подготовке первого варианта статьи; Щербина А. Ф. участвовал в наборе первичного материала, обработал и осуществил анализ результатов.

Никанов Александр Николаевич – SPIN 6838-5002; ORCID 0000-0003-3335-4721

Гудков Андрей Борисович – SPIN 4369-3372; ORCID 0000-0001-5923-0914

Шелков Михаил Владимирович – SPIN 8985-2024; ORCID 0000-0002-6257-7468

Попова Ольга Николаевна – SPIN 5792-0273; ORCID 0000-0002-0135-4594

Щербина Федор Александрович – SPIN 5194-1380; ORCID 0000-0003-0131-4733

Щербина Анатолий Федорович – SPIN 8267-4267; ORCID 0000-0002-0577-6866

Список литературы

1. Карпин В. А., Кострюкова Н. К., Гудков А. Б. Радиационное воздействие на человека радона и его дочерних продуктов распада // Гигиена и санитария. 2005. № 4. С. 13–17.
2. Кизеев А. Н., Жиров В. К., Ушамова С. Ф., Коклянов Е. Б., Никанов А. Н., Кульнев В. В., Базарский О. В. Экогеосистемы горнодобывающего класса северо-запада Восточно-Европейской платформы (Мурманская область) // Экологическая геология крупных горнодобывающих районов Северной Евразии. Коллективная монография / под ред. проф. И. И. Косиновой. Воронеж, 2015. С. 282–326.
3. Кононенко Д. В., Кормановская Т. А. Проблема оценки радиационных рисков населения Российской Федерации при облучении радоном // Радиационная гигиена. 2012. № 1. С. 60–62.
4. Кострюкова Н. К., Карпин В. А., Гудков А. Б. Смертность населения, проживающего в местах локальных разломов земной коры // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2005. № 4. С. 17–19.
5. Онищенко Г. Г., Попова А. Ю., Романович И. К., Барковский А. Н., Кормановская Т. А., Шевкун И. Г. Радиационно-гигиеническая паспортизация и ЕСКИД – информационная основа принятия управленческих решений по обеспечению радиационной безопасности населения Российской Федерации. Сообщение 2. Характеристика источников и доз облучения населения Российской Федерации // Радиационная гигиена. 2017. Т. 10, № 3. С. 18–35.
6. Kizeev A. N. Accumulation of radionuclides in natural objects in central part of Murmansk region // European Journal of Natural History. 2015. № 2. P. 67–68.
7. Nikanov A., Anfalova G., Tchachtchine M., Bykov V. Radon and population health in the mountain area of the Kola Peninsula. The Third International Conference on Environmental Radioactivity in the Arctic. Extended abstracts. Tromso, Norway, June 1–5, 1997. Vol. 2. P. 245–246.
8. Sahu P., Panigrahi D. C., Mishra D. P. A comprehensive review on sources of radon and factors affecting radon concentration in underground uranium mines // Environmental Earth Sciences. 2016. Vol. 75 (7). P. 617.
9. Seminsky K. Z., Bobrov A. A., Demberel S. Variations in radon activity in the crustal fault zones: spatial characteristics // Izvestiya. Physics of the Solid Earth. 2014. Vol. 50 (6). P. 795–813.
10. Steinitz G., Piatibratova O., Kotlarsky P. Sub-daily periodic radon signals in a confined radon system // Journal of Environmental Radioactivity. 2014. Vol. 134. P. 128–135.
11. Vaupotič J., Smrekar N., Žunič Z. S. Comparison of radon doses based on different radon monitoring approaches // Journal of Environmental Radioactivity. 2017. Vol. 169–170. P. 19–26.

References

1. Karpin V. A., Kostryukova N. K., Gudkov A. B. Human radiation action of radon and its daughter disintegration products. *Gigiena i sanitariia*. 2005, 4, pp. 13-17. [In Russian]
 2. Kizeev A. N., Zhirov V. K., Ushamova S. F., Koklyanov E. B., Nikanov A. N., Kulnev V. V., Bazarskiy O. V. Mining ekogeosistemy class Northwest of the East European platform (Murmansk region). In: *Ekologicheskaya geologia krupnykh gornodobyvayuschikh rayonov Severnoy Yevrazii* [Ecological geology of large mining regions of Northern Eurasia]. Voronezh, 2015, pp. 282-326. [In Russian]
 3. Kononenko D. V., Kormanovskaya T. A. Issues of assessing the risks for the population of russia from radon residential exposure. *Radiatsionnaya gygiena* [Radiation hygiene]. 2012, 1, pp. 60-62. [In Russian]
 4. Kostryukova N. K., Karpin V. A., Gudkov A. B. Mortality of the population living in places of local faults of the Earth's crust. *Problemy sotsial'noi gigieny, zdavookhraneniya i istorii meditsiny* [Problems of social hygiene, health and history of medicine]. 2005, 4, pp. 17-19. [In Russian]
 5. Onishchenko G. G., Popova A. Yu., Romanovich I. K., Barkovsky A. N., Kormanovskaya T. A., Shevkun I. G. Radiation-hygienic passportization and USIDC-information basis for management decision making for radiation safety of the population of the Russian Federation. Report 2: characteristics of the sources and exposure doses of the population of the Russian Federation. *Radiatsionnaya gygiena* [Radiation hygiene]. 2017, 10 (3), pp. 18-35. [In Russian]
 6. Kizeev A. N. Accumulation of radionuclides in natural objects in central part of Murmansk region. *European Journal of Natural History*. 2015, 2, pp. 67-68.
 7. Nikanov A., Anfalova G., Tchachtchine M., Bykov V. Radon and population health in the mountain area of the Kola Peninsula. *The Third International Conference on Environmental Radioactivity in the Arctic. Extended abstracts*. Tromso, Norway, June 1-5, 1997, 2, pp. 245-246.
 8. Sahu P., Panigrahi D. C., Mishra D. P. A comprehensive review on sources of radon and factors affecting radon concentration in underground uranium mines. *Environmental Earth Sciences*. 2016, 75 (7), p. 617.
 9. Seminsky K. Z., Bobrov A. A., Demberel S. Variations in radon activity in the crustal fault zones: spatial characteristics. *Izvestiya. Physics of the Solid Earth*. 2014, 50 (6), pp. 795-813.
 10. Steinitz G., Piatibratova O., Kotlarsky P. Sub-daily periodic radon signals in a confined radon system. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2014, 134, pp. 128-135.
 11. Vaupotič J., Smrekar N., Žunič Z. S. Comparison of radon doses based on different radon monitoring approaches. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2017, 169-170, pp. 19-26.
- Контактная информация**
 Никанов Александр Николаевич – кандидат медицинских наук, заместитель директора – директор филиала «Научно-исследовательская лаборатория ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора
 Адрес: 184250, Мурманская область, г. Кировск, пр. Ленина, д. 34
 E-mail: krl_s-zns@mail.ru

КАЧЕСТВО ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И СТЕПЕНЬ ЭПИДЕМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КИШЕЧНЫХ ИНФЕКЦИЙ В ГОРОДАХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2019 г. ^{1,2}Е. В. Байдакова, ^{1,2}Т. Н. Унгурияну, ³К. В. Крутская, ⁴И. А. Миненко

¹Управление Роспотребнадзора по Архангельской области, г. Архангельск; ²ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Архангельск; ³ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Архангельской области», г. Архангельск; ⁴ГБОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва

Цель исследования – оценка качества питьевой воды по микробиологическим показателям и степени эпидемической опасности возникновения кишечных инфекций с водным путем передачи возбудителя в городах Архангельской области. *Методы*: санитарно-гигиеническая оценка качества централизованного питьевого водоснабжения и оценка микробного риска развития кишечных инфекций, передаваемых водным путем, в городах Архангельске, Северодвинске, Новодвинске, Котласе и Коряжме за 2006–2016 годы. *Результаты*. Во всех исследуемых городах качество питьевой воды по микробиологическим показателям в водопроводной сети было ниже, чем на втором подъеме. В Архангельске, Котласе, Коряжме и Новодвинске качество питьевой воды системы централизованного водоснабжения было хуже, чем в городе Северодвинске. К территориям со средним микробным риском возникновения кишечных инфекций, связанным с условиями централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, отнесли Архангельск (56 баллов), Котлас (37 баллов), Новодвинск (30 баллов) и Коряжму (19 баллов). *Выводы*. Эпидемическая опасность обусловлена наличием в питьевой воде общих и термотолерантных колиформных бактерий, выявляемых непосредственно после водоподготовки и в воде распределительной сети. Для Архангельска и Котласа дополнительным фактором микробного риска является нерегулярность подачи воды.

Ключевые слова: микробиологические показатели, питьевая вода, поверхностные водоисточники, микробиологический риск

QUALITY OF DRINKING WATER AND EPIDEMIC RISK OF WATER-BORN INFECTIONS IN TOWNS OF THE ARKHANGELSK REGION

^{1,2}E. V. Baydakova, ^{1,2}T. N. Unguryanu, ³K. V. Krutskaya, ⁴I. A. Minenko

¹Agency of Consumer Protection, Arkhangelsk Branch, Russia; ²Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia; ³Center for Hygiene and Epidemiology in the Arkhangelsk Region, Arkhangelsk, Russia; ⁴I. M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

Aims: to assess the quality of drinking water using microbiological indicators and to assess epidemic risks of water-born infections in urban settings of the Arkhangelsk region. *Methods*: Secondary data on standard sanitary and hygienic assessments of the quality of centralized drinking water supply in Arkhangelsk, Severodvinsk, Novodvinsk, Kotlas and Koryazhma for 2006-2016 were used. Assessment of the microbial risk of water-born infections was performed. *Results*: All towns except Severodvinsk had moderate risk of water-born infections through centralized drinking water supply system. Arkhangelsk had 56 points while Kotlas, Novodvinsk and Koryazhma had 37, 30 and 19 points, respectively. Severodvinsk had low risk of water-born infections (5 points). Proportions of samples with abnormal concentrations of general and thermotolerant coliform bacteria in Arkhangelsk, Kotlas, Novodvinsk after water treatment varied between 16 % and 27 % while in Korazhma the corresponding proportions varied between 21 % and 53 % Irregular water supply have contributed with 18 % and 14 % in Arkhangelsk and Kotlas, respectively. *Conclusions*: The presence of general and thermotolerant coliform bacteria in drinking water detected immediately after water treatment and in water supply network are the main contributors to the epidemic risk of water-born infections in towns of the Arkhangelsk region. Irregularity of water supply was additional factor linked to microbial contamination in Arkhangelsk and Kotlas.

Key words: microbiological indicators, drinking water, surface water sources, microbiological risk

Библиографическая ссылка:

Байдакова Е. В., Унгурияну Т. Н., Крутская К. В., Миненко И. А. Качество питьевого водоснабжения и степень эпидемической опасности возникновения кишечных инфекций в городах Архангельской области // Экология человека. 2019. № 5. С. 15–20.

Baydakova E. V., Unguryanu T. N., Krutskaya K. V., Minenko I. A. Quality of Drinking Water and Epidemic Risk of Water-Born Infections in Towns of the Arkhangelsk Region. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 5, pp. 15-20.

Нарушение микробиологической безопасности питьевой воды при выборе водоисточника, в процессе водоподготовки или при транспортировке в распределительной сети может привести к ее загрязнению и возникновению как крупномасштабных вспышек инфекционных заболеваний, так и роста спорадической

инфекционной заболеваемости с водным фактором передачи возбудителя [9].

Многие отечественные исследования микробиологического качества и безопасности питьевой воды основаны на определении удельного веса нестандартных проб микробиологических показателей, таких как общее

микробное число, содержание колиформных бактерий и колифагов [2, 8]. Однако мониторинг только фекальных индикаторных организмов в питьевой воде является недостаточным из-за слабой связи этих показателей и появления в образцах окружающей среды патогенов, опасных для человека, особенно вирусов [14].

При оценке микробиологической безопасности питьевой воды необходимо учитывать и другие имеющие непосредственное отношение к водному пути передачи возбудителя факторы, такие как условия хозяйственно-бытового водоснабжения и коммунального благоустройства населенных мест, качество воды в рекреационных водоемах и водоемностях [3, 4]. Именно эти факторы наряду с показателями, характеризующими качество питьевой воды, положены в основу принятых в России методов оценки микробного риска от питьевой воды [6]. Анализ микробного риска как комплексный научный подход, основанный на количественной оценке уровня влияния связанных с микробным воздействием факторов, широко применяется в зарубежных исследованиях [16, 18]. Его результаты используются для принятия управленческих решений с целью предупреждения возникновения инфекционной заболеваемости, улучшения качества питьевого водоснабжения, совершенствования методов водоподготовки [5, 13, 15].

Цель исследования — провести оценку качества питьевой воды по микробиологическим показателям

и степени эпидемической опасности возникновения кишечных инфекций с водным путем передачи возбудителя в городах Архангельской области.

Методы

Выполнена санитарно-гигиеническая оценка качества централизованного питьевого водоснабжения в городах Архангельске, Северодвинске, Новодвинске, Котласе и Коряжме. На всех описываемых территориях источником водоснабжения служат река Северная Двина или ее притоки, за исключением Северодвинска, где в качестве водоисточника используется река Солза.

Рассмотрена база данных исследований питьевой воды ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Архангельской области» по микробиологическим показателям за 2006–2016 годы в двух точках отбора (второй подъем и сеть). Анализ качества воды проведен по показателям: общего микробного числа (ОМЧ, норматив не более 50 колониеобразующих единиц (КОЕ) в 1,0 мл), содержания общих колиформных бактерий (ОКБ, отсутствие в 100 мл), термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ, отсутствие в 100 мл) и колифагов (отсутствие в 100 мл) [10]. Для описания содержания исследуемых показателей в воде использованы удельный вес нестандартных проб (НСТ, %), 95-й перцентиль (P₉₅) и максимальное

Таблица 1

Качество централизованного питьевого водоснабжения по микробиологическим показателям в городах Архангельской области за 2006–2016 годы

Город	Второй подъем					Сеть					Норматив
	Количество проб			P ₉₅	X _{max}	Количество проб			P ₉₅	X _{max}	
	Всего	Из них НСТ	% НСТ			Всего	Из них НСТ	% НСТ			
ОМЧ											
Архангельск	949	6	0,6	8	1000	10 771	116	1,1	30	300	50
Северодвинск	256	0	0,0	0	0	351	0	0,0	0	0	50
Котлас	216	0	0,0	1	2	198	1	0,5	2	210	50
Коряжма	133	0	0,0	0	4	132	0	0,0	0	0	50
Новодвинск	167	0	0,0	1	2	292	1	0,3	4,8	84	50
ТКБ											
Архангельск	946	28	3,0	0	240	10 759	427	4,0	3	240	0
Северодвинск	256	0	0,0	0	0	352	1	0,0	0	0,0	0
Котлас	218	2	1,0	0	3	197	6	3,1	0	108	0
Коряжма	132	0	0,0	0	0	132	2	2,0	0	180	0
Новодвинск	166	1	1,0	0	20	290	3	1,0	0	0,9	0
ОКБ											
Архангельск	951	55	6,0	0,4	240	10 765	674	7,0	24	240	0
Северодвинск	256	0	0,0	0	0	352	1	0,0	0	0,0	0
Котлас	217	2	1,0	0	3	197	6	3,1	0	108	0
Коряжма	133	0	0,0	0	0	132	4	3,0	0	180	0
Новодвинск	166	1	1,0	0	20	290	4	1,4	0	110	0
Колифаги											
Архангельск	804	55	6,8	1,1	16,1	1 382	86	6,2	1,4	16,1	0
Северодвинск	254	0	0,0	0	0	337	0	0,0	0	0	0
Котлас	213	3	1,4	0	6	153	0	0,0	0	0	0
Коряжма	132	7	5,3	0	16,1	129	9	7,0	2,2	16,1	0
Новодвинск	125	0	0,0	0	0	155	0	0,0	0	0	0

Примечание. % НСТ – удельный вес нестандартных проб.

значение показателя (X_{max}). Статистический анализ данных выполнен с использованием программного обеспечения STATA 12.0.

Оценка риска влияния условий хозяйственно-питьевого водоснабжения на степень эпидемической опасности возникновения кишечных инфекций в городах Архангельской области выполнена за 2006–2016 годы в соответствии с методологией, изложенной в [6]. При определении степени микробного риска использованы балльный метод и метод расчета риска с применением математических моделей.

Результаты

Во всех исследуемых городах качество питьевой воды по микробиологическим показателям в водопроводной сети было ниже, чем на втором подъеме (табл. 1). В сети удельный вес НСТ питьевой воды по величине ОМЧ в Архангельске, Котласе и Новодвинске варьировал от 0,3 до 1,1 %, а содержание показателя на уровне P_{95} колебалось от 2 до 30 КОЕ в 100 мл. На втором подъеме пробы питьевой воды по показателю ОМЧ, не отвечающие гигиеническим нормативам, были установлены только в Архангельске (0,6 %).

Отклонения от гигиенического норматива по содержанию ТКБ и ОКБ в воде водопроводной сети регистрировались во всех городах, удельный вес НСТ колебался от 1,0 до 7,0 %. На втором подъеме непосредственно после водоподготовки отклонения от норматива по содержанию ТКБ отмечались в Архангельске, Котласе и Новодвинске, удельный вес НСТ

составил от 1,0 до 3,0 %. Доля НСТ по содержанию ОКБ на втором подъеме в этих городах находилась в диапазоне от 1,0 до 6,0 %. В воде водопроводной сети Архангельска на уровне P_{95} содержание ТКБ и ОКБ превышало гигиенический норматив в 3 и 24 раза соответственно.

На втором подъеме удельный вес НСТ по содержанию колифагов в питьевой воде Котласа, Коряжмы и Архангельска находился в пределах от 1,4 до 6,8 %. В водопроводной сети Архангельска и Коряжмы аналогичный показатель составлял 6,2 и 7,0 % соответственно. Установили превышение гигиенического норматива по содержанию колифагов на уровне P_{95} на втором подъеме в Архангельске в 1,1 раза, в сети – в городах Архангельске и Коряжме в 1,4 и 2,2 раза соответственно. Медианные значения микробиологических показателей питьевой воды на всех исследуемых территориях были равны нулю.

По результатам выполненной балльным методом оценки эпидемической опасности, связанной с условиями централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, установили, что к территориям со средним микробным риском относятся города Архангельск (56 баллов), Котлас (37 баллов), Новодвинск (30 баллов) и Коряжма (19 баллов) (табл. 2). В Северодвинске микробиологическое качество питьевой воды формировало низкий микробный риск (5 баллов).

По данным оценки микробного риска, рассчитанного балльным методом, качество воды на втором подъеме не соответствовало критериям эпидемио-

Таблица 2

Оценка влияния санитарно-эпидемической опасности, связанной с условиями централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, за 2006–2016 годы, баллы

Показатель	Архангельск			Северодвинск			Новодвинск			Котлас			Коряжма		
	Xi	Балл	% от ОСБ	Xi	Балл	% от ОСБ	Xi	Балл	% от ОСБ	Xi	Балл	% от ОСБ	Xi	Балл	% от ОСБ
Процент проб в точке второго подъема, в которых обнаружены ОКБ	6	9	16	0	0	0	1	6	20	1	6	16	0	0	0
Процент проб в точке второго подъема, в которых обнаружены ТКБ	3	10	18	0	0	0	1	8	27	1	8	22	0	0	0
Процент проб в сети, в которых обнаружены ОКБ	7	5	9	0	1	20	1	1	3	3	1	3	3	1	5
Процент проб в сети, в которых обнаружены ТКБ	4	10	18	0	0	0	1	7	23	3	10	27	2	10	53
Процент проб в сети, в которых обнаружены 2 КОЕ/100 мл и более	2	4	7	0	0	0	1	4	13	3	4	11	2	4	21
Процент проб в точке второго подъема, в которых ОМЧ превышает 20 КОЕ/100 мл и более	1	5	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Процент проб в сети, в которых ОМЧ превышает 50 КОЕ/100 мл и более	0	1	2	0	1	20	0	1	3	1	1	3	0	1	5
Процент проб в точке второго подъема, в которых обнаружены сульфидредуцирующие клостридии	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Процент проб в сети, в которых обнаружена условно-патогенная флора	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Численность населения, обеспеченная централизованным водоснабжением, %	100	1	2	100	1	20	100	1	3	100	1	3	90	1	5
Среднесуточное водопотребление на одного жителя за 2016 год, литры	226	1	2	252	1	20	276	1	3	271	1	3	263	1	5
Процент нерегулярных дней подачи воды за 2016 год	62	10	18	0	1	20	0	1	3	16	5	14	0	1	5
Общая сумма баллов	56			5			30			37			19		
Степень риска	Средний			Низкий			Средний			Средний			Средний		

Примечание. Xi – значение показателя; % от ОСБ – процент от общей суммы баллов.

логической безопасности в городах Новодвинске, Архангельске и Котласе и обуславливало средний уровень риска. Вклад показателей, оцениваемых на втором подъеме, в общее количество баллов составил в Новодвинске, Архангельске и Котласе 47, 43 и 38 % соответственно. В Северодвинске и Коряжме сумма баллов для показателей, оцениваемых на втором подъеме, была равна нулю. Удельный вес показателей, характеризующих качество воды в распределительной сети, в общую сумму баллов был наибольшим в Коряжме (84 %).

Наибольший вклад в уровень микробного риска в Новодвинске, Котласе и Архангельске вносят НСТ по содержанию ТКБ на втором подъеме (27, 22 и 18 % соответственно), по содержанию ОКБ на втором подъеме (20, 16 и 16 % соответственно) и НСТ питьевой воды в распределительной сети по содержанию ТКБ (23, 27 и 18 % соответственно). В Коряжме средний уровень микробного риска был обусловлен преимущественно НСТ питьевой воды в распределительной сети по содержанию ТКБ и ОКБ более чем 2 НВЧ/100 мл (53 и 21 % соответственно). В Архангельске и Котласе вклад нерегулярной подачи воды в уровень микробного риска составил 18 и 14 % соответственно.

По результатам оценки микробного риска с помощью математической модели Архангельск относился к территории среднего риска $R_{\text{fac}} = 0,34$, города Котлас, Коряжма, Новодвинск и Северодвинск – к территориям с низким микробным риском ($R_{\text{fac}} = 0,16; 0,09; 0,09$ и $0,00$ соответственно) (табл. 3). Оценка вклада показателей, учитываемых при оценке микробного

риска на основе математической модели, выявила, что в Архангельске, Новодвинске, Котласе и Коряжме уровень микробного риска на 40–60 % формируется за счет микробиологических показателей, характеризующих качество воды в распределительной сети.

Обсуждение результатов

Неудовлетворительные показатели микробиологического качества питьевого водоснабжения в городах Архангельской области за 11-летний период наблюдения регистрировались на втором подъеме и в сети, однако качество воды в распределительной сети оказалось ниже, чем на втором подъеме. Была установлена средняя степень риска возникновения кишечных инфекций для населения Архангельска, Котласа, Новодвинска и Коряжмы. Наибольший вклад в степень эпидемической опасности от условий централизованного питьевого водоснабжения городов Архангельской области вносят такие показатели, как удельный вес НСТ по содержанию ОКБ и ТКБ в питьевой воде непосредственно сразу после водоподготовки, а также их обнаружение в воде распределительной сети.

Аналогичные результаты получены при проведении анализа качества питьевого водоснабжения в г. Вологде. За период наблюдения с 2005 по 2010 год среднее значение ОКБ и ТКБ на втором подъеме не превышало гигиенический норматив, а в распределительной сети средние концентрации ТКБ и ОКБ превышали нормируемое значение в 5,5 и 4,5 раза. Процент неудовлетворительных по микробиологическим показателям проб в распределительной сети Вологды составил от 3 до 13 [7].

Таблица 3

Оценка микробиологического риска, связанного с условиями централизованного водоснабжения, с применением математической модели расчета показателей за 2006–2016 годы

Показатель	Vi	Архангельск			Северодвинск			Новодвинск			Котлас			Коряжма		
		Xi	Pi	%*	Xi	Pi	%*	Xi	Pi	%*	Xi	Pi	%*	Xi	Pi	%*
Процент проб в точке второго подъема, в которых обнаружены ОКБ	0,9	6	1	27	0	0,20	0	1	0,50	55	1	0,50	30	0,00	0,00	0
Процент проб в сети, в которых обнаружены ОКБ	0,7	7	0,5	10	0	0,00	0	1	0,07	6	3	0,20	10	3,00	0,20	15
Средний индекс ОКБ в сети, КОЕ/100 мл	0,7	3	0,00	21	0	0,00	0	0,31	0,02	2	0,87	0,06	3	1,8	0,12	9
Процент проб в сети, в которых обнаружены 2 КОЕ/100 мл и более	0,8	2	0,4	10	0	0,00	0	0,69	0,14	32	4	0,71	33	2,00	0,40	35
Среднее число микроорганизмов в 1 мл воды в сети, КОЕ/1 мл	0,5	2,5	0,06	1	0,02	0,00	1	0,84	0,02	1	1,6	0,04	1	0	0,00	0
Обнаружение патогенных бактерий, %	2	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0
Обнаружение условно-патогенных бактерий, %	1,5	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0
Численность населения, обеспеченная централизованным водоснабжением, %	0,7	100	0,05	1	100	0,05	99	100	0,05	4	100	0,05	2	89,6	0,52	41
Среднесуточное водопотребление на одного жителя за 2016 год, литры	0,8	226	0,00	0	252	0,00	0	276	0,00	0	271	0,00	0	271	0,00	0
Процент нерегулярных дней подачи воды за 2016 год	1	62	1,00	30	0	0,00	0	0	0,00	0	16	0,32	21	0	0,00	0
	W = 9,6	Ai = 3,1			Ai = 0,04			Ai = 0,87			Ai = 1,49			Ai = 0,91		
		R _{fac} = 0,34			R _{fac} = 0,00			R _{fac} = 0,07			R _{fac} = 0,16			R _{fac} = 0,09		
		Средний риск			Низкий риск			Низкий риск			Низкий риск			Низкий риск		

Примечания: Xi – значение показателя; Pi – аналитическая зависимость определения приведенного значения для каждого относительного показателя; W – сумма весовых коэффициентов Vi; Ai – взвешенный индекс микробного риска $\sum Vi \times Pi$; R_{fac} – интегральный показатель микробного риска Ai/W; * – % от Ai – удельный вес взвешенного индекса микробного риска каждого показателя от суммы индексов.

По результатам анализа загрязнения питьевой воды г. Азова за 2006–2010 годы, в питьевой воде кроме ОКБ (25,7 %) и ТКБ (8,6 %) были обнаружены условно-патогенные микроорганизмы в 26,9 % проб (клебсиеллы и синегнойные палочки). В 2008 году были выделены сальмонеллы в 10 % проб воды и в одной пробе *Shigella flexneri* 2a. Степень потенциальной эпидемической опасности централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Азова оценивалась как высокая (78 баллов) [1].

Микробные индикаторы в случае их обнаружения в питьевой воде указывали на потенциальное присутствие кишечных патогенов [11, 13]. Результаты молекулярно-генетических исследований водопроводной воды в Архангельске свидетельствовали о циркуляции в ней возбудителей острых кишечных инфекций, таких как ротавирусы, норовирусы, астровирусы и сальмонеллы.

При проведении настоящего исследования в городах Котласе, Коряжме и Новодвинске были выявлены расхождения в полученных результатах выполненной на основе балльного метода и метода математической модели интегральной оценки эпидемической опасности, связанной с условиями централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Различия в степени риска обусловлены разным набором показателей, характеризующих качество питьевой воды. Метод балльной оценки учитывает процент НСТ по содержанию ТКБ на втором подъеме и в распределительной сети. Результаты оценки микробного риска показали, что наличие НСТ по содержанию в воде ТКБ в Новодвинске, Коряжме и Котласе обуславливает до 50 % уровня риска, в Архангельске — до 36 %. Метод математической модели не учитывает наличие ТКБ в питьевой воде. Ведущим фактором риска, который используется в методе математической модели, является содержание ОКБ на втором подъеме и в распределительной сети.

При выявлении источников фекального загрязнения ОКБ является наиболее чувствительным показателем, включающим термотолерантные кишечные палочки и *E. coli*. Однако в зарубежной литературе они рассматриваются как ненадежный показатель фекального загрязнения, поскольку многие из бактерий способны расти как в окружающей среде, так и внутри водопроводных систем распределения питьевой воды [16, 17]. В исследовании, проведенном во Франции, с участием 23 лабораторий выделили более 1 000 штаммов колиформ из разных типов воды. Обнаружили, что 61 % обследованных штаммов были нефекальными по происхождению [12].

Термотолерантные колиформные бактерии устойчивы в окружающей среде и могут свидетельствовать о загрязнении ее продуктами жизнедеятельности человека. Изучение характеристик фекалий человека и животных показывает, что *E. coli* представляет более 94 % термотолерантных колиформ, выделенных непосредственно из фекалий человека [17]. По нашему мнению, ТКБ являются более надежным показателем микробиологического загрязнения питьевой воды, так как их наличие может свидетельствовать о вероятном

присутствии фекального загрязнения. В этой связи в настоящем исследовании метод балльной оценки условий хозяйственно-питьевого водоснабжения, включающий анализ содержания в питьевой воде ТКБ, является более полным по сравнению с методом математических моделей.

Качество питьевой воды по микробиологическим показателям является неудовлетворительным в городах, где водосточником централизованного питьевого водоснабжения является река Северная Двина (города Архангельск и Новодвинск) и ее бассейн (р. Лименда в Котласе и р. Вычегда в Коряжме). В Архангельске, Новодвинске, Котласе и Коряжме установлен средний уровень риска возникновения кишечных инфекций, передаваемых водным путем, связанный с качеством и условиями централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Достигнутый уровень эпидемической опасности обусловлен недостаточной эффективностью процесса водоподготовки, вторичным загрязнением воды при ее транспортировке по распределительной сети и нерегулярностью подачи воды населению.

Авторство

Байдакова Е. В. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных, подготовила первый вариант статьи; Унгурияну Т. Н. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, существенно переработала статью на предмет важного интеллектуального содержания, окончательно утвердила присланную в редакцию рукопись; Крутская К. В. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных; Миненко И. А. внесла вклад в анализ и интерпретацию данных.

Байдакова Елена Валерьевна — SPIN 3398-3669; ORCID 0000-0002-1570-6589

Унгурияну Татьяна Николаевна — SPIN 7358-1674; ORCID 0000-0001-8936-7324

Крутская Ксения Валерьевна — SPIN 2117-1318; ORCID 0000-0002-7841-767X

Миненко Инесса Анатольевна — SPIN 5105-8330; ORCID 0000-0002-6766-8764

Список литературы / References

1. Аleshня В. В., Журавлев П. В., Седова Д. А., Иванова Л. В., Загайнова А. В., Артемова Т. З., Гипп Е. К. Балльная оценка потенциального риска возникновения ОКИ, передаваемых водным путем // Материалы Международного форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды, посвященного 85-летию ФГБУ «НИИ ЭЧ и ГОС им. А. Н. Сысина» Минздрава России: в 2 ч. 2016. Т. 1. С. 41–44.

Aleshnya V. V., Zhuravlev P. V., Sedova D. A., Ivanova L. V., Zagainova A. V., Artemova T. Z., Gipp E. K. Score of the potential risk of OCI, transmitted by water. *Proceedings of the International Forum of the Scientific Council of the Russian Federation on Human Ecology and Environmental Health, dedicated to the 85th anniversary of FGBU "SRI of HE and HEM A. N. Sysina" of the Ministry of Health of Russia*. 2016, 1, pp. 41-44. [In Russian]

2. Андреева Е. Е., Иваненко А. В., Силиверстов В. А., Гарева И. Е. Актуальные проблемы организации контроля за качеством воды водосточников и питьевой воды в городе

Москве // Профилактическая и клиническая медицина. 2015. № 2 (55). С. 5–11.

Andreeva E. E., Ivanenko A. V., Siliverstov V. A., Gareeva I. E. Actual problems of water quality control of water sources and drinking water in the city of Moscow. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina* [Preventive and Clinical Medicine]. 2015, 55, pp. 5-11. [In Russian]

3. Бобун И. И., Иванов С. И., Унгурияну Т. Н., Гудков А. Б., Лазарева Н. К. К вопросу о региональном нормировании химических веществ в воде на примере Архангельской области // Гигиена и санитария. 2011. № 3. С. 91–95.

Bobun I. I., Ivanov S. I., Unguryanu T. N., Gudkov A. B., Lazareva N. K. On the issue of regional normalization of chemicals in water as an example of the Arkhangelsk Region. *Gigiena i sanitariia*. 2011, 3, pp. 91-95. [In Russian]

4. Бузинов Р. В., Кикун П. Ф., Унгурияну Т. Н., Ярыгина М. В., Гудков А. Б. От Поморья до Приморья: социально-гигиенические и экологические проблемы здоровья населения. Архангельск: Изд-во СГМУ, 2016. 397 с.

Buzinov R. V., Kiku P. F., Unguryanu T. N., Yarygina M. V., Gudkov A. B. *From Pomorie to Primorye: socio-hygienic and environmental problems of public health*. Arkhangelsk, 2016, 397 p. [In Russian]

5. Мельцер А. В., Киселев А. В., Ерастова Н. В. Гигиеническое обоснование оценки качества питьевой воды по показателям эпидемиологической безопасности с использованием оценки риска здоровью населения // Профилактическая и клиническая медицина. 2015. № 3 (56). С. 12–17.

Mel'tser A. V., Kiselev A. V., Erastova N. V. Hygienic rationale for assessing the quality of drinking water in terms of epidemiological safety indicators using the health risk assessment. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina* [Preventive and Clinical Medicine]. 2015, 3 (56), pp. 12-17. [In Russian]

6. Методические рекомендации МР 2.1.10.0031-11. «Комплексная оценка риска возникновения бактериальных кишечных инфекций, передаваемых водным путем». (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 31 июля 2011 г.) URL: <http://base.garant.ru/70105056/> (дата обращения: 23.12.2017).

Methodical recommendations of MP 2.1.10.0031-11. "Comprehensive assessment of the risk of bacterial intestinal infections transmitted by water". Available at: <http://base.garant.ru/70105056/> (accessed: 23.12.2017). [In Russian]

7. Опарин А. Е. Гигиеническая оценка условий централизованного водоснабжения с позиции риска здоровью // Сибирский медицинский журнал. 2012. № 5. С. 99–102.

Oparin A. E. Hygienic assessment of the conditions of centralized water supply from the perspective of health risk. *Sibirskii meditsinskii zhurnal* [Siberian Medical Journal]. 2012, 5, pp. 99-102. [In Russian]

8. Петров Е. Ю., Княгина О. Н., Липшиц Д. А., Маракхова Л. Б., Никитина Ю. А. Оценка особенностей риска для здоровья населения, обусловленного условиями санитарно-гигиенического обеспечения питьевой водой в Нижегородской области // Медицинский альманах. 2013. № 2 (26). С. 117–119.

Petrov E. Yu., Knyagina O. N., Lipshits D. A., Marakhova L. B., Nikitina Yu. A. Assessment of the specific risks to public health caused by conditions of sanitary and hygienic provision of drinking water in the Nizhny Novgorod region. *Meditsinskii al'manakh* [Medical almanac]. 2013, 26, pp. 117-119. [In Russian]

9. Руководство по обеспечению качества питьевой воды: 4-е изд. Женева: ВОЗ, 2017 г. Лицензия: CC BY-NC-SA

3.0 IGO. URL: http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/dwq-guidelines-4/ru/ (дата обращения: 13.01.2018).

Guidelines for drinking-water quality: 4th ed. Zheneva, WHO, 2017. Available at: http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/dwq-guidelines-4/ru/ (accessed: 13.01.2018).

10. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения» (утв. 26 сентября 2001 г. N 24). URL: <http://base.garant.ru/12167072/> (дата обращения: 24.12.2017).

Sanitary and epidemiological rules and norms SanPiN 2.1.4.1074-01 "Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control. Hygienic requirements for ensuring the safety of hot water systems". Available at: <http://base.garant.ru/12167072/> (accessed: 24.12.2017). [In Russian]

11. Daley K., Jamieson R., Rainham D., Truelstrup Hansen L. Wastewater treatment and public health in Nunavut: a microbial risk assessment framework for the Canadian Arctic. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018, 25 (33), pp. 32860-32872.

12. Gavini F., Leclerc H. and Mossel D. A. A. Enterobacteriaceae of the "coliform group" in drinking water: Identification and worldwide distribution. *Syst. Appl. Microbiol.* 1985, 6, pp. 312-318.

13. Juntunen J., Meriläinen P., Simola A. Public health and economic risk assessment of waterborne contaminants and pathogens in Finland. *The Science of the Total Environment*. 2017, 599-600, pp. 873-882.

14. Lieverloo J. H., Blokker E. J., Medema G. Quantitative microbial risk assessment of distributed drinking water using faecal indicator incidence and concentrations. *Journal of Water and Health*. 2007, 5 (1), pp. 131-149.

15. Petterson S. R. Application of a QMRA Framework to Inform Selection of Drinking Water Interventions in the Developing Context. *Risk Analysis: An Official Publication of the Society for Risk Analysis*. 2016, 36 (2), pp. 203-214.

16. Petterson S. R., Stenström T. A., Ottoson J. A theoretical approach to using faecal indicator data to model norovirus concentration in surface water for QMRA: Glomma River, Norway. *Water Research*. 2016, 91, pp. 31-37.

17. Tallon P., Magajna B., Lofranco C. et al. Microbial Indicators of Faecal Contamination in Water: A Current Perspective. *Water, Air and Soil Pollution*. 2005, 166 (1–4), pp. 139-166.

18. Verhille S. *Understanding microbial indicators for drinking water assessment: interpretation of test results and public health significance*. National Collaborating Centre for Environmental Health. January 2013 Available at: http://www.nccch.ca/sites/default/files/Microbial_Indicators_Jan_2013_0.pdf (accessed: 23.01.2018)

Контактная информация:

Байдакова Елена Валерьевна — главный специалист-эксперт отдела эпидемиологического надзора Управления Роспотребнадзора по Архангельской области, ассистент кафедры гигиены и медицинской экологии ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России

Адрес: 163000, г. Архангельск, ул. Гайдара, д. 24

Тел. (8182) 20-06-56

E-mail: elenabaydakova@yandex.ru

РАЗРАБОТКА СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОТОКСИКАНТОВ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ВОДНЫХ И БЕЛКОВЫХ СРЕДАХ

© 2019 г. **О. А. Плотникова, А. Г. Мельников, Г. В. Мельников, Е. И. Тихомирова, *Н. А. Ильина**

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.», г. Саратов;
*ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск

Цель исследования – изучить возможности определения экотоксикантов полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в водных и белковых средах с использованием люминесцентной сенсорной системы на основе сывороточных альбуминов. *Методы.* Исследования проводились флуоресцентными методами, в частности методом тушения собственной флуоресценции белков, регистрации флуоресценции ПАУ и методом люминесцентного зонда пирена. *Результаты.* Экспериментально обнаружено, что при введении в растворы сывороточных альбуминов ПАУ наблюдалось общее снижение интенсивности флуоресценции белков, свидетельствующее о связывании ПАУ с белковыми макромолекулами и, вероятно, образовании нефлуоресцирующего комплекса сывороточный белок – ПАУ. Проведен анализ спектров флуоресценции ПАУ в сывороточных альбуминах. Зависимости изменения интенсивности максимумов спектров флуоресценции ПАУ в альбуминах при возрастании концентрации ПАУ имеют линейный характер, что дает возможность использовать данные системы в аналитических целях для определения экотоксикантов ПАУ в белковых и водных средах. *Выводы.* Результаты люминесцентного исследования взаимодействия ПАУ с белковыми молекулами могут найти применение в эколого-аналитическом мониторинге экотоксикантов в различных средах, а также при разработке способов ранней диагностики ряда заболеваний, связанных с воздействием на белки различных агентов.

Ключевые слова: сенсорная система, экотоксиканты, сывороточные альбумины, люминесцентный анализ

DEVELOPING A SENSOR SYSTEM FOR IDENTIFICATION OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS AS ENVIRONMENTAL TOXICANTS IN AQUEOUS AND PROTEIN MEDIA

O. A. Plotnikova, A. G. Mel'nikov, G. V. Mel'nikov, E. I. Tikhomirova, *N. A. Ilina

Yuri Gagarin Saratov State Technical University, Saratov, Russia; *Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia

Aim: to investigate the possibility of identifying toxic polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in aqueous and protein media using a fluorescent sensor system based on serum albumins. *Methods:* The studies were conducted using fluorescent methods, in particular, by quenching the intrinsic fluorescence of proteins, recording the fluorescence of PAHs and using the pyrene luminescent probe. *Results:* It was experimentally found that when PAHs were introduced into serum albumin solutions, a general decrease in the fluorescence intensity of proteins was observed, indicating PAHs' binding to protein macromolecules and, probably, the formation of a non-fluorescent serum protein-PAH complex. The analysis of the fluorescence spectra of PAHs in serum albumins was carried out. The dependences of changes in the intensity of the fluorescence spectra maxima of PAHs in albumins with an increase in the concentration of PAHs were linear, which makes it possible to use these systems for analytical purposes to determine toxic PAHs in protein and aqueous media. *Conclusions:* The results of the luminescent study on the interaction of PAHs with protein molecules can be used for monitoring of environmental toxicants in various media, as well as for the development of the methods for early diagnosis of diseases associated with the effect of various agents on the proteins.

Key words: sensor system, serum albumins, environmental toxicants, luminescent analysis

Библиографическая ссылка:

Плотникова О. А., Мельников А. Г., Мельников Г. В., Тихомирова Е. И., Ильина Н. А. Разработка сенсорной системы для определения экотоксикантов полициклических ароматических углеводородов в водных и белковых средах // Экология человека. 2019. № 5. С. 21–25.

Plotnikova O. A., Mel'nikov A. G., Mel'nikov G. V., Tikhomirova E. I., Ilina N. A. Developing a Sensor System for Identification of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons as Environmental Toxicants in Aqueous and Protein Media. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 5, pp. 21-25.

К началу XXI века мировая экологическая обстановка не имеет тенденции к стабилизации, что связано с развитием транспорта, усиленной химизацией производства, накоплением токсических продуктов антропогенного происхождения. В настоящее время в результате хозяйственной деятельности в биосфере циркулирует большое число различных соединений, многие из которых имеют высокую токсичность и приводят к серьезным, часто необратимым нарушениям в организме [9, 14]. К таким веществам относятся

полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) [4]. С учетом канцерогенных и мутагенных свойств данных веществ, их способности накапливаться в организме, связываться с белками и влиять на их структуру, вызывая различные заболевания, оказывать вредное влияние даже в сравнительно низких концентрациях [11] эти химические загрязнители должны быть отнесены к числу приоритетных, мониторинг содержания которых в различных средах обязателен.

Нужно отметить, что в живом организме большинство метаболических реакций осуществляются при непосредственном участии белковых макромолекул. При этом белковые макромолекулы способны претерпевать структурные перестройки под действием различных факторов и агентов [2]. Изучение белков как основного составного элемента живой природы, а также влияния внешних факторов на белковые системы представляет собой одну из наиболее актуальных проблем науки. В условиях современной жизни особенно интересным представляется изучение неизбежного влияния на эти системы различных отрицательных факторов и токсических воздействий, среди которых особое внимание следует уделить ПАУ.

Установление биомолекулярных механизмов, подверженных влиянию экотоксикантов, позволяет определять показатели, изменение которых в биологических средах организма даёт возможность более точно и в более ранние сроки обнаружить предпатологические состояния, возникшие в результате неблагоприятного воздействия факторов среды обитания, в том числе воздействия ПАУ.

В связи с этим актуальной для современной науки является разработка эффективных методов определения данных экотоксикантов для своевременного и достоверного проведения контроля качества среды и выявления структурных изменений биомолекул для целей ранней диагностики заболеваний. Перспективными для этих целей являются люминесцентные методы [4]. В последние годы данные методы широко используются в аналитической химии и биохимических исследованиях, в клинической диагностике и для осуществления контроля за загрязнением объектов окружающей среды [1]. Это связано с рядом их достоинств: высокой чувствительностью определения, возможностью автоматизации процедур пробоподготовки и детекции, простотой и экспрессностью анализа.

Одним из вариантов люминесцентного метода является метод тушения флуоресценции [3, 10, 12, 13]. В литературных источниках показаны возможности использования тушения флуоресценции не только в различных биохимических исследованиях, но и в аналитической химии. Выход флуоресценции очень чувствителен к различным внутри- и межмолекулярным взаимодействиям, которые вызывают уменьшение эмиссии флуорофоров.

Исследование собственной флуоресценции биологических материалов не всегда позволяет получить желаемую информацию об объекте. В таком случае используют люминесцентные зонды [8]. С помощью люминесцентных зондов можно исследовать молекулярные механизмы возникновения и развития патологических процессов, действие на организм биологически активных веществ и лекарственных препаратов. Люминесцентные зонды применяются также для диагностики и прогноза развития заболеваний, выявления факторов риска и контроля эффективности лечения. Зондовая люминесценция чувствительна к структурно-функциональным изменениям в био-

логических мембранах, микровязкости ее липидного бислоя, связыванию с белками и другими веществами, структурным перестройкам в белках, изменению мембранного потенциала и др. [1]. Исследование флуоресценции зонда позволяет установить его доступность, локализацию в белках и мембранах клеток, их проницаемость для тушителей, скорость диффузии. В качестве таких люминесцентных зондов могут с успехом применяться ПАУ, поскольку они обладают собственной флуоресценцией и способны связываться с белками.

Таким образом, целью нашей работы являлось исследование возможности определения ПАУ в водных и белковых средах с использованием люминесцентной сенсорной системы на основе сывороточных альбуминов.

Методы

Работа относится к экспериментальным исследованиям. В ней использовались растворы бычьего сывороточного альбумина – БСА и сывороточного альбумина человека – САЧ (фирма «Sigma», США, с содержанием 99 % основного вещества) с концентрацией 1 мг/мл в фосфатном буфере (рН 7,4). Эти белки являются наиболее распространенными в организмах, выполняют важные физиологические функции, играют важную роль в связывании и транспорте различных веществ [7], что и определяет актуальность проведения исследований с их использованием. Готовые растворы белков хранились не более суток при температуре 4 °С.

В качестве представителей люминесцентных зондов ПАУ применялись: флуорен, антрацен и фенантрен («Sigma», США). Исходные растворы ПАУ готовились в этаноле. Рабочие растворы ПАУ в сывороточных альбуминах содержали не более 1 % этанола и анализировались не позднее 30 минут после приготовления.

Для исследований применялись флуоресцентные методы, в частности метод тушения собственной флуоресценции белков и метод регистрации флуоресценции люминесцентных зондов ПАУ. Флуоресцентные исследования проводились на флуоресцентном спектрометре LS 55 (фирма «Perkin-Elmer»). Во всех исследованиях учитывался эффект внутреннего фильтра согласно методике, описанной ранее в нашей работе [5].

Для построения графических зависимостей и обработки данных применяется статистический модуль программы Excel. Экспериментальные данные зависимостей интенсивности флуоресценции от концентрации агентов были аппроксимированы, то есть получены уравнения, описывающие представленные исходные зависимости, и оценена степень приближения. Для этих целей строились линии тренда (линейная функциональная зависимость) и автоматически определялись величины достоверности аппроксимации R^2 , то есть числа, которые отражают близость значения линии тренда к фактическим данным. Чем ближе к единице величина этого показателя, тем достовернее линия тренда.

Результаты

Первоначально экспериментально были получены спектры флуоресценции растворов сывороточных альбуминов в фосфатном буфере при pH 7,4 (рис. 1). Использовались растворы с одинаковой концентрацией белков – 1 мг/мл. Спектры регистрировались при длине волны возбуждения флуоресценции белков – 280 нм.

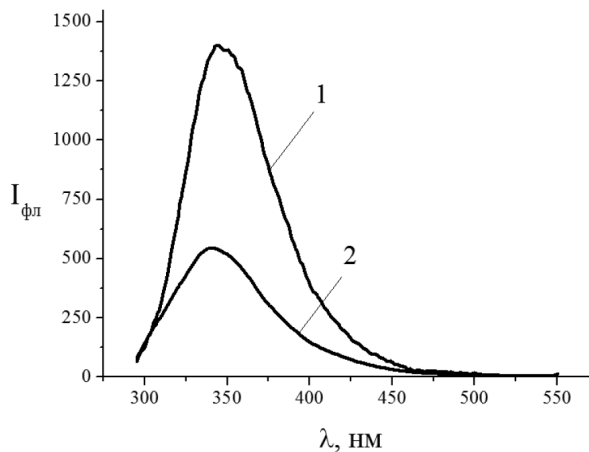


Рис. 1. Спектры флуоресценции белковых растворов БСА (1) и САЧ (2)

Выявлено, что интенсивность флуоресценции сенсорной системы на основе БСА выше, чем на основе САЧ (см. рис. 1), что обусловлено наличием двух флуоресцирующих остатков триптофановой кислоты в макромолекуле БСА, в отличие от макромолекулы САЧ, где имеется только один триптофанил.

Наличие в растворах сывороточных альбуминов различных веществ может вызвать тушение собственной флуоресценции белков, на этом основан один из методов исследования структуры белковых молекул и их взаимодействий с различными агентами [3, 10, 12, 13].

Экспериментально обнаружено, что введение в растворы сывороточных альбуминов ПАУ приводит к общему снижению интенсивности флуоресценции белков. На рис. 2 представлена графическая зависимость интенсивности флуоресценции альбуминов (на длине волны максимума спектра флуоресценции 340 нм) от концентрации ПАУ в растворах. Для всех изученных систем зависимость имеет линейный характер.

Дополнительным аналитическим сигналом в изученных биосенсорных системах могут служить флуоресцентные характеристики люминесцентных зондов ПАУ, введенных в белковые системы. Экспериментально получены характерные спектры флуоресценции ПАУ (рис. 3), которые регистрируются при длинах волн возбуждения флуоресценции данных ПАУ: для флуорена – 261 нм, антрацена – 353 нм и фенантрена – 292 нм.

Установлено, что интенсивность флуоресценции ПАУ возрастает при переходе от водных растворов к растворам сывороточных альбуминов. Это можно объяснить сорбцией молекул ПАУ белками и, как след-

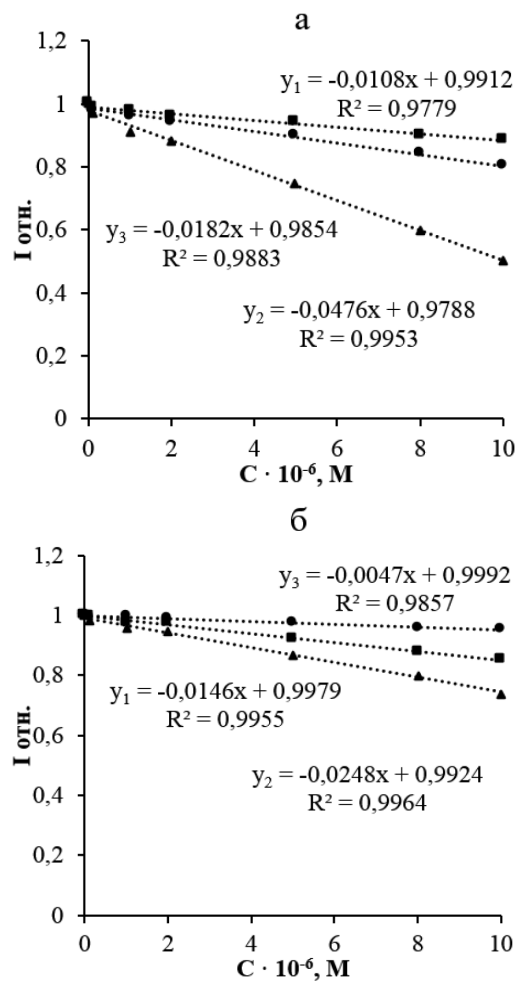


Рис. 2. Графики зависимости интенсивности флуоресценции САЧ (а) и БСА (б) от концентрации ПАУ в белковых растворах: 1 – флуорена (■), 2 – антрацена (▲), 3 – фенантрена (●)

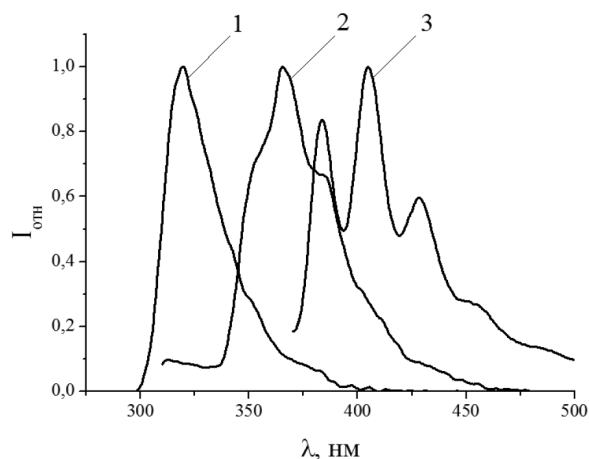


Рис. 3. Характерные спектры флуоресценции ПАУ в белковых растворах: 1 – флуорена, 2 – фенантрена, 3 – антрацена

ствие, уменьшением вероятности безызлучательной потери энергии электронного возбуждения молекул.

Выявлено, что интенсивность спектров флуоресценции данных ПАУ в белковых растворах закономерно возрастает при увеличении их содержания в растворах. На рис. 4 показаны линейные зависимости интенсивности максимумов спектров флуоресценции ПАУ (для

флуорена 312 нм, антрацена 403 нм и фенантрена 367 нм) от их концентрации в белковых системах.

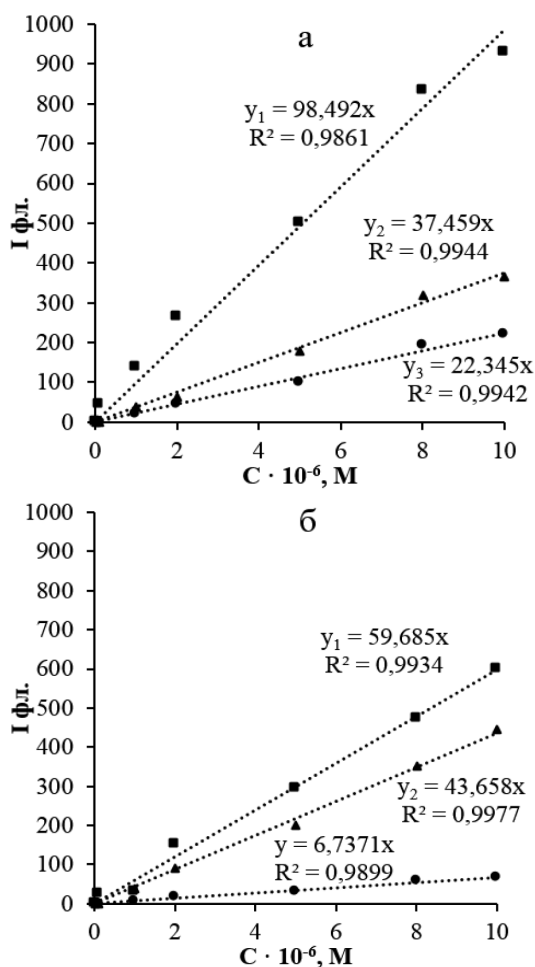


Рис. 4. Графики зависимости интенсивности флуоресценции ПАУ в растворах САЧ (а) и БСА (б) от концентрации ПАУ: 1 – флуорена (■), 2 – антрацена (▲), 3 – фенантрена (●)

Обсуждение результатов

Исходя из полученных экспериментальных результатов, можно обобщить, что интенсивность флуоресценции и положение максимумов спектров флуоресценции белков чувствительны к наличию различных агентов в биосенсорной системе и могут быть использованы в качестве аналитического сигнала данной белковой сенсорной системы.

Тушение собственной флуоресценции белков при введении в биосенсорные системы ПАУ свидетельствует о связывании ПАУ с белковыми макромолекулами и, вероятно, образовании нефлуоресцирующего комплекса белок – ПАУ [6]. При этом антрацен тушит собственную флуоресценцию белков значительнее, чем флуорен и фенантрен, что может быть объяснено тем, что сорбция молекул антрацена на белок осуществляется в непосредственной близости к триптофановым остаткам, что способствует более эффективному образованию нефлуоресцирующего комплекса и более эффективному связыванию антрацена с сывороточными альбуминами.

Значительных смещений максимумов в спектрах флуоресценции белков при введении в растворы ПАУ не наблюдалось, что свидетельствует об отсутствии структурных изменений белковых макромолекул под действием ПАУ в изученном диапазоне концентраций – от 10^{-7} до 10^{-5} М.

Таким образом, можно утверждать, что белковая система чувствительна к наличию данных агентов. Более того, можно говорить о количественном анализе, поскольку зависимость интенсивности флуоресценции белков от содержания ПАУ в данных белковых растворах имеет линейный характер. Однако следует заметить, что селективность определения ПАУ методом тушения собственной флуоресценции белков невысока, что ограничивает широкое использование данного метода в многокомпонентных системах.

Повысить селективность метода позволяет регистрация спектров флуоресценции самих ПАУ в белковых системах. Подбирая соответствующие длины волн возбуждения флуоресценции, можно получить характерные спектры флуоресценции ПАУ (см. рис. 3). Увеличение концентрации ПАУ в белковых растворах ведет к возрастанию интенсивности их флуоресценции (см. рис. 4). При этом угловые коэффициенты градуировочных графиков в растворах как САЧ, так и БСА возрастают в ряду: фенантрен, антрацен, флуорен. Данное явление свидетельствует о большей чувствительности определения флуорена предложенным флуоресцентным методом, основанным на регистрации собственной флуоресценции введенного в сенсорную систему люминесцентного зонда.

На основании проведенных исследований можно заключить, что люминесцентные методы тушения флуоресценции белков и регистрации флуоресценции люминесцентных зондов ПАУ применимы для изучения взаимодействий ПАУ с белковыми макромолекулами и являются весьма информативными.

Выявлено, что при данных концентрациях экотоксикантов (от 10^{-7} до 10^{-5} М) зависимости максимумов интенсивности флуоресценции альбуминов и ПАУ от концентрации ПАУ в белковых системах имеют линейный характер, что дает возможность использовать данные системы в аналитических целях для определения экотоксикантов ПАУ в белковых и водных средах.

Результаты работы получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России на проект № 5.3922.2017/64.

Авторство

Плотникова О. А. внесла основной вклад в концепцию исследования, получение, анализ и интерпретацию данных, подготовила первый вариант статьи; Мельников А. Г. внес существенный вклад в получение и анализ экспериментальных данных; Мельников Г. В. внес существенный вклад в концепцию исследования, обсуждение результатов, подготовку рукописи для печати; Тихомирова Е. И. внесла существенный вклад в интерпретацию данных, существенно переработала статью на предмет важного интеллектуального содержания; Ильина Н. А. внесла существенный вклад в основную концепцию исследований, окончательно утвердила присланную в редакцию рукопись.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Плотникова Ольга Александровна — ORCID 0000-0003-2715-044X; SPIN 1682-8461
 Мельников Андрей Геннадиевич — ORCID 0000-0001-8662-3206; SPIN 3268-6050
 Мельников Геннадий Васильевич — ORCID 0000-0002-4708-2256; SPIN 7267-4911
 Тихомирова Елена Ивановна — ORCID 0000-0001-6030-7344; SPIN 7673-8480
 Ильина Наталья Анатольевна — ORCID 0000-0002-3724-4661; SPIN 5535-1246

Список литературы

1. Иванова С. В., Кирпиченко Л. Н. Использование флуоресцентных методов в медицине // Медицинские новости. 2008. № 12. С. 56–61.
2. Кудряшова Е. В., Гладиллин А. К., Левашов А. В. Белки в надмолекулярных ансамблях: исследование структуры методом разрешенно-временной флуоресцентной анизотропии // Успехи биологической химии. 2002. Т. 42. С. 257–294.
3. Леоненко И. И., Александрова Д. И., Егорова А. В., Антонович В. П. Аналитическое применение эффектов тушения люминесценции // Методы и объекты химического анализа, 2012. Т. 7, № 3. С. 108–125.
4. Майстренко В. Н., Ключев Н. А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. 323 с.
5. Плотникова О. А., Мельников А. Г., Мельников Г. В., Губина Т. И. Тушение триптофановой флуоресценции бычьего сывороточного альбумина под действием ионов тяжелых металлов // Оптика и спектроскопия. 2016. Т. 120, № 1. С. 76–80.
6. Плотникова О. А., Мельников А. Г., Мельников Г. В., Коваленко А. В. Люминесцентное определение экотоксикантов в белковых средах // Химическая физика. 2017. Т. 36, № 8. С. 1–8.
7. Пшенкина Н. Н. Сывороточный альбумин: структура и транспортная функция // Биомедицинский журнал. 2011. Т. 12. С. 1067–1091.
8. Bains G., Patel A. B., Narayanaswami V. Pyrene: a probe to study protein conformation and conformational changes // *Molecules*. 2011. Vol. 16, N 9. P. 7909–7935.
9. Ellingsen D. G., Berlinger B., Thomassen Y., Chashchin M., Fedotov V., Chashchin V. Biological monitoring of welders' exposure to chromium, molybdenum, tungsten and vanadium // *Journal of Trace elements in medicine and biology*. 2017. Vol. 41. P. 99–106.
10. Keshavarz M. Interaction of pyrene with human serum albumin (HSA): A Uv-Vis spectroscopy study // *J. Phys. Theor. Chem. IAU Iran*. 2009. Vol. 6, N 2. P. 113–118.
11. Skupińska K., Misiewicz I., Kasprzycka-Guttman T. Polycyclic aromatic hydrocarbons: physicochemical properties, environmental appearance and impact on living organisms // *Acta Pol. Pharm.* 2004. Vol. 61, N 3. P. 233–240.
12. Steblecka M., Wolszczak M., Szajdzinska-Pietek E. Interaction of 1-pyrene sulfonic acid sodium salt with human serum albumin // *J. Lumin. Elsevier*. 2016. Vol. 172. P. 279–285.
13. Unguryanu T., Novikov S., Buzinov R., Gudkov A., Grjibovski A. Respiratory diseases in a town with heavy pulp and paper industry // *Epidemiologia and prevenzione*. 2010. Vol. 34, iss. 5-6. P.138.
14. Xu C. et al. Investigation on the interaction of pyrene with bovine serum albumin using spectroscopic methods // *Spectrochim. Acta Part A Mol. Biomol. Spectrosc.* 2014. Vol. 125. P. 391–395.

References

1. Ivanova S. V., Kirpichenok L. N. Use of fluorescent methods in medicine. *Meditinskie novosti* [Medical News]. 2008, 12, pp. 56-61. [In Russian]
2. Kudrjashova E. V., Gladilin A. K., Levashov A. V. Proteins in supramolecular ensembles: study of the structure by the method of resolved-temporal fluorescent anisotropy. *Uspekhi biologicheskoi khimii* [Successes of biological chemistry]. 2002, 42, pp. 257-294. [In Russian]
3. Leonenko I. I., Aleksandrova D. I., Egorova A. V., Antonovich V. P. Analytical application of luminescence quenching effects. *Metody i ob'ekty khimicheskogo analiza* [Methods and objects of chemical analysis]. 2012, 7 (3), pp. 108-125. [In Russian]
4. Majstrenko V. N., Kljuev N. A. *Ekologo-analiticheskii monitoring stoikikh organicheskikh zagryaznitelei* [Ecological and analytical monitoring of persistent organic pollutants]. Moscow, BINOM, Laboratoriia znanii Publ., 2004, 323 p.
5. Plotnikova O. A, Mel'nikov A. G., Mel'nikov G. V., Gubina T. I. Quenching of tryptophan fluorescence of bovine serum albumin under the effect of ions of heavy metals. *Ohtika i spektroskopiya* [Optics and Spectroscopy]. 2016, 120 (1), pp. 65-69. [In Russian]
6. Plotnikova O. A, Mel'nikov A. G., Mel'nikov G. V., Kovalenko A. V. Luminescence determination of ecotoxicants in protein-based media. *Russian Journal of Physical Chemistry*. 2017, 11 (4), pp. 666-672. [In Russian]
7. Pshenkina N. N. Serum albumin: structure and transport function. *Biomeditsinskii zhurnal* [Biomedical Journal]. 2011, 12, pp. 1067-1091. [In Russian]
8. Bains G., Patel A. B., Narayanaswami V. Pyrene: a probe to study protein conformation and conformational changes. *Molecules*. 2011, 16 (9), pp. 7909-7935.
9. Ellingsen D. G., Berlinger B., Thomassen Y., Chashchin M., Fedotov V., Chashchin V. Biological monitoring of welders' exposure to chromium, molybdenum, tungsten and vanadium. *Journal of Trace elements in medicine and biology*. 2017, 41, pp. 99-106.
10. Keshavarz M. Interaction of pyrene with human serum albumin (HSA): A Uv-Vis spectroscopy study. *J. Phys. Theor. Chem. IAU Iran*. 2009, 6 (2), pp. 113-118.
11. Skupińska K., Misiewicz I., Kasprzycka-Guttman T. Polycyclic aromatic hydrocarbons: physicochemical properties, environmental appearance and impact on living organisms. *Acta Pol. Pharm.* 2004, 61 (3), pp. 233-240.
12. Steblecka M., Wolszczak M., Szajdzinska-Pietek E. Interaction of 1-pyrene sulfonic acid sodium salt with human serum albumin. *J. Lumin. Elsevier*. 2016, 172, pp. 279-285.
13. Unguryanu T., Novikov S., Buzinov R., Gudkov A., Grjibovski A. Respiratory diseases in a town with heavy pulp and paper industry. *Epidemiologia and prevenzione*. 2010, 34 (5-6), p. 138.
14. Xu C. et al. Investigation on the interaction of pyrene with bovine serum albumin using spectroscopic methods. *Spectrochim. Acta Part A Mol. Biomol. Spectrosc.* 2014, 125, pp. 391-395.

Контактная информация:

Тихомирова Елена Ивановна — доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой «Экология» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.»

Адрес: 410009, г. Саратов, ул. Большая Садовая, д. 127
 E-mail: tichomirova_ei@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ЛАТЕНТНЫХ ФОРМ ХРОНИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ

© 2019 г. ¹Т. А. Ермолина, ²Н. А. Мартынова, ³А. Г. Кузьмин

¹ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» Минобрнауки России, г. Архангельск; ²ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Архангельск; ³ФГБОУ ВО «Вологодский государственный технический университет», г. Вологда

Цель исследования – выявление наиболее важных профессиональных факторов, оказывающих влияние на уровень иммунной защиты медицинских работников. *Методы.* Использовалась комплексная оценка возможности развития заболеваний не только на основе качественных данных, напрямую связанных с гендерными признаками и профессиональной деятельностью (профессия, профиль отделения, работа с аппаратурой), но и количественных данных – возраста, стажа работы, иммунологических показателей, отражающих уровень иммунной защиты обследуемых. Для выявления наиболее важных факторов, оказывающих влияние на уровень иммунной защиты медицинских работников, был проведен анализ многомерных данных с использованием программы SPSS. *Результаты.* Были построены регрессионные модели: бинарная логит-модель и модель множественного выбора, позволяющая решить вопрос о вероятности возникновения определенной группы заболеваний у медицинских работников. В результате для каждой группы медицинских работников удалось упорядочить основные показатели, влияющие на состояние их здоровья. *Выводы.* Наибольшее влияние на вероятность возникновения хронического соматического заболевания у медицинских работников (в убывающем порядке) оказывают следующие факторы: профильность отделения, категория работника, пол и возраст. Набор производственных факторов, действующих на медицинских работников, безусловно, зависит от профессиональной принадлежности. Следовательно, вероятность возникновения хронической патологии у медицинских работников, по полученным данным, тесно связана с воздействием производственных факторов. Такой подход позволяет достаточно точно определить круг задач, направленных на улучшение состояния здоровья медицинских работников.

Ключевые слова: медицинские работники, хронические заболевания, инновационные технологии, факторный анализ

MULTIVARIABLE MODELING IN DIAGNOSIS OF LATENT FORMS OF CHRONIC DISEASES AMONG HEALTH CARE WORKERS

¹T. A. Ermolina, ²N. A. Martynova, ³A. G. Kuzmin

¹Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia; ²Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia; ³Vologda State Technical University, Vologda, Russia

Aim: To study associations between selected factors and levels of immune defense among medical personnel. *Methods.* Multivariable logistic regression models were used to assess the individual contribution of the selected socio-demographic and occupational factors on the levels of immune defense in medical professionals using SPSS software. *Results.* We identified the following factors contributing to the studied outcome: department where a person works, category of healthcare worker, gender and age. All these factors were significantly associated with the outcomes in binary logistic regression models. *Conclusions.* The factors that we identified as significant predictors in our models should be used in development of health-protecting strategies directed towards healthcare personnel in clinical settings.

Key words: medical workers, chronic diseases, innovative technologies, factor analysis.

Библиографическая ссылка:

Ермолина Т. А., Мартынова Н. А., Кузьмин А. Г. Применение метода моделирования в диагностике латентных форм хронических заболеваний у медицинских работников // Экология человека. 2019. № 5. С. 26–30.

Ermolina T. A., Martynova N. A., Kuzmin A. G. Multivariable Modeling in Diagnosis of Latent Forms of Chronic Diseases among Health Care Workers. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 5, pp. 26-30.

В Российской Федерации в течение последнего десятилетия наблюдается неуклонный рост заболеваемости среди медицинских работников. По распространенности хронических заболеваний (заболеваний органов кровообращения, дыхания, пищеварения, костно-мышечной, нервной и мочеполовой систем) медицинские работники занимают пятое место, опережая работников различных вредных производств, включая химическую промышленность [5].

Заболеваемость медицинских работников, безусловно, связана с воздействием таких общеизвестных вредных производственных факторов, как рентгеновское,

лазерное излучения, радиационное и ультразвуковое воздействие, а также психоэмоциональный стресс, ночные смены, внутрибольничные инфекции [1–4, 7–12].

Уровень смертности от воздействия вредных производственных факторов на медицинских работников в возрасте до 50 лет на 32 % выше, чем в среднем по стране, а у хирургов этот показатель доходит до 40 % [5, 6].

Цель исследования – выявление наиболее важных профессиональных факторов, оказывающих влияние на уровень иммунной защиты медицинских работников.

Методы

Был изучен уровень заболеваемости медицинского персонала специализированного учреждения здравоохранения Архангельской области на основе данных биохимического, иммунологического исследований, данных, полученных в результате ежегодных периодических профилактических медицинских осмотров, а также в результате проведенного анкетирования. Основным объектом исследования был выбран Архангельский областной онкологический диспансер.

Для выявления латентных форм хронических заболеваний было проведено поперечное эпидемиологическое медицинское обследование с изучением лабораторных показателей 96 человек из числа медицинских работников онкологического диспансера, признанных практически здоровыми по результатам профилактического медицинского осмотра.

Для определения состояния здоровья и качества жизни среди врачей и среднего медицинского персонала был проведен социологический опрос по специально разработанной нами анкете на основе опросника SF 36 (The MOS 36-Item Short-Form Health Survey), опросника (Нильссен О. и соавт., 2003) и анкеты ВОЗ SAGE 2007. Анкета включала следующие блоки вопросов: стаж работы в отделении, условия работы, состояние здоровья, наличие хронических и профессиональных заболеваний, уровень медицинской активности. Анализ анкет был выполнен с помощью модификации классического варианта метода статистической обработки «Делфи». Для этих целей нами была создана и модифицирована компьютерная программа, которая позволила обработать анкетные данные.

Для оценки степени напряженности регуляторных систем организма с целью выявления латентных форм хронических заболеваний у медицинских работников различных профессиональных групп были сформированы две группы численностью 48 человек каждая, одна из которых состояла из врачей и среднего медицинского персонала отдела лучевой диагностики онкологического диспансера, другая — из врачей и среднего медицинского персонала хирургических отделений онкологического диспансера. Были изучены показатели гематологического, биохимического и иммунологического статуса в сравнении с немедическим персоналом, труд которого не связан с воздействием вредных производственных факторов в процессе трудовой деятельности в стенах одного медицинского учреждения.

Было изучено содержание фенотипов Т- и В-лимфоцитов, активность фагоцитарной защиты. Субпопуляции лимфоцитов (CD3⁺, CD20⁺, CD4⁺, CD8⁺, CD16⁺, CD25⁺, CD71⁺, HLA-DR⁺, CD95⁺) определялись методом непрямой иммунопероксидазной реакции с использованием моноклональных антител производства НЦП «МедБиоСпектр» (Российская Федерация). Иммунологические исследования проведены на базе Института физиологии природных адаптаций ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени ака-

демика Н. П. Лаверова Российской академии наук» (ФИЦКИА РАН).

В настоящее время в медико-биологических исследованиях стало широко использоваться математическое моделирование. Модельный подход во многом позволяет систематизировать направления научных исследований и прогнозировать воздействие на биологические показатели многих, в том числе и производственных, факторов [6]. С целью выявления наиболее важных факторов, оказывающих влияние на уровень иммунной защиты медицинских работников, нами был проведен анализ многомерных данных с использованием программы IBM SPSS Statistics 22.

Статистическая обработка проводилась на IBM-Pentium с использованием пакета анализа данных Microsoft Excel 7,0 для среды Windows-2003 и пакета прикладных программ Statistica-6,0 Edition, Kernel release 5.5 A. Для выполнения статистического анализа был использован модуль Basic Statistics / Tables программы Statistica-6,0. Сравнивались результаты с использованием параметрических и непараметрических критериев. Различия вариационных рядов оценивали по критериям Фишера и Вилкоксона, отличия в характере распределения признаков определялись с помощью критерия χ -квадрат Пирсона. Нулевая гипотеза отвергалась при уровне вероятности менее 5 % ($p < 0,05$).

Для интерпретации иммунологических показателей применялся метод кластерного анализа, при котором возможен выбор классов разделения объектов по заранее выбранным конкретным параметрам. При анализе групп медицинского персонала, работающего в разных отделениях, а также по возрасту, полу и стажу работы в отделениях наряду с описательной и сравнительной статистикой нами использован дискриминантный анализ, который позволил оценить качество и точность группирования изучаемых объектов, а также выделить информативные признаки их деления на группы. Было получено положительное заключение этического комитета ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России № 23/12 от 08.12.2010 г. об одобрении проведения научного исследования.

Результаты

Проведено медицинское обследование медицинских работников для выявления возможных латентно текущих хронических заболеваний, которые могли явиться причиной изменения иммунологических показателей. В исследовании использовалась комплексная оценка возможности развития заболеваний не только на основе качественных данных, напрямую связанных с гендерными признаками и профессиональной деятельностью (профессия, профиль отделения, работа с аппаратурой), но и количественных данных — возраста, стажа работы, иммунологических показателей, отражающих уровень иммунной защиты обследуемых. Были построены регрессионные модели: бинарная логит-модель и модель множественного выбора, по-

зволяющая решить вопрос о вероятности возникновения конкретной группы заболеваний у медицинских работников [6]. Описание независимых категориальных переменных представлено в табл. 1 и 2.

Таблица 1
Независимые категориальные факторы логит-модели

Фактор	Уровни факторов
X_1 – отделение	1 – отделение лучевой диагностики; 0 – хирургические отделения
X_2 – должность	1 – врачи; 0 – средний медицинский персонал
X_3 – пол	1 – мужской; 0 – женский
X_5 – работа с аппаратурой	1 – работает с аппаратурой; 0 – не работает с аппаратурой

Таблица 2
Факторы, характеризуемые количественными данными

Фактор	Показатель	Фактор	Показатель
X_4	Количество заболеваний	X_{14}	CD25 ⁺ , абс. × 10 ⁹ кл./л
X_6	Возраст	X_{15}	CD71 ⁺ , абс. × 10 ⁹ кл./л
X_7	Стаж работы	X_{16}	HLA-DR ⁺ , абс. × 10 ⁹ кл./л
X_8	Лейкоциты, абс. × 10 ⁹ кл./л	X_{17}	CD16 ⁺ , абс. × 10 ⁹ кл./л
X_9	Лимфоциты, абс. × 10 ⁹ кл./л	X_{18}	CD95 ⁺ , абс. × 10 ⁹ кл./л
X_{10}	CD3 ⁺ , абс. × 10 ⁹ кл./л	X_{19}	Моноциты, абс. × 10 ⁹ кл./л
X_{11}	CD4 ⁺ , абс. × 10 ⁹ кл./л	X_{20}	Нейтрофильные лейкоциты, абс. × 10 ⁹ кл./л
X_{12}	CD8 ⁺ , абс. × 10 ⁹ кл./л	X_{21}	Фагоцитарное число
X_{13}	CD10 ⁺ , абс. × 10 ⁹ кл./л	X_{22}	Эозинофильные лейкоциты, %

Примечание. X_{10} – X_{22} – показатели, отражающие уровень иммунной защиты.

В представленной логит-модели анализа число наблюдений примерно в 6 раз превышает число факторов ($96/15 = 6,4$), что служит хорошей предпосылкой улучшения ее качества.

В табл. 3 представлены итоги работы статистической программы по анализу полученных показателей.

В результате проведенного анализа у медицинских работников онкодиспансера были выявлены отклонения в иммунологических показателях, несмотря на признание их практически здоровыми по результатам ежегодных профилактических осмотров.

Показатели фагоцитарной активности, грануломоноцитарного звена и фагоцитарного числа были в норме в обеих группах с небольшим снижением средних показателей, что свидетельствует о сохранении резервных возможностей иммунной системы и отсутствии признаков интоксикации.

Количество зрелых Т-лимфоцитов (CD3⁺) составило в среднем $(1,420 \pm 0,035) \times 10^9$ кл./л и $(1,659 \pm 0,071) \times 10^9$ кл./л, при этом их количество у медицинских работников было статистически значимо меньшим ($p < 0,05$), чем в контрольной группе.

Таблица 3

Итоги работы программы SPSS по анализу данных (метод принудительного включения переменных в модель)

j	Переменные	B	Вальд	Ст. св.	Exp(B)
1	Отделение (1)	4,079	4,151	1	59,060
2	Должность (1)	1,885	4,367	1	6,587
3	Пол (1)	-1,404	3,989	1	0,246
4	Количество заболеваний	3,727	20,558	1	41,570
5	Работа с аппаратурой (1)	-1,874	4,017	1	0,153
6	Стаж	-0,032	4,551	1	0,968
7	Лейкоциты	-1,390	4,517	1	0,249
8	CD3 ⁺	4,090	4,124	1	59,762
9	CD8 ⁺	1,099	4,127	1	3,002
10	CD71 ⁺	1,563	4,971	1	4,773
11	CD95 ⁺	-0,502	5,607	1	0,605
12	Моноциты	1,335	6,045	1	3,801
13	Нейтрофильные лейкоциты	0,761	8,837	1	2,141
14	Фагоцитарное число	-0,046	4,372	1	0,955
15	Эозинофильные лейкоциты	0,251	4,206	1	1,286
0	Константа	-3,877	6,489	1	0,021

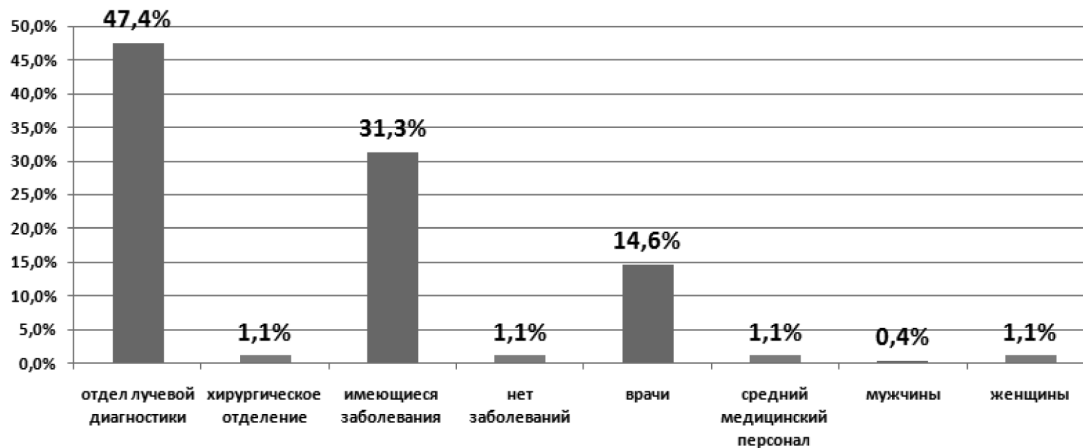
Примечания: в столбце «Exp(B)» – величина e^a , которая показывает, во сколько раз изменится шанс заболеть при изменении значения соответствующего фактора на единицу; в столбце «B» – коэффициенты a , уравнения регрессии, полученного с помощью (1) и (2), $j = 0, 1, 2 \dots 15$; в столбце «Ст. св.» – число степеней свободы (для категориальных переменных оно равно числу категорий минус один, для количественных переменных равно единице); значения параметров модели значимо отличаются от нуля с 95 % достоверной вероятностью.

У медицинских работников количество CD4⁺ было статистически значимо ниже, чем в контрольной группе ($p < 0,05$). Среднее содержание CD95⁺ (клетки с рецепторами готовности к апоптозу, программированной клеточной гибели) также превысило референтные значения у медицинских работников ($p < 0,05$). При анализе фенотипирования лимфоцитов выявлено снижение CD3⁺, CD4⁺, CD8⁺ и соотношения CD4⁺/CD8⁺ при значимом повышении CD16⁺, HLA-DR⁺, CD95⁺, что, вероятно, отражает наличие латентно текущих воспалительных процессов и заболеваний.

Были выявлены более выраженные изменения иммунологического статуса в организме работников отдела лучевой диагностики, возможно, в результате действия ионизирующего излучения или латентно персистирующих вирусных инфекций.

У медицинских работников хирургических отделений, напротив, отмечалась тенденция к снижению лейкоцитов, а также к более низким уровням зрелых Т-клеток CD3⁺, CD4⁺. Одновременно с этим оказались более низкими показатели CD8⁺, CD16⁺, CD95⁺, HLA-DR⁺. Данные реактивные изменения более характерны для токсических воздействий и хронического течения воспалительных заболеваний.

По мере увеличения стажа работы выявлено усиление негативных изменений иммунного статуса, снижение резервных возможностей иммунной системы у представителей обоих отделений, что на



Вероятность возникновения хронических заболеваний у медицинских работников онкодиспансера в зависимости от гендерных различий и профессиональной принадлежности

определенном этапе может приводить к клинической манифестации латентно текущих воспалительных процессов и заболеваний.

По результатам, полученным в SPSS, можно сделать вывод, что наиболее значимым параметром по критерию Вальда является a_4 — коэффициент при факторе «количество заболеваний» (см. табл. 3).

Определив параметры модели, получили, что работа в отделе лучевой диагностики повышает вероятность возникновения нового заболевания до 47,4 %, что в несколько раз больше, чем у сотрудников хирургического отделения (1,1 %) (рисунок).

Необходимо отметить, что уже имеющиеся заболевания у медицинских работников отдела лучевой диагностики и у сотрудников хирургических отделений повышают вероятность приобретения новых заболеваний до 31,3 %, в то же время если человек практически здоров, то вероятность возникновения заболевания составляет 1,1 %.

Если сотрудник работает врачом, вероятность возникновения заболевания у него увеличивается на 14,6 %, в то время как вероятность возникновения заболевания у среднего медицинского персонала в разы меньше и составляет 1,1 %. При этом вероятность возникновения нового заболевания у женщин (1,1 %), выше, чем у мужчин (0,4 %). В то же время не удалось выявить существенного влияния на вероятность возникновения заболеваний таких факторов, как возраст, стаж работы в отделении и «работа с аппаратурой». Так, согласно модели, вероятность получения заболевания повышается на 0,1 % при увеличении возраста на один год. Следует также отметить, что общий процент корректно полученных результатов по итогам работы программы оказался довольно высоким (97,9).

Таким образом, наибольшее влияние на вероятность возникновения хронического соматического заболевания у медицинских работников (в убывающем порядке) оказывают следующие факторы: профильность отделения, категория работника, пол и возраст. Набор производственных факторов, действующих на медицинских работников, безусловно, зависит от профессиональной принадлежности. Следовательно, и

вероятность возникновения хронической патологии у медицинских работников, по полученным данным, тесно связана с воздействием производственных факторов.

Обсуждение результатов

Согласно данным различных авторов [1, 2, 4, 7, 10], труд медицинских работников связан с возможностью воздействия ионизирующего, электромагнитного, радиационного и лазерного излучений, а также ультразвука, совместное влияние которых, безусловно, может привести к развитию профессиональной патологии.

Около 30 % врачей и 40 % медицинских сестер стационарных отделений сенсibilизированы к основным группам лекарственных препаратов. У женщин анестезиологов и хирургов, подвергающихся профессиональному воздействию анестетиков, встречается так называемая триада, состоящая из самопроизвольных аборт, аномалий новорожденных и бесплодия. Использование в медицинской практике лекарственных препаратов, особенно противоопухолевых антибиотиков, приводит не только к возникновению аллергических заболеваний, но также может вызывать мутагенный эффект и угнетающе действовать на иммунитет и гемопоэз, что сопряжено с ростом профессиональной заболеваемости [7].

Иммунологический риск у медицинских работников обусловлен истощением спектра компенсаторно-приспособительных реакций иммунного гомеостаза. Поэтому даже небольшое дополнительное воздействие любой природы приводит к развитию состояния декомпенсации, срыву адаптационных механизмов и развитию болезни.

В этой связи предложенная нами математическая модель позволяет с высокой долей вероятности выявить на ранней стадии начальные изменения иммунных реакций, при которых в дальнейшем возможны функциональные расстройства. По нашему мнению, оценку состояния здоровья необходимо проводить не на стадии выявления уже клинически развившегося хронического заболевания, а на начальной стадии болезни. Такой подход целесообразен в связи с тем, что начальные расстройства обратимы, а комплекс

своевременно проведенных профилактических и лечебных мероприятий может предотвратить развитие хронического заболевания.

Благодарность

Выражаем признательность доктору медицинских наук, профессору, заслуженному деятелю науки РФ, директору Института физиологии природных адаптаций ФГБУН ФИЦКИА РАН Добродеевой Л. К. за оказанную помощь в проведении иммунологических исследований.

Авторство

Ермолина Т. А. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных; Мартынова Н. А. подготовила первый вариант статьи; Кузьмин А. Г. участвовал в анализе данных, окончательно утвердил посланную в редакцию рукопись.

Ермолина Татьяна Анатольевна — SPIN 4172-0910; ORCID 0000-0002-0740-7052

Мартынова Наталья Алексеевна — SPIN 9263-8430; ORCID 0000-0001-9581-379X

Кузьмин Александр Григорьевич — SPIN 8738-7230; ORCID 0000-0001-6403-5059

Список литературы

1. Андреева И. Л., Гуров А. Н., Катунцева Н. А. Оценка показателей здоровья и условий труда медицинских работников // Менеджер здравоохранения. 2013. № 8. С. 51–55.
2. Баке М. Я., Лусе И. Ю., Спруджда Д. Р., Кузнецова В. М., Русакова Н. Е. Факторы риска здоровья медицинских работников // Медицина труда и промышленная экология. 2002. № 3. С. 28–33.
3. Гатиятуллина Л. Л. Факторы, влияющие на здоровье медицинских работников // Казанский медицинский журнал. 2016. Т. 97, № 3. С. 426–431.
4. Иванов А. В., Петручук О. Е. Прогнозирование состояния здоровья врачей муниципальных учреждений // Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья. 2005. Вып. 2. С. 22–25.
5. Красовский В. О., Карамова Л. М., Башарова Г. Р., Галиуллин А. Р. Клиническая и гигиеническая оценка профессиональных рисков здоровью медицинских работников станций скорой медицинской помощи // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 2. С. 121.
6. Многомерный статистический анализ в экономических задачах: компьютерное моделирование в SPSS / под ред. И. В. Орловой. М.: Вузовский учебник, 2009. 310 с.
7. Профессиональная патология: национальное руководство / под ред. Н. Ф. Измерова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. 784 с.
8. Houston S., Casanova M. A., Leveille M., et al. The intensity and frequency of moral distress among different healthcare disciplines // J. Clin. Ethics. 2013. Vol. 24, N 2. P. 98–112.
9. Hutton J. L., Staghellini E. Modelling bounded health scores with censored skew-normal distributions // Statist. Vtl. 2011. Vol. 30, N 4. P. 368–376.
10. Kubik-Huch R. A., Rexroth M., Porst R., Durselen L., Otto R., Szucs T. Referrer satisfaction as a quality criterion: developing an questionnaire for measuring the quality of services provided by a radiology department // Rofo. 2005. Vol. 177, N 3. P. 429–434.
11. Ruitenburt M. M., Frings-Dresen M. H., Sluiter J. K. The prevalence of common mental disorders among hospital physicians and their association with self-reported work ability: a cross-sectional study // BMC Health Serv. Res. 2012. Vol. 12. P. 292–298.

a cross-sectional study // BMC Health Serv. Res. 2012. Vol. 12. P. 292–298.

12. Tsai Y. C., Liu C. H. Factors and symptoms associated with work stress and health-promoting lifestyles among hospital staff: a pilot study in Taiwan // BMC Health Serv. Res. 2012. Vol. 12. P. 199.

References

1. Andreeva I. L., Gurov A. N., Katuntseva N. A. Assessment of health and working conditions of health workers. *Menedzher zdravookhraneniya* [Health manager]. 2013, 8, pp. 51–55. [In Russian]
2. Bake M. Ya., Luse I. Yu., Sprudzha D. R., Kuznetsova V. M., Rusakova N. E. Health risk factors for health care workers. *Meditsina truda i promyshlennaia ekologiya*. 2002, 3, pp. 28–33. [In Russian]
3. Gatiyatullina L. L. Factors affecting the health of health workers. *Kazanskii meditsinskii zhurnal* [Kazan medical journal]. 2016, 97 (3), pp. 426–431. [In Russian]
4. Ivanov A. V., Petrushuk O. E. Forecasting of the state of health of doctors of municipal institutions. *Byulleten' Natsional'nogo nauchno-issledovatel'skogo instituta obshchestvennogo zdorov'ya* [Bulletin of the National research Institute of public health]. 2005, 2, pp. 22–25. [In Russian]
5. Krasovskiy V. O., Karamova L. M., Basharova G. R., Galiullin A. R. Clinical and hygienic assessment of occupational health risks for medical workers of emergency medical stations. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia* [Modern problems of science and education]. 2016, 2, p. 121. [In Russian]
6. *Mnogomernyy statisticheskij analiz v ehkonomicheskikh zadachakh: komp'yuternoe modelirovanie v SPSS sisteme* [Multivariate statistical analysis in economic problems: computer simulation in SPSS]. Ed. I. V. Orlova. Moscow, Vuzovskii uchebnyk Publ., 2009, 310 p.
7. *Professional'naya patologiya: natsional'noe rukovodstvo* [Professional pathology. National leadership]. Ed. N. F. Izmerov. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2011, 784 p.
8. Houston S., Casanova M. A., Leveille M., et al. The intensity and frequency of moral distress among different healthcare disciplines. *J. Clin. Ethics*. 2013, 24 (2), pp. 98–112.
9. Hutton J. L., Staghellini E. Modelling bounded health scores with censored skew-normal distributions. *Statist. Vtl*. 2011, 30 (4), pp. 368–376.
10. Kubik-Huch R. A., Rexroth M., Porst R., Durselen L., Otto R., Szucs T. Referrer satisfaction as a quality criterion: developing an questionnaire for measuring the quality of services provided by a radiology department. *Rofo*. 2005, 177 (3), pp. 429–434.
11. Ruitenburt M. M., Frings-Dresen M. H., Sluiter J. K. The prevalence of common mental disorders among hospital physicians and their association with self-reported work ability: a cross-sectional study. *BMC Health Serv. Res.* 2012, 12, pp. 292–298.
12. Tsai Y. C., Liu C. H. Factors and symptoms associated with work stress and health-promoting lifestyles among hospital staff: a pilot study in Taiwan. *BMC Health Serv. Res.* 2012, 12, p. 199.

Контактная информация:

Ермолина Татьяна Александровна — кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии человека и биотехнических систем Высшей школы естественных наук и технологий ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации
Адрес: 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 17
E-mail: taniaermolina@yandex.ru

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ВИТАМИНОМ D ЖЕНЩИН ТЮМЕНСКОГО СЕВЕРА

© 2019 г. Т. Я. Корчина, А. С. Сухарева, В. И. Корчин, *В. В. Лапенко

БУВО ХМАО – Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия», г. Ханты-Мансийск;

*Салехардская окружная клиническая больница, г. Салехард

Цель работы – оценить обеспеченность витамином D женщин, проживающих на территории Тюменской области. *Методы*. Обследованы 176 женщин из числа некоренного населения области: 96 жительниц г. Салехарда (Ямало-Ненецкий автономный округ), 80 – г. Ханты-Мансийска (Ханты-Мансийский автономный округ), средний возраст обследованных ($43,9 \pm 11,3$) года. Витамин D в сыворотке крови определяли методом хемилюминесцентного иммуноферментного анализа на парамагнитных частицах с использованием оригинальных реагентов к аппарату Architect i2000 SR. *Результаты*. Оптимальные концентрации витамина D в сыворотке крови 30–100 нг/мл. Средние величины содержания витамина D в крови обеих групп обследованных оказались значительно ниже нижней границы физиологически оптимальных значений. Причем концентрация витамина D в крови у жительниц Салехарда ($14,5 \pm 1,0$) нг/мл оказалась более чем в 2 раза меньше нижней границы референтных значений и достоверно ($p = 0,003$) меньше подобного показателя у жительниц Ханты-Мансийска ($18,7 \pm 0,9$) нг/мл. Умеренный дефицит витамина D (до 2 раз меньше нижней границы физиологической нормы) был обнаружен у 37,5 % жительниц Салехарда и у 55,0 % жительниц Ханты-Мансийска; выраженная недостаточность – у 22,9 и 26,2 %, а глубокий дефицит витамина – у 36,5 и 10,0 % жительниц этих городов соответственно. *Выводы*. С продвижением на Север и соответственно снижением среднегодовой инсоляции прогрессивно увеличивается глубина дефицита витамин D. С целью профилактики дефицита необходим прием специальных препаратов витамина и обогащенных им продуктов питания. Рекомендовано широкое внедрение образовательных программ для информирования как врачей, так и населения о высокой частоте гиповитаминоза D, роли витамина D в охране здоровья населения и необходимости профилактики гиповитаминоза D и его последствий.

Ключевые слова: северный регион, витамин D

SERUM CONCENTRATIONS OF VITAMIN D IN WOMEN LIVING IN THE TYUMEN NORTH

T. Ya. Korchina, A. S. Sukhareva, V. I. Korchin, *V. V. Lapenko

Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia;

*Salekhard district clinical hospital, Salekhard, Russia

Aim: To assess serum concentrations of vitamin D in women living in the North of the Tyumen region. *Methods.* 176 women from non-indigenous population living in the cities of the Tyumen region were examined. Of these, 96 were residents of Salekhard (Yamalo-Nenetski Autonomous Region - YaNAO), and 80 - Khanty-Mansiysk (Khanty-Mansiysk Autonomous Region - KHMAO). The mean age of women was 43.9 ± 11.3 years. Serum vitamin D was estimated by chemiluminescent enzyme immunoassay on paramagnetic particles using Architect i2000 SR equipment. *Results.* The mean values of serum D in both groups of women were significantly lower than the lower limit of physiologically optimal levels. Moreover, the concentration of vitamin D in serum of women in Salekhard (14.5 ± 1.0 ng/ml) was less than a half of the lower limit of the reference values and significantly ($p=0.003$) lower than the corresponding values in women from Khanty-Mansiysk (18.7 ± 0.9 ng/ml). A moderate deficiency of vitamin D was found in 37.5 % of women in Salekhard and 55.0 % of women in Khanty-Mansiysk while the corresponding proportions for severe deficiency were 22.9 % and 26.2 %. Critical vitamin D deficiency was observed in 36.5 % of women in Salekhard and 10 % - Khanty-Mansiysk. *Conclusions.* We observed significant differences between the settings in the mean values of serum Vitamin D concentrations. Moreover, greater proportions of women from Salekhard had more pronounced Vitamin D deficiency. Educational programs to inform both doctors and general public about the high frequency of hypovitaminosis D, the role of vitamin D in the protection of public health and the need to prevent hypovitaminosis D and its consequences are warranted to improve the situation.

Key words: Northern region, vitamin D, deficiency

Библиографическая ссылка:

Корчина Т. Я., Сухарева А. С., Корчин В. И., Лапенко В. В. Обеспеченность витамином D женщин Тюменского Севера // Экология человека. 2019. № 5. С. 31–36.

Korchina T. Ya., Sukhareva A. S., Korchin V. I., Lapenko V. V. Serum Concentrations of Vitamin D in Women Living in the Tyumen North. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 5, pp. 31-36.

Ханты-Мансийский автономный округ (ХМАО) и Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО) входят в состав Тюменской области. Регион занимает одно из ведущих мест в России по запасам углеводородов, особенно нефти и природного газа. Территориально ХМАО занимает центральную, а ЯНАО – северную части Западно-Сибирской равнины. Север Тюменской области относится к районам Крайнего Севера и приравненным к ним территориям. При этом более

половины территории ЯНАО расположено за Полярным кругом. Суровость климата здесь определяется длительной и жесткой зимой с очень низкими температурами, коротким и холодным летом, явлениями светового голодания, резкими перепадами атмосферного давления, температуры и влажности воздуха, сильными и частыми ветрами (иногда достигающими скорости 40–60 м/с), магнитными возмущениями, особым фотопериодизмом, дефицитом солнечной

инсоляции [1, 5, 7], который выступает основной причиной недостаточной обеспеченности организма жителей северных территорий витамином D.

За последние десятилетия представления о витамине D существенно изменились. Это не витамин в классическом понимании этого термина, а стероидный прегормон, который превращается в организме в активные метаболиты. Проблема недостаточности витамина D на сегодняшний день является одной из наиболее актуальных. Проведенные научные исследования продемонстрировали связь между приемом витамина D и снижением уровня общей смертности. По данным научных исследований, недостаточность витамина D присутствует у половины населения мира. Вот почему вырос интерес к изучению метаболизма витамина D в организме человека и его влияния на организм в целом [2, 15].

Витамин D поступает в организм человека в виде двух соединений — эргокальциферола (витамин D₂), поступающего с пищей, и холекальциферола (витамин D₃), образующегося в коже под влиянием ультрафиолетовых лучей (около 95 % витамина D поступает в организм человека за счет инсоляции). При солнечном облучении одна минимальная эритемная доза дает повышение уровня 25(OH)D₃ в 2 раза больше, чем прием 10 000 МЕ витамина D. Число нефортифицированных продуктов, содержащих витамин D, ограничено. Это лишь жирная рыба, печень трески и лосося [2, 11].

Большая часть территории России расположена в зоне низкой инсоляции и большинство населенных пунктов характеризуется малым числом солнечных дней в году (40–70). Напомним, что территория России расположена севернее 40° широты, т. е. заведомо в зоне низкой инсоляции. Важно отметить, что для синтеза витамина D необходим не просто солнечный свет, а излучение спектра УФ-В, которое достигает поверхности Земли далеко не во всех регионах страны [4].

Недостаточность витамина D является одним из пусковых факторов развития рахита, остеопороза, сахарного диабета, системной красной волчанки, рака молочной железы, предстательной железы, кишечника, артериальной гипертензии, застойной сердечной недостаточности, ишемической болезни сердца, патологии периферического кровообращения, поскольку были обнаружены рецепторы к витамину D в гладкомышечных клетках стенок сосудов и кардиомиоцитах. Также выявлено около 200 генов, регулирующих процессы сердечно-сосудистой системы, работа которых прямо или косвенно может зависеть от 1,25(OH)₂D. Кроме того, установлено, что 1,25(OH)₂D регулирует синтез ренина [15, 16]. Наличие ожирения у взрослых и у детей наиболее часто сочетается с недостаточностью витамина D. Холекальциферол, связываясь со специфическими рецепторами на клетках жировой ткани, ингибирует их пролиферацию и секрецию лептина, что определяет роль витамина D в профилактике ожирения и инсулинорезистентности [13, 18].

Современными исследованиями установлено, что влияние витамина D на состояние иммунитета реализуется через иммуномодулирующий и противовоспалительный эффекты активных метаболитов витамина D. Антимикробные пептиды (АМП) принадлежат к группе эволюционно старейших механизмов врожденной защиты человека от чужеродных агентов [2]. Они представлены группой относительно небольших по размеру пептидов, которые встречаются в организме всех млекопитающих, в т. ч. и человека. На сегодняшний момент имеется немало исследований, доказывающих роль витамина D в продукции АМП, в частности дефензинов и кателицидина [10, 12]. Доказана роль витамина D в снижении развития ряда инфекционных заболеваний, в частности острой респираторной вирусной инфекции, туберкулеза, гриппа, вирусиндуцированной бронхиальной астмы.

Существуют биологические свидетельства того, насколько значима оптимальная обеспеченность витамином D для развития и функционирования центральной нервной системы. Витамин D фактически является нейроактивным стероидным гормоном, необходимым для развития мозга эмбриона, поддержания функционирования мозга у детей и взрослых. Дефицит витамина ассоциирован со снижением когнитивных способностей, нервно-психическими расстройствами (депрессия, шизофрения), повышенным риском болезни Паркинсона, болезни Альцгеймера [19].

В последние годы было установлено, что витамин D играет важную роль в процессах системного воспаления и окислительного стресса [17]. В этой связи оптимальная обеспеченность витамином D жителей северных территорий имеет исключительное значение, так как именно экологически обусловленный стресс лежит в основе снижения показателей здоровья и увеличения смертности северян [1].

И все-таки важнейшей функцией витамина D, лежащей в основе его жизненной необходимости для человека, является регуляция баланса кальция (Ca) и фосфора (P) в организме и кальцификация кости — особой разновидности соединительной ткани. Его основной механизм действия — повышение доступности Ca и P для фосфорилирования костной ткани. Усиливая всасывание Ca и P в кишечнике, витамин D повышает их содержание в сыворотке крови. Тяжелый и длительный дефицит витамина D приводит к выраженному дефициту Ca, и жизненно важная потребность организма в Ca обеспечивается за счет запасов Ca в костной ткани. В итоге костная ткань лишается Ca, что и проявляется синдромом остеопении и развитием в дальнейшем остеопороза [3]. Доказано, что взаимодействие между Ca и витамином D двунаправлено. С одной стороны, витамин D участвует в регуляции уровней Ca. С другой стороны, уровни Ca определяют интенсивность проявления биологических эффектов витамина D. На фоне дефицита Ca витамин D действует как бы «вхолостую». Это обусловлено существованием значительного количества Ca-зависимых белков,

экспрессия которых регулируется витамином D [15]. Гомеостаз Са регулируется активной формой витамина D – 1,25(OH)2D: обеспечивается всасывание Са в кишечнике, ремоделирование костей скелета. В случае дефицита витамина D развиваются рахит, остеопороз и остеопороз. Доказано, что женщины в силу анатомо-физиологических особенностей значительно больше подвержены остеопорозу, чем мужчины (стандартизированный по возрасту риск переломов у женщин в 3 раза выше, чем у мужчин) [2]. В этой связи целью нашего исследования явилась оценка обеспеченности витамином D женщин, проживающих на территории Тюменской области.

Методы

Объектом исследования стали 176 женщин из числа некоренного населения, проживающих в городах Тюменской области: 96 жительниц г. Салехарда (ЯНАО), 80 – г. Ханты-Мансийска (ХМАО), средний возраст обследованных составил (43,9 ± 11,3) года.

Настоящее исследование проведено с соблюдением требований биомедицинской этики и сопровождалось добровольно полученным письменным информированным согласием обследуемых лиц.

Для количественного определения 25(OH)D в сыворотке крови использовали модульный иммунохимический анализатор Architect i2000 SR фирмы-производителя Abbott Laboratories (США). Анализ проводили методом хемилюминесцентного иммуноферментного анализа на парамагнитных частицах с использованием оригинальных реагентов к аппарату Architect i2000 SR.

Для описания количественных данных использовали среднее арифметическое (M), стандартную ошибку средней арифметической (m), минимальное (min) и максимальное (max) значения. Сравнение исследуемых показателей проводилось с помощью теста Стьюдента. Значимыми считали различия при p < 0,05. Использовалась прикладная программа STATISTICA 13.0 и электронные таблицы Microsoft Excel.

Результаты

В табл. 1 представлено содержание витамина D в сыворотке крови обследованных женщин северного региона.

Таблица 1

Концентрация витамина D в крови у обследованных лиц северного региона

Обследованные (n = 176)	Показатель, ng/ml				
	M	m	Me	min	max
Женщины, проживающие в Салехарде (n = 96)	14,5	1,0	13,1	3,0	70
Женщины, проживающие в Ханты-Мансийске (n = 80)	18,7	0,9	17,3	7,0	40,4
p	0,003				

Установлено, что оптимальные концентрации витамина D в сыворотке крови находятся в диапазоне 30–100 нг/мл. Ориентируясь на данные показатели,

средние величины содержания 25(OH)D в крови обеих групп женщин Тюменского Севера оказались значительно ниже нижней границы физиологически оптимальных значений. Причем концентрация витамина D в крови у жительниц г. Салехарда оказалась более чем в 2 раза меньше нижней границы референтных значений и достоверно (p = 0,003) меньше подобного показателя у жительниц г. Ханты-Мансийска (см. табл. 1).

Анализ индивидуальных величин концентрации витамина D показал, что только 3 (3,1 %) жительницы ЯНАО и 7 (8,8 %) ХМАО оказались оптимально обеспечены данным жирорастворимым витамином. У подавляющего большинства женщин Тюменского Севера выявлен дефицит обеспеченности витамином D различной степени выраженности (табл. 2).

Таблица 2

Распределение обследованных лиц северного региона по степени обеспеченности витамином D, абс/%

Обследованные (n = 176)	Оптимальная концентрация	Дефицит		
		умеренный	выраженный	глубокий
Женщины, проживающие в Салехарде (n = 96)	3/3,1	36/37,5	22/22,9	35/36,5
Женщины, проживающие в Ханты-Мансийске (n = 80)	7/8,8	44/55,0	21/26,2	8/10,0

Умеренный дефицит витамина D (до 2 раз меньше нижней границы физиологической нормы) был обнаружен у 36 (37,5 %) жительниц Салехарда и у 44 (55,0 %) жительниц Ханты-Мансийска; выраженная недостаточность 25(OH)D (< 2, но > 3 – кратное снижение относительно нижней границы физиологической нормы) характеризовал витаминный статус 22 (22,9 %) женщин ЯНАО и 21 (26,2 %) женщины ХМАО, а глубокий дефицит витамина D (< чем в 3 раза меньше нижней границы физиологической нормы) оказался характерен для 35 (36,5 %) жительниц Салехарда и 8 (10,0 %) – Ханты-Мансийска (см. табл. 2).

Обсуждение результатов

В результате нашего исследования установлен практически тотальный дефицит витамина D у женщин Салехарда (66° северной широты) – единственного в мире города, находящегося непосредственно на Полярном круге. При этом концентрация 25(OH)D в сыворотке крови обследуемых лиц Ханты-Мансийска (находящегося значительно южнее Салехарда, а именно 61° северной широты) оказалась почти в 1,3 раза выше подобного показателя у женщин ЯНАО (см. табл. 1). Для женщин ХМАО был характерен умеренный дефицит витамина D (55 %), в то время как более чем у трети (36,5 %) жительниц ЯНАО была отмечена глубокая недостаточность данного витамина (см. табл. 2).

Основным источником витамина D для людей является солнечный свет и немногие пищевые продукты: жирная рыба (лосось, сельдь, скумбрия и др.), масло

из печени некоторых рыб, рыбий жир. В этой связи главными причинами развития дефицита витамина D являются: недостаток УФ-излучения и низкий уровень потребления данного витамина с продуктами питания [15].

Однако помимо резко выраженного дефицита солнечного УФ-излучения и явно недостаточного поступления с пищевыми рационами витамина D существуют дополнительные причины, усугубляющие столь широко распространенный и достаточно глубокий у большинства северян дефицит витамина D.

Во-первых, доказано, что витамины А, Е и D являются жирорастворимыми витаминами и при совместном поступлении в организм усиливают всасывание друг друга. Достаточное поступление витамина D в организм оказывает благоприятное воздействие на функциональное состояние почек и способствует усвоению витаминов А и Е. И наоборот: достаточные уровни витаминов А и Е поддерживают биологические эффекты витамина D, способствуя конвертации активных его форм [9].

Исследованиями, проведенными на территории ХМАО в городах Сургуте, Ханты-Мансийске, Кога-лыме, Нефтеюганске, а также в Сургутском районе, у подавляющего большинства некоренных жителей Тюменского Севера была установлена оптимальная обеспеченность витамином А и резко выраженная недостаточность обеспеченности витамином Е: дефицит различной степени выраженности был обнаружен более чем у 90 % взрослого некоренного населения северного региона. Из двух жирорастворимых витаминов-антиоксидантов именно обеспеченность витамином Е имеет решающее значение, так как антиоксидантное действие токоферола заключается также в способности защищать от окисления двойные связи в молекулах каротина и витамина А, причём в его отсутствие витамин А не только теряет свои антиоксидантные свойства, но и очень быстро разрушается [7].

Во-вторых, установлено, что достаточно активный переход синтезированного витамин D из эпидермиса в кровотоки происходит при активной физической нагрузке. Гиподинамия существенно снижает поступление синтезируемого в коже холекальциферола в кровеносное русло. Кроме того, на фоне гиподинамии снижаются эффекты воздействия витамина D на обмен Са. Изучение показателей локомоторной активности выявило повсеместно распространенную гиподинамию у всех групп населения Тюменского Севера [7, 8]. Это связано с тем, что у населения северного региона объективно меньше возможности заниматься ходьбой ввиду длительного холодного периода.

В-третьих, с учетом двунаправленного действия Са и витамина D (биологические эффекты витамина D оптимально проявляются только при адекватной обеспеченности организма Са [15]) содержание последнего в пищевых рационах, а особенно в питьевой воде, имеет первостепенное значение. Исследованиями

установлено, что природные воды севера Тюменской области отличаются малой минерализованностью: средние концентрации ионов Са в водопроводной воде городов ХМАО – Сургуте, Ханты-Мансийске, Нягани, Нефтеюганске оказались более чем в 5 раз меньше нижнего предела физиологически допустимых значений [6]. Аналогичная картина наблюдалась и на территории ЯНАО [5].

Доказано, что витамин D необходим для поддержания структуры и всех видов соединительной ткани (связки, мышцы, дерма, опорные капсулы органов и др.). Дефицит витамина D негативно сказывается на структуре мышечных волокон [14]. Воздействие витамина D на микроциркуляторную систему мышцы связано с ангиогенезом и защитой кровеносных сосудов от атеросклероза. Витамин D регулирует уровни фактора роста сосудистого эндотелия (VEGF) – одного из важнейших факторов ангиогенеза, который является частью системы, восстанавливающей подачу кислорода к тканям, когда циркуляция крови недостаточна. Физиологическими функциями VEGF являются создание новых кровеносных сосудов и обеспечение нарастания мышечной массы после физических упражнений за счет образования новых микрососудов, в том числе для коллатерального кровообращения [2, 16]. Это имеет исключительно большое значение именно для жителей Севера: многочисленными исследованиями, проведенными в северных регионах, убедительно доказано, что на первом месте среди северной патологии стоят сердечно-сосудистые заболевания, не столько как причина временной нетрудоспособности, сколько причина настоящей и будущей смертности. Изменение обмена веществ в ответ на действие холодного фактора, особенно у лиц, работающих на открытом воздухе, приводит к развитию атеросклероза в трудоспособном возрасте. При этом интенсивность данных изменений нарастает в широтном направлении, а тяжесть и степень выраженности атеросклероза возрастает пропорционально длительности северного стажа [5, 7].

Доказано, что вследствие крайне недостаточного пребывания на солнце и длительного пребывания в помещении вклад от синтеза витамина D в коже под действием солнечных лучей значительно сокращен для подавляющего большинства россиян вообще, а жителей северных территорий тем более, а число нефортифицированных продуктов, содержащих витамин D, ограничено. Не вызывает сомнений тот факт, что в климатогеографических условиях России, тем более ее северных территорий, невозможно компенсировать дефицит витамина D у людей без соответствующей диетической компоненты и приема специальных препаратов витамина или обогащения им продуктов питания [2, 15].

Выводы:

1. В обеих группах женщин, постоянно проживающих на территории Тюменского Севера, выявлен значительный дефицит в обеспеченности витамином D:

у жительниц ХМАО более чем в 1,6 раза, у жительниц ЯНАО — более чем в 2 раза меньше нижней границы физиологически оптимальных значений.

2. Установлена значимо ($p = 0,003$) худшая обеспеченность женщин Салехарда, расположенного непосредственно на границе Полярного круга, сравнительно с жителями Ханты-Мансийска, находящегося южнее его на 5° северной широты.

3. С продвижением на Север и соответственно снижением среднегодовой инсоляции прогрессивно увеличивается глубина дефицита витамина D: глубокая его недостаточность установлена у 10 % жительниц Ханты-Мансийска и у 36,5 % — Салехарда.

4. С целью профилактики дефицита витамина D необходим прием специальных препаратов витамина и обогащенных им продуктов питания.

5. Настоятельно необходимо широкое внедрение образовательных программ для информирования как врачей, так и населения о высокой частоте гиповитаминоза D, роли витамина D в охране здоровья населения и необходимости профилактики гиповитаминоза D и его последствий.

Авторство

Корчина Т. Я. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, в получение и интерпретацию данных, написала первый вариант статьи; Сухарева А. С. внесла существенный вклад в сбор, анализ и интерпретацию данных по Ханты-Мансийскому автономному округу; Корчин В. И. внес существенный вклад в концепцию, дизайн исследования и интерпретацию данных; Лапенко В. В. внес существенный вклад в сбор, анализ и интерпретацию данных по Ямало-Ненецкому автономному округу.

Корчина Татьяна Яковлевна — SPIN 6250-6863; ORCID 0000-0002-2000-4928

Сухарева Анна Сергеевна — SPIN 8070-8713; ORCID 0000-0002-1673-7264

Корчин Владимир Иванович — SPIN 1430-5770; ORCID 0000-0002-1818-7550

Лапенко Владислав Владиславович — SPIN 6881-5638; ORCID 0000-0002-5731-0486

Список литературы

1. Гудков А. Б., Лукманова Н. Б., Раменская Е. Б. Человек в приполярном регионе Европейского Севера: эколого-физиологические аспекты. Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. 184 с.

2. Громова О. А., Торшин И. Ю. Витамин D — смена парадигмы / под ред. акад. РАН Е. И. Гусева, проф. И. Н. Захаровой. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. 576 с.

3. Древал А. В. Остеопороз, гиперпаратиреоз и дефицит витамина D. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. 160 с.

4. Захарова И. Н., Дмитриева Ю. А., Яблочкова С. В., Евсеева Е. А. Недостаточность и дефицит витамина D — что нового? // Вопросы современной педиатрии. 2014. Т. 13, № 1. С. 134–140.

5. Здоровье населения Ямало-Ненецкого автономного округа: состояние и перспективы / под ред. чл.-корр., проф. А. А. Буганова. Омск: Надым, 2006. 809 с.

6. Корчин В. И., Миняло Л. А., Корчина Т. Я. Содержание химических элементов в водопроводной воде горо-

дов Ханты-Мансийского автономного округа с различной очисткой питьевой воды // Вестник Северного Арктического федерального университета. 2018. Т. 6, № 2. С. 188–197.

7. Корчина Т. Я. Системный анализ параметров вектора состояния организма человека, проживающего в условиях урбанизированного Севера (на примере ХМАО-Югры): дис. ... д-ра мед. наук. Сургут: СурГУ, 2009. 332 с.

8. Корчина Т. Я., Лубяко Е. А. Гиподинамия как фактор риска развития метаболического синдрома // Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы медицины в современных условиях», 11 января 2016 г., г. Санкт-Петербург. С. 95–98.

9. Спиричев В. Б., Громова О. А. Витамин D и его синергисты // Земский врач. 2012. № 2. С. 33–38.

10. Agier J., Brzezinska-Blaszczyk E. Cathelicidins and defensins redulate mast cell antimicrobial activity // Postery Hig. Med. Dosw. 2016. Vol. 70. P. 618–636.

11. Desai N. S., Tukvadze J., Frediani K. et al. Effects of sunlight and dirt on vitamin D status of pulmonary tuberculosis patients in Tbilisi, Georgia // Nutrition. 2012. Vol. 4. P. 362–366.

12. Edfeldt K., Liu P. T., Chin R. T-cell cytokines differentially control human monocyte antimicrobial responses by regulating vitamin D metabolism // Proc. Natl. Acad. Sci USA. 2010. Vol. 107 (52). P. 22593–22598.

13. Gupta V. Vitamin D: Extra-skeletal effects // J. Med. Nutr. Nutraceut. 2012. Vol. 1. P. 17–26.

14. Hazell T. J., DeGuire R., Weiler H. A. Vitamin D: An overview of its role in skeletal muscle physiology in children and adolescents // Nutr. Rev. 2012. Vol. 70 (9). P. 520–533.

15. Holick M. E., Binkley N. C., Bischoff-Ferrari H. A. Evaluation, treatment and prevention of vitamin D deficiency: An endocrine society clinical practice guideline // J. Cell Mol. Med. 2011. Vol. 96 (7). P. 1911–1930.

16. Mikirova N. A., Belcaro G., Jackson J. A., Riordan N. H. Vitamin D concentration, endothelial progenitor cells, and cardiovascular risk factors // Panminerva Med. 2010. Vol. 52 (1). P. 81–87.

17. Nikooyeh B., Neyestani T. R. Oxidative stress, type 2 diabetes and vitamin D: past, present and future // Diabetes Metab Res Rev. 2016. Vol. 32 (3). P. 260–267.

18. Saintonge S., Band H., Gerber L. M. Implications of a new definition of vitamin D deficiency in multiracial US adolescent population: The National health and nutrition examination survey III // Pediatrics. 2009. Vol. 123. P. 797–803.

19. Schlögl M., Holick M. F. Vitamin D and neurocognitive function // Clin. Interv. Aging. 2014. Vol. 9. P. 559–568.

References

1. Gudkov A. B., Lukmanova N. B., Ramenskaya E. B. *Chelovek v pripolyarnom regione Evropeiskogo Severa: ehkologo-fiziologicheskie aspekty* [Man in the circumpolar region of the European North: ecological and physiological aspects]. Arkhangelsk, 2013, 184 p.

2. Gromova O. A., Torshin I. Y. *Vitamin D - smena paradigmy* [Vitamin D - paradigm shift], eds. E. I. Gusev, I. N. Zaharova. Moscow, GEHOTAR-Media Publ., 2017, 576 p.

3. Dreval' A. V. *Osteoporoz, giperparatireoz i deficit vitamina D* [Osteoporosis, hyperparathyroidism and vitamin D deficiency]. Moscow, GEHOTAR-Media Publ., 2017, 160 p.

4. Zaharova I. N., Dmitrieva Y. A., Yablochkova S. V., Evseeva E. A. Insufficiency and deficiency of vitamin D - what's new? *Voprosy sovremennoi pediatrii* [Questions of modern pediatrics]. 2014, 13 (1), pp. 134-140. [In Russian]

5. *Zdorov'e naseleniya Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga: sostoyanie i perspektivi* [Health population of Yamalo-Nenetsk autonomous region: condition and perspectives], ed. A. A. Buganov. Omsk, Nadim, 2006, 809 p.
6. Korchin V. I., Minyajlo L. A., Korchina T. Ya. The content of chemical elements in tap water in the cities of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug with various purification of drinking water. *Vestnik Severnogo Arkticheskogo federal'nogo universiteta* [Bulletin of the Northern Arctic Federal University]. 2018, 6 (2), pp. 188-197. [In Russian]
7. Korchina T. Ya. *Sistemnyi analiz parametrov vektora sostoyaniya organizma cheloveka, prozhivayushchego v usloviyah urbanizirovannogo Severa (na primere KHMAO-Ugry. Dokt. diss.)* [System analysis of the parameters of the state vector of the human body living in the urbanized North (on the example of KhMAO-Ugra). Doct. Diss.]. Surgut, 2009, 332 p.
8. Korchina T. Ya., Lubyako E. A. Hypodinamy as a risk factor for the development of metabolic syndrome. *The materials of the international scientifically-practical Conference «Actual questions of medicine in modern conditions», Saint Petersburg, January 11, 2016*. Saint Petersburg, 2016, pp. 95-98. [In Russian]
9. Spirichev V. B., Gromova O. A. Vitamin D and its synergists. *Zemskii vrach* [Zemstvo doctor]. 2012, 2, pp. 33-38. [In Russian]
10. Agier J., Brzezinska-Blaszczyk E. Cathelicidins and defensins redulate mast cell antimicrobial activity. *Postery Hig. Med. Dosw.* 2016, 70, pp. 618-636.
11. Desai N. S., Tukvadze J., Frediani K. et al. Effects of sunlight and dirt on vitamin D status of pulmonary tuberculosis patients in Tbilisi, Georgia. *Nutrition*. 2012, 4, pp. 362-366.
12. Edfeldt K., Liu P. T., Chin R. T-cell cytokines differentially control human monocyte antimicrobial responses by regylating vitamin D metabolism. *Proc. Natl. Acad. Sci USA*. 2010, 107 (52), pp. 22593-22598.
13. Gupta V. Vitamin D: Extra-skeletal effects. *J. Med. Nutr. Nutraceut.* 2012, 1, pp. 17-26.
14. Hazell T. J., DeGuire R., Weiler H. A. Vitamin D: An overview of its role in skeletal muscle physiology in children and adolescents. *Nutr. Rev.* 2012, 70 (9), pp. 520-533.
15. Holick M. E., Binkley N. C., Bischoff-Ferrari H. A. Evaluation, treatment and prevention of vitamin D deficiency: An endocrine society clinical practice guideline. *J. Cell Mol. Med.* 2011, 96 (7), pp. 1911-1930.
16. Mikirova N. A., Belcaro G., Jackson J. A., Riordan N. H. Vitamin D concentration, endothelial progenitor cells, and cardiovascular risk factors. *Panminerva Med.* 2010, 52 (1), pp. 81-87.
17. Nikooyeh B., Neyestani T. R. Oxidative stress, type 2 diabetes and vitamin D: past, present and future. *Diabetes Metab Res Rev.* 2016, 32 (3), pp. 260-267.
18. Saintonge S., Band H., Gerber L. M. Implications of a new definition of vitamin D deficiency in multiracial US adolescent population: The National health and nutrition examination survey III. *Pediatrics*. 2009, 123, pp. 797-803.
19. Schlögl M., Holick M. F. Vitamin D and neurocognitive function. *Clin. Interv. Aging.* 2014, 9, pp. 559-568.

Контактная информация:

Корчина Татьяна Яковлевна — доктор медицинских наук, профессор кафедры анестезиологии-реаниматологии, скорой медицинской помощи и клинической токсикологии БУ ХМАО — Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия»

Адрес: 628011, г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, д. 40
E-mail: t.korchina@mail.ru

АНАЛИЗ АДАПТАЦИОННО-ПРИСПОСОБИТЕЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОТДЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ОРГАНИЗМА В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ФАКТОРА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА

© 2019 г. ¹А. С. Самойлов, ¹И. Б. Ушаков, ²В. И. Попов, ³О. А. Попова

¹ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, г. Москва;

²ФГБУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко», г. Воронеж;

³ФГБУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет», г. Воронеж

Цель исследования – комплексный анализ адапционно-приспособительных возможностей морфоэнзимологических показателей слизистой оболочки тощей кишки в условиях хронического воздействия импульсов электромагнитных полей (ЭМП). *Методы.* В эксперименте, выполненном на белых лабораторных крысах-самцах с начальным возрастом 4 месяца, рассматривали динамику митотической активности эпителиоцитов крипт слизистой оболочки тощей кишки после 5, 7 и 10 месяцев воздействия ЭМП электрических разрядов с плотностью наведенных токов (ПНТ) 0,37; 0,7; 0,8; 2,7 кА/м² и периодичностью импульсов 50, 100 и 500 в неделю (И/н) независимо от их дробности. Гистоэнзимологические реакции проводили на криостатных срезах, а количественную цитологическую оценку осуществляли в эпителии 20 продольных ворсинок с микропрепарата каждого животного ($\times 400$). Полученные количественные данные обрабатывали с помощью методов вариационной статистики. Для оценки значимости различий между связанными выборками непрерывных величин при нормальном распределении применялся парный t-критерий Стьюдента. *Результаты.* В ходе обработки результатов эксперимента были установлены «амплитудно-частотные окна», проявляющиеся отсутствием сдвигов по отношению к показателям контроля и указывающие на возможные проявления толерантности и/или адаптированности изучаемых показателей к отдельным параметрам импульсных ЭМП. Для недифференцированных эпителиоцитов слизистой оболочки тощей кишки «эффект окна» регистрировался при ЭМП с ПНТ 0,8 кА/м² и периодичностью 50 и 500 И/н при 7- и 10-месячном воздействии соответственно. При этом наивысший уровень приспособительных реакций был зафиксирован спустя 5 месяцев после воздействия импульсных ЭМП независимо от ПНТ с периодичностью 50 и 100 И/н. *Выводы:* проведенный комплексный анализ позволил установить морфофункциональные взаимосвязи между клеточными популяциями эпителио-соединительнотканного комплекса интестинальной системы организма как единой системы, принимающей участие в регуляции тканевого гомеостаза, а также отразил реально существующие уровни проявления реактивных, дистрофических процессов и адапционно-приспособительных возможностей, в зависимости от воздействия параметров электромагнитного фактора.

Ключевые слова: электромагнитное поле, митотическая активность, гомеостаз, адаптация

ANALYSIS OF ADAPTIVE CAPABILITIES OF INDIVIDUAL SYSTEMS OF THE ORGANISM UNDER THE INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC FACTOR OF ECOLOGICAL RISK

¹A. S. Samoylov, ¹I. B. Ushakov, ²V. I. Popov, ³O. A. Popova

¹Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia; ²Burdenko Voronezh State Medical University, Voronezh, Russia; ³Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russia

Aim: To perform a complex analysis of the adaptive capabilities of the jejunal mucosa morphoenzymological parameters under conditions of chronic exposure to electromagnetic impulses. *Methods:* In an experiment performed on white laboratory male rats aged 4 months we studied changes in the mitotic activity of the jejunum mucosa crypts epithelial cells after 5, 7 and 10 months of exposure to electromagnetic fields (EMF) of electrical discharges with a density of induced currents of 0.37; 0.7; 0.8; 2.7 kA/m² and the impulse frequency of 50, 100 and 500 per week. Histoenzymological reactions were carried out on cryostat sections. Quantitative cytological evaluation was performed in the epithelium of 20 longitudinal villi from each animal's micropreparation ($\times 400$). Paired t-tests were used for analyses of continuous variables. *Results.* So-called "amplitude-frequency windows" were established, showing no shifts in relation to the indicators of control and indicating possible manifestations of tolerance and/or adaptation of the studied indicators to individual parameters and EMF. For undifferentiated epitheliocytes of the jejunum mucosa, the "window effect" was recorded with EMF with 0.8 kA/m² and a frequency of 50 and 500 at 7 and 10 month exposure, respectively. At the same time, the highest level of adaptive reactions was recorded 5 months after the exposure to IEM regardless of density of induced currents with a frequency of 50 and 100 impulses per week. *Conclusions.* Our analysis made it possible to establish morphofunctional associations between the cellular populations of the epithelio-connective tissue complex of the intestinal system of the body, referring to them as a single system that takes part in the regulation of tissue homeostasis, and also reflects the actual levels of manifestation of reactive, dystrophic processes and adaptive capabilities, depending on the effect of the parameters of the electromagnetic factor.

Key words: electromagnetic field, mitotic activity, homeostasis, adaptation

Библиографическая ссылка:

Самойлов А. С., Ушаков И. Б., Попов В. И., Попова О. А. Анализ адапционно-приспособительных возможностей отдельных систем организма в условиях воздействия электромагнитного фактора экологического риска // Экология человека. 2019. № 5. С. 37–42.

Samoylov A. S., Ushakov I. B., Popov V. I., Popova O. A. Analysis of Adaptive Capabilities of Individual Systems of the Organism under the Influence of Electromagnetic Factor of Ecological Risk. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 5, pp. 37-42.

В последние годы вопросы, связанные с электромагнитной экологией, получили весьма широкое распространение, электромагнитные поля (ЭМП) окружают нас повсюду, а мощности их достигают значительных величин. Широкомасштабное и всестороннее внедрение во все сферы деятельности человека новых источников ЭМП различных частотных диапазонов, средств мобильной сотовой, транкинговой и спутниковой связи, персональных компьютеров, разнообразной электробытовой техники, новых диагностических и лечебных аппаратов приводит к усложнению электромагнитной обстановки как на рабочих местах, так и в местах проживания населения [1, 6, 12, 17].

Возросший уровень электромагнитного излучения от антропогенных источников связан с риском для жизнедеятельности человека и требует разработки решений по управлению им. Предполагаемые риски могут быть снижены, если будут учтены связанные с их восприятием факторы, зависящие от индивидуальных особенностей, а также от природы воздействующих факторов [5, 8, 11].

Экспериментальные и теоретические исследования в области электромагнитобиологии показывают, что из всего многообразия ЭМП наиболее биологически активными являются импульсные электромагнитные поля (иЭМП), воздействие которых на организм может проявляться на субклеточном и клеточном уровнях, опосредованно реализуя свои эффекты через критические системы и приводя к изменениям гомеостаза. Эти сдвиги являются результатом нарушений сложных координационных и регуляторных взаимоотношений, осуществляемых в целостном организме, а также отчетливым проявлением адаптации организма к изменениям условий внешней среды [4, 13, 18].

Наиболее наглядно радиоадаптация клетки и ткани регистрируется при хроническом облучении, а ее основным показателем является способность к повышению радиорезистентности. При этом механизм толерантности тканей к хроническому облучению, по-видимому, имеет сложную природу и связан с комплексом субклеточных, клеточных, системных, органных и организменных адаптивных реакций на хроническое облучение, осуществляемых на разном уровне. Особенностью хронического облучения является длительное воздействие, при котором эффекты повреждения клеточных структур, тканей и органов с одной стороны и адаптивные процессы – с другой протекают параллельно, а длительное облучение может приводить к снижению компенсаторно-приспособительных механизмов и срыву адаптации [2, 7, 15, 16].

Данное исследование по изучению влияния ЭМП электрических разрядов (ЭМП ЭР) в условиях, эквивалентных профессиональному воздействию на персонал, эксплуатирующий испытательные установки – источники этого вида физических полей электромагнитной природы, проведено с целью выявления изменений морфофункционального состояния слизистой оболочки тощей кишки с установлением

чувствительности и степени поражаемости ее морфоэнзимологических показателей, а также прогнозирования последствий и адапционных реакций при хроническом воздействии фактора и определения направлений в разработке профилактических мероприятий по обеспечению электромагнитной безопасности.

Структурно-метаболическое состояние слизистой оболочки тощей кишки, в которой гидролизуются и всасывается основная масса пищевых веществ, определяет актуальность ее изучения для выяснения закономерностей реакции морфоэнзимологических показателей как эквивалентов функционального состояния, обеспечивающих пищеварительно-всасывательную и барьерную функции, во многом предопределяя радиационную устойчивость организма [3, 10, 19].

Целью данного исследования было проведение комплексного анализа адапционно-приспособительных возможностей морфоэнзимологических показателей слизистой оболочки тощей кишки в условиях хронического воздействия импульсов электромагнитных полей.

Методы

Эксперимент был выполнен на белых половозрелых лабораторных крысах-самцах (351 животное, 13 групп) возрастом от 4 до 14 месяцев, что эквивалентно профессиональному воздействию для персонала от 22 до 45 лет, эксплуатирующего испытательные электроразрядные установки.

Животных подвергали воздействию редко повторяющихся широкополосных высокоамплитудных импульсов ЭМП ультракороткой длительности (15÷40 нс) на протяжении 5, 7 и 10 месяцев. Уровни воздействующих ЭМП ЭР подбирались таким образом, чтобы плотность наведенных токов (ПНТ) в теле экспериментальных животных была эквивалентна уровню в теле человека при его профессиональной деятельности и с учетом коэффициента перерасчета составила 0,37; 0,7; 0,8; 2,7 кА/м². Эта градация дает адекватную возможность проведения как интерполяции, так и экстраполяции для других уровней ПНТ. В связи со статической неопределенностью периодичности работы персонала животные находились в свободном режиме передвижения, в условиях воздействия фактора ЭМП ЭР при моделировании. Количество импульсов, подаваемых в неделю на каждом уровне воздействия, составляло 50, 100 и 500 независимо от их дробности. Источниками, генерировавшими ЭМП, служил ряд экспериментальных электроразрядных установок.

Взятие биологического материала производили через 5, 7 и 10 месяцев воздействия ЭМП ЭР. Эвтаназия экспериментальных и контрольных животных осуществлялась декапитацией, которая проводилась в одно и то же время суток с предварительной наркотизацией.

Извлеченный фрагмент тощей кишки фиксировали в растворе Беккера и после соответствующей обра-

ботки заливали в парафин. Продольные срединные срезы толщиной 6 мкм окрашивали по М. Г. Шубичу с докраской гематоксилином и подсчитывали митотически делящиеся недифференцированные эпителиоциты 20 продольно разрезанных крипт, а также тучные клетки на этом же по протяженности участке в межкрипальной строме собственной пластинки слизистой оболочки тощей кишки, идентифицируя их по морфофункциональным особенностям, что позволяет оценить поражаемость и степень адаптационно-приспособительных возможностей, а также определить возможности гомеостаза на уровне всего организма.

Гистоэнзимологические реакции проводили на криостатных срезах и изучали динамику показателей столбчатых эпителиоцитов по критерию светооптической плотности щелочной и кислой фосфатаз исчерченной каемки энтероцитов. Количественную оценку осуществляли в эпителии 20 продольных ворсинок с микропрепарата каждого животного ($\times 400$).

Полученные количественные данные обрабатывали с помощью методов вариационной статистики. Для оценки значимости различий между связанными выборками непрерывных величин при нормальном распределении применялся парный t-критерий Стьюдента.

Результаты

Анализ состояния морфоэнзимологических показателей слизистой оболочки тощей кишки в условиях хронического воздействия ЭМП ЭР показал обратную зависимость ферментативной активности эпителия слизистой оболочки тощей кишки от продолжительности воздействия с наибольшей выраженностью для кислой фосфатазы, а также от периодичности импульсов в неделю с избирательной зависимостью от ПНТ (рис. 1 и 2).

При воздействии ЭМП в изученных параметрах обнаруживалась чувствительность недифференциро-

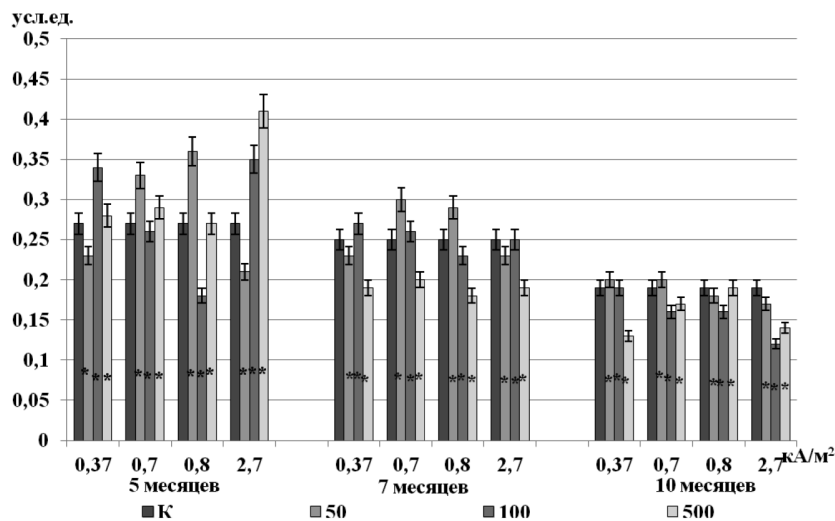


Рис. 1. Динамика распределения щелочной фосфатазы в столбчатых энтероцитах по показателям светооптической плотности в условиях воздействия иЭМП
Примечание.* – $p < 0,05$ по отношению к контролю.

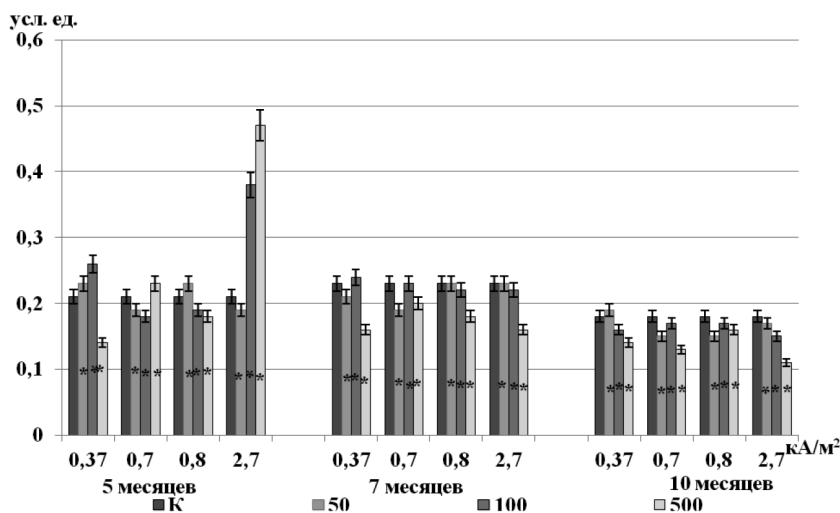


Рис. 2. Динамика распределения кислой фосфатазы в столбчатых энтероцитах по показателям светооптической плотности в условиях воздействия иЭМП
Примечание.* – $p < 0,05$ по отношению к контролю

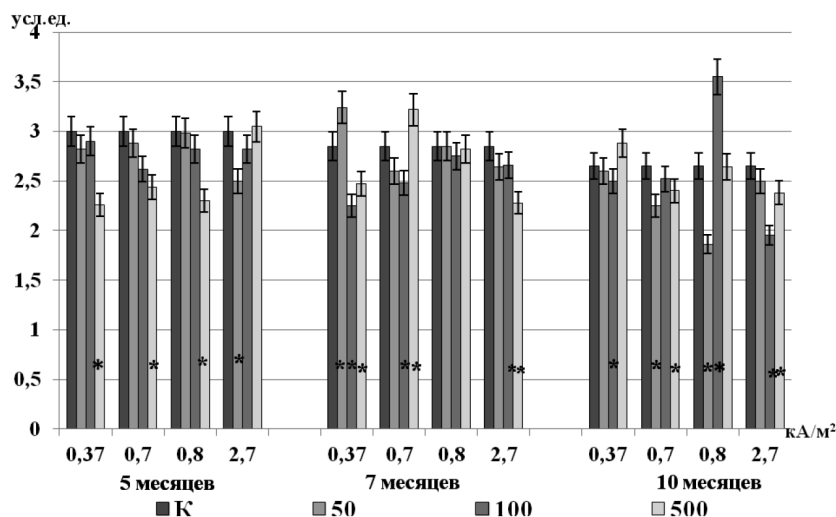


Рис. 3. Динамика митотической активности недифференцированных эпителиоцитов крипт слизистой оболочки тощей кишки в условиях воздействия иЭМП
Примечание. * – $p < 0,05$ по отношению к контролю.

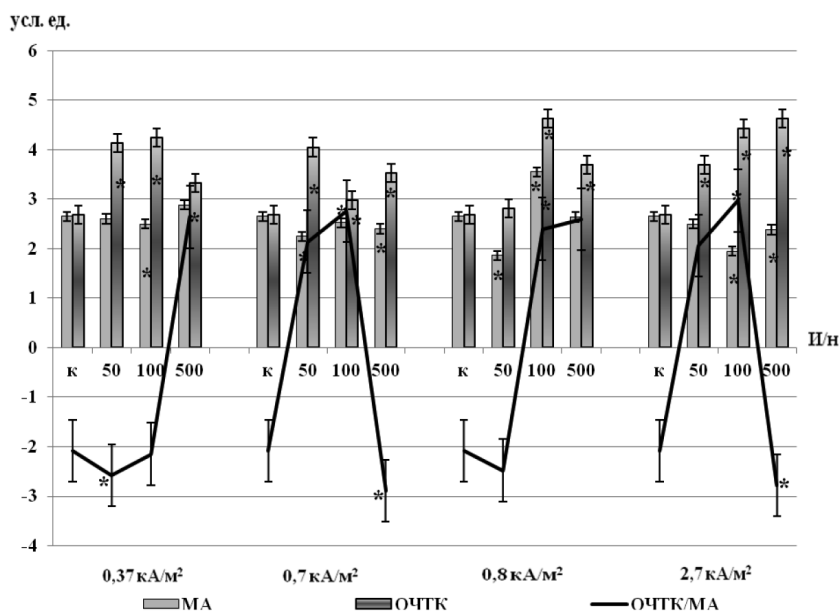


Рис. 4. Динамика скоррелированности взаимодействий тучных клеток и митотических эпителиоцитов слизистой оболочки тощей кишки в условиях воздействия параметров иЭМП
Примечания: * – $p < 0,05$ по отношению к контролю; МА – митотическая активность; ОЧТК – общее число тучных клеток.

ванных эпителиоцитов крипт и наблюдался разнонаправленный эффект, который зависел от периодичности ЭМП ЭР и ПНТ, причем при их повышении усиливалась поражаемость эпителия слизистой оболочки тощей кишки за счет снижения митотической активности с увеличением коэффициента поражаемости эпителия в хронодинамике для ряда параметров (рис. 3).

Выявлена зависимость тучных клеток межкрипальной стромы слизистой оболочки тощей кишки от величины ПНТ и периодичности импульсов, что коррелировало с продолжительностью воздействия, то есть увеличением их числа в хронодинамике (рис. 4). При этом тучные клетки претерпевали как количественные, так и качественные изменения, выражающиеся в перераспределении морфофункцио-

нальных типов, что преимущественно сопровождалось либо подавлением, либо стимуляцией дегрануляции, а следовательно, торможением или активацией высвобождения гепарина или гистамина, определяющих местный гомеостаз и адаптационный потенциал.

Обсуждение результатов

В ходе обработки результатов эксперимента были установлены амплитудно-частотные окна в динамике событий по морфологическим критериям, которые проявлялись в отсутствии сдвигов по отношению к показателям контроля и являлись неспецифической формой реагирования слизистой оболочки тощей кишки на полученные воздействия, свидетельствовали об их возможной толерантности к определенному комплексному воздействию некоторых параметров

ЭМП ЭР, а также регистрировались и в отношении других сенситивных систем организма, таких как нервная и эндокринная [9, 14, 20].

Так, для недифференцированных эпителиоцитов слизистой оболочки тощей кишки «эффект окна» регистрировался при ЭМП с ПНТ 0,8 кА/м² и периодичности 50 и 500 И/н при 7- и 10-месячном воздействии соответственно.

Для крупноклеточных ядер гипоталамуса данный эффект проявлялся по отношению к нейросекреторным клеткам при 10-месячном воздействии ЭМП с ПНТ 0,7 и 0,8 кА/м² и периодичности 100 И/н. С такими же параметрами наблюдался «эффект окна» в спинномозговых ганглиях, исключая ПНТ 0,7 кА/м². Для щитовидной железы данный эффект наблюдался по отношению к кислой фосфатазе при ПНТ 0,37 кА/м² и 100 И/н спустя 7 месяцев и при ПНТ 0,7 и 2,7 кА/м² с периодичностью 500 И/н спустя 10 месяцев, а также по отношению к общему числу тучных клеток при ПНТ 0,8 кА/м² и 50 И/н после 5 месяцев воздействия [3, 9, 10, 21].

Таким образом, можно отметить, что все биоэффекты структурных элементов слизистой оболочки тощей кишки проявлялись индивидуально в хронодинамике эксперимента на основе исследуемых морфологических критериев и зависели от всех параметров ЭМП ЭР и продолжительности его воздействия с проявлением защитно-приспособительных реакций и наиболее выраженных признаков адаптации для популяции тучных клеток спустя 7 месяцев воздействия, которые опосредованно нашли свое отражение и в нарушении внутриклеточного метаболизма энтероцитов.

Результаты исследования реализованы при разработке Санитарно-эпидемиологических правил и нормативов «Требования по защите персонала от воздействия импульсных электромагнитных полей» СанПиН 2.2.4.1329-03, утвержденных постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации №102 от 28.05.2003 г. (введено в действие с 25 июня 2003 г., регистрационный №4708 от 18 июня 2003 г.).

Авторство

Попова О. А. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных; Попов В. И. участвовал в разработке концепции исследования, подготовил первый вариант статьи; Самойлов А. С. существенно переработал, внес вклад в интерпретацию полученных данных; Ушаков И. Б. участвовал в анализе данных, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Самойлов Александр Сергеевич — ORCID 0000-0002-9241-7238; SPIN 3771-3848

Ушаков Игорь Борисович — ORCID 0000-0002-6988-9261; SPIN 7120-1771

Попов Валерий Иванович — ORCID 0000-0001-5386-9082; SPIN 8896-9019

Попова Олеся Александровна — ORCID 0000-0002-6687-0776; SPIN 6245-5289

Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Макарова И. И. Магнитное поле Земли и организм человека // Экология человека. 2005. № 9. С. 3–9.

2. Аклев А. В., Аклев А. А. Адаптация клеток и тканей к хроническому воздействию радиации // VI Съезд по радиационным исследованиям (радиобиология, радиоэкология, радиационная безопасность): тезисы докладов. М.: РУДН, 2010. Т. 1. С. 267–269.

3. Бугримов Д. Ю., Попов С. С., Воронцова З. А., Свиридова О. А. Сравнительная оценка проявления чувствительности к воздействию импульсов электромагнитных полей в хронобиологическом аспекте на основе морфологических эквивалентов // Новые информационные технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии IT + ME: труды 15 международной конференции и дискуссионного научного клуба. М., 2007. С. 87–88.

4. Григорьев Ю. Г., Григорьев О. А., Иванов А. А., Лягинская А. М., Меркулов А. В., Степанов В. С. Мобильная связь и изменение электромагнитной среды обитания населения. Необходимость дополнительного обоснования существующих гигиенических стандартов // Радиационная биология. Радиоэкология. 2010. Т. 50, № 1. С. 6–14.

5. Грязев М. В., Куротченко Л. В., Куротченко С. П., Луценко Ю. А., Субботина Т. И., Хадарцев А. А. Экспериментальная магнитобиология: воздействие полей сложной структуры. Москва; Тверь; Тула: Триада, 2007. 112 с.

6. Кострюкова Н. К., Карпин В. А., Гудков А. Б. Смертность населения, проживающего в местах локальных разломов земной коры // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2005. №4. С. 17–19.

7. Мельниченко П. И., Ушаков И. Б., Попов В. И., Фаустов А. С., Вязовиченко Ю. Е., Датий А. В., Соколова Н. В. Гигиена: словарь-справочник. М.: Высшая школа, 2006. 400 с.

8. Патогенные воздействия неионизирующих излучений на организм человека / под ред. А. А. Хадарцева и А. А. Яшина; ГУП НИИ НМТ, ООО НИЦ «Матрикс». Москва; Тверь; Тула: Триада, 2007. 160 с.

9. Попов С. С., Воронцова З. А., Свиридова О. А. Нейроэндокринные эффекты интегративных проявлений в условиях хронического импульсно-периодического электромагнитного облучения // Сборник статей второй международной научно-практической конференции «Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования в физиологии и медицине», 26–28.10.2011, Санкт-Петербург. СПб., 2011. Т. 1. С. 25–27.

10. Хадарцев А. А., Воронцова З. А., Есауленко И. Э., Дедов В. И., Гонтарев С. Н., Попов С. С., Свиридова О. А. Морфофункциональные соотношения при воздействии импульсных электромагнитных полей. Тула; Белгород, 2012. 120 с.

11. Шандала М. Г., Зуев В. Г., Ушаков И. Б., Попов В. И. Справочник по электромагнитной безопасности работающих и населения. Воронеж: Истоки, 1998. 82 с.

12. Ушаков И. Б., Турзин П. С., Агаджанян Н. А., Попов В. И., Чубирко М. И., Фаустов А. С. Экология человека и профилактическая медицина. Воронеж: ИПФ «Воронеж», 2001. 488 с.

13. Bienkowski P., Trzaska H. Electromagnetic Measurements in the Near Field // Second Revised / Ed. SciTech Publishing, Inc. Raleigh, NC. 2010. 49 p.

14. Black D. R., Heynick L. N. Radiofrequency (RF) effects on blood cells, cardiac, endocrine, and immunological functions // Bioelectromagnetics. 2003. Suppl. 6. P. 187–195.

15. De Santa Barbara P., van den Brink G. R., Roberts D. J. Development and differentiation of the intestinal epithelium // *Cell Mol Life Sciences*. 2003. Vol. 60. P. 1322–1332.

16. Hallberg O., Oberfeld G. Electromagnetic fields and the essence of living systems // *Electromagnetic Biol. Med.* 2006. P. 189–191.

17. Jauchem J. R. Effects of low-level radio-frequency (3kHz to 300GHz) energy on human cardiovascular, reproductive, immune, and other systems: a review of the recent literature // *Int. J. Hyg. Environ. Health*. 2008. Vol. 211, N 1–2. P. 1–29.

18. Johansson O. Aspects of studies on the functional impairment electrohypersensitivity // *Int. conf. «Electromagnetic fields and health - a global issue»*. London, 2008. P. 31–34.

19. Maaser C., Kagnoff M. F. Role of the intestinal epithelium in orchestrating innate and adaptive mucosal immunity // *Zeitschrift für Gastroenterologie*. 2002. Vol. 40(7). P. 525–529.

20. Rajkovic V. Studies on the effect of 50 Hz electromagnetic field on the structure of the rat thyroid gland // *Acta morphol. et anthropol.* 2000. Vol. 5. P. 72–78.

21. Schwartz L., Huff T. Biology of mast cells and basophils. *Allergy: Principles and Practice 4th*. 1993. P. 135–168.

References

1. Agadzhanian N. A., Makarova I. I. Magnetic field of the Earth and the human body. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2005, 9, pp. 3-9. [In Russian]

2. Akleev A. V., Akleev A. A. Adaptation of cells and tissues to chronic effects of radiation. *VI Congress on Radiation Research (radiobiology, radioecology, radiation safety), Abstracts*. Moscow, RUDN, 2010, vol. I, pp. 267-269. [In Russian]

3. Bugrimov D. Yu., Popov S. S., Voroncova Z. A., Sviridova O. A. Comparative evaluation of the manifestation of sensitivity to the effect of electromagnetic fields impulses in the chronobiological aspect on the basis of morphological equivalents. New information technologies in medicine, biology, pharmacology and ecology IT + MEc. *Proceedings of the 15th International Conference and Discussion Science Club*. Moscow, 2007, pp. 87-88. [In Russian]

4. Grigorev Yu. G., Grigorev O. A., Ivanov A. A., Lyaginskaya A. M., Merkulov A. V., Stepanov V. S. Mobile communication and changing the electromagnetic environment of the population. The need for additional justification for existing hygienic standards. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya* [Radiation Biology. Radioecology]. 2010, 50 (1), pp. 6-14. [In Russian]

5. Gryazev M. V., Kurotchenko L. V., Kurotchenko S. P., Lucenko Yu. A., Subbotina T. I., Hadarcev A. A. *Ekspirimentalnaya magnitobiologiya: vozdeistvie polei slozhnoi struktury* [Experimental magnetobiology: the effect of fields of complex structure]. Moscow, Tver, Tula, Triada Publ., 2007, 112 p.

6. Kostryukova N. K., Karpin V. A., Gudkov A. B. Mortality of population living in areas of local Earth's crust ruptures. *Problemy sotsial'noi gigieny, zdравookhraneniya i istorii meditsiny*. 2005, 4, pp.17-19. [In Russian]

7. Melnichenko P. I., Ushakov I. B., Popov V. I., Faustov A. S., Vyazovichenko Yu. E., Datij A. V., Sokolova N. V. *Gigiena: slovar-spravochnik* [Hygiene: a dictionary-reference]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2006, 400 p.

8. *Patogennye vozdeistviya neioniziruyushchikh izluchenii na organizm cheloveka* [Pathogenic effects of non-

ionizing radiation on the human body]. Eds.: A. A. Hadarcev i A. A. Yashin. Moscow, Tver, Tula, Triada Publ., 2007, 160 p.

9. Popov S. S., Vorontsova Z. A., Sviridova O. A. Neuroendocrine effects of integrative manifestations in conditions of chronic pulsed-periodic electromagnetic radiation. *Collection of articles of the second international scientific and practical conference «High technologies, fundamental and applied research in physiology and medicine»*. 26-28.10.2011, Saint Petersburg, 2011, vol. 1, pp. 25-27. [In Russian]

10. Hadartsev A. A., Vorontsova Z. A., Esaulenko I. E., Dedov V. I., Gontarev S. N., Popov S. S., Sviridova O. A. *Morfofunktsionalnye sootnosheniya pri vozdeistvii impulsnykh elektromagnitnykh polei* [Morphofunctional relations under the action of pulsed electromagnetic fields]. Tula, Belgorod, 2012, 120 p.

11. Shandala M. G., Zuev V. G., Ushakov I. B., Popov V. I. *Spravochnik po elektromagnitnoi bezopasnosti rabotayushchikh i naseleniya* [Reference book on electromagnetic safety of workers and the population]. Voronezh, Istoki Publ., 1998, 82 p.

12. Ushakov I. B., Turzin P. S., Agadzhanian N. A., Popov V. I., Chubirko M. I., Faustov A. S. *Ekologiya cheloveka i profilakticheskaya meditsina* [Human Ecology and Preventive Medicine]. Voronezh, 2001, 488 p.

13. Bienkowski P., Trzaska H. *Electromagnetic Measurements in the Near Field*. Second Revised. Ed. SciTech Publishing, Inc. Raleigh, NC, 2010, 49 p.

14. Black D. R., Heynick L. N. Radiofrequency (RF) effects on blood cells, cardiac, endocrine, and immunological functions. *Bioelectromagnetics*. 2003, 6, pp. 187-195.

15. De Santa Barbara P., van den Brink G. R., Roberts D. J. Development and differentiation of the intestinal epithelium. *Cell Mol Life Sciences*. 2003, 60, pp. 1322-1332.

16. Hallberg O., Oberfeld G. Electromagnetic fields and the essence of living systems. *Electromagnetic Biol. Med.* 2006, pp. 189-191.

17. Jauchem J. R. Effects of low-level radio-frequency (3kHz to 300GHz) energy on human cardiovascular, reproductive, immune, and other systems: a review of the recent literature. *Int. J. Hyg. Environ. Health*. 2008, 211 (1-2), pp. 1-29.

18. Johansson O. Aspects of studies on the functional impairment electrohypersensitivity. *Int. conf. «Electromagnetic fields and health - a global issue»*. London, 2008, pp. 31-34.

19. Maaser C., Kagnoff M. F. Role of the intestinal epithelium in orchestrating innate and adaptive mucosal immunity. *Zeitschrift für Gastroenterologie*. 2002, 40 (7), pp. 525-529.

20. Rajkovic V. Studies on the effect of 50 Hz electromagnetic field on the structure of the rat thyroid gland. *Acta morphol. et anthropol.* 2000, 5, pp. 72-78.

21. Schwartz L., Huff T. Biology of mast cells and basophils. *Allergy: Principles and Practice 4th*. 1993, pp. 135-168.

Контактная информация:

Ушаков Игорь Борисович — доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна ФМБА» России; заместитель главного редактора научно-практического журнала «Экология человека»

Адрес: 123182, г. Москва, ул. Живописная, д. 46

E-mail: iushakov@fmbcfmba.ru

ВЛИЯНИЕ ГИПОТЕРМИИ НА ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРОМИОГРАММ ПРИ МАЛЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ МЫШЦ

© 2019 г. **О. Е. Филатова, Д. К. Берестин, *Л. К. Иляшенко, Ю. В. Башкатова**

БУ ВО ХМАО – Югры «Сургутский государственный университет», г. Сургут; *Филиал ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, г. Сургут

Влияние резких перепадов температуры на состояние функциональных систем организма в целом может быть оценено по характеру влияния гипотермических воздействий на нервно-мышечную систему. *Цель работы* – выявить закономерности поведения параметров нервно-мышечной системы (электромиограмм) в условиях холодового воздействия на основе оценки показателей электромиограмм отводящей мышцы сгибателя мизинца при слабом статическом напряжении мышцы ($F_1 = 50$ Н) у мужчин. *Методы*. Использовался один из методов стохастики в виде расчета матриц парных сравнений выборок электромиограмм в виде показателя числа k пар «совпадений» выборок. Матрицы парных сравнений выборок рассчитывались для каждого испытуемого при статическом напряжении $F_1 = 50$ Н до и после локального холодового воздействия. Одновременно строились квазиаттракторы динамики поведения $x(t)$ и определялись площади квазиаттракторов. В конечном итоге анализ состояния мышц испытуемых при развитии статического усилия F проводился на основе сравнения площади квазиаттракторов в виде S . *Результаты*. При слабом ($F_1 = 50$ Н) статическом усилии после холодового воздействия площади квазиаттракторов увеличились в 2,5 раза, тогда как в матрицах парных сравнений выборок после локального холодового воздействия число совпадений пар выборок выросло с 8 до 14. *Вывод*: были выявлены закономерности изменения числа совпадений пар выборок k в матрицах парных сравнений при изменении статического усилия и при влиянии локального холодового воздействия; установлены статистически значимые различия для таких выборок k и S до и после гипотермии.

Ключевые слова: хаос, электромиограмма, охлаждение, квазиаттрактор

THE INFLUENCE OF HYPOTHERMIA ON THE PARAMETERS OF THE ELECTROMYOGRAM AT LOW MUSCLE TONE STATE

O. E. Filatova, D. K. Berestin, *L. K. Ilyashenko, Yu. V. Bashkatova

Surgut State University Khanty-Mansiysk Autonomous Area, Surgut; *Tyumen Industrial University, Surgut Branch, Surgut, Russia

Effects of sudden changes in temperature on the general state of functional systems of the body can be assessed by the effects of local cold exposure on the neuromuscular system. *Aim*: to study electromyograms of the retracting muscle flexor of the little finger with weak static muscle tension ($F_1 = 50$ N) during cold exposure. *Methods*. Altogether, 15 men aged 20-27 years participated in the study. We used one of the stochastic methods in the form of calculation of matrices of paired comparisons of electromyogram samples as an indicator of k pairs of matches of samples. Matrices of paired comparisons of samples were calculated for each test subject at a static voltage $F_1 = 50$ N before and after local cold exposure. At the same time built a quasi-attractor dynamics, the behavior of $x(t)$ and determined area of the quasi-attractor. In the end, the analysis of the state of the muscles of the subjects in the development of static force F was carried out on the basis of a comparison of the area of quasi-attractors in the form of S . *Results*. With weak ($F_1 = 50$ N) static force after cold exposure, the area of quasi-attractor increased by 2.5 times, while in the matrices of paired comparisons of samples after local cold exposure, the number of matches of pairs of samples increased from 8 to 14. *Conclusion*: the regularities of changes in the number of matches of pairs of samples k in the matrices of paired comparisons with changes in the static force and under the influence of local cold exposure were revealed; statistically significant differences were found for such samples k and S before and after hypothermia.

Key words: chaos, electromyogram, cooling, quasi-attractors

Библиографическая ссылка:

Филатова О. Е., Берестин Д. К., Иляшенко Л. К., Башкатова Ю. В. Влияние гипотермии на параметры электромиограмм при малых напряжениях мышц // Экология человека. 2019. № 5. С. 43–48.

Filatova O. E., Berestin D. K., Ilyashenko L. K., Bashkatova Yu. V. The Influence of Hypothermia on the Parameters of the Electromyogram at Low Muscle Tone State. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 5, pp. 43-48.

Для территории Северо-Западной Сибири характерен резко континентальный климат. Наряду с действием экологических факторов на человека оказывают влияние факторы, характерные для развитых урбанизационных экологических систем [5, 17]. Сегодня мы должны говорить о хаотическом изменении параметров метеорологических факторов не только в зимний период, но и в другие сезоны

года, что характерно как для г. Сургута, так и для всей территории Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО) – Югры [2]. Наблюдаются большие флуктуации давления, температуры, влажности в очень широких диапазонах. Необходимо отметить, что температуры минус 30–35 °С являются характерными для зимнего периода территории ХМАО. Влияние резких перепадов метеопараметров на со-

стояние функциональных систем организма (ФСО) в целом может быть оценено по характеру влияния гипотермических воздействий на нервно-мышечную систему (НМС) как одну из наиболее важных ФСО (особенно для экологии и физиологии труда).

В экологии человека в настоящее время возникает устойчивое убеждение о том, что биопотенциалы мышц в различных состояниях организма человека очень сложно поддаются изучению и моделированию [1–4, 6]. Как и все сложные биологические динамические системы, НМС демонстрирует статистическую неустойчивость подряд получаемых выборок электромиограмм. В ряде работ [6, 12] было показано, что любой вид движений имеет хаотический характер, т. е. вектор состояния НМС $x(t)$ демонстрирует постоянно $dx/dt \neq 0$. При этом движение этого вектора состояния НМС ограничено некоторым объемом фазового пространства состояний (ФПС) [10–16, 18].

Биопотенциалы мышц, как и любых сложных биосистем, к которым относятся любые ФСО организма человека, очень трудно поддаются изучению и моделированию [6–10, 12–16]. Внедрение традиционных физических моделей в подобные биологические исследования возможно только на основе аналога принципа неопределенности Гейзенберга и новых методов теории хаоса — самоорганизации (ТХС) [1–7]. В нашей работе мы делаем попытку такого сравнения на основе метода анализа многомерных фазовых пространств в рамках разрабатываемой сейчас ТХС. Изучение особенностей реакции НМС (на основе анализа биоэлектрических потенциалов мышц человека в виде электромиограмм — ЭМГ) в ответ на статическую нагрузку до и после холодного стресса нами производится путем расчета матриц парного сравнения выборок ЭМГ и расчета квази-аттракторов (КА) [10–16].

Методы

Гендерные различия параметров электромиограмм женщин и мужчин уже регистрируются с позиций ТХС, поэтому сейчас возникает задача оценки изменения физиологического состояния организма испытуемых. В нашем исследовании была привлечена группа из 15 испытуемых мужчин в возрасте от 21 до 27 лет. У испытуемых регистрировались ЭМГ с частотой дискретизации 4 кГц, время записи $t = 5$ сек. Для каждого испытуемого регистрировалась ЭМГ при слабом статическом напряжении мышцы $F_1 = 50$ Н с помощью квантования сигнала в виде файла значений x_1 , где x_1 — это величина биосигнала — ЭМГ *musculus adductor digiti mini* (мышца мизинца). Для каждого статического напряжения производилась запись 15 выборок ЭМГ подряд для одной серии эксперимента. Получалось 15 различных выборок в одной серии эксперимента, в каждой из которых было по 20 000 точек (значений ЭМГ). Затем испытуемый погружал кисть в емкость с водой при температуре $T \approx 4$ °С на 2 мин, после чего производилась регистрация ЭМГ после локального

холодового воздействия. Для каждого испытуемого были получены по 15 выборок ЭМГ в каждой серии опытов. Всего было произведено 12 серий опытов для каждого испытуемого в двух различных состояниях: до локального холодного воздействия и после гипотермии при слабом статическом напряжении ($F_1 = 50$ Н).

С помощью ЭВМ производилась визуализация данных, полученных с электронейромиографа, затем строилась временная развертка сигнала, которая преобразовывалась дискретизацией сигнала в некоторые числовые ряды (выборки ЭМГ).

На основе полученного вектора $x(t) = (x_1, x_2)^T$ строились КА динамики поведения $x(t)$ и определялись площади КА (S_G) по формуле $S_G^{max} \geq \Delta x_1 \times \Delta x_2 \geq S_G^{min}$, где Δx_1 — вариационный размах величины ЭМГ, а Δx_2 — вариационный размах для $x_2(t) = dx_1/dt$ скорости изменения ЭМГ. В конечном итоге анализ состояния мышц испытуемых при развитии статистического усилия F проводился на основе сравнения площади КА в виде S [11–16, 18].

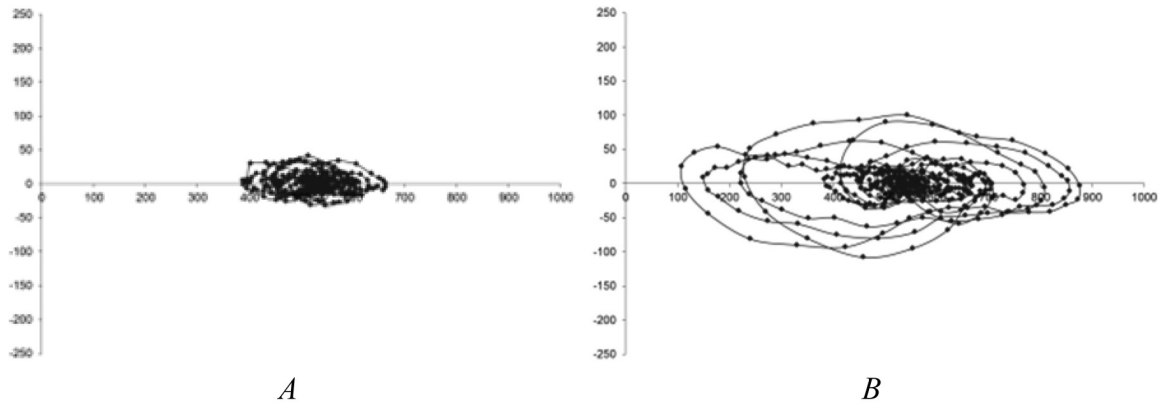
Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи программного пакета Statistica 10. Анализ соответствия вида распределения полученных данных закону нормального распределения производился на основе вычисления критерия Шапиро — Уилка. При использовании непараметрического парного сравнения выборок ЭМГ с помощью критерия Вилкоксона (ρ) были построены по 12 таблиц для каждого испытуемого [11] до и после гипотермии.

Результаты

Результаты исследования нами представляются в рамках стохастики и в рамках ТХС [7–16]. С помощью ЭВМ производилась визуализация данных, полученных с электромиографа, строилась временная развертка сигнала. Анализ полученных временных рядов (выборок) x_i для ЭМГ по данным с электромиографа показал, что получаемый сигнал всегда уникален для каждого испытуемого, нет произвольного повторения подряд двух выборок x_i (т. е. $f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$ для статистических функций $f(x_i)$). Однако при этом сохраняется некоторая закономерность, которая связана с параметрами КА в виде площади S в фазовом пространстве координат x_1 и x_2 .

В рамках ТХС мы можем использовать фазовую плоскость при повторении опытов (получать выборки с повторением) и для них строить КА выборок ЭМГ. Однако полностью уходить от стохастики пока не следует. Необходимы модификации, внедрение новых методов в комплексе с методами ТХС. Возникает вопрос о целесообразности использования статистических функций распределения $f(x)$ для ЭМГ, так как мы наблюдаем их непрерывное изменение при сравнении выборок ЭМГ и любая ЭМГ имеет свой особый закон распределения и свою $f(x)$ для каждого интервала.

Каждый из векторов биосистемы, перемещаясь по осям (x_1 и x_2), образовывал фазовую плоскость,



Результаты обработки данных, полученных при слабом напряжении мышцы ($F_1 = 50$ Н); испытуемый БДК как типичный пример всей группы: *A* – площадь S_1 КА до локального холодового воздействия при слабом статическом усилии ($F_1 = 50$ Н); *B* – площадь S_2 КА после локального холодового воздействия при слабом статическом усилии ($F_1 = 50$ Н).

описывающую динамику поведения двумерного вектора $x = (x_1, x_2)^T$, которая и представлена на рис. 1 для двух гомеостазов (до холодового воздействия и после). Эти области образуют два КА, внешний вид которых представлен на рис. 1. Были рассчитаны КА всех 30 выборок для каждого из 15 испытуемых при двух различных состояниях (для каждого испытуемого были получены по 30 выборок (по 15 выборок до локального охлаждения и 15 выборок после) для одной серии экспериментов, всего для каждого испытуемого было произведено 12 серий опытов. В результате были установлены определенные закономерности изменения размеров S для КА получаемых выборок ЭМГ. Далее представлены, как типичный пример, данные для одного испытуемого, так как для всех испытуемых были получены подобные закономерности.

Внешний вид фазовых траекторий и площадей КА для F_1 (на примере одного опыта) до и после локального холодового воздействия мы уже представили на рис. 1. Здесь фазовые координаты x_1 – реальные значения биопотенциалов, а $x_2 = dx_1/dt = V$ – это скорость их изменения. При этом на рис. 1 отображено влияние холода на параметры ЭМГ. При слабом напряжении ($F_1 = 50$ Н) наблюдается увеличение площади S_2 для КА, хотя статическое усилие оставалось неизменным ($S_1 = 91\,443,0$ у. е.; $S_2 = 236\,034,0$ у. е.)

В табл. 1 для одного испытуемого при 15 повторах экспериментов представлены средние значения площадей КА при слабом статическом усилии до и после гипотермии. Очевидно, что по средним значениям площадей КА эти величины различаются и реально представляют состояние параметров ЭМГ в двух разных состояниях всех испытуемых. Так, при слабом ($F_1 = 50$ Н) статическом усилии после холодового воздействия произошло увеличение площади КА в 2,5 раза (до гипотермии $\langle S_{\text{до}} \rangle = 94\,770,7$ у. е.; после $\langle S_{\text{после}} \rangle = 242\,428,4$ у. е.). Еще раз подчеркнем, что для каждого испытуемого наблюдается такая же закономерность, но значения площадей для каждого испытуемого индивидуальны.

Таблица 1
Значения площади квазиаттракторов S_1 и S_2
для квазиаттракторов электромиограмм одного и того же
человека (БДК) при слабом ($F_1 = 50$ Н) напряжении мышц
до и после гипотермии

№ экспери-мента	Площади S_1 до холодового воздействия	Площади S_2 после холодового воздействия
1	19 596,0	142 290,0
2	29 295,0	223 344,0
3	84 816,0	206 424,0
4	62 118,0	214 630,0
5	47 196,0	257 184,0
6	50 350,0	255 492,0
7	126 608,0	249 018,0
8	58 560,0	259 722,0
9	78 000,0	235 188,0
10	91 443,0	236 034,0
11	71 185,0	239 701,0
12	153 972,0	270 720,0
13	176 660,0	298 991,0
14	186 082,0	276 122,0
15	185 680,0	271 566,0
$\langle S \rangle$, у. е.	94 770,7	242 428,4

Сейчас можно говорить о том, что квазиаттракторы ЭМГ в ФПС являются определенными моделями состояния электрической активности мышц при изменении гомеостаза организма. В рамках стохастики (спектральные плотности сигнала, автокорреляции $A(t), f(x)$ и др.) мы не можем получить модели, которые бы существенно различали эти два состояния мышцы (ЭМГ). Нет статистической устойчивости ЭМГ, как и для тремора, теппинга в биомеханике [9–16, 18].

При регистрации выборок ЭМГ наблюдается их непрерывное изменение. При сравнении выборок ЭМГ любая выборка x_i имеет свой особый закон распределения и свою $f(x)$ для каждого интервала времени регистрации Δt . Одновременно нами были рассчитаны матрицы парных сравнений выборок ЭМГ для всех 15 испытуемых при двух различных состоя-

ниях. В результате были установлены определенные закономерности изменения числа «совпадений» пар выборок k , получаемых параметров ЭМГ. Далее представлены данные для одного испытуемого, так как для всех испытуемых были получены сходные закономерности. Пример такой матрицы представлен в табл. 2 (до гипотермии) и в табл. 3 (после охлаждения). Очевидно, что стохастика усиливается из-за перехода от $k_1 = 8$ до $k_2 = 14$ на фоне увеличения S для КА в 2,5 раза.

Таблица 2

Матрица парного сравнения выборок 15 электромиограмм одного испытуемого БДК (число измерений $n = 15$) при слабом напряжении мышцы ($F_1 = 50$ Н) до локального холодого воздействия, использовался критерий Вилкоксона (значимость $p < 0,05$, число совпадений $k_1 = 8$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		,00	,00	,00	,03	,01	,67	,00	,00	,01	,00	,00	,00	,15	,01
2	,00		,01	,02	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
3	,00	,01		,00	,00	,01	,00	,00	,01	,01	,45	,00	,00	,00	,00
4	,00	,02	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
5	,03	,00	,00	,00		,03	,03	,01	,01	,00	,00	,00	,00	,25	,00
6	,01	,00	,01	,00	,03		,00	,00	,01	,55	,01	,00	,00	,00	,00
7	,67	,00	,00	,00	,03	,00		,00	,00	,00	,00	,90	,00	,64	,03
8	,00	,00	,00	,00	,01	,00	,00		,01	,00	,01	,03	,00	,01	,00
9	,00	,00	,01	,00	,01	,01	,00	,01		,00	,00	,24	,00	,01	,00
10	,01	,00	,01	,00	,00	,55	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00
11	,00	,00	,45	,00	,00	,01	,00	,01	,00	,00		,00	,00	,00	,00
12	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,90	,03	,24	,00	,00		,00	,00	,00
13	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00
14	,15	,00	,00	,00	,25	,00	,64	,01	,01	,00	,00	,00	,00		,00
15	,01	,00	,00	,00	,00	,00	,03	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00

Таким образом, и для одного испытуемого (при повторях опытов), и для группы разных испытуемых мы предлагаем использовать подобные матрицы парных сравнений выборок ЭМГ (и их функций распределения $f(x)$) для оценки физиологического состояния мышцы, выявления особенностей ее регуляции в условиях гипотермии, как экофактора ХМАО – Югры [11, 13]. Разовые же сравнения $f(x)$, которые сейчас в физиологии широко используются, не имеют никакого смысла, так как отсутствует статистическая устойчивость подряд получаемых выборок ЭМГ. Появление $p < 0,05$ в таких матрицах совершенно хаотично, имеет значение только число «совпадений» выборок ЭМГ k . Оно зависит от функционального состояния мышцы (величины усилия F , от охлаждения мышцы, введения миорелаксанта, утомления и т. д.). Величина k реально может быть использована в экологических, физиологических или психофизиологических исследованиях, так как является новой количественной мерой выборок ЭМГ (т. е. отнесения их к одной генеральной совокупности). Описывать функциональное состояние мышцы в рамках стохастики затруднительно, так как

в неизменном гомеостазе мы регистрируем хаос $f(x)$, нет повторений выборок ЭМГ [7–16, 18].

Таблица 3

Матрица парного сравнения выборок 15 электромиограмм одного испытуемого БДК (число измерений $n = 15$) при слабом напряжении мышцы ($F_1 = 50$ Н) после локального холодого воздействия, использовался критерий Вилкоксона (значимость $p < 0,05$, число совпадений $k_2 = 14$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		,00	,02	,00	,00	,00	,00	,01	,00	,11	,00	,00	,00	,08	,00
2	,00		,00	,96	,00	,01	,23	,04	,00	,00	,00	,00	,04	,00	,00
3	,02	,00		,00	,01	,00	,05	,00	,49	,00	,00	,00	,00	,02	,00
4	,00	,96	,00		,00	,01	,88	,01	,00	,00	,01	,92	,04	,02	,02
5	,00	,00	,01	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,01	,00	,00
6	,00	,01	,00	,01	,00		,00	,00	,02	,00	,04	,01	,75	,00	,00
7	,00	,23	,05	,88	,00	,00		,00	,05	,24	,01	,00	,00	,00	,00
8	,01	,04	,00	,01	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,55	,00	,00
9	,00	,00	,49	,00	,00	,02	,05	,00		,01	,00	,00	,00	,00	,18
10	,11	,00	,00	,00	,00	,00	,24	,00	,01		,00	,67	,02	,00	,00
11	,00	,00	,00	,01	,00	,04	,01	,00	,00	,00		,00	,12	,02	,03
12	,00	,00	,00	,92	,00	,01	,00	,00	,00	,67	,00		,05	,11	,00
13	,00	,04	,00	,04	,01	,75	,00	,55	,00	,02	,12	,05		,00	,00
14	,08	,00	,02	,02	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,02	,11	,00		,00
15	,00	,00	,00	,02	,00	,00	,00	,00	,18	,00	,03	,00	,00	,00	

Оказалось, что в первом случае (для F_1 до локального холодого воздействия) матрица парных сравнений выборок ЭМГ 15×15 (она дает 105 разных пар сравнений) при усилии $F_1 = 50$ Н показывает число совпадений k пар, $k_1 = 8$, что представлено в табл. 2. Однако при неизменном статическом усилии ($F_1 = 50$ Н), но уже после локального холодого воздействия происходит увеличение числа совпадений k пар выборок до $k_2 = 14$, что представлено в табл. 3.

Фактически такие матрицы (см. табл. 2, 3) являются некоторой моделью особых (уникальных) систем [10–18] (у нас это система регуляции ЭМГ), а k – обобщенный параметр этой модели. Матрицы парных сравнений определяют особенность регуляции ЭМГ при разных состояниях организма, но они характеризуют и систему регуляции мышц. Они универсальны как модели, но требуют многократных повторов регистрации ЭМГ, что весьма трудозатратно. Наоборот, параметры КА уже в одной выборке весьма репрезентативны и $S_1 < S_2$ всегда при холодом воздействии. Расчет КА более предпочтителен и достоверен в экологии и физиологии человека [7–16, 18].

Обсуждение результатов

Аналог принципа Гейзенберга, т. е. расчет параметров S КА является наиболее эффективным и значимым методом оценки состояния ЭМГ испытуемых [7–16]. Расчет КА используется в фазовых координатах $x_1 = x_1(t)$ – реальные значения биопотенциалов мышц и $x_2 = dx_1/dt$ – скорость изменения x_1 во времени. В этом двумерном (а в общем случае мы

использовали и $x_3 = dx_2/dt$, то есть трёхмерное ФПС) фазовом пространстве можно рассчитывать параметры КА (у нас площади S или объёмы $V = \Delta x_1 \times \Delta x_2 \times \Delta x_3$, где Δx_i — вариационные размахи координаты x_i), которые являются моделями состояния испытуемых и реально дают объективную оценку гомеостаза — состояния мышцы. Очевидно, что хаотическая динамика ЭМГ не может описываться в рамках стохастики или современной теории детерминированного хаоса, но модели ЭМГ всё-таки можно построить в рамках ТХС (в виде КА). Экология человека и электрофизиология сейчас получают новый аппарат для сравнения био-потенциалов мышц человека, находящегося в разных экологических состояниях.

Методы расчёта матриц парных сравнений выборок ЭМГ (расчет числа k пар «совпадений» выборок ЭМГ) убедительно характеризуют различия значений параметров ЭМГ при разных состояниях мышц, а также позволяют производить оценку влияния холодового воздействия на НМС. Новая методика расчета матриц парных сравнений выборок позволяет оценить влияние локального холодового воздействия на ФСО, но эта оценка сильно варьирует, и она требует многократных повторов экспериментов. В наших наблюдениях для каждого испытуемого мы производим 12 серий исследований по 15 повторов измерений ЭМГ в каждой серии. В результате были выявлены закономерности изменения числа совпадений пар выборок k в матрицах парных сравнений при изменении статического усилия и при влиянии локального холодового воздействия, что можно представлять в качестве маркера в экологии человека при оценке влияния гипотермии (работы на открытом воздухе) в условиях Севера Российской Федерации на параметры НМС.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-07-000161 А «Разработка вычислительной системы мониторинга и моделирования параметров организма жителей Севера РФ» и гранта РФФИ № 18-07-00162 А «Вычислительные системы для идентификации параметров нормогенеза и патогенеза в биомеханике на примере тремора и теппинга».

Авторство

Филатова О. Е. окончательно утвердила присланную в редакцию рукопись; Берестин Д. К. внес существенный вклад в дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных; Иляшенко Л. К. произвел качественный пересмотр относительно принципиальных аспектов содержания; Башкатова Ю. В. составила первый вариант рукописи.

Филатова Ольга Евгеньевна — ORCID 0000-0002-0975-0022; SPIN 9053-6185

Берестин Дмитрий Константинович — ORCID 0000-0003-3977-3281; SPIN 8494-9376

Иляшенко Любовь Кирьяновна — ORCID 0000-0002-7637-8590; SPIN 6071-4770

Башкатова Юлия Владимировна — ORCID 0000-0002-5862-3417; SPIN 8991-6566

Список литературы

1. Белоценко Д. В., Баженова А. Е., Щипуцин К. П., Королев Ю. Ю. Эффект Еськова — Зинченко в организации произвольных движений человека в режиме повторения // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24, № 1. С. 29–35.
2. Есков В. М., Филатова О. Е., Есков В. В., Гавриленко Т. В. Эволюция понятия гомеостаза: детерминизм, стохастика, хаос — самоорганизация // Биофизика. 2017. Т. 62, № 5. С. 984–997.
3. Есков В. М., Есков В. В., Гавриленко Т. В., Вохмина Ю. В. Формализация эффекта «повторение без повторов» Н. А. Бернштейна // Биофизика. 2017. Т. 62, № 1. С. 168–176.
4. Зилов В. Г., Хадарцев А. А., Есков В. В., Есков В. М. Экспериментальные исследования статистической устойчивости выборок кардиоинтервалов // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2017. Т. 164, № 8. С. 136–139.
5. Мироновская А. В., Бузинов Р. В., Гудков А. Б. Прогнозная оценка неотложной сердечно-сосудистой патологии у населения северной урбанизированной территории // Здоровоохранение Российской Федерации. 2011. № 5. С. 66–67.
6. Мирошниченко И. В., Баженова А. Е., Белоценко Д. В., Потетюрин Е. С. Эффект Еськова — Зинченко в условиях локального холодового воздействия // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2017. № 2. С. 13–17.
7. Betelin V. B., Eskov V. M., Galkin V. A. and Gavrilenko T. V. Stochastic Volatility in the Dynamics of Complex Homeostatic Systems // Doklady Mathematics. 2017. Vol. 95, N 1. P. 92–94.
8. Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Eskov V. M., Vochmina Yu. V. Static Instability Phenomenon in Type-Three Secretion Systems: Complexity // Technical Physics. 2017. Vol. 62, N 11. P. 1611–1616.
9. Eskov V. M., Eskov V. V., Braginskii M. Ya., Pashnin A. S. Determination of the degree of synergism of the human cardiorespiratory system under conditions of physical effort // Measurement Techniques. 2011. Vol. 54, N 7. P. 832–837.
10. Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Vokhmina Y. V., Zimin M. I., Filatov M. A. Measurement of Chaotic Dynamics for Two Types of Tapping as Voluntary Movements // Measurement Techniques. 2014. Vol. 57, N 6. P. 720–724.
11. Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Vokhmina J. V. Chaotic dynamics of cardio intervals in three age groups of indigenous and nonindigenous populations of Ugra // Advances in Gerontology. 2016. Vol. 6, N 3. P. 191–197.
12. Eskov V. M., Eskov V. V., Vochmina J. V., Gavrilenko T. V. The evolution of the chaotic dynamics of collective modes as a method for the behavioral description of living systems // Moscow University Physics Bulletin. 2016. Vol. 71, N 2. P. 143–154.
13. Eskov V. M., Eskov V. V., Filatova O. E., Khadartsev A. A., Sinenko D. V. Neurocomputational identification of order parameters in gerontology // Advances in Gerontology. 2016. Vol. 6, N 1. P. 24–28.
14. Eskov V. M., Bazhenova A. E., Vochmina U. V., Filatov M. A., Ilyashenko L. K. N. A. Bernstein hypothesis in the Description of chaotic dynamics of involuntary movements of person // Russian Journal of Biomechanics. 2017. Vol. 21, N 1. P. 14–23.
15. Eskov V. M., Eskov V. V., Vochmina Y. V., Gorbunov D. V., Ilyashenko L. K. Shannon entropy in the research

on stationary regimes and the evolution of complexity // *Moscow University Physics Bulletin*. 2017. Vol. 72, N 3. P. 309–317.

16. Filatova O. E., Eskov V. V., Filatov M. A., Ilyashenko L. K. Statistical instability phenomenon and evaluation of voluntary and involuntary movements // *Russian Journal of Biomechanics*. 2017. Vol. 21, N 3. P. 224–232.

17. Unguryanu T., Novikov S., Buzinov R., Gudkov A., Grijbovski A. Respiratory diseases in a town with heavy pulp and paper industry. // *Epidemiologia and prevenzione*. 2010. Vol. 34, iss. 5-6. P. 138.

18. Zilov V. G., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V. Experimental confirmation of the effect of “Repetition without repetition” N. A. Bernstein // *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2017. Vol. 1. P. 4–8.

References

1. Beloshchenko D. V., Bazhenova A. E., Shchipicin K. P., Korolev Ju. Ju. Eskov-Zinchenko effect: human involuntary movements organization during repetitions. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii* [Journal of new medical technologies]. 2017, 24 (1), pp. 29-35. [In Russian]

2. Eskov V. M., Filatova O. E., Eskov V. V., Gavrilenko T. V. Evolution of Term Homeostasis: Determinism, Stochastics, Chaos-Self-Organisation // *Biofizika* [Biophysics]. 2017, 62 (5), pp. 984-997. [In Russian]

3. Eskov V. M., Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Vochmina Yu. V. Formalization of the Effect of “Repetition without Repetition” by N. A. Bernstein. *Biofizika* [Biophysics]. 2017, 62 (1), pp. 168-176. [In Russian]

4. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Eskov V. M., Experimental research of statistical stability of samples of R-R intervals. *Byulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny* [Bulletin of Experimental Biology and Medicine]. 2017, 164 (8), pp. 136-139. [In Russian]

5. Mironovskaya A. V., Buzinov R. V., Gudkov A. B. Prognostic evaluation of urgent cardiovascular disease in the population of a northern urbanized area. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii* [Public Health of the Russian Federation] 2011, 5, pp. 66-67. [In Russian]

6. Miroshnichenko I. V., Bazhenova A. E., Beloshchenko D. V., Potetyurina E. S. Eskov-Zinchenko effect in local cold exposure. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika* [Complexity. Mind. Postnonclassic]. 2017, 2, pp. 13-17. [In Russian]

7. Betelin V. B., Eskov V. M., Galkin V. A. and Gavrilenko T. V. Stochastic Volatility in the Dynamics of Complex Homeostatic Systems. *Doklady Mathematics*. 2017, 95 (1), pp. 92-94.

8. Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Eskov V. M., Vochmina Yu. V. Static Instability Phenomenon in Type-Three Secretion Systems: Complexity. *Technical Physics*. 2017, 62 (11), pp. 1611-1616.

9. Eskov V. M., Eskov V. V., Braginskii M. Ya., Pashnin A. S. Determination of the degree of synergism of the human cardiorespiratory system under conditions of physical effort. *Measurement Techniques*. 2011, 54 (7), pp. 832-837.

10. Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Vochmina Y. V., Zimin M. I., Filatov M. A. Measurement of Chaotic Dynamics for Two Types of Tapping as Voluntary Movements. *Measurement Techniques*. 2014, 57 (6), pp. 720-724.

11. Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Vochmina J. V. Chaotic dynamics of cardio intervals in three age groups of indigenous and nonindigenous populations of Ugra // *Advances in Gerontology*. 2016, 6 (3), pp. 191-197.

12. Eskov V. M., Eskov V. V., Vochmina J. V., Gavrilenko T. V. The evolution of the chaotic dynamics of collective modes as a method for the behavioral description of living systems. *Moscow University Physics Bulletin*. 2016, 71 (2), pp. 143-154.

13. Eskov V. M., Eskov V. V., Filatova O. E., Khadartsev A. A., Sinenko D. V. Neurocomputational identification of order parameters in gerontology. *Advances in Gerontology*. 2016, 6 (1), pp. 24-28.

14. Eskov V. M., Bazhenova A. E., Vochmina U. V., Filatov M. A., Ilyashenko L. K. N. A. Bernstein hypothesis in the Description of chaotic dynamics of involuntary movements of person. *Russian Journal of Biomechanics*. 2017, 21 (1), pp. 14-23.

15. Eskov V. M., Eskov V. V., Vochmina Y. V., Gorbunov D. V., Ilyashenko L. K. Shannon entropy in the research on stationary regimes and the evolution of complexity. *Moscow University Physics Bulletin*. 2017, 72 (3), pp. 309-317.

16. Filatova O. E., Eskov V. V., Filatov M. A., Ilyashenko L. K. Statistical instability phenomenon and evaluation of voluntary and involuntary movements. *Russian Journal of Biomechanics*. 2017, 21 (3), pp. 224-232.

17. Unguryanu T., Novikov S., Buzinov R., Gudkov A., Grijbovski A. Respiratory diseases in a town with heavy pulp and paper industry. *Epidemiologia and prevenzione*. 2010, 34 (5-6), p. 138.

18. Zilov V. G., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V. Experimental confirmation of the effect of “Repetition without repetition” N. A. Bernstein. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2017, vol. 163, 1, pp. 4-8.

Контактная информация:

Берестин Дмитрий Константинович — кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории «Функциональных систем организма человека на Севере» института естественных и технических наук БУ ВО ХМАО — Югры «Сургутский государственный университет»

Адрес: 628412, Тюменская область, г. Сургут, пр. Энергетиков, д. 22

E-mail: bdk0720@gmail.com

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ НОВОРОЖДЕННЫХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА БАРНАУЛА

© 2019 г. ¹О. И. Федорова, ^{1,2}А. Е. Мальцева

¹ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», г. Барнаул;

²ФГБОУ ВО «Алтайский государственный медицинский университет», г. Барнаул

Среди природных факторов, определяющих жизнедеятельность и здоровье человека, важное место занимают сезонные колебания внешних условий. Момент рождения относится к критическим периодам онтогенеза человека. Организм новорожденных наиболее чувствителен к внешним влияниям. *Цель* настоящего исследования – изучение влияния абиотических факторов среды на функциональное состояние новорожденных, определенных по показателям АПГАР-1 и АПГАР-5, в течение года в условиях г. Барнаула. *Методы*. Проведено ретроспективное исследование по материалам медицинских статистических данных. Анализировались среднемесячные данные о функциональном состоянии новорожденных в связи с уровнем атмосферного давления, барического градиента и космофизических факторов (число Вольфа, солнечный поток с длиной волны 10,7 см, Ар-индекс геомагнитного поля) в течение 1998 и 2014 гг. Отбор материалов для анализа обосновывался тем, что именно в эти годы показатели факторов среды были наиболее близки и типичны для климата Барнаула; среднегодовые показатели солнечной активности были сопоставимыми и соответствовали середине восходящей ветви 11-летнего солнечного цикла. Связь между абиотическими факторами и показателями состояния новорожденных оценивалась с помощью регрессионного анализа с определением эмпирической формулы линейной связи, коэффициента детерминации (R^2) и уровня значимости (P). *Результаты*. В течение 1998 и 2014 гг. существовали статистические значимые различия в среднемесячных значениях АПГАР-1 и АПГАР-5 на разных этапах года. Среднемесячные показатели АПГАР-1 и АПГАР-5 положительно коррелируют с геомагнитным индексом Ар и показателями солнечной активности – числом Вольфа и потоком энергии солнца независимо от пола младенцев в обеих сериях исследования. *Заключение*. Существует множество свидетельств о влиянии солнечной геомагнитной активности на функциональное состояние человека. Электромагнитные излучения Солнца рассматриваются авторами как тотальный экологический фактор. В нашем исследовании мы получили подтверждение этим наблюдениям.

Ключевые слова: город Барнаул, функциональное состояние новорожденных, абиотические факторы среды – атмосферное давление, градиент давления, солнечная активность, показатели геомагнитного поля

SEASONAL VARIATIONS IN APGAR SCORES IN NEWBORNS IN BARNAU: THE RORE OF ENVIRONMENTAL FACTORS

¹O. I. Fedorova, ^{1,2}A. E. Maltseva

¹Altai State University, Barnaul; ²Altai State Medical University, Barnaul, Russia

Introduction. Environmental factors and their seasonal fluctuations have been shown to influence human health. Birth is one of the most critical periods of human development. Newborns are very sensitive to environmental factors. *Our aim* was to study associations between selected environmental factors and the first- and the fifth minute Apgar scores in Barnaul, Altay region. *Method*. Data on Apgar scores for all infants born in Maternity home N 2 in Barnaul in 1998 and 2014 were analyzed. Barometric pressure, the pressure gradient, Wolf number, 10.7 cm Solar flux, geomagnetic AP-index were used as independent variables. Associations were assessed using linear regression models. Regression coefficients, coefficient of determination (R^2) and significance levels (P) were calculated. *Results*. We found positive associations between Apgar scores and AP geomagnetic index and indicators of solar activity. At the same time no associations between barometric pressure and newborns' Apgar scores were observed. *Conclusions*. Our findings are congruent with the evidence on the associations between Solar activity and human health indices. However, the effects were rather weak suggesting more important role of the endogenic factors influencing late stages of pregnancy.

Key words: Barnaul, Apgar scores, barometric pressure, pressure gradient, solar activity, geomagnetic field

Библиографическая ссылка:

Федорова О. И., Мальцева А. Е. Сезонная динамика функционального состояния новорожденных в зависимости от абиотических факторов среды в условиях города Барнаула // Экология человека. 2019. № 5. С. 49–55.

Fedorova O. I., Maltseva A. E. Seasonal Variations in Apgar Scores in Newborns in Barnaul: the Rore of Environmental Factors. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 5, pp.49-55.

Среди природных факторов, определяющих жизнедеятельность и здоровье человека, важное место занимают сезонные колебания внешних условий [15, 17, 18, 24]. У людей сезонные колебания функционального состояния вызываются адаптив-

ными реакциями организма в ответ на изменения основных параметров окружающей среды, и прежде всего температуры, и реакциями на динамику продолжительности светового дня, напряженности геомагнитного поля, связанной с изменениями солнечной

активности [8]. В частности, определенное влияние на течение беременности и исходы родов оказывают погодные условия, связанные с сезоном года [22, 25, 29]. Так, в условиях Европейского Севера наилучшую оценку по шкале АПГАР показали дети, рожденные в июле [14]. Момент зачатия и рождения относится к критическим периодам онтогенеза человека [20]. Организм новорожденных наиболее чувствителен к внешним влияниям. В доступной нам литературе не обнаружилось данных о влиянии абиотических факторов среды на функциональное состояние человека в неонатальном периоде, а именно на первых минутах после рождения.

Цель настоящего исследования — изучить сезонную динамику функционального состояния новорожденных в условиях г. Барнаула в связи с абиотическими факторами среды. Задачи: 1) определить среднемесячные значения показателей АПГАР-1 и АПГАР-5 в течение 1998 и 2014 гг.; 2) изучить взаимосвязь функционального состояния новорожденных с метеорологическими и космофизическими факторами среды.

Методы

Проведено аналитическое, экологическое, ретроспективное исследование с обозначенной выше целью.

На первом этапе работы материалом для исследования служили данные о показателях АПГАР-1 и АПГАР-5 у доношенных младенцев обоих полов по медицинским картам 1 154 женщин, роды которых проходили с 1 января по 31 декабря 1998 г. в стационаре роддома № 2 г. Барнаула. Возраст обследованных 15–43 года. Случаи двух плодных родов и кесарева сечения были исключены из анализа.

С целью верификации полученных закономерностей осуществлен повторный анализ на материале данных 2014 г. (2 145 родов) на следующих основаниях: 1) в отличие от ряда лет, разделявших 1998 и 2014 гг., именно в годы 1998-й и 2014-й факторы среды были наиболее близки и типичны для климата Барнаула [7]; 2) среднегодовые показатели солнечной активности (число Вольфа) в 1998 и 2014 гг. были сопоставимыми и составляли соответственно $(64,16 \pm 5,52)$ и $(79,28 \pm 3,27)$ усл. ед., что соответствовало середине восходящей ветви 11-летнего солнечного цикла [26]. Вместе с тем отсутствие полной идентичности условий и характера выборок в 1998 и 2014 гг. повышало возможность вычленения вероятностного течения событий (рис. 1).

Документировались данные о состоянии новорожденных на первой (АПГАР-1) и пятой (АПГАР-5) минутах после рождения. Показатели АПГАР у младенцев определялись в баллах акушерами по стандартной схеме, включающей оценку окраски кожного покрова, частоты сердечных сокращений, рефлекторной возбудимости, мышечного тонуса, характера дыхания [23].

Рассматривались средние за месяц показатели атмосферного давления (гПа) в Барнауле при их четырехкратном измерении в сутки рождения, рас-

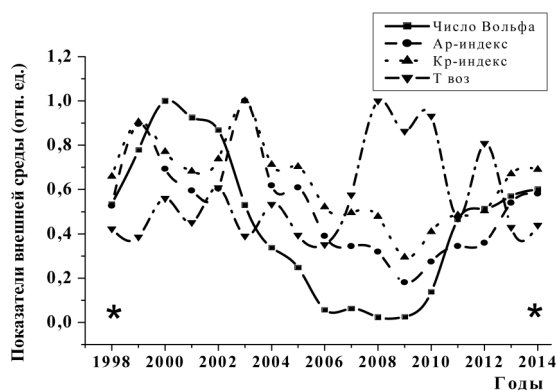


Рис. 1. Нормированные по максимальному значению среднегодовые показатели гелиогеофизической активности и температуры среды в период с 1998 по 2014 г.

четное значение барического градиента как разность среднесуточных значений атмосферного давления в день родов и предыдущие сутки (гПа). Положительное значение указывало на возрастание давления, отрицательное — на уменьшение. Среди космофизических факторов учитывались: 1) среднемесячные значения показателей солнечной активности: число Вольфа (W, количество пятен.), солнечный поток с длиной волны 10,7 см ($F_{10.7}$, ед. где одна единица солнечного потока равна 10^{-22} Вт/($m^2 \cdot \Gamma c$)); 2) среднемесячные значения показателя линейного индекса геомагнитного поля с поправкой на широтную зависимость (A_p , нТл) [26].

Анализ проводился отдельно для новорожденных девочек и мальчиков.

Значения по шкале АПГАР описаны с помощью среднего арифметического и стандартного отклонения ($\bar{X} \pm SD$). Проверка нулевой гипотезы об отсутствии различий в среднемесячных значениях АПГАР-1 и АПГАР-5 на разных этапах года выполнена с помощью двухвыборочного критерия Стьюдента. Взаимосвязь между переменными определялась с помощью коэффициента корреляции Пирсона. Связь между абиотическими факторами и показателями состояния новорожденных оценивалась с помощью простого линейного регрессионного анализа и коэффициента детерминации (R^2). За критический уровень статистической значимости принималось $p = 0,05$.

Использовался способ сглаживания временных рядов методом скользящего среднего, который позволяет устранить случайные отклонения в динамике временного ряда и получить основной, удобный для визуальной оценки тренд. Применялась сплайн-интерполяция как одна из альтернатив полиномиальной интерполяции [3].

Анализ данных проводился с использованием пакетов Statistica-6 и Origin-6.

Результаты

Большое влияние на функциональное состояние новорожденных оказывает длительность гестации. Установлена положительная корреляция ежедневных значений сроков гестации с показателями АПГАР в 1998 и 2014 гг. при $P = 0,01$ по индивидуальным

данном. В общей выборке в 1998 г. доля недоношенных младенцев (37 недель < срок гестации < 32) независимо от пола составляла 1,70 %, а в 2014-м – 1,67 %. Мы извлекли из выборок эти случаи, но это, естественно, не повлияло на результаты. Важно, что годовые изменения среднемесячных значений сроков гестации не коррелировали с абиотическими факторами среды, за исключением фактора силы ветра.

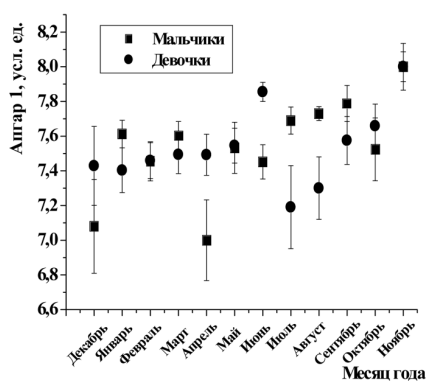
Акушерские осложнения и врожденные патологии плода могут влиять на функциональное состояние новорожденных, однако частота эпизодов акушерских рисков и патологий плода не демонстрировала годичной динамики, изменяясь хаотично вне какой-либо закономерности.

Данные литературы свидетельствуют о половом диморфизме плода и новорожденных. Указывается, что адаптационные ресурсы и показатели АПГАР у новорожденных мальчиков ниже, чем у девочек [2, 13, 27]. В связи с этим оценка влияния абиотических факторов на функциональное состояние новорожденных проводилась с учетом их пола. Число новорожденных мальчиков в 1998 г. составило 610, в 2014-м – 1 300, число девочек в 1998 г. – 560, в 2014-м – 840.

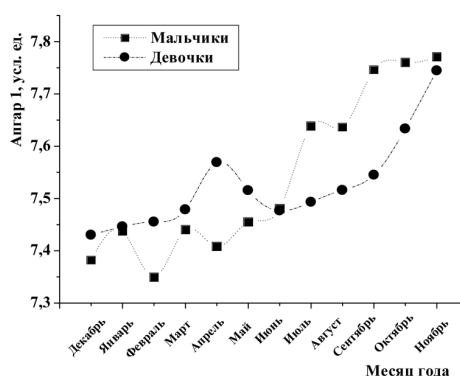
Диапазон изменений показателей функционального состояния новорожденных в 1998 и 2014 гг. составил соответственно 4–10 усл. ед. для АПГАР-1 и

5–10 – для АПГАР-5. Значения средних и вариаций переменных АПГАР-1 в выборках ($\bar{X} \pm SD$) составили в 1998 г. ($7,54 \pm 0,93$) усл. ед. для мальчиков, ($7,53 \pm 0,94$) – для девочек, а в 2014-м ($7,58 \pm 0,89$) и ($7,54 \pm 0,97$) усл. ед. в аналогичных группах новорожденных. Величины $\bar{X} \pm SD$ для показателей АПГАР-5 составили в 1998 г. ($8,68 \pm 0,69$) усл. ед. для девочек, ($8,66 \pm 0,72$) – для мальчиков, а в 2014-м – ($8,61 \pm 0,68$) и ($8,60 \pm 0,74$) усл. ед. для мальчиков и девочек соответственно. Эти данные демонстрируют отсутствие различий в выборочных средних в 1998 и 2014 гг.

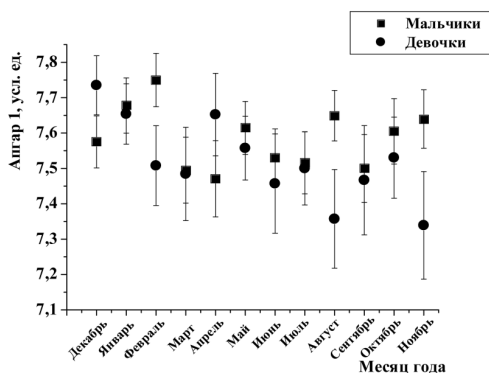
Данные, приведенные на рис. 2 и 3, позволяют заключить: 1) в течение 1998 и 2014 гг. существовали статистически значимые различия в среднемесячных значениях АПГАР-1 и АПГАР-5 на разных этапах года, что установлено с помощью критерия Стьюдента; 2) динамика показателей АПГАР-5 сходна в 1998 и 2014 гг.: максимум наблюдается в период с июня по ноябрь (тренды показателей АПГАР-5 у младенцев разных полов близки в обеих сериях, коэффициент взаимной корреляции $r = 0,70$ и $0,80$ соответственно при $P = 0,01$); 3) изменение показателей АПГАР-1 у новорожденных мальчиков и девочек в динамике каждого года исследования существенно отличаются: в 1998 г. наблюдается восходящий тренд, а в 2014-м – нисходящий.



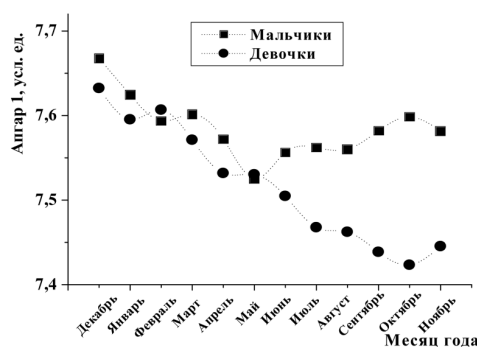
Среднемесячные значения показателей АПГАР-1 у новорожденных в 1998 г.



Сглаженные временные ряды годовой динамики показателей АПГАР-1 (окно сглаживания – 5 дат) в 1998 г.

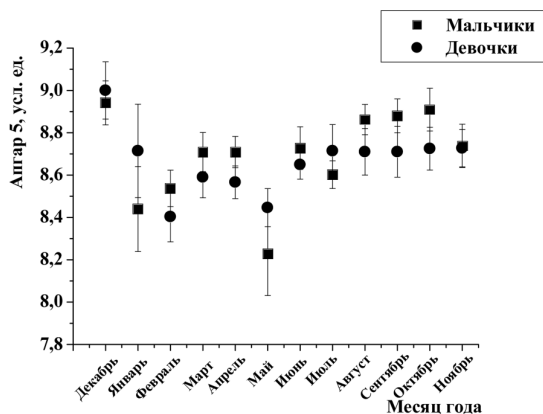


Среднемесячные значения показателей АПГАР-1 у новорожденных в течение 2014 г.

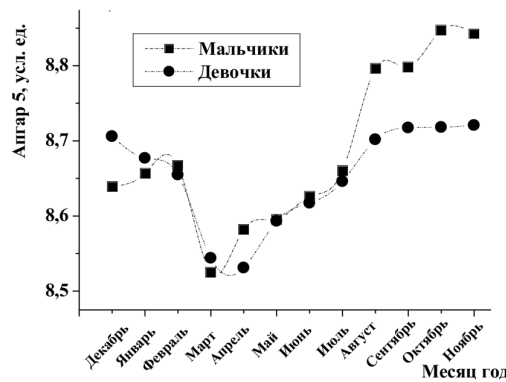


Сглаженные временные ряды годовой динамики показателей АПГАР-1 (окно сглаживания – 5 дат) в 2014 г.

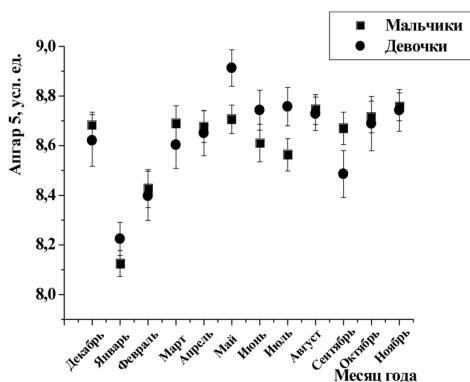
Рис. 2. Сезонная динамика показателей АПГАР-1 в 1998 и 2014 гг.



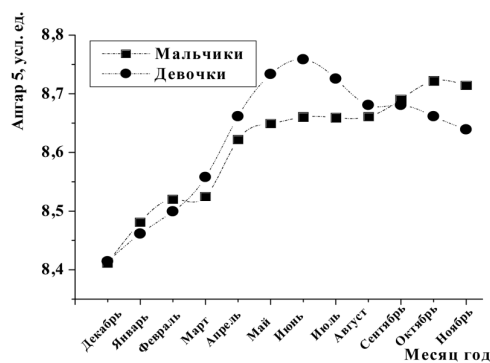
Среднемесечные значения показателей АПГАР-5 у новорожденных в 1998 г.



Сглаженные временные ряды годовой динамики показателей АПГАР-5 (окно сглаживания – 5 дат) в 1998 г.



Среднемесечные значения показателей АПГАР-5 у новорожденных в 2014 г.



Сглаженные временные ряды годовой динамики показателей АПГАР-5 (окно сглаживания – 5 дат) в 2014 г.

Рис. 3. Сезонная динамика показателей АПГАР-5 в 1998 и 2014 гг.

Если предположить возможность влияния абиотических условий на функциональное состояние младенцев, то вероятными могут являться такие факторы, которые теоретически способны влиять на здоровье новорожденных, находящихся в комфортных условиях родовой палаты при стабильных параметрах температуры, влажности, вне влияния ветра. К таким факторам относятся показатели атмосферного давления, перепада уровня давления от суток к суткам, космофизические параметры. Годичный тренд динамики атмосферного давления не отличался в 1998 и 2014 гг. — описывался параболой с минимумом в летние месяцы. Годичные тренды градиента давления отличались: в 1998 г. наблюдался восходящий тренд, а в 2014-м — параболическая динамика с верхним экстремумом в летние месяцы.

Несмотря на то, что солнечная активность и состояние магнитного поля в 1998 и 2014 гг. находилась на сопоставимых уровнях (середина восходящей ветви 11-летнего цикла), внутригодовая динамика космофизических факторов и градиента атмосферного давления существенно отличалась. Можно было также предположить, что именно воздействие градиента давления и космофизических факторов оказывает преимущественное воздействие на функциональное состояние новорожденных. В связи с этим проведен

регрессионный анализ с целью выявления влияния указанных абиотических факторов на функциональное состояние новорожденных.

Влияние градиента давления на функциональное состояние новорожденных мальчиков (уравнение регрессии: $Y = 8,71 + 0,11X$ при $R^2 = 0,34$; $P = 0,051$) и новорожденных девочек ($Y = 8,62 + 0,14X$ при $R^2 = 0,41$; $P = 0,032$) зафиксировано в 1998 г. В 2014 г. этой зависимости не обнаружилось. Связи атмосферного давления с функциональным состоянием новорожденных в обеих сериях исследований не выявлено.

Наибольшее количество связей установлено при исследовании зависимости функционального состояния новорожденных от космофизических факторов (таблица).

Данные таблицы непротиворечиво свидетельствуют о положительной связи показателей АПГАР-1 и АПГАР-5 с изменением среднемесечных значений геомагнитного индекса и показателей солнечной активности независимо от пола младенцев в 1998 и 2014 гг.

Как видно из данных таблицы, коэффициенты детерминации невелики, свидетельствуют об умеренной связи между сравниваемыми рядами, что объяснимо преимущественным влиянием эндогенных факторов на состояние новорожденных.

Зависимость функциональных показателей новорожденных мальчиков (М) и девочек (Д) от космофизических факторов в месяц рождения по данным среднемесячных значений (уравнение линейной регрессии, R²; P)

Показатель АПГАР	Ar	W	F _{10,7}
1998 г.			
Апгар-1 (М)	Y=7,04 + 0,04X (0,30; 0,050)	—	—
Апгар-5 (М)	—	Y=8,24 + 0,01X (0,41; 0,020)	Y=8,00 + 0,03X (0,48; 0,011)
Апгар-5 (Д)	—	Y=8,05 + 0,01X (0,34; 0,041)	Y=7,99 + 0,01X (0,46; 0,001)
2014 г.			
Апгар-1 (М)	—	Y=7,40 + 0,002X (0,5; 0,050)	Y=7,40 + 0,001X (0,67; 0,001)
Апгар-1 (Д)	Y=8,31 + 0,05 X (0,30; 0,055)	Y=7,23 + 0,003 X (0,33; 0,050)	—
Апгар-5 (М)	Y=8,30 + 0,05X (0,29; 0,050)	—	—
Апгар-5 (Д)	—	—	Y=8,11 + 0,004X (0,35; 0,040)

Примечание. Ar — индекс геомагнитного поля; W — число Вольфа; F_{10,7} — солнечный поток с длиной волны 10,7 см.

Обсуждение результатов

Факт влияния положительной связи градиента давления с функциональным состоянием новорожденных, зафиксированной в 1998 г., на показатели АПГАР-5 младенцев не противоречит физиологическим закономерностям. При повышении атмосферного давления у людей наблюдаются урежение пульса и частоты дыхания, уменьшение максимального артериального давления, что сопутствует увеличению показателя АПГАР-5 [10, 11]. В 2014 г. подобной статистически значимой связи не установлено.

Полученные результаты согласуются с данными О. И. Шумилова с соавт. [28] о возможном влиянии геогелиофизических факторов на плод: на высоких широтах функциональное состояние плода в поздние сроки беременности, планетарные индексы Kp и DST определяют вариации максимальных значений функционального состояния плода в связи с сезонными вариациями геомагнитных возмущений. В условиях высоких широт максимальные значения функционального состояния наблюдались в периоды равноденствия (март — апрель — май, октябрь — ноябрь), а минимальные регистрировались в период солнцестояния. Авторами продемонстрировано, что значение функционального состояния плода в поздние сроки беременности было максимальным в периоды либо наибольшего ослабления геомагнитной активности, либо максимальных возмущений.

Согласно представлениям В. С. Мартынюка и Н. А. Темурьянц [16], пути воздействия Солнца на среду обитания реализуются через изменение коротковолнового излучения на ионосферу (солнечная активность) и через изменения в солнечном ветре — на магнитосферу (геомагнитная активность). Электромагнитные излучения Солнца инфракрасного, светового,

ультрафиолетового, а также КВЧ и СВЧ диапазонов рассматриваются авторами как тотальный экологический фактор. Существует множество свидетельств о влиянии солнечной геомагнитной активности на функциональное состояние человека [1, 4–6, 9, 12, 19, 20]. Представленные авторами результаты плохо сопоставимы: при исследовании влияния геогелиофизических факторов на функциональное состояние человека авторы основываются на данных, оцениваемых в разных временных эпохах, с разными шагами оценок, при несопоставимых диапазонах вариации космофизических факторов, при учете различных показателей функционального состояния для разных контингентов испытуемых в различных климатических условиях.

Для полученных нами оригинальных данных не существует возможности сопоставления с иными результатами при аналогичной организации исследования.

Выводы

1. В течение 1998 и 2014 гг. существовали статистически значимые различия в среднемесячных значениях АПГАР-1 и АПГАР-5 на разных этапах года.

2. Годичная динамика показателей АПГАР-5 у младенцев обоих полов сходна в 1998 и 2014 гг.: максимум наблюдается в период с июня по ноябрь.

3. Среднемесячные показатели АПГАР-1 и АПГАР-5 положительно коррелируют с геомагнитным индексом Ar, показателями солнечной активности — числом Вольфа и потоком энергии солнца независимо от пола младенцев в обеих сериях исследования.

4. Положительное влияние градиента давления на функциональное состояние новорожденных обоих полов по показателям АПГАР-5 зафиксировано в 1998 г.

Благодарности

Выражаем благодарность главному врачу роддома № 2 г. Барнаула Ананьиной Л. П., поддержавшей исследование и предоставившей доступ к медицинским картам рожениц.

Авторство

Федорова О. И. ответственна за концепцию и дизайн исследования, интерпретацию результатов, подготовила первый вариант статьи, окончательно утвердила присланную в редакцию рукопись; Мальцева А. Е. внесла существенный вклад в получение и анализ данных, оформление статьи согласно требованиям.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Федорова Ольга Игоревна — ORCID 0000-0001-6849-5431; SPIN 9344-7566

Мальцева Анастасия Евгеньевна — ORCID 0000-0001-8768-6081; SPIN 7791-1690

Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Власова И. Г. Влияние инфранизкочастотного магнитного поля на ритмику нервных клеток и их устойчивость к гипоксии // Биофизика. 1992. Т. 37, № 4. С. 681–689.
2. Боташева Т. Л., Ерофеев Н. П., Линде В. А., Капустин Е. А., Палиева Н. В., Каушанская Л. В. По-

ловой диморфизм плода и его влияние на функциональные особенности системы крови женщин при физиологической беременности // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. URL: <http://science-education.ru/article/view?id=15820> (дата обращения: 24.04.2018).

3. Вершинин В. В., Завьялов Ю. С., Павлов Н. Н. Экстремальные свойства сплайнов и задача сглаживания. Новосибирск: Наука, 1988. 189 с.

4. Вишневецкий В. В., Рагульская М. В., Хабарова О. В. Связь периодических процессов в организме человека, обусловленных ритмикой внешней среды, с вариациями магнитного поля Солнца // Материалы 2-го Международного симпозиума «Проблемы ритмов в естествознании». М.: Биомедицинская радиоэлектроника, 2004. Вып. 1. С. 84–85.

5. Владимирский Б. М., Темурьянц Н. А. Влияние солнечной активности на биосферу – ноосферу // Гелиобиология от А. Л. Чижевского до наших дней. М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. 374 с.

6. Владимирский Б. М., Темурьянц Н. А., Мартынюк В. С. Космическая погода и наша жизнь. Фрязино: Век, 2004. 221 с.

7. Гисметео – погода в России. URL: <http://www.gismeteo.ru/> (дата обращения: 30.08.2016).

8. Гора Е. П. Экология человека. М.: Дрофа, 2007. 544 с.

9. Гурфинкель Ю. И., Канониди Х. Д., Митрофанова Е. В. Геомагнитная активность и состояние сердечно-сосудистой системы человека // Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. М.: Янус-К, 2002. С. 496–498.

10. Ильиных И. А. Экология человека: курс лекций. Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2005. 136 с.

11. Исаев А. А. Экологическая климатология. М: Научный мир, 2003. 470 с.

12. Ишков В. Н., Кононович Э. В. Природа Солнца и его значение для нашей жизни // Солнечная активность и ее геоэффективность. URL: <http://crydee.sai.msu.ru> (дата обращения: 13.10.2012).

13. Капустин Е. А., Боташева Т. Л., Линде В. А., Авруцкая В. В., Каушанская Л. В. Влияние пола плода на функциональное состояние крови женщин при физиологической беременности // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2. URL: www.science-education.ru/116-12398 (дата обращения: 24.04.2018).

14. Козловская А. В. Влияние сезонности на исходы родов и активность ферментов антиоксидантной системы у рожениц Европейского Севера: дис... канд. мед. наук. Киров, 2005. 109 с.

15. Коротеева Т. В., Радыш И. В., Ермакова Н. В., Ходорович А. М. Сезонная динамика гормонального обмена у здоровых женщин разных этнических групп. Физиология адаптации // Материалы 2-й Всероссийской научно-практической конференции, 22–24 июня 2010. Волгоград: Волгоградское научное издательство, 2010. С. 76–77.

16. Мартынюк В. С., Темурьянц Н. А. Экспериментальная верификация электромагнитной гипотезы солнечно-биосферных связей // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». 2007. Т. 20 (59), № 1. С. 8–27.

17. Мельников В. Н. Сезонность в жизнедеятельности человеческих популяций: автореф. дис. д-ра биол. наук. Ульяновск, 2009. 36 с.

18. Мельников В. Н. Человек в континентальном климате // Вопросы биологии. Новосибирск: Из-во СО РАН, 2012. 250 с.

19. Михайлова Г. А. Возможный биофизический механизм влияния солнечной активности на централь-

ную нервную деятельность человека // VII Междисциплинарная конференция по биологической психиатрии «Стресс и поведение». URL: http://www.mosmedclinic.ru/conf_library/2003/4/457/ (дата обращения: 02.08.2003).

20. Митовин Г. Р. Клиническая генетика. М.: ГОЭТАР-Медиа, 2010. 832 с.

21. Павлов А. Н. Воздействие электромагнитных излучений на жизнедеятельность. М.: Гелиос АРВ, 2002. 224 с.

22. Силантьев А. Н. Некоторые аспекты биометеорологии // Биология в школе. 2005. № 3. С. 14–18.

23. Утц И. А., Ицкович В. О., Дорогойкин Д. Л. Педиатрия. М.: Академия, 2010. 320 с.

24. Ушаков И. Б., Штемберг А. С., Шафуркин А. В. Реактивность и резистентность организма млекопитающих. М.: Наука, 2007. 493 с.

25. Элли Р. Непредсказуемые изменения климата // В мире науки, 2005. № 2. С. 45–51.

26. Space weather prediction center. URL: <http://www.swpc.noaa.gov/> (дата обращения: 30.08.2016).

27. Engel P. J., Smith R., Brinsmead M. W., Bowe S. J., Clifton V. L., Aust N. Z. Male sex and pre-existing diabetes are independent risk factors for stillbirth // J Obstet Gynaecol. 2008. Vol. 48, N 4. P. 375.

28. Shumilov O. I., Kasatkina E. A., Enikeev A. V., Khramov A. A. The study of effects of geomagnetic disturbances at high latitudes on the intrauterine condition of fetus by cardiotocography // Biophysics. 2003. Mar-Apr. 48 (2). P. 374.

29. Patz J., Engelberg D., Last J. The effects of changing weather on public health // Annu. Rev. Public Health, 2000. P. 271–307.

References

1. Agadzhanyan N. A., Vlasova I. G. Influence for infralow-frequency magnetic field on the rhythm of nerve cells and their resistance to hypoxia. *Biofizika* [Biophysics]. 1992, 37 (4), pp. 681–689. [In Russian]

2. Botasheva T. L., Erofeev N. P., Linde V. A., Kapustin E. A., Palieva N. V., Kaushanskaya L. V. Sexual dimorphism of the fetus and its influence on the functional features of the blood system of women during physiological pregnancy. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2014, 6. Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=15820> (accessed: 24.04.2018).

3. Verшинin V. V., Zav'yalov Y. S., Pavlov N. N. *Ekstremal'nye svoistva splainov i zadacha sglazhivaniya* [Extremal properties of splines and the smoothing problem]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1988, 189 p.

4. Vishnevskiy V. V., Ragul'skaya M. V., Khabarova O. V. The relationship of periodic processes in the human body due to the rhythm of the external environment, and variations in the Sun's magnetic field. *Materials of the 2nd International Symposium "Problems of rhythms in natural science"*. Moscow, Biomedical electronics, 2004, iss. 1, pp. 84–85. [In Russian]

5. Vladimirsky B. M., Temurjants N. A. Vliyanie solnechnoi aktivnosti na biosferu - noosferu [Influence of solar activity on the biosphere - noosphere]. *Geliobiologiya ot A. L. Chizhevskogo do nashikh dnei* [Heliobiology from A L Chizhevsky to the present day]. Moscow, MNEPU Publ., 2000, 374 p.

6. Vladimirsky B. M., Temurjants N. A., Martynuk V. S. Kosmicheskaya pogoda i nasha zhizn' [Space weather and our life]. Fryazino, Vek Publ., 2004, 221 p.

7. *Gismeteo - pogoda v Rossii* [Gismeteo - the weather in Russia]. Available at: <http://www.gismeteo.ru/> (assessed: 30.08.2016).

8. Mountain E. P. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. Textbook. Moscow, Drofa Publ., 2007, 544 p.

9. Gurfinkel Yu. I., Kanonidi Kh. D., Mitrofanova E. V. *Geomagnitnaya aktivnost' i sostoyanie serdechno-sosudistoi sistemy cheloveka* [Geomagnetic activity and state of the human cardiovascular system]. Atlas vremennykh variatsii prirodnykh, antropogennykh i sotsial'nykh protsessov [Atlas of temporal variations of natural, anthropogenic and social processes]. Moscow, Yanus-K Publ., 2002, pp. 496-498.

10. Il'inykh I. A. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. The Course of lectures. Gorno-Altaysk, 2005, 136 p.

11. Isaev A. A. *Ekologicheskaya klimatologiya* [Ecological climatology]. Moscow, Scientific world Publ., 2003, 470 p.

12. Ishkov V. N., Kononovich E. V. *Priroda Solntsa i ego znachenie dlya nashei zhizni* [The Nature of the Sun and its significance for our life]. Solnechnaya aktivnost' i ee geoeffektivnost' [Solar activity and its geo-efficiency]. Available at: <http://crydee.sai.msu.ru> (accessed: 13.10.2012).

13. Kapustin E. A., Botasheva T. L., Linde V. A., Avrutskaya V. V., Kaushanskaya L. V. Effect of fetal sex on the functional state of women's blood during physiological pregnancy. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2014, 2. Available at: www.science-education.ru/116-12398 (accessed: 24.04.2018).

14. Kozlovskaya A. V. *Vliyaniye sezonnosti na iskhody rodov i aktivnost' fermentov antioksidantnoi sistemy u rozhenits Evropeiskogo Severa (cand. diss.)* [Effect of seasonality on birth outcomes and the activity of enzymes of antioxidant system in patients in the European North. Cand. Diss.]. Kirov, 2005, 109 p.

15. Koroteeva T. V., Radysh I. V., Ermakova N. In., Khodorovich A. M. Seasonal dynamics of the hormonal metabolism in healthy women of different ethnic groups. *The physiology of adaptation. Proceedings of the 2nd all-Russian scientific-practical conference 22-24 June 2010, Volgograd*. 2010, Volgograd scientific publishing house, pp. 76-77. [In Russian]

16. Martynyuk V. S., Temuryants N. Ah. Experimental verification of the electromagnetic hypothesis of solar biosphere bonds. *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Seriya «Biologiya, khimiya»* [Scientific notes of Taurida national university by V. I. Vernadsky. Series "Biology, chemistry"]. 2007, 20 (59), 1, pp. 8-27.

17. Melnikov V. N. *Sezonnost' v zhiznedeyatel'nosti chelovecheskikh populyatsii (avtor. dokt. diss.)*

[Seasonality in the life of human populations. Author's Abstract of Doct. Diss.]. Ulyanovsk, 2009, 36 p.

18. Melnikov V. N. *Chelovek v kontinental'nom klimate* [People in the continental climate]. *Voprosy biologii* [Questions of biology]. Novosibirsk, SO RAN Publ., 2012, 250 p.

19. Mikhailova G. A. Possible biophysical mechanism of the influence of solar activity on the Central nervous activity of the person. *VII Interdisciplinary conference on biological psychiatry "Stress and behavior"*. Available at: http://www.mosmedclinic.ru/conf_library/2003/4/457/ (accessed: 02.08.2003). [In Russian]

20. Mutovin G. R. *Klinicheskaya genetika* [Clinical genetics]. Moscow, GOATER-Media Publ., 2010, 832 p.

21. Pavlov A. N. *Vozdeystvie elektromagnitnykh izlucheni na zhiznedeyatel'nost'* [The impact of electromagnetic radiation on the vital activity]. Moscow, Gelios ARV Publ., 2002, 224 p.

22. Silant'ev A. N. Some aspects of Biometeorology. *Biologiya v shkole* [Biology in school], 2005, 3, pp. 14-18. [In Russian]

23. Utts I. A., Itskovich V. O., Dorogoikin D. L. *Pediatrics* [Pediatrics]. Moscow, Academy Publ., 2010, 320 p.

24. Ushakov I. B., Stenberg A. S., Shafirkin A. V. *Reaktivnost' i rezistentnost' organizma mlekopitayushchikh* [Reactivity and resistance of organism of mammals]. Moscow, Nauka Publ., 2007, 493 p.

25. Ellie R. Unpredictable climate change. *V mire nauki* [In the world of science]. 2005, 2, pp. 45-51. [In Russian]

26. Space weather prediction center. Available at: <http://www.swpc.noaa.gov/> (assessed: 30.08.2016).

27. Engel P. J., Smith R., Brinsmead M. W., Bowe S. J., Clifton V. L., Aust N. Z. Male sex and pre-existing diabetes are independent risk factors for stillbirth. *J Obstet Gynaecol*. 2008, 48 (4), p. 375.

28. Shumilov O. I., Kasatkina E. A., Enikeev A. V., Khramov A. A. The study of effects of geomagnetic disturbances at high latitudes on the intrauterine condition of fetus by cardiotocography. *Biophysics*. 2003, Mar-Apr, 48 (2), p. 374.

29. Patz J., Engelberg D., Last J. The effects of changing weather on public health. *Annu. Rev. Public Health*. 2000, pp. 271-307.

Контактная информация:

Федорова Ольга Игоревна — доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры зоологии и физиологии биологического факультета ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»

Адрес: 656049, г. Барнаул, пр. Ленина, д. 61

E-mail: oifedorova50@mail.ru

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ИНФЕКЦИОННОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ СРЕДИ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

© 2019 г. Н. И. Вишняков, Л. В. Кочорова, И. Г. Самойлова

ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова»,
г. Санкт-Петербург

Цель исследования – оценить распространенность инфекционной заболеваемости в Северо-Западном федеральном округе (СЗФО) и ее последствия для детского и подросткового населения. *Метод.* Основным методом стал подробный анализ учетно-отчетных форм по заболеваемости некоторыми инфекционными и паразитарными заболеваниями, а также форм первичной и общей заболеваемости болезнями нервной системы, которые являются осложнениями инфекционных заболеваний. Изучались все виды заболеваемости среди детей и подростков в возрасте 0–14 и 15–17 лет за период с 2012 по 2016 год в некоторых субъектах СЗФО: г. Санкт-Петербурге, Ленинградской, Вологодской и Архангельской областях. *Результаты* исследования показали общее снижение как первичной, так и общей инфекционной заболеваемости. Однако в ряде субъектов, таких как Ленинградская область, напротив, отмечается прирост первичной заболеваемости среди подросткового населения (на 2,0 %). В Санкт-Петербурге, Ленинградской, Архангельской и Вологодской областях увеличился показатель общей заболеваемости среди подростков 15–17 лет – на 2,3, 10,5, 3,7 и 3,9 % соответственно. Аналогичная региональная ситуация наблюдается и относительно первичной и общей заболеваемости болезнями нервной системы. *Выводы.* Данные проведенного исследования показали негативную тенденцию с точки зрения первичной и общей инфекционной заболеваемости и тем самым острую необходимость разработки организационных решений на региональном уровне как со стороны органов управления здравоохранением, так и со стороны улучшения экологической ситуации в различных регионах.

Ключевые слова: дети, подростки, первичная инфекционная заболеваемость, общая инфекционная заболеваемость, болезни нервной системы, экология, Северо-Западный федеральный округ

EPIDEMIOLOGY OF INFECTIOUS DISEASES AMONG CHILDREN AND ADOLESCENTS IN THE NORTH-WESTERN FEDERAL DISTRICT

N. I. Vishnyakov , L. V. Kochorova , I. G. Samoylova

Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, Russia

Aim: to describe the incidence and prevalence of infectious diseases among children and adolescents from 2012 to 2016 in the North-Western Federal district of Russia using official documentation. *Methods:* We analyzed all forms used for official registration of incidence of infectious and parasitic diseases, as well as medical documentation on incidence and prevalence of diseases of the nervous system, which are among the most common complications of infectious diseases. Separate analyses were performed for children (0-14 years) and adolescents (15-17 years). The regions included in the study were St. Petersburg, Leningrad Region, Vologda Region and Arkhangelsk Region. *Results:* We observed a decrease in both incidence and prevalence of infectious diseases in the Federal district. However, in the Leningrad region in incidence of infectious diseases among adolescents increased by 2.0 %. In St. Petersburg, Leningrad Oblast, Arkhangelsk and Vologda Oblasts, the prevalence of infections among adolescents increased by 2.3 %, 10.5 %, 3.7 % and 3.9 %, respectively. A similar pattern was observed for the incidence and prevalence of the diseases of the nervous system. *Conclusions:* our results have shown in increase in the prevalence of infectious diseases and diseases of the nervous system in several regions of the North-Western Federal district warranting public health actions from health authorities in these regions.

Key words: children, adolescents, primary infectious morbidity, general infectious morbidity, diseases of the nervous system, ecology, North-Western Federal District

Библиографическая ссылка:

Вишняков Н. И., Кочорова Л. В., Самойлова И. Г. Распространенность инфекционной заболеваемости среди детей и подростков Северо-Западного федерального округа // Экология человека. 2019. № 5. С. 56–59.

Vishnyakov N. I., Kochorova L. V., Samoylova I. G. Epidemiology of Infectious Diseases among Children and Adolescents in the North-Western Federal District. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 5, pp. 56-59.

Согласно данным экспертов ВОЗ, практически четверть всех заболеваний (23,0 ‰) обусловлены таким фактором, как экология [7, 9]. Весомый вклад в эту статистику, безусловно, вносят инфекционные болезни. Не вызывает сомнения тот факт, что распространенность инфекционной заболеваемости увеличивается при ухудшении экологической обстановки. В свою очередь, инфекционная заболеваемость от-

ражает состояние экологической обстановки региона или страны. Принимая во внимание, что экология человека — это фундаментальная область науки, изучающая на популяционном уровне основные биологические закономерности и механизмы взаимодействия окружающей среды и человека, крайне важным является оценка распространенности экологически обусловленных заболеваний. Именно инфекционные

заболевания развиваются среди населения конкретных территорий под воздействием на людей вредных факторов среды обитания.

Изучение инфекционных заболеваний у детей связано с возрастными факторами повышенного риска, такими как: невысокий рост детей, обуславливающий более интенсивный контакт с почвенными загрязнителями, уличной пылью; отсутствие у детей необходимого опыта в области соблюдения правил санитарии и гигиены; наличие периода формирования иммунной и эндокринной систем, отвечающих за ответ организма на воздействие факторов окружающей среды.

Целью данного исследования являлось определение распространенности инфекционной заболеваемости в субъектах Северо-Западного федерального округа (СЗФО) и ее последствий для детского и подросткового населения.

Методы

Проведен аналитический анализ инфекционной заболеваемости, как первичной, так и общей, в субъектах СЗФО: г. Санкт-Петербурге, Ленинградской, Архангельской и Вологодской областях. Подробному анализу подверглись данные по детям (0–14 лет) и подросткам (15–17 лет). Проводился углубленный анализ данных, представленных в статистических сборниках «Здравоохранение в России» ФГБУ «Центральный НИИ организации и информатизации здравоохранения» Минздрава России за пять лет (2012–2016). В каждом сборнике анализировались данные из двух томов: «Заболеваемость детского населения России (0–14 лет)» и «Заболеваемость детского населения России (15–17 лет)» [1]. Из сборников выкопировывались данные по заболеваемости детского населения в целом, а также по диагнозам, установленным впервые в жизни, по отдельным заболеваниям, относящимся к классу «Инфекционные и паразитарные болезни» и «Болезни нервной системы», как в абсолютных числах, так и в расчете на 1 000 человек соответствующей возрастной группы населения. Всего было проанализировано десять

сборников статистических материалов. Для анализа показателей заболеваемости были составлены и проанализированы динамические ряды, представленные как абсолютными числами, так и интенсивными показателями, и рассчитаны показатели динамического ряда: абсолютный прирост (убыль показателя), показатель наглядности, темп прироста показателя для каждого класса заболевания, в отношении которого требовалась медицинская реабилитация.

Результаты

Согласно официальной статистике на 2016 год в Российской Федерации (РФ) проживает 26 360 тыс. детей в возрасте до 18 лет. Наблюдается увеличение численности детского населения с 2012 по 2016 год. Например, в Санкт-Петербурге прирост детского населения составил +23,2 %, а в Ленинградской области +10,8 %.

В ходе исследования нами проводился анализ первичной и общей заболеваемости некоторыми инфекционными и паразитарными заболеваниями среди детей и подростков. Так, рассматривая первичную заболеваемость, можно отметить, что на территории РФ среди детей в возрасте 0–14 лет данный показатель в 2012 году составлял 82,4 ‰, а в 2016 – уже 71,8 ‰, соответственно убыль составила 12,9 %. А в возрастной группе 15–17 лет данный вид заболеваемости снизился с 39,7 до 34,4 ‰, то есть на 13,4 %. В то же время в Ленинградской области, напротив, отмечается прирост первичной заболеваемости на 2,0 % (с 29,3 до 29,9 ‰) (рис. 1).

При изучении общей инфекционной заболеваемости было выявлено, что с 2012 по 2016 год она также снизилась с 91,7 до 80,9 ‰ (на 12,0 %) в возрастной группе 0–14 лет, а в группе 15–17 лет – с 47,7 до 43,5 ‰ (на 8,8 %). Важно отметить, что в Санкт-Петербурге, Ленинградской, Архангельской и Вологодской областях данный показатель возрос среди подростков 15–17 лет на 2,3 %: 10,5, 3,7 и 3,9 % соответственно (рис. 2). Безусловно, данное обстоятельство указывает на необходимость совер-

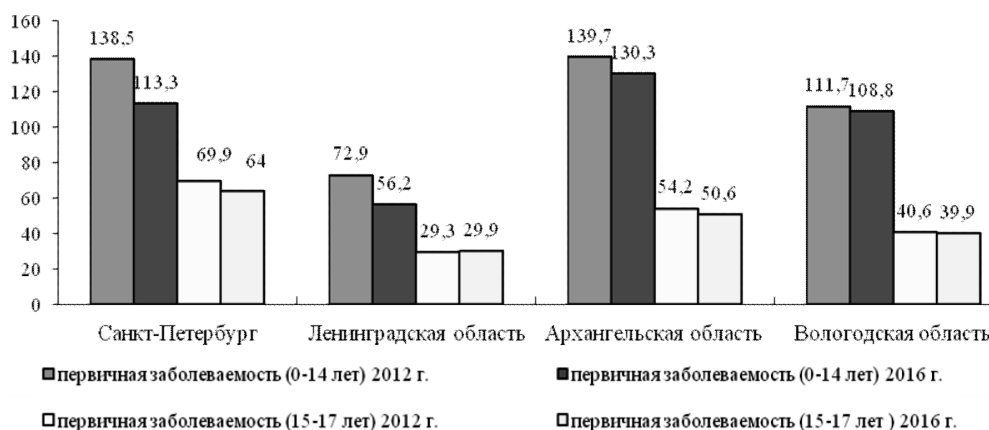


Рис. 1. Динамика первичной заболеваемости детей 0–14 лет и подростков 15–17 лет инфекционными и паразитарными болезнями в отдельных территориях СЗФО (2012–2016), на тысячу соответствующего населения

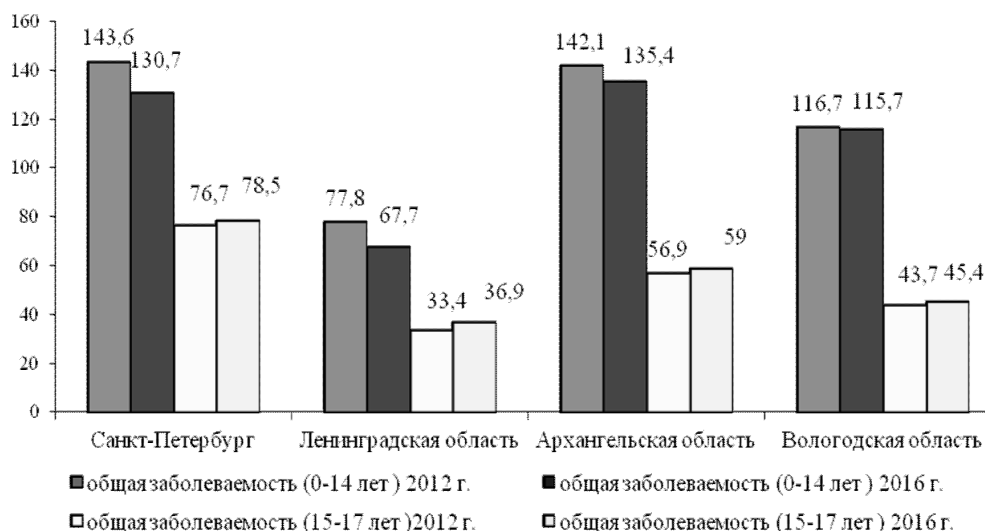


Рис. 2. Динамика общей заболеваемости детей 0–14 лет и подростков 15–17 лет инфекционными и паразитарными болезнями в отдельных территориях СЗФО (2012–2016), на тысячу соответствующего населения

шенствования организации медицинской помощи среди детей в возрасте 15–17 лет в СЗФО, что ранее было подтверждено на примере первичной и вторичной профилактики других социально значимых заболеваний [2].

Известно, что важными и наиболее распространенными осложнениями детских инфекционных заболеваний являются поражения нервной системы [2, 5, 6]. По данным статистики, инфекционные поражения нервной системы занимают до 40 % в структуре всех заболеваний нервной системы. При этом почти у половины лиц с нейроинфекциями развиваются те или иные осложнения [3, 10].

Проводя анализ первичной и общей заболеваемости детей и подростков заболеваниями нервной системы, можно отметить некоторую динамику. Показатель первичной заболеваемости среди детей и подростков снизился в изучаемый период на 13,0 и на 4,2 % соответственно; тем не менее он вырос в ряде регионов среди изучаемых возрастных групп. Негативная тенденция наблюдалась среди детей СЗФО в целом – с 44,3 до 47,4, Санкт-Петербурга – с 56,7 до 65,9 и среди детского населения Ленинградской области – с 24,4 до 36,1 на 1 000 детей. При этом зарегистрировано увеличение первичной заболеваемости подросткового населения; данный показатель возрос с 45,8 до 50,0 на 1 000 подростков. Детальный анализ показал, что в Санкт-Петербурге первичная заболеваемость подростков увеличилась с 46,4 до 64,4, в Ленинградской области – с 27,2 до 42,8, а в Вологодской – с 34,1 до 40,3 на 1 000 подростков.

Рассматривая динамику общей заболеваемости, важно отметить незначительное ее снижение в РФ среди детей от 0 до 14 лет – с 94,4 до 92,9 ‰, а среди подростков, наоборот, некоторый прирост – с 121,5 до 124,2 ‰. Среди детей данный прирост так же, как и в случае с первичной заболеваемостью, наблюдается в СЗФО в целом (с 96,2 до 109,5), в Санкт-Петербурге (с 120,8 до 159,4), Ленинградской

(48,6 до 66,6), а также Архангельской (74,9 до 80,0 на 1 000 детей) областях. Детальный анализ общей заболеваемости среди подростков показал ее прирост в СЗФО (с 145,5 до 160,7), Санкт-Петербурге (с 197,8 до 236,9), Ленинградской (с 70,7 до 96,4), Архангельской (с 132,6 до 136,9) и Вологодской (с 94,3 до 111,0 на 1 000 подростков) областях.

Важность внедрения новых организационных решений обусловлена высокой частотой первичной инвалидности, особенно среди детского населения. Так, по данным статистики, в 2016 году заболевания нервной системы стали причиной инвалидности среди 45,7 детей (от 0 до 17 лет) на 10 000, причем данный показатель имел тенденцию к росту в период с 2012 по 2016 год на +8,5 %.

Обсуждение результатов

В 2014 году увеличение показателей инфекционной заболеваемости в РФ (впервые с 2008 г.) составило в среднем 0,2 %, в 2015-м – уже 4,1 %, а в 2016 – 7,6 %. Данная тенденция наблюдается и среди детского населения в ряде регионов. Выявлена неоднородность распространенности некоторых инфекционных и паразитарных заболеваний в различных регионах.

Данная динамика может свидетельствовать в пользу двух обстоятельств. Одним из них является недостаточное развитие системы здравоохранения, в том числе в СЗФО. Кроме того, это является косвенным, но важным признаком плохой экологической обстановки в регионе. Выявленные обстоятельства требуют детальной работы как со стороны системы здравоохранения, так и со стороны органов экологического надзора.

Установлено, что в Санкт-Петербурге, Ленинградской, Архангельской и Вологодской областях значительно увеличился показатель общей инфекционной заболеваемости среди подростков, что указывает на первоочередную необходимость совершенствования

организации медицинской помощи в данной возрастной группе. В случае недостаточного контроля за распространением инфекционных заболеваний высок риск развития неврологических осложнений, особенно среди детей и подростков [5, 9]. Статистические данные показали, что среди детского населения существенно возрос уровень первичной инвалидности.

Проведение на региональных уровнях исследований, предоставляющих информацию о потенциальных воздействиях на людей вредных биологических факторов в жилищных и в общественных местах, несомненно, способствует выявлению и профилактике роста экологической заболеваемости. Данные проведенного исследования показали негативную тенденцию в общей инфекционной заболеваемости, особенно среди подросткового населения в СЗФО, что требует пристального внимания со стороны системы здравоохранения для выявления основных недостатков в системе оказания помощи детям с инфекционными заболеваниями. Кроме того, установлен прирост уровня первичной инвалидности среди детского населения.

Авторство

Вишняков Н. И. разработал дизайн и план исследования, участвовал в анализе результатов, формировании выводов; Кочорова Л. В. участвовала в анализе полученных данных, формировании выводов; Самойлова И. Г. собирала, обрабатывала и анализировала материал, участвовала в написании выводов.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Вишняков Николай Иванович — SPIN 6875-6896; ORCID 0000-0001-9362-4514

Кочорова Лариса Валерьяновна — SPIN 5332-1103; ORCID 0000-0002-9016-8602

Самойлова Ирина Геннадьевна — SPIN 4812-1692; ORCID 0000-0003-3351-9215

Список литературы

1. Здравоохранение в России. 2017: Стат. сб. / Росстат. М., 2017. 170 с.
2. Кириченко Ю. Н., Разиньков Д. В. Решение проблем детской инвалидности как приоритетное направление государственной социальной политики // Медико-социальная экспертиза и реабилитация. 2011. № 3. С. 3–7.
3. Козько В. Н., Сохань А. В., Гаврилов А. В., Зоц Я. В. Проблема нейроинфекций в работе инфекционной службы Харьковской области на современном этапе // Международные обзоры: клиническая практика и здоровье. 2015. № 5. С. 77–81.
4. Лобзин Ю. В., Коновалова Л. Н., Скрипченко Н. В. Состояние инфекционной заболеваемости у детей в Российской Федерации // Медицина экстремальных ситуаций. 2017. № 2. С. 8–22.
5. Скрипченко Н. В., Вильниц А. А. Менингококковая инфекция у детей. СПб.: Тактик-Студио, 2015. 840 с.
6. Briemberg H. R. Peripheral nerve complications of medical disease // *Semin. Neurol.* 2009. Vol. 29, N 2. P. 124–135.
7. Global Tuberculosis Report, 2018. World Health Organization. Geneva, 2018. 277 p.

8. Klein M., Pfister H. W., Leib S. L., Koedel U. Therapy of community-acquired acute bacterial meningitis: the clock is running // *Expert Opin. Pharmacother.* 2009. Vol. 10, N 16. P. 2609–2623.

9. Mokdad A. H., Forouzanfar M. H., Daoud F. Health in times of uncertainty in the eastern Mediterranean region, 1990-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013 // *Lancet Glob. Health.* 2016. Vol. 4, N 10. P. 704–713.

10. Mukand J. A. Pediatric Rehabilitation Medicine (PRM): An Integrative Approach to Identifying and Treating Congenital and Childhood Disabilities // *R. I. Med. J.* 2017. Vol. 100, N 11. P. 16.

References

1. *Healthcare in Russia.* 2017. Rosstat. Moscow, 2017, 170 p. [In Russian]
 2. Kirichenko Yu. N., Razin'kov D. V. Solving the problems of children's disability as a priority of state social policy. *Mediko-sotsial'nnaia ekspertiza i reabilitatsiya* [Medical and social examination and rehabilitation]. 2011, 3, pp. 3-7. [In Russian]
 3. Koz'ko V. N., Sokhan' A. V., Gavrilo A. V., Zots Ya. V. The problem of neuroinfections in the work of the infectious services of the Kharkiv region at the present stage. *Mezhdunarodnye obzory: klinich. praktika i zdorov'e* [International reviews: clinical practice and health]. 2015, 5, pp. 77-81. [In Russian]
 4. Lobzin Yu. V., Konovalova L. N., Skripchenko N. V. The state of infectious morbidity in children in the Russian Federation. *Medsina ekstremal'nykh situatsii* [Medicine of extreme situations]. 2017, 2, pp. 8-22. [In Russian]
 5. Skripchenko N. V., Vil'nits A. A. *Meningokokkovaya infektsiya u detei* [Meningococcal infection in children]. Saint Petersburg, 2015, 840 p.
 6. Briemberg H. R. Peripheral nerve complications of medical disease. *Semin. Neurol.* 2009, 29 (2), pp. 124-135.
 7. *Global Tuberculosis Report, 2018.* World Health Organization. Geneva, 2018, 277 p.
 8. Klein M., Pfister H. W., Leib S. L., Koedel U. Therapy of community-acquired acute bacterial meningitis: the clock is running. *Expert Opin. Pharmacother.* 2009, 10 (16), pp. 2609-2623.
 9. Mokdad A. H., Forouzanfar M. H., Daoud F. Health in times of uncertainty in the eastern Mediterranean region, 1990-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet Glob. Health.* 2016, 4 (10), pp. e704-713.
 10. Mukand J. A. Pediatric Rehabilitation Medicine (PRM): An Integrative Approach to Identifying and Treating Congenital and Childhood Disabilities. *R. I. Med. J.* 2017, 100 (11), p. 16.
- Контактная информация:**
 Кочорова Лариса Валерьяновна — доктор медицинских наук, профессор кафедры общественного здоровья и здравоохранения с курсом экономики и управления здравоохранением ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова»
 Адрес: 197022, г. Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8
 E-mail: lerhe90@mail.ru

УДК 616.89

DOI: 10.33396/1728-0869-2019-5-60-64

ОРГАНИЗАЦИЯ ЛЕЧЕБНО-РЕАБИЛИТАЦИОННОЙ ПОМОЩИ КОМБАТАНТАМ С ПОГРАНИЧНЫМИ ПСИХИЧЕСКИМИ РАССТРОЙСТВАМИ

© 2019 г. ¹А. Г. Соловьев, ²Е. Г. Ичитовкина, ³М. В. Злоказова,
³Н. Е. Давыдова, ⁴В. И. Евдокимов

¹ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Архангельск; ²ФГКУ ДПО «Всероссийский институт повышения квалификации сотрудников МВД России», г. Домодедово Московской обл.; ³ФГБОУ ВО «Кировский государственный медицинский университет», г. Киров; ⁴ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никифорова» МЧС России, г. Санкт-Петербург

Цель исследования – определение этапов оказания лечебно-реабилитационной помощи комбатантам Министерства внутренних дел (МВД) с пограничными психическими расстройствами (ППР). *Методы*. Сплошному анализу подвергнуты 653 протокола Центра психофизиологической диагностики Медико-санитарной части (МСЧ) МВД России по Кировской области, содержащие катamnестические сведения о психическом здоровье 653 комбатантов, через четыре года после исполнения оперативно-служебных задач в особых условиях. Выделено две группы: первая (338 человек) – психически здоровые комбатанты, которым медико-психологическая поддержка не оказывалась; вторая (315 человек) – комбатанты с выявленными после участия в боевых действиях ППР, которые проходили комплексное лечение. Для статистической обработки результатов исследования применялись методы вариационной статистики, вычисление среднего значения, доверительных интервалов, определение вероятности ошибки; критический уровень статистической значимости $p \leq 0,05$. *Результаты* исследования показали, что предложенная система реабилитации участников боевых действий с бригадным полипрофессиональным подходом в условиях ведомственного общесоматического учреждения здравоохранения позволяет восстановить оптимальный уровень социального функционирования в мирных условиях жизни. *Вывод*. Определены этапы проведения терапии и реабилитации комбатантов с ППР. В рамках реформирования психиатрической службы в системе МВД России предложено создание подразделений по охране психического здоровья в ведомственных региональных МСЧ с внедрением полипрофессиональной терапии и реабилитации комбатантов с ППР с последующей ресоциализацией при участии кадровых, воспитательных и ветеранских организаций МВД.

Ключевые слова: комбатанты, пограничные психические расстройства, этапы организации лечебно-реабилитационной помощи

ORGANIZATION OF TREATMENT AND REHABILITATION FOR COMBATANTS WITH BORDERLINE MENTAL DISORDERS

¹A. Soloviev, ²E. Ichitovkina, ³M. Zlokazova, ³N. Davydova, ⁴V. Evdokimov

¹Northern State Medical University, Arkhangelsk; ²Institute of Employees Advanced Training, Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Domodedovo, Moscow region; ³Kirov State Medical University, Kirov;
⁴A. Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia, Saint Petersburg, Russia

The aim of the study was to determine the stages of treatment and rehabilitation for combatants of the Ministry of Internal Affairs (MIA) having borderline mental disorders (CPD). *Methods*. Data from 653 case histories of combatants who attended the center for psychophysiological diagnostics of the medical and sanitary department of MIA in the Kirov region were obtained. Follow-up information on mental health four years after the execution of operational and service tasks under special conditions was analysed in two groups. The first group consisted of 338 mentally healthy combatants who received no medical or psychological support. The second group consisted of 315 individuals with CPD and who received treatment. Means and confidence intervals were calculated for continuous variables. Critical level of statistical significance was 0.05. *Results*. The proposed system with a multi-professional approach to the rehabilitation of combatants in the context of a departmental, general health care institution allows the optimal level of restoring of social functioning in a peaceful environment. *Conclusion*. We propose to establish special units for mental health in regional health facilities of the MIA health system with the introduction of multiprofessional therapy and medical rehabilitation of combatants with CPD followed by social rehabilitation with participation of educational and veteran organizations of MIA.

Key words: combatants, borderline mental disorders, stages of organization of medical and rehabilitation care

Библиографическая ссылка:

Соловьев А. Г., Ичитовкина Е. Г., Злоказова М. В., Давыдова Н. Е., Евдокимов В. И. Организация лечебно-реабилитационной помощи комбатантам с пограничными психическими расстройствами // Экология человека. 2019. № 5. С.

Soloviev A., Ichitovkina E., Zlokazova M., Davydova N., Evdokimov V. Organization of Treatment and Rehabilitation for Combatants with Borderline Mental Disorders. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 5, pp.

Нестабильность политической обстановки в мире диктует необходимость совершенствования подходов к лечению и реабилитации участников выполнения служебно-боевых задач [3]. Реабилитация комбатантов рассматривается как межведомственный комплекс последовательно проводимых мероприятий медицинско-

го, социального, психологического, педагогического характера, направленный на восстановление личности до уровня ее социальной активности в мирной жизни и снижение негативных психосоциальных последствий в обществе [13, 14]. Проведение терапии и реабилитационных мероприятий комбатантам является

сложной проблемой, требующей совершенствования организационных подходов и разработки программ с участием различных специалистов, занимающихся охраной психического здоровья [2, 11].

До недавнего времени нормативно-правовые акты, регулирующие систему организации лечебно-реабилитационной помощи комбатантам с пограничными психическими расстройствами (ППР) в Министерстве внутренних дел (МВД) России были недостаточно систематизированы [7, 9]. Формальность подходов к организации реабилитации приводила к формированию более глубоких нарушений психического здоровья с развитием выраженных социальных проблем, химической зависимости, нарастанию социального напряжения [6]. Важным стратегическим просчетом проведения ведомственной медико-психологической реабилитации являлось то, что не был определен фундамент, на котором должна выстраиваться служба [12].

Обоснование необходимости реорганизации ведомственной службы охраны психического здоровья требует не только детальной проработки и поддержки государства [5], но и перманентной медико-тактической характеристики чрезвычайных ситуаций, последовательной подготовки и профессионализма исполнителей в рамках бригадных методов работы — врачей-психиатров, психотерапевтов и клинических психологов [1, 10] с необходимостью систематизации этапности проведения соответствующих мероприятий.

Целью настоящего исследования явилось определение этапов оказания лечебно-реабилитационной помощи комбатантам МВД с пограничными психическими расстройствами.

Методы

Проведено катamnестическое исследование 653 комбатантов МВД России в Центре психофизиологической диагностики Медико-санитарной части (МСЧ) МВД через четыре года после исполнения оперативно-служебных задач в особых условиях. Выделено две группы: первую составили 338 психически здоровых комбатантов, которым медико-психологическая помощь не оказывалась; вторую — 315 комбатантов с выявленными после участия в боевых действиях ППР, которые проходили комплексное лечение и реабилитацию. Для статистической обработки результатов исследования применялась программа SPSS 22.0. Использовались методы вариационной статистики, вычисление среднего значения, доверительных интервалов, определение вероятности ошибки. Критический уровень статистической значимости $p \leq 0,05$.

Результаты

Психическое здоровье комбатантов второй группы, получавших терапию и реабилитацию в связи с ППР, через четыре года после командировки характеризовалось наличием остаточной симптоматики в форме ограниченности межличностной коммуникативности, ангедонии, периодически возникающих аффективных

реакций в быту в форме спонтанных проявлений недовольства, гнева.

В обследованных группах комбатантов примерно с одинаковой частотой встречались отрицательные мотивы увольнения, в том числе дисциплинарные нарушения, проступки, порочащие честь сотрудников органов внутренних дел (ОВД), управление автомобилем в состоянии опьянения, неисполнение служебных обязанностей. Они были вспыльчивы, конфликтны с сослуживцами и командирами, совершали противоправные действия (хулиганство в алкогольном опьянении, намеренное причинение телесных повреждений, автоаварии по вине сотрудника) (рис. 1). Из числа уволенных чаще трудоустраивались в охранные агентства комбатанты второй группы, чем первой.

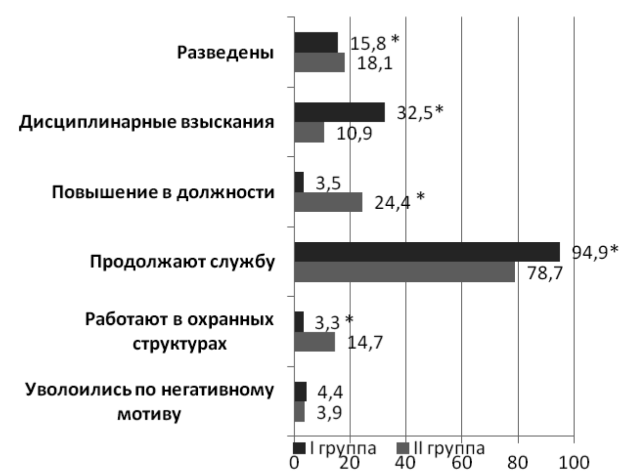


Рис. 1. Социальные показатели адаптации комбатантов МВД через четыре года после служебных командировок, %

Примечание. Статистическая значимость различий рассчитывалась с помощью Хи-квадрат Пирсона с поправкой Бонферрони, * — $p \leq 0,05$.

У лиц первой группы, продолживших службу, социальная адаптация характеризовалась негативной направленностью с частым нарушением служебной дисциплины, противоправными действиями, проблемами в семье. Анализ катamnеза свидетельствовал о более успешной социальной адаптации лиц второй группы, получавших терапию в связи с наличием ППР в анамнезе, в том числе на службе — они зачислялись в кадровый резерв руководящего состава и чаще назначались на вышестоящие должности, а также в семье — имели меньше разводов.

Осуществление терапии и реабилитации комбатантов с ППР существенно сложнее, чем гражданских лиц, из-за наличия «комбатантной акцентуации», в структуре которой имеет место вспыльчивость, раздражительность, дискommункативность, недоверие к врачам и психологам. При проведении им лечебных мероприятий следует учитывать данные особенности пациентов, которые часто приводят к конфликтам и отказу от терапии [3].

Эмпатические, доверительные отношения между пациентом и персоналом являются важным фактором терапии, необходимым для повышения эффектив-



Рис. 2. Основные принципы реабилитации комбатантов Министерства внутренних дел с пограничными психическими расстройствами

ности проводимого лечения [4]. Основные принципы реабилитации комбатантов с ППР представлены на рис. 2.

Обсуждение результатов

Анализ полученных результатов позволил выделить пять этапов оказания лечебно-реабилитационной помощи комбатантам с ППР с применением клинических и патопсихологических методов (рис. 3).

На первом – госпитальном этапе после установления нозологической структуры расстройства наряду с психофармакотерапией применялась психотерапия с использованием краткосрочных симптоматических методов. Предпочтение отдавалось индивидуальным формам психотерапии, так как применение групповых форм работы в стадии острой клинической симптоматики могло вызывать выраженные протестные реакции в виде эксплозивных вспышек и диссоциативных симптомов.

На втором этапе после оценки динамики состояния проводилась коррекция психофармакологического лечения, психотерапия, направленная на дезактуализацию травматического события. Медицинскими психологами применялись психокоррекционные

мероприятия для минимизации проявлений дезадаптирующих состояний.

На третьем – амбулаторно-поликлиническом этапе проводилась комплексная терапия с мониторингом психического здоровья, применялись психотерапевтические методы и психокоррекция, направленные на восстановление чувства целостности личности, обучение контролю над своими эмоциями, восстановление разрушенных социально-позитивных установок.

На четвертом – санаторно-курортном этапе комбатанты направлялись на лечение в ведомственные учреждения, где комплексное восстановительное лечение было сконцентрировано на формировании установок на здоровый образ жизни, физическую активность, правильное питание, отказ от злоупотребления алкоголем. Проводилась психотерапия, нацеленная на восстановление межличностных коммуникаций, нормализацию социального функционирования в мирной жизни.

На пятом этапе осуществлялся мониторинг психического здоровья комбатантов, проводились социальные реабилитационные мероприятия с участием социальных психологов кадровых и воспитательных



Рис. 3. Этапы проведения терапии и реабилитации комбатантам Министерства внутренних дел с пограничными психическими расстройствами

подразделений МВД России и членов ветеранских организаций.

Заключение. Предложенная система реабилитации комбатантов с бригадным полипрофессиональным подходом в условиях ведомственного общесоциального учреждения здравоохранения позволяет восстановить оптимальный уровень социального функционирования в мирных условиях. В рамках реформирования психиатрической службы в системе МВД России целесообразно создавать подразделения по охране психического здоровья в ведомственных региональных МСЧ МВД, внедрять полипрофессиональную терапию и реабилитацию комбатантов с ППР с последующей ресоциализацией с участием кадровых, воспитательных и ветеранских организаций МВД.

Авторство

Соловьев А. Г. участвовал в анализе данных, разработке концепции исследования, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись; Ичитовкина Е. Г. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования; Злоказова М. В. внесла существенный вклад в получение и анализ данных; Давыдова Н. Е. подготовила первый вариант статьи; Евдокимов В. И. внес существенный вклад в анализ и интерпретацию данных

Соловьев Андрей Горгоньевич — SPIN 2952-0619; ORCID 0000-0002-0350-1359

Ичитовкина Елена Геннадьевна — SPIN 4333-0282; ORCID 0000-0001-8876-6690

Злоказова Марина Владимировна — SPIN 8954-4813; ORCID 0000-0001-6994-0613

Давыдова Наталья Евгеньевна — ORCID 0000-0002-5497-0040.

Евдокимов Владимир Иванович — SPIN 1692-4593

Список литературы

1. Барачевский Ю. Е., Сидоров П. И., Соловьев А. Г. Медицина катастроф. Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2007. 176 с.
2. Ичитовкина Е. Г., Злоказова М. В., Соловьев А. Г. Влияние личностных и психосоциальных характеристик на развитие пограничных психических расстройств у комбатантов Министерства внутренних дел // Вестник психотерапии. 2011. № 37 (42). С. 56–68.
3. Ичитовкина Е. Г., Злоказова М. В., Соловьев А. Г. Системный мониторинг психического здоровья комбатантов-сотрудников полиции. Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2017. 205 с.
4. Козлов А. А., Огарь Д. В., Ролик А. И., Носс И. К., Калягин Ю. С., Григорьев И. В. Медико-психологическое и психофизиологическое обеспечение оперативно-служебной деятельности сотрудников правоохранительной деятельности. М.: ЗАО «Лит», 2006. 252 с.
5. Концепция развития психиатрической службы МВД России: Письмо ДТ МВД России 10.04.2018 № 29/ЦЧ/9-2098. М., 2018. 12 с.
6. Корехова М. В., Соловьев А. Г., Новикова И. А. Профилактика психологической дезадаптации у сотрудников органов внутренних дел // Психопедагогика в правоохранительных органах. 2012. № 1 (48). С. 66–71.
7. О проведении медико-психологической реабилитации сотрудников органов внутренних дел: Приказ МВД России от 10.01.2012 № 5. М., 2012.

8. Рыбников О. Н., Палецкая С. Н. Расстройства адаптации отдаленного периода у комбатантов // Медицинский вестник МВД. 2004. № 4 (11). С. 39–43.

9. Солдаткин В. А., Сукиасян С. Г., Галкин К. Ю. Посттравматическое стрессовое расстройство: кто на прицеле? // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2014. Т. 20. С. 511–515. URL: <http://e-koncept.ru/2014/54366.htm> (дата обращения: 18.08.2018).

10. Соловьев А. Г., Ичитовкина Е. Г., Злоказова М. В. Анализ катамнеза комбатантов-пенсионеров Министерства внутренних дел с психическими расстройствами // Успехи геронтологии. 2016. Т. 29, № 5. С. 836–838.

11. Соловьев А. Г., Шутова А. А., Злоказова М. В., Ичитовкина Е. Г. Динамика формирования психических расстройств у комбатантов-пенсионеров Министерства внутренних дел // Успехи геронтологии. 2017. Т. 30, № 6. С. 912–916.

12. Шевцова О. А., Коханов В. П. Особенности начальных изменений состояния психического здоровья у военнослужащих спецслужб России // Медицина катастроф. 2010. № 1. С. 30–33.

13. Фисун А. Я., Шамрей В. К., Марченко А. А., Синенченко А. Г., Пастушенков А. В. Пути профилактики аддитивных расстройств в войсках // Военно-медицинский журнал. 2013. № 9. С. 4–10.

14. Юрковский О. И., Замотаев Ю. Н. Комплексная система реабилитации больных с постстрессовыми расстройствами. М.: Медицина, 2006. 233 с.

References

1. Barachevskii Yu. E., Sidorov P. I., Soloviev A. G. *Meditsina katastrof* [Emergency Medicine]. Arkhangelsk, 2007, 176 p.
2. Ichtovkina E. G., Zlokazova M. V., Soloviev A. G. Influence of personal and psychosocial characteristics on the development of borderline mental disorders among combatants of the Ministry of Internal Affairs. *Vestnik psikhoterapii* [Bulletin of psychotherapy]. 2011, 37 (42), pp. 56-68. [In Russian]
3. Ichtovkina E. G., Zlokazova M. V., Soloviev A. G. *Sistemnyi monitoring psikhicheskogo zdorov'ya kombatantov-sotrudnikov politzii* [System monitoring of the mental health of combatants police officers]. Arkhangelsk, 2017, 205 p.
4. Kozlov A. A., Ogar' D. V., Rolik A. I., Noss I. K., Kalyagin Yu. S., Grigor'ev I. V. *Mediko-psikhologicheskoe i psikhofiziologicheskoe obespechenie operativno-sluzhebnoi deyatel'nosti sotrudnikov pravookhranitel'noi deyatel'nosti* [Medical, psychological and psycho-physiological support of operational and service activities of law enforcement officers]. Moscow, Lit Publ., 2006, 252 p.
5. *Kontseptsiya razvitiya psikhiatricheskoi sluzhby MVD Rossii* [The concept of development of the psychiatric service of the Ministry of Internal Affairs of Russia]. Pis'mo DT MVD Rossii 10.04.2018 N 29/CCH/9-2098. Moscow, 2018, 12 p.
6. Korekhova M. V., Soloviev A. G., Novikova I. A. Prevention of psychological maladaptation among ATS employees. *Psikhopedagogika v pravookhranitel'nykh organakh* [Psychopedagogy in law enforcement]. 2012, 1 (48), pp. 66-71. [In Russian]
7. *O provedenii mediko-psikhologicheskoi reabilitatsii sotrudnikov organov vnutrennikh del. Prikaz MVD Rossii ot 10.01.2012 N 5* [On conducting medical and psychological rehabilitation of employees of internal affairs bodies]. Order of the Ministry of Internal Affairs of Russia dated January 10, 2012 N 5. Moscow, 2012.

8. Rybnikov O. N., Paletskaya S. N. Distant adaptation disorders of the remote period in combatants. *Meditinskii vestnik MVD* [Medical Bulletin of the Ministry of Internal Affairs]. 2004, 4 (11), pp. 39-43. [In Russian]
9. Soldatkin V. A., Sukiasyan K. Yu., Galkin S. G. Post-traumatic stress disorder: who is on target? *Nauchno-metodicheskii ehlektronnyi zhurnal «Kontsept»* [Scientific-methodical electronic journal "Concept"]. 2014, 20, pp. 511-515. Available from: <http://e-koncept.ru/2014/54366.htm> (accessed: 18.08.2018).
10. Soloviev A. G., Ichitovkina E. G., Zlokazova M. V. Analysis of the follow-up of combatants - pensioners of the Ministry of the Interior with mental disorders. *Uspekhi gerontologii* [Advances in Gerontology]. 2016, 29 (5), pp. 836-838. [In Russian]
11. Soloviev A. G., Shutova A. A., Zlokazova M. V., Ichitovkina E. G. The dynamics of the formation of mental disorders in combatants retired by the Ministry of the Interior. *Uspekhi gerontologii* [Advances in Gerontology]. 2017, 30 (6), pp. 912-916. [In Russian]
12. Shevtsova O. A., Kohanov V. P. Peculiarities of the initial changes in the state of mental health of servicemen of the Russian special services. *Meditcina katastrof* [Disaster Medicine]. 2010, 1, pp. 30-33. [In Russian]
13. Fisun A. Ya., Shamrei V. K., Marchenko A. A., Sinenchenko A. G., Pastushenkov A. V. Ways to prevent addictive disorders in the army. *Voенно-meditinskii zhurnal* [Military Medical Journal]. 2013, 334 (9), pp. 4-10. [In Russian]
14. Yurkovskii O. I., Zamotaev Yu. N. *Kompleksnaya sistema rehabilitatsii bol'nykh s poststressovymi rasstroistvami* [A comprehensive system for the rehabilitation of patients with post-stress disorders]. Moscow, Medicina Publ., 2006, 233 p.

Контактная информация:

Соловьев Андрей Горгоньевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой психиатрии и клинической психологии ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Адрес: 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51
E-mail: ASoloviev@nsmu.ru