ФЕДЕРАЛЬНОЕ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-25124 от 27 июля 2006 г.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

123182, Москва,
Волоколамское шоссе, д. 30, стр. 1.

Телефон: +7 915 205 95 44

E-mail: mesmag2018@mail.ru

Официальный сайт журнала:
www.j-mes.ru

Зав. редакцией
Валентина Ивановна Легонькова

Переводчик *Л.Д. Шакина*

Обработка графического метериала, вёрстка, техническое редактирование *С.М. Мешкорудникова*

По вопросам подписки обращаться в редакцию.

Подписка через интернет-каталоги:
www.akc.ru
www.pressa-rf.ru
www.press-med.ru

Подписной индекс в каталоге «Пресса России»: 45101

Подписка на электронную версию журнала на сайтах
«Научной электронной библиотеки»:
www.elibrary.ru
Национальном цифровом ресурсе:
www.rucont.ru

Сдано в набор 06.03.2020.
Подписано в печать 15.05.2020.
Формат 60 × 88⅛. Печать офсетная.
Печ. л. 17,5. Усл. печ. л. 17,15.
Уч.-изд. л. 17,75. Тираж 500 экз.
Заказ 2191.

ISSN 2306-6326
Медицина экстремальных ситуаций. 2020; 22(1). С. 1–140.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Ответственность за достоверность информации, содержащейся в рекламных материалах, несут рекламодатели.

Отпечатано в типографии
ООО «Полиграфическая компания "ЭксПресс"»

Медицина экстремальных ситуаций

Научно-практический рецензируемый журнал

Выходит 4 раза в год

Издаётся с 1999 года

Главный редактор В.И. СКВОРЦОВА
доктор медицинских наук, профессор,
член-корреспондент РАН,
заслуженный деятель науки Российской Федерации

Том 22 • № 1 • 2020

Журнал включён в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук и доктора наук по специальностям:
14.01.00 «Клиническая медицина»: 14.01.14 «Стоматология; 14.02.04 «Хирургия».
14.02.00 «Профилактическая медицина»: 14.02.01 «Гигиена»; 14.02.04 «Медицина труда».
14.03.00 «Медико-биологические науки»: 14.03.03 «Патологическая физиология»; 14.03.04 «Токсикология»; 14.03.06 «Фармакология, клиническая фармакология»; 14.03.08 «Авиационная, космическая и морская медицина»; 14.03.10 «Клиническая лабораторная диагностика»; 14.03.11 «Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия».

МОСКВА, 2020

FEDERAL
MEDICAL-BIOLOGICAL
AGENCY

Medicine of Extreme Situations

Bimonthly Journal

Since 1999

ADDRESS MANUSCRIPTS TO:

Volokolamsk highway, 30/1,
Moscow, 123182, Russian Federation

Phone: +7 915 205 95 44

E-mail: mesmag2018@mail.ru

Editor-in-Chief V.I. SKVORTSOVA,
MD, PhD,DSc, Prof.,
Correspoding Member of Russian Academy of Sciences,
Honoured master of sciences of the Russian Federation

www.j-mes.ru

Volume 22 • N 1 • 2020

ISSN 2306-6326
Medicine of Extreme Situations.
2020; 22(1). C. 1–140.

MOSCOW, 2020

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Главный редактор В.И. СКВОРЦОВА, д.м.н., профессор, член-корр. РАН (Москва)

Заместитель главного редактора, председатель редакционного совета
И.А. БЕРЗИН, д.м.н., профессор (Москва)

Заместитель председателя редакционного совета И.Б. УШАКОВ,
д.м.н., профессор, академик РАН (Москва)

Научный редактор В.Н. КОМАРЕВЦЕВ, д.м.н., профессор (Москва)

В.К. АГАПОВ, д.м.н, профессор (Москва)
А.В. АКЛЕЕВ, д.м.н., профессор (Челябинск)
В.М. БАРАНОВ, д.м.н., профессор, академик РАН (Москва)
АНДРЕС БУК, профессор (Германия, Вюрцбург)
А.Ю. БУШМАНОВ, д.м.н., профессор (Москва)
В.М. ГОВОРУН, д.м.н., профессор, академик РАН (Москва)
Н.А. ДАЙХЕС, д.м.н., профессор, член-корр. РАН (Москва)
Л.А. ИЛЬИН, д.м.н., профессор, академик РАН (Москва)
Ю.В. ЛОБЗИН, д.м.н. ,профессор, академик РАН (Санкт-Петербург)
ЖИЛЬБЕР МАССАР, профессор (Франция, Страсбург)
Ю.В. МИРОШНИКОВА, д.м.н. (Москва)
И.Г. МОСЯГИН, д.м.н., профессор (Санкт-Петербург)
Я.А. НАКАТИС, д.м.н, профессор (Санкт-Петербург)
В.Р. РЕМБОВСКИЙ, д.м.н., профессор (Санкт-Петербург)
В.А. РОГОЖНИКОВ, д.м.н., профессор (Москва)
В.В. РОМАНОВ (Москва)
А.С. САМОЙЛОВ, д.м.н., профессор, член-корр. РАН (Москва)
В.И. СЕРГИЕНКО, д.м.н., профессор, академик РАН (Москва)
А.В. ТРОИЦКИЙ, д.м.н, профессор (Москва)
Р.М. ХАИТОВ, д.м.н., профессор, академик РАН (Москва)
А.В. ЧЕЧЕТКИН, д.м.н., профессор (Санкт-Петербург)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А.В. БОГОМОЛОВ, д.т.н., профессор (Москва)
С.В. ДУДАРЕНКО, д.м.н, доцент (Санкт-Петербург)
Н.В. ЕФИМЕНКО, д.м.н., профессор (Пятигорск)
Н.И. ИЛЬИНА, д.м.н., профессор (Москва)
Е.В. КАЗАКЕВИЧ, д.м.н., профессор (Архангельск)
В.П. КАТУНЦЕВ, д.м.н., профессор (Москва)
И.В. КРУГЛОВА (Москва)
А.И. МАРТЫНОВ, к.м.н. (Москва)
В.Н. ОЛЕСОВА, д.м.н., профессор (Москва)
И.В. ПАРАМОНОВ, к.м.н. (Москва)
А.Н. ПЕТРОВ, д.м.н., профессор (Санкт-Петербург)
А.С. РАДИЛОВ, д.м.н., профессор (Санкт-Петербург)
С.В. РОМАНОВ, д.м.н., профессор (Н. Новгород)
С.Ю. СЕМЕНОВ, к.ф.-м.н (Москва)
А.С. СИМБИРЦЕВ, д.м.н., профессор, член-корр. РАН (Санкт-Петербург)
С.А. СОТНИЧЕНКО, д.м.н. (Владивосток)
Р.М. ТАХАУОВ, д.м.н, профессор (Северск)
Б.Н. ФИЛАТОВ, д.м.н., профессор (Волгоград)
М.Р. ХАИТОВ, д.м.н., профессор, член-корр. РАН (Москва)
Е.Н. ХРАМОВ, д.т.н., профессор (Москва)
Н.К. ШАНДАЛА, д.м.н. профессор (Москва)

EDITORIAL COUNCIL:

Editor-in-Chief V.I. SKVORTSOVA, MD, PhD, DSc, Prof., Correspoding Member of Russian Academy of Sciences (Moscow)

Assistant Editor-in-Chief, Chairman of the Editorial Advisory Board
I.A. BERZIN, MD, PhD, DSc, Prof. (Moscow)

Deputy Chairman of the Editorial Advisory Board I.B. USHAKOV, MD, PhD, DSc, Prof, Academician of Russian Academy of Sciences (Moscow)

Scientific Editor V.N. KOMAREVTSEV, MD, PhD, DSc, Prof. (Moscow)

V.K. AGAPOV, MD,PhD, DSci, Prof. (Moscow)
A.V. AKLEYEV, MD,PhD, DSci, Prof.(Chelyabinsk)
V.M. BARANOV, MD, PhD, DSci, Prof., Academician of Russian Academy of Sciences (Moscow)
ANDRES BUK, Prof. (Germany, Würzburg)
A.Yu. BUSHMANOV, MD, PhD, DSci, Prof. (Moscow)
V.M. GOVORUN, MD, PhD, DSci, Prof., Academician of Russian Academy of Sciences (Moscow)
N.A. DAYKHES, MD, PhD, DSci, Prof., Correspoding Member of Russian Academy of Sciences (Moscow)
L.A. IL'IN, MD, PhD, DSci, Prof., Academician of Russian Academy of Sciences (Moscow)
YU.V. LOBZIN, MD, PhD, DSci, Prof., Academician of Russian Academy of Sciences (Sankt-Petersburg)
GIL'BERT MASSARD, Prof. (France, Strasbourg)
Yu.V. MIROSHNIKOVA, MD,PhD, DSci (Moscow)
I.G. MOSYAGIN, MD, PhD, DSci, Prof. (Sankt-Petersburg)
Ya.A. NAKATIS, MD, PhD, DSci, Prof. (Sankt-Petersburg)
V.R. REMBOVSKIY, MD, PhD, DSci, Prof. (Sankt-Petersburg)
V.A. ROGOZHNIKOV, MD, PhD, DSci, Prof. (Moscow)
V.V. ROMANOV (Moscow)
A.S. SAMOYLOV, MD, PhD, DSci, Prof., Correspoding Member of Russian Academy of Sciences (Moscow)
V.I. SERGIENKO, MD, PhD, DSci, Prof., Academician of Russian Academy of Sciences (Moscow)
A.V. TROITSKIY, MD, PhD, DSci, Prof. (Moscow)
R.M. KHAITOV, MD, PhD, DSci, Prof., Academician of Russian Academy of Sciences (Moscow)
A.V. CHECHETKIN, MD, PhD, DSci, Prof. (Sankt-Petersburg)

EDITORIAL BOARD:

A.B. BOGOMOLOV, MD, PhD, DSci, Prof. (Moscow)
S.V. DUDARENKO, MD, PhD, DSci (Sankt-Petersburg)
N.V. EFIMENKO, MD, PhD, DSci, Prof. (Pyatigorsk)
N.I. IL'INA, MD, PhD, DSci, Prof. (Moscow)
E.V. KAZAKEVICH, MD, PhD, DSci, Prof. (Arkhangel'sk)
V.P. KATUNTSEV, MD, PhD, DSci, Prof. (Moscow)
I.V. KRUGLOVA (Moscow)
A.I. MARTYNOV, MD, PhD (Moscow)
V.N. OLESOVA, MD, PhD, DSci, Prof. (Moscow)
I.V. PARAMONOV, MD, PhD (Moscow)
A.N. PETROV, MD, PhD, DSci, Prof. (Sankt-Petersburg)
A.S. RADILOV, MD, PhD, DSci, Prof. (Sankt-Petersburg)
S.V. ROMANOV, MD, PhD, DSci, Prof. (Nizhniy Novgorod)
S.YU. SEMENOV, MD, PhD (Moscow)
A.S. SIMBIRTSEV, MD, PhD, DSci, Prof., Correspoding Member of Russian Academy of Sciences (Sankt-Petersburg)
S.A. SOTNICHENKO, MD, PhD, DSci (Vladivostok)
R.M. TAKHAUOV, MD, PhD, DSci, Prof. (Seversk)
B.N. FILATOV, MD, PhD, DSci, Prof. (Volgograd)
M.R. KHAITOV, MD, PhD, DSci, Prof., Correspoding Member of Russian Academy of Sciences (Moscow)
E.N. KHRAMOV, MD, PhD, DSci, Prof. (Moscow)
N.K. SHANDALA, MD, PhD, DSci, Prof.(Moscow)

Уважаемые коллеги!

Рада приветствовать вас в качестве руководителя Федерального медико-биологического агентства и нового главного редактора журнала «Медицина экстремальных ситуаций». Для меня большая честь возглавить одно из важнейших ведомств в Российском здравоохранении и печатное издание, которое вносит ощутимый вклад в развитие российской медицинской науки и практики. Выражаю уверенность в том, что общими усилиями мы достигнем новых профессиональных, научных и творческих успехов в нашей многотрудной повседневной деятельности!

2020 год начался очень тревожно – мир захлестнула пандемия новой коронавирусной инфекции COVID-19. Нашу страну, к сожалению, высокая заболеваемость COVID-19 стороной не обошла.

На борьбу с новым типом коронавирусной инфекции направлены все силы и резервы российского здравоохранения. Сотрудники ФМБА России, как и должно, находятся на самых ответственных направлениях этой борьбы. Федеральные центры, многие медсанчасти и больницы Агентства перепрофилированы на прием и лечение больных COVID-19 и блестяще с этим справляются.

Кроме того, наши специалисты совершенствуют и проводят успешные клинические испытания обновленных технологий лечения смертельно опасного заболевания и лекарственных средств, способных бороться с коронавирусом SARS-CoV-2. К числу наиболее приоритетных направлений научной деятельности сотрудников ФМБА России несомненно относится разработка новых типов противовирусных препаратов, а создаваемая вакцина против коронавирусной инфенкции по оценке экспертов Всемирной организации здравоохранения входит в перечень перспективных вакцин на мировом уровне. Медицинские работники Агентства обеспечивают санитарно-эпидемиологическую безопасность на стратегических предприятиях страны, в ЗАТО, на всех подведомственных территориях. Общими усилиями удалось не только сдержать стремительный рост числа заболевших COVID-19, но и взять его под контроль.

2020 год войдет в историю нашей страны как год 75-летия Победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. Помня об этом и отдавая дань уважения Героям – победителям, мы не должны забывать, что этот год останется в памяти и как год беспощадной борьбы с опаснейшей пандемией COVID-19. Мы обязаны воздать должное новым героям: ученым, врачам, медицинским сестрам, всем медицинским работникам, взявшим на свои плечи тяжесть войны с коронавирусом и положившим на алтарь борьбы за здоровье людей все свои знания, силы, а иногда и жизнь. В том, что мы с пандемией справимся, сомнений ни у кого не должно быть!

Хочу поблагодарить коллектив ФМБА России и журнала «Медицина экстремальных ситуаций» за выполняемую работу. Желаю вам и вашим близким крепкого здоровья, благополучия, успехов в научной и клинической работе, реализации перспективных проектов и самых смелых замыслов!

Вероника Скворцова

СОДЕРЖАНИЕ

Колонка главного редактора. 5

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Соснина С.Ф., Окатенко П.В. Спектр неопухолевой патологии у потомков работниц производственного объединения «Маяк». 8

Симонова Т.М., Ефименко Н.В., Настюков В.В., Мкртчян А.М. Эффективность применения импульсного низкочастотного электростатического поля в реабилитации работников плавсостава с мочекаменной болезнью на Железноводском курорте. 21

Уйба В.В., Баранкин Б.В., Кабаев Е.М., Симонов К.В. Биомеханическая роботизированная механотерапия и ремоделирование в комплексной послеоперационной реабилитации травм плечевого сустава. 28

Казанцев А.Н., Сумцова Е.М., Шабаев А.Р., Бурков Н.Н. Чрескожное коронарное вмешательство, коронарное шунтирование, каротидная эндартерэктомия. Симультанная или поэтапная тактика – что лучше?. 39

ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Радилов А.С., Комбарова М.Ю., Павлова А.А., Горбунов А.Ю., Гуляев Д.В., Карманов Е.Ю. Содержание химических элементов в волосах населения, проживающего в г. Армянск (Республика Крым) в период чрезвычайной экологической ситуации. 49

Антонов В.А., Клаучек В.В., Крылова Н.В., Фролов А.С., Чарова Т.А., Тобольская-Поспелова М.М., Сазонова Н.Г., Кончин А.А., Белоусова Т.Н., Пак В.А. Оценка состояния окружающей среды и здоровья населения территории, прилегающей к химически опасному объекту испытательный полигон ПАО «Протон – пермские моторы». 61

Сигаев В.И., Воробьев А.В., Толчинский А.Д., Успенская С.Н., Звягина Е.В., Сурнова В.И., Жариков Г.А., Крайнова О.А. Оценка уровня бактериальной загрязненности воздуха рабочей зоны при проведении обработки стен зданий и почвенных площадок аэрозолем штаммов-деструкторов гептила и авиакеросина. 68

Семёнова О.Н., Иванов С.Е., Шашкова О.Б., Худякова О.М., Смирнова С.В. Содержание тяжёлых металлов и мышьяка в почве селитебной зоны ЗАТО Циолковский на начальном этапе эксплуатации космодрома «Восточный». 75

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Смоляков Ю.Н. Взаимосвязи показателей электроэнцефалограммы с вариабельностью сердечного ритма и гемодинамикой у медперсонала станции скорой медицинской помощи. 84

Лебедева М.А., Медведева Ю.С., Золотов Н.Н., Баранов М.В., Карганов М.Ю. Ранние эффекты действия моделированной микрогравитации на развитие к экспериментального инфаркта миокарда. 91

Торшин Г.С., Бумай О.К., Малинина С.В. Анализ нормативно-правовых документов в области морской и водолазной медицины. 104

Бумай О.К., Абакумов А.А., Турлаков Ю.С. Актуальные проблемы по созданию единой системы медицинского обеспечения судов в акватории северного морского пути. 109

Казакевич Е.В., Архиповский В.Л. Проблемы нормативно-правового регулирования лекарственного обеспечения морских и речных судов. 117

Малов А.М., Сибиряков В.К. Стандартные материалы состава биологических сред, содержащих токсичные металлы, теория и практика применения (аналитическя статья). 123

ИФОРМАЦИЯ, ХРОНИКА

ЮБИЛЕИ, ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

Самойлов А.С., Бушманов А.Ю., Грачев М.И., Саленко Ю.А., Фролов Г.П., Богданова Л.С., Метляев Е.Г., Теснов И.К. Аварийный медицинский радиационно- дозиметрический центр ФМБА России – 20 лет в готовности. 130

Владимир Романович Рембовский (к 75-летию со дня рождения). 137

Альберт Александрович Новицкий (к 85-летию со дня рождения). 139

CONTENTS

Editor-in-chief column. 5

CLINICAL MEDICINE

Sosnina S.F., Okatenko P.V. The spectrum of nonneoplastic pathology in offspring of female employees of the Mayak Production Association. 8

Simonova T.M., Efimenko N.V., Nastyukov V.V., Mkrtchyan A.M. Effectiveness of the use of the pulsed low-frequency electric field in the rehabilitation of fleet personnel with urolithiasis in Zheleznovodsk resort. 21

Uiba V.V., Barankin B.V., Kabaev E.M., Simonov K.V. Biomechanical robotic mechanotherapy and remodeling in integrated post-operative rehabilitation of injuries of the shoulder joint. 28

Kazantsev A.N., Sumtsova E.M., Shabaev A.R., Burkov N.N. Percutaneous coronary intervention, coronary artery bypass grafting, carotid endarterectomy. Simultaneous or phased tactics – which is better?. 39

PREVENTIVE MEDICINE

Radilov A.S., Kombarova M.Yu., Pavlova A.A., Gorbunov A.Yu., Gulyaev D.V., Karmanov E.Yu. Element content in hair of population living in the city of Armyansk (Crimea Republic) during the environmental emergency. 49

Antonov V.A., Klauchek V.V., Krylova N.V., Frolov A.S., Charova T.A., Tobolskaya-Pospelova M.M., Sazonova N.G., Konchin A.A., Belousova T.N., Pak V.A. Assessment of environment and population health status on the territory surrounding to chemically dangerous object the test zone PJSC «Proton – Perm motors». 61

Sigaev V.I., Vorobyov A.V., Tolchinsky A.D., Uspenskaya C.N., Zvyagina E.V., Surnova V.I., Zharikov G.A., Kraynova O.A. Evaluation the level of the bacterial contamination of the air working area while spray treatment of walls and soil platworms for strain destructors of heptyl and aviation kerosene. 68

Semenova O.N., Ivanov S.E., Shashkova O.B., Hudyakova O.M., Smirnova S.V. The contents of heavy metals in the soil of the residential area of the ctf tsiolkovsky at the initial stage of operation of the vostochny cosmodrome. 75

MEDICALBIOLOGICAL SCIENCES

Smolyakov Yu.N. The relationship of electroencephalogram indices with heart rate variability and hemodynamics in the medical staff of the ambulance station. 84

Lebedeva M.A., Medvedeva Yu.S., Zolotov N.N., Baranov M.V., Karganov M.Yu. The early effects of simulated microgravity on the development of experimental myocardial infarction. 91

Torshin G.S., Bumai O.K., Malinina S.V. The analysis of normative-legal documents in the field of marine and diving medicine. 104

Bumai O.K., Abakumov A.A., Turlakov Yu.S. Current problems in creating a unified system of medical support for vessels in the Northern sea route. 109

Kazakevich E.V., Arkhipovsky V.L. Problems of normative legal regulation of drug supply of sea and river vessels. . . 117

Malov A.M., Sibiryakov V.K. Standard materials for the composition of biological tissues containing toxic metals, theory, and practice of application (Analytical article). 123

CHRONICLE, INFORMATION

MEMORABLE DATE

Samoilov A.S., Bushmanov A.Yu., Grachev M.I., Salenko Yu.A., Frolov G.P., Bogdanova L.S., Metlyaev E.G., Tesnov I.K. Emergency medical radiation-dosimetric center of fmba of russia – 20 years in alertness. 130

Vladimir Romanovich Rembovskiy (on the 75th anniversary of his birth). 137

Al'bert Aleksandrovich Novitskiy(on the 85th anniversary of his birth). 139

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

© СОСНИНА С.Ф., ОКАТЕНКО П.В., 2020

Соснина С.Ф., Окатенко П.В.

СПЕКТР НЕОПУХОЛЕВОЙ ПАТОЛОГИИ У ПОТОМКОВ РАБОТНИЦ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ «МАЯК»

Федеральное государственное унитарное предприятие «Южно-Уральский институт биофизики» Федерального медико-биологического агентства, 456780, г. Озерск, Челябинская область

Введение. *Для гигиенического нормирования производственного облучения лиц репродуктивного возраста важна оценка опасности преконцептивного радиационного воздействия для последующих поколений.*

Цель исследования – *сравнительный анализ неопухолевой патологии у детей работниц производственного объединения «Маяк», подвергшихся преконцептивному внешнему гамма-облучению на производстве.*

Материал и методы*. Ретроспективное эпидемиологическое исследование проведено на основе когорты персонала производственного объединения (ПО) «Маяк» 1948–1982 гг. найма и Регистра здоровья детского населения г. Озёрска. Прослежена неопухолевая заболеваемость среди 10 581 ребёнка до 15-летнего возраста, из которых 1742 являлись потомками 1266 работниц ПО «Маяк», подвергшихся преконцептивному радиационному воздействию. В группу сравнения (n = 8839) вошли дети необлученных родителей. Приведен анализ дозиметрических характеристик внешнего гамма - и внутреннего альфа -(инкорпорированным плутонием-239) облучения родителей – работников ПО «Маяк». Рассчитаны интенсивные показатели детской заболеваемости по классам неопухолевой патологии. Статистический анализ проведен методами непараметрической статистики.*

Результаты. *Анализ индивидуальных доз матерей – работниц ПО «Маяк», показал широкий диапазон накопленных преконцептивных доз внешнего гамма-облучения гонад: 0,04–4048,5 мГр с медианой поглощенной дозы на яичник 167,4 мГр. У 1242 потомков имелись сведения о дозах внутриутробного облучения, варьирующих от 0,01 до 651,4 мГр со средней дозой 34,5 ± 60,1 мГр. Индивидуальный биофизический контроль прошли 678 (53,6%) человек – матерей-работниц ПО «Маяк», максимальная накопленная доза внутреннего альфа-облучения на гонады достигала 11,36 сГр со средним значением дозы 0,11 ± 0,59 сГр. Среди неопухолевой патологии потомков облученных матерей преобладали болезни органов дыхания, болезни кожи и подкожной клетчатки с высоким удельным весом аллергодерматозов, заболевания органов пищеварения с частой встречаемостью гастродуоденальной патологии и болезней гепатобилиарной системы. По сравнению с группой детей необлученных лиц отмечено статистически значимое превышение показателей заболеваемости хронической патологией нижних дыхательных путей, аллергодерматозами, болезнями верхних отделов пищеварительного тракта, патологией мышечного аппарата глаз. Существенное преобладание над группой детей интактных родителей получено для эндокринных заболеваний в целом, тиреоидной неопухолевой патологии со значимым вкладом подгруппы девочек-потомков облученных матерей; для болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани, и, в том числе, деформирующих дорсопатий; для болезней системы кровообращения за счет неревматической кардиопатологии. В группе потомков матерей, подвергшихся до зачатия радиационному воздействию на производстве, отмечена высокая частота полипатий.*

Заключение. *Выявленные различия не исключают особую роль преконцептивного облучения гонад в развитии неопухолевой патологии у потомков, что требует дальнейшего анализа. Изучение последствий родительского облучения для здоровья потомков необходимо для решения вопросов радиационной безопасности персонала объектов атомной промышленности и для медицинского мониторинга групп риска среди детского населения.*

Ключевые слова: *неопухолевая заболеваемость; дети; радиация; ПО «Маяк»; родительское облучение.*

Для цитирования: Соснина С.Ф., Окатенко П.В. Спектр неопухолевой патологии у потомков работниц производственного объединения «Маяк». *Медицина экстремальных ситуаций.* 2020; 22(1): 8-20.

Для корреспонденции: *Соснина Светлана Фаридовна*, канд.мед.наук, научный сотрудник ФГУП «Южно-Уральский институт биофизики» ФМБА России, лаборатория радиационной эпидемиологии, 456780, Озерск, Челябинская область. E-mail: sosnina@subi.su

Sosnina S.F., Okatenko P.V.

THE SPECTRUM OF NONNEOPLASTIC PATHOLOGY IN OFFSPRING OF FEMALE EMPLOYEES OF THE MAYAK PRODUCTION ASSOCIATION

Southern Urals Biophysics Institute of the FMBA of Russia, Ozyorsk, 456780, Russian Federation

Introduction. *Assessment of the hazard of preconception radiation exposure for future generations is essential for the development of hygienic standards of production exposure of individuals of reproductive age.*
Aim of the study. *A comparative analysis of the structure of nonneoplastic pathology in children of Mayak female workers occupationally exposed to gamma-radiation before conception.*
Material and methods. *A retrospective epidemiological study was performed based on a cohort of personnel of the Mayak Production Association (Mayak PA) employed in 1948-1982 and on Ozyorsk's children's health registry. Incidence of nonneoplastic pathology was traced among 10581 children under 15; 1742 of them were offspring of 1266 Mayak PA female workers exposed to preconception radiation. Children of unexposed parents (n = 8839) made the comparison group. Analysis of dosimetry characteristics of external gamma and internal alpha (due to incorporated Plutonium-239) exposure of the parents who were Mayak PA workers is presented. The incidence rate of children's morbidity by classes of nonneoplastic pathology was calculated. Statistical analysis was performed using nonparametric statistics.*
Results. *Analysis of individual doses of the mothers who were Mayak PA workers demonstrated a wide range of accumulated preconception doses of external gamma-exposure to the gonads: 0.04-4048.5 mGy with a median absorbed dose for the ovary equal to 167.4 mGy. Information on the doses of in utero exposure was available for 1242 offspring that varied from 0.01 to 651.4 mGy with average dose – 34.5 ± 60.1 mGy. 53.6% of the mothers working at Mayak PA (678 individuals) underwent individual biophysical monitoring, a maximum accumulated dose of internal gamma-exposure to the gonads reached 11.36 cGy with an average value of 0.11 ± 0.59 cGy. Diseases of the respiratory system, diseases of the skin and subcutaneous tissue with a high proportion of allergodermathosis, diseases of the digestive system with a high incidence of gastroduodenal disorders and diseases of hepatobiliary system prevailed in the structure of nonneoplastic pathologies of exposed mothers' offspring. Comparing to a group of offspring of unexposed parents one may note a statistically significant increase in the incidence rate of chronic pathology of the lower respiratory tract, allergodermathosis, diseases of the upper gastrointestinal tract, pathologies of eye muscular system. Significant predominance over a group of unexposed parents was registered for endocrine diseases as a whole including nonneoplastic thyroid pathology with a significant contribution of a subgroup of girls, daughters of exposed mothers; for diseases of the musculoskeletal system and connective tissue including deforming dorsopathies; for diseases of the circulatory system due to non-rheumatic heart diseases. A high incidence of polymorbidities was registered in a group of offspring of mothers exposed to radiation before conception.*
Conclusion. *The detected differences do not exclude a specific role of preconception exposure of gonads in the development of nonneoplastic pathology in offspring that requires further analysis. Research of the effects of parental exposure for the health of the offspring is essential for solving issues of radiation security of the personnel of atomic production facilities and medical monitoring of risk groups in the child population.*

Keywords: *nonneoplastic incidence; children; radiation; Mayak PA; parental exposure.*

For citation: Sosnina S.F., Okatenko P.V. The spectrum of nonneoplastic pathology in offspring of female employees of the Mayak Production Association. *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy (Medicine of Extreme Situations, Russian journal)* 2020; 22(1): 8-20. (In Russian)

For correspondence: *Svetlana F. Sosnina*, MD, Ph.D., Researcher, Radiation Epidemiology Laboratory, Southern Urals Biophysics Institute of Federal Medical-Biological Agency of Russia, Ozersk, 456780, Russian Federation. E-mail: sosnina@subi.su

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Acknowledgments. The research was performed in the framework of a state contract 11.305.19.0 under Scientific-Research subject "Health rates of Mayak PA workers and their children concerning radiogenic factors through risk assessment".

Received Juli 16, 2019
Accepted February 28, 2020

Введение

Последствия преконцептивного (до зачатия) радиационного воздействия для здоровья последующих поколений – актуальная тема различных исследований. В то время как канцерогенные риски у потомков в результате радиационного воздействия на родителей исследованы достаточно хорошо [1], неопухолевая патология среди потомков облученных лиц остается недостаточно изученным вопросом. Исследования среди потомков жертв атомной бомбардировки [2–4], детей пациентов, подвергшихся диагностическому и лечебному радиационному воздействию [5, 6], потомков профессионалов, контактирующих с ионизирующим излучением [7–10] не обнаружили прямых подтверждений наследственных радиационных эффектов среди людей. Исходя из современных представлений о мультифакториальных заболеваниях, среди множества причин не всегда возможно выделить и оценить роль фактора родительского облучения. Тем не менее, оценка неопухолевых эффектов у потомков облученных лиц остается предметом научного интереса.

Озёрск – закрытое административное территориальное образование (ЗАТО), градообразующим объектом которого является многопрофильное атомное производственное объединение «Маяк» (ПО «Маяк») – первое в стране предприятие ядерного цикла, функционирующее с 1948 г. В период освоения новой радиационно опасной технологии четверть всего персонала ПО «Маяк» составляли женщины репродуктивного возраста.

Цель работы – сравнительный анализ неопухолевой патологии у детей работниц ПО «Маяк», подвергшихся преконцептивному внешнему гамма-облучению на производстве.

Материал и методы

Ретроспективное эпидемиологическое исследование проведено на основе когорты персонала ПО «Маяк» [11] найма 1948–1982 гг., насчитывающей 25 757 работников основных (реакторное, радиохимическое, плутониевое производства) и вспомогательных (водоподготовка, ремонтно-механический) заводов и Регистра здоровья детского населения г. Озерска [12], к настоящему времени включающего медицинскую информацию на 20 992 ребёнка 1949–1972 гг. рождения, проживавших в ЗАТО.

Проведен анализ неопухолевой заболеваемости в выборке из 10 581 ребёнка до 15-летнего возраста из популяции детского населения ЗАТО: в основную группу вошли 1742 потомка (902 мальчика, 840 девочек) от 1266 работниц ПО «Маяк», подвергшихся внешнему гамма-облучению до зачатия ребёнка; группу сравнения составили 8839 детей (4428 мальчиков, 4411 девочек) необлученных родителей. Сопоставимость основной группы и группы сравнения была достигнута:

- одинаковым временны́м периодом рождения детей (1949–1972 гг.);
- одинаковым периодом наблюдения (1949–1987 гг.);
- обязательным проживанием в городе матери и ребенка и, следовательно, единым качеством медицинского обслуживания в ЗАТО.

Исключены из анализа класс I «Инфекционные и паразитарные болезни» (A00-B99) и класс II «Новообразования» (C00-D48) Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем десятого пересмотра (МКБ-10) [13]. Интенсивные показатели заболеваемости рассчитаны методами санитарной статистики на 1000 человек детского населения [14]. Для оценки среднего количества хронических заболеваний, выявленных у конкретного пациента, учитывалось только заболевание, возникшее впервые. Последующие уточнения, связанные с изменением формы заболевания или степени тяжести конкретной нозологической формы, во внимание не принимались и не подлежали повторному учету.

Сравнение частот в исследовании проведено при помощи критерия χ^2 и точного критерия Фишера, различия считали достоверными при $p < 0{,}05$. При парных сравнениях групп для преодоления проблемы множественных сравнений установлен уровень значимости $p < 0{,}01$. Дозиметрические характеристики внешнего гамма-облучения работниц предоставлены службой радиационной безопасности ПО «Маяк» из Дозиметрической системы работников Маяка-2008 [15].

Таблица 1

Характеристика накопленных преконцептивных доз радиационного воздействия у родителей и доз внутриутробного облучения потомков

Доза	Число облучённых лиц	Число детей, чьи родители облучались	Диапазон доз	*M* ± *S*	*Me* [Q25; Q75]
Внешнее гамма-облучение, мГр					
Доза на яичники	1266	1742	0,04–4048,5	381,1 ± 518,5	167,4 [36,8; 533,0]
Доза на гонады отца (за год до зачатия)	696	895	0,08–612,2	78,0 ± 95,3	41,4 [15,5; 96,1]
Внутреннее гамма-облучение (инкорпорированным Pu-239), сГр					
Доза на яичники	678*	981	0–11,36	0,11 ± 0,59	0,00486 [0,00006; 0,04781]
Доза на гонады отца	422*	586	0–18,92	0,31 ± 1,42	0,017 [0,00038; 0,104]
Внутриутробное облучение потомков, мГр					
Доза *in utero*	1242	1242	0,01–651,4	34,5 ± 60,1	11,3 [4,2; 36,8]

Примечание. * – число лиц, прошедших биофизическое исследование; *M* – среднее значение, *S* – среднее квадратическое отклонение; *Me* – медиана выборки, [Q25; Q75] – интерквартильный размах

Результаты и обсуждение

В период освоения технологии персонал ПО «Маяк» находился в неблагоприятных условиях труда и мог подвергаться значительному облучению на производстве в соответствии с представлениями о безопасном уровне ионизирующего излучения на тот момент (1948 г. – 300 мЗв/год). Характеристика суммарных преконцептивных доз радиационного воздействия у родителей-работников ПО «Маяк» и внутриутробного облучения потомков исследуемой группы представлена в табл. 1.

Дозиметрические данные работниц ПО «Маяк» свидетельствуют о широком диапазоне доз внешнего гамма-облучения гонад. Максимальная суммарная доза на яичник достигала 4048,5 мГр. Необходимо отметить, что у 1242 (71,3%) потомков имелись сведения о дозах внутриутробного облучения, варьирующих от 0,01 до 651,4 мГр со средней дозой 34,5 ± 60,1 мГр, так как матери продолжали подвергаться радиационному воздействию на ранних сроках беременности. В основной группе потомков облученных матерей 895 (51,4%) детей родились в семьях, где оба родителя подвергались радиационному воздействию на производстве. Диапазон отцовских доз внешнего гамма-облучения на гонады составил 0,08–612,2 мГр со средним значением дозы 78,0 ± 95,3 мГр.

Сведения о внутреннем альфа-облучении (инкорпорированным плутонием-239) имелись среди 678 (53,6%) матерей-работниц ПО «Маяк». Накопленные дозы внутреннего альфа-облучения находились в диапазоне от минимально регистрируемых значений до 11,36 сГр со средним значением дозы 0,11 ± 0,59 сГр. Каждый третий ребенок (33,6% всей исследуемой группы) был рожден в семье, где отец на производстве подвергался внутреннему альфа-облучению (инкорпорированным Pu-239). Максимальная зарегистрированная доза внутреннего альфа-облучения среди отцов-работников ПО «Маяк», прошедших биофизическое исследование, достигала 18,92 сГр.

Распределение потомков в зависимости от накопленной преконцептивной дозы внешнего гамма-облучения на гонады матери показало, что большинство детей родились от работниц, подвергшихся профессиональному радиационному воздействию в суммарной преконцептивной дозе внешнего гамма-облучения до 0,1 Гр (42,3% – 736 детей). В то же время, каждый

Таблица 2

Неопухолевая заболеваемость в исследуемых группах по классам МКБ-10

Класс по МКБ-10	Основная группа						Группа сравнения					
	мальчики, *n* = 902		девочки, *n* = 840		все, *n* = 1742		мальчики, *n* = 4428		девочки, *n* = 4411		все, *n* = 8839	
	абс.	на 10^3	абс.	на 10^3	абс.	на 10^3	абс.	на 10^3	абс.	на 10^3	абс.	на 10^3
III	Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм (D50–D89)											
	109	120,8	92	109,5	201	115,4	593	133,9	474	107,5	1067	120,7
IV	Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ (E00-E90)											
	458	507,8	464	552,4	922	529,3	1933	436,5	2057	466,3	3990	451,4
V	Психические расстройства и расстройства поведения (F00–F99)											
	228	252,8	103	122,6	331	190,0	1347	304,2	775	175,7	2122	240,1
VI	Болезни нервной системы (G00–G99)											
	160	177,4	162	192,9	322	184,8	767	173,2	802	181,8	1569	177,5
VII	Болезни глаза и его придаточного аппарата (H00–H59)											
	616	682,9	705	839,3	1321	758,3	2869	647,9	3102	703,2	5971	675,5
IX	Болезни системы кровообращения (I00–I99)											
	79	87,6	77	91,7	156	89,6	281	63,5	350	79,3	631	71,4
X	Болезни органов дыхания (J00–J99)											
	4971	5511,1	4765	5672,6	9736	5589,0	22330	5042,9	22480	5096,4	44810	5069,6
	Бронхиальная астма (J45)											
	14	15,5	5	6,0	19	10,9	40	9,0	18	4,1	58	6,6
XI	Болезни органов пищеварения (K00–K93)											
	991	1098,7	909	1082,1	1900	1090,7	4457	1006,5	4525	1025,8	8982	1016,2
XII	Болезни кожи и подкожной клетчатки (L00–L99)											
	1349	1495,6	1192	1419,0	2541	1458,7	6151	1389,1	5588	1266,8	11739	1328,1
XIII	Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (M00–M99)											
	451	500,0	397	472,6	848	486,8	1963	443,3	1916	434,4	3879	438,9
XIV	Болезни мочеполовой системы (N00–N99)											
	144	159,6	112	133,3	256	147,0	609	137,5	607	137,6	1216	137,6
XVI	Отдельные состояния, возникающие в перинатальном периоде (P00–P96)											
	68	75,4	44	52,4	112	64,3	302	68,2	271	61,4	573	64,8
XVII	Врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения (Q00–Q99)											
	66	73,2	42	50,0	108	62,0	387	87,4	320	72,5	707	80,0
Всего...	9690		9064		18754		43989		43267		87256	

десятый ребенок был рожден матерью, имевшей накопленную дозу внешнего гамма-облучения свыше 1 Гр (10,7% – 187 детей) со средней дозой, превышающей 1,5 Гр (1551,8 мГр – среди мальчиков; 1621,5м Гр – среди девочек).

Показатели неопухолевой заболеваемости среди потомков, облученных на производстве и интактных матерей представлены в табл. 2.

Среди неопухолевых заболеваний детей до 15-летнего возраста наиболее часто регистрировались болезни органов дыхания – 5589 случаев на 1000 детского населения в группе потомков облученных матерей и 5069,6 на 10^3 в группе детей необлученных родителей. В этом классе заболеваний ведущее место занимали острые респираторные инфекции верхних дыхатель-

ных путей (3171,6 на 10^3 среди потомков облучённых работниц; 2925,4 на 10^3 среди детей интактных родителей). Существенных гендерных различий в уровне острых респираторных заболеваний в группах не обнаружено (в основной группе среди мальчиков – 3114,2 на 10^3, среди девочек – 3233,3 на 10^3; в группе сравнения – 2887,9 и 2963,0 на 10^3 соответственно).

Хроническая патология нижних дыхательных путей в основной группе потомков встречалась в 17,2 случаях на 10^3, значимо отличаясь от 9,7 на 10^3 в группе сравнения ($p = 0,009$). Авторы, изучавшие структуру детской заболеваемости потомков ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС и детей лиц, подвергавшихся радиационному воздействию в результате испытаний ядерного оружия в Восточно-Казахстанской области, указывают на аналогичные особенности: ведущие позиции болезней органов дыхания, высокий удельный вес пневмоний, частую хронизацию носоглоточной патологии [16, 17].

Бронхиальная астма зарегистрирована среди детей работниц ПО «Маяк» в 10,9 случаях на 1000 детского населения, в то время как в группе сравнения этот показатель составил 6,6 на 10^3 ($p > 0,05$). В обеих группах отмечены различия заболеваемости бронхиальной астмой по полу с преобладанием данной патологии среди мальчиков: в основной группе – 15,5 на 10^3 у мальчиков против 6,0 на 10^3 у девочек ($p > 0,05$); в группе сравнения – соответственно 9,0 и 4,1 на 10^3 ($p = 0,006$). Анализ распространенности и заболеваемости бронхиальной астмой и сахарным диабетом в детской популяции г. Озёрска проведен Вологодской И.А. и соавт. [18], показано, что накопленная заболеваемость этими нозологиями к 20 годам в популяции ЗАТО выше, чем в московской популяции.

Второе ранговое место в сравниваемых группах занимал класс «Болезни кожи и подкожной клетчатки» (1458,7 на 10^3 среди потомков работниц ПО «Маяк», 1328,1 на 10^3 в группе сравнения) со значимым вкладом аллергодерматозов – 447,8 на 10^3 в основной группе детей и 398,7 на 10^3 в группе сравнения ($p < 0,001$).

Класс болезней органов пищеварения занимал третьи позиции как в группе потомков матерей, работавших на ПО «Маяк», так и среди детей необлученных родителей. В основной группе патология желудочно-кишечного тракта была представлена в большинстве случаев хроническими заболеваниями желудка и двенадцатиперстной кишки, острой и хронической патологией желчевыводящих путей. Так, болезни пищевода, желудка и двенадцатиперстной кишки встречались в основной группе в 397,2 случаях на 10^3, статистически значимо превышая 344,8 на 10^3 в группе сравнения ($p < 0,001$). Патология желчного пузыря, желчевыводящих путей и поджелудочной железы зарегистрирована у потомков облученных матерей в 137,2 случаев на 10^3, незначимо отличаясь от группы сравнения (139,2 на 10^3, $p > 0,05$). Вместе с тем, отмечены гендерные различия с преобладанием гепатобилиарной патологии среди девочек в обеих группах (в основной группе – 158,3 случаев на 10^3 девочек и 117,5 на 10^3 среди мальчиков ($p = 0,016$); в группе сравнения – соответственно 171,8 и 106,6 на 10^3, $p < 0,001$), что подтверждает результаты нашего предыдущего исследования [19].

В целом, выявленные в этом классе болезней отклонения согласуются с результатами исследований здоровья потомков облученных лиц [20, 21], указывающих на преобладание внутри класса болезней системы пищеварения патологии верхних отделов желудочно-кишечного тракта с вовлечением в патологический процесс нескольких зон пищеварительного канала.

Следующее ранговое место в сравниваемых группах занимал класс «Болезни глаза и его придаточного аппарата» с преобладанием нозологических форм, относящихся к болезням мышц глаза, нарушению содружественного движения глаз, аккомодации и рефракции (коды H49–H52). В основной группе потомков показатель заболеваемости в этом подклассе составил 342,1 на 10^3, значимо преобладая над 282,2 на 10^3 в группе сравнения ($p < 0,001$). Патология мышечного аппарата глаз закономерно чаще встречалась среди детей школьного возраста.

Значимые статистические различия между группами найдены также для классов «Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ», «Психические расстройства и расстройства поведения», «Врожденные аномалии (пороки развития),

деформации и хромосомные нарушения», «Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани» и «Болезни системы кровообращения».

Эндокринно-обменные расстройства чаще регистрировались среди потомков матерей, подвергшихся преконцептивному облучению на производстве: 529,3 на 10^3 детей в основной группе, 451,4 на 10^3 в группе сравнения ($p < 0,001$). Важно отметить, что данный класс болезней может приводить к серьезным нарушениям социального функционирования и ухудшению качества жизни в целом. На статистически значимое снижение параметров качества жизни у детей с хронической патологией, в том числе эндокринной, указывает Сабирова А.В. и соавт. [22].

Ведущими нозологическими формами среди эндокринно-обменной патологии в обеих группах были недостаточность питания (коды E40–E64) и недостаточность витамина D (код E55), характерные для детей раннего возраста, без статистически значимых различий. Согласно обзору LeBlanc E. и соавт. [23] на недостаточность витамина D могут влиять генетические факторы, включая варианты генов, метаболизирующих витамин D.

В подклассе «Болезни щитовидной железы» выявлено существенное преобладание тиреоидной патологии в группе потомков облученных матерей – 59,7 случаев на 1000 детей в сравнении с 31,1 на 10^3 среди контроля ($p < 0,001$). Ведущие позиции среди тиреоидных болезней в обеих группах занимали йододефицитные состояния с преобладанием данной нозологии у девочек. Показатели заболеваемости тиреоидной патологией среди девочек – потомков облученных матерей (78,6 на 10^3) – статистически значимо преобладали по сравнению с девочками от необлученных родителей (36,5 на 10^3, $p < 0,001$). Полученные результаты согласуются с нашим предыдущим анализом [24] и литературными данными. Так, Пивина Л.М. и соавт. [25], характеризуя коморбидную эндокринную и сердечно-сосудистую патологию у потомков лиц, подвергшихся радиационному воздействию, отмечает преобладание в структуре патологии щитовидной железы диффузного и диффузно-узлового зоба.

Нарушения других эндокринных желез были представлены в группе потомков облученных матерей в единичных случаях: патология вилочковой железы, синдром Иценко-Кушинга, неуточненный сахарный диабет, нарушения полового созревания.

Связь психических нарушений с радиационным воздействием «малых доз» радиации в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС и определение степени влияния радиационных и нерадиационных факторов на развитие психических расстройств рассматривают Малыгин В.Л. и соавт. [26]. Психические расстройства и расстройства поведения в нашем исследовании были диагностированы в 190,0 случаях на 10^3 детей в основной группе и в 240,1 случаях на 10^3 в группе сравнения ($p < 0,001$). В этом классе болезней чаще всего регистрировались «Невротические, связанные со стрессом, и соматоформные расстройства» (коды F40-F48) – 89,5 на 10^3 в основной группе и 104,5 на 10^3 в группе сравнения ($p > 0,05$).

«Расстройства психологического развития» и «Эмоциональные расстройства и расстройства поведения, начинающиеся обычно в детском и подростковом возрасте» (коды F80–F98) значимо преобладали среди потомков необлученных родителей – 97,1 случаев на 10^3 по сравнению с 66,0 на 10^3 в основной группе ($p < 0,001$). Игумнов С.А. и Дроздович В.В. [27] оценили интеллектуальное развитие, особенности психических и поведенческих расстройств у детей, чьи матери подверглись воздействию радиоэкологических и психосоциальных факторов в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Авторы отмечают некоторое преобладание частоты пограничного уровня интеллектуального функционирования детей и указывают на существенную роль неблагоприятных психологических и социально-демографических факторов в происхождении задержек речевого, интеллектуального развития и эмоциональных расстройств.

Шизофрения, шизотипические и бредовые расстройства зарегистрированы у детей до 15-летнего возраста в обеих группах в единичных случаях: 0,57 на 10^3 среди детей преконцептивно облученных лиц и 1,13 на 10^3 среди потомков необлученных родителей ($p > 0,05$).

Умственная отсталость чаще диагностировалась среди детей необлученных родителей – 13,8 на 10^3 в основной группе и 22,5 на 10^3 в группе сравнения ($p = 0,026$). Анализ умственной отсталости среди потомков первого и второго поколения лиц, подвергшихся хроническому радиационному воздействию вследствие сброса радиоактивных отходов в реку Теча, не установил повышения уровня заболеваемости олигофренией по сравнению с контролем; показатель заболеваемости олигофренией не зависел от дозы облучения гонад родителей [28].

Изучение врожденных пороков развития как возможных радиационно-индуцированных эффектов у детей лиц, подвергшихся радиационному воздействию, проведено в целом ряде исследований [5, 7, 9, 29]. В данной работе, благодаря анализу амбулаторных карт, содержащих уточненные диагнозы до 15-летнего возраста включительно, были учтены пороки развития, диагностированные не только при рождении ребенка, но и в последующем. В итоге, в группе потомков облученных матерей зарегистрировано 108 врожденных аномалий развития у 98 детей (2 ребенка имели по три порока, у 6 детей диагностировано по два порока). В группе сравнения выявлено 707 аномалий у 624 детей (9 детей имели по три порока, 65 детей по 2 порока). В целом, нозологические формы из класса «Врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения» статистически значимо чаще диагностировались среди потомков интактных родителей (61,9 на 10^3 в основной группе и 79,9 на 10^3 в группе сравнения, $p = 0,012$).

Анализ врожденных пороков по системам показал, что в обеих группах ведущие позиции занимали врожденные аномалии и деформации костно-мышечной системы (13,8 случаев на 10^3 среди потомков облученных матерей и 21,5 случаев на 10^3 среди детей необлученных родителей, $p = 0,046$). Второе место занимали врожденные пороки органов пищеварения, показатели заболеваемости, которые составили 8,6 на 10^3 в основной группе и 12,0 на 10^3 в группе сравнения, ($p > 0,05$). В группе детей работниц ПО «Маяк» третье место разделили врождённые аномалии системы кровообращения – 8,0 на 10^3 (8,1 на 10^3 в группе сравнения, $p > 0,05$) и пороки мочеполовых органов – 8,0 на 10^3, статистически незначимо чаще наблюдаемые среди детей необлученных лиц (12,9 на 10^3, $p > 0,05$).

Врожденные аномалии органов дыхания незначимо преобладали среди потомков персонала ПО «Маяк» – 6,3 случаев на 10^3 в сравнении с 3,8 на 10^3 в контроле ($p > 0,05$). В большинстве случаев пороки развития органов дыхания были представлены врожденным стридором гортани, являющимся самым распространенным врожденным заболеванием верхних дыхательных путей [30]. С современной точки зрения симптом врожденного стридора расценивается как предиктор различных заболеваний, вероятно, ассоциированых с дисплазией соединительной ткани [31].

Врожденные аномалии глаза, уха, лица и шеи (коды Q10–Q18) регистрировались среди потомков работниц ПО «Маяк» в 6,3 случаях на 10^3 в сравнении с 7,6 на 10^3 у детей необлученных лиц ($p > 0,05$). Расщелины губы и нёба (заячья губа и волчья пасть) в сравниваемых группах значимо не различались: 0,6 на 10^3 в основной группе и 0,9 на 10^3 детей в группе сравнения, $p > 0,05$.

Отмечено статистически незначимое преобладание врожденных аномалий нервной системы в группе сравнения: 4,6 на 10^3 в группе потомков преконцептивно облученных матерей и 7,4 на 10^3 в контроле ($p > 0,05$). Значительное сходство обнаружено при анализе подкласса хромосомных аномалий, зарегистрированных среди потомков облученных матерей в 1,1 на 10^3, среди детей необлученных лиц – 1,0 на 10^3, $p > 0,05$.

Таким образом, анализ заболеваемости врожденными пороками развития показал статистически значимое превышение этой патологии среди детей необлученных лиц, сходство спектра врожденных пороков развития и отсутствие статистически значимой разницы в частоте отдельных нозологий в сравниваемых группах.

Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани в сумме значимо преобладали среди потомков облученных на производстве лиц (486,8 на 10^3 в основной группе, 438,8 на 10^3 в группе сравнения, $p < 0,001$). Отмечено, что среди потомков работниц, подвергшихся

преконцептивному облучению, статистически значимо чаще регистрировались дорсопатии – 159,0 на 10^3 в сравнении с 123,9 на 10^3 у детей интактных родителей, $p < 0,001$. Эта нозологическая группа заболеваний, как правило, была представлена деформирующими дорсопатиями (148,1 случаев на 10^3 в основной группе, 117,9 на 10^3 в группе сравнения, $p < 0,001$), среди которых наиболее часто диагностировались кифосколиотические деформации позвоночника.

Подкласс «Остеопатии и хондропатии» (коды M80-M94) в целом встречался среди потомков облученных матерей статистически незначимо реже (76,3 на 10^3), чем среди детей группы сравнения (85,5 на 10^3, $p > 0,05$). Наиболее часто в структуре этого подкласса регистрировались юношеские хондропатии без существенной разницы в группах: в основной группе – 22,9 случая на 10^3, среди потомков необлученных родителей – 16,9 на 10^3 детей, $p > 0,05$.

Показатели заболеваемости неопухолевой патологией нервной системы в целом в сравниваемых группах мало различались (184,8 на 10^3 в основной группе, 177,5 на 10^3 в контроле, $p > 0,05$). Наиболее частой патологией в данном классе болезней были расстройства вегетативной нервной системы (100,5 на 10^3 в группе облученных матерей и 108,9 на 10^3 в группе сравнения, $p > 0,05$).

Подкласс «Эпизодические и пароксизмальные расстройства», в структуру которых входят мигрень и эпилепсия, регистрировался в основной группе незначимо чаще, чем в группе сравнения (24,1 случая на 10^3 у потомков облученных работниц ПО «Маяк» и 17,8 случаев на 10^3 в контроле, $p > 0,05$). Детским церебральным параличом страдали в основной группе 4 ребенка (2,3 случая на 10^3) и 27 детей в группе сравнения (3,1 на 10^3), без статистически значимых различий ($p > 0,05$).

Болезни системы кровообращения среди потомков основной группы регистрировались чаще, чем в группе сравнения: 89,6 случаев на 10^3 против 71,4 на 10^3, $p < 0,01$. Наиболее распространенным подклассом в обеих группах были «Другие болезни сердца», включающие неревматические поражения сердечных клапанов, нарушения сердечного ритма, реактивные кардиомиопатии при болезнях, классифицированных в других рубриках. Отмечена существенная разница в показателях заболеваемости этим подклассом в группах: 40,2 случая на 10^3 среди потомков преконцептивно облученных работниц и 30,5 на 10^3 в группе сравнения, $p = 0,04$.

Ревматическая патология, включая острую ревматическую лихорадку и хронические ревматические болезни сердца, занимала в обеих группах второе место в структуре болезней системы кровообращения. Показатели заболеваемости ревмопатологией статистически незначимо были выше в группе потомков работниц ПО «Маяк» – 30,4 на 10^3 (в группе сравнения – 24,3 на 10^3, $p > 0,05$). Заболеваемость эссенциальной гипертонией в группах практически не различалась, составляя среди потомков облученных матерей 2,9 случая на 10^3 детей и 2,1 на 10^3 в группе сравнения, $p > 0,05$.

Как в основной группе, так и в контроле болезни крови и кроветворных органов были представлены, в основном, гипохромной анемией (101,6 на 10^3 в основной группе, 109,5 на 10^3 среди потомков необлученных родителей, $p > 0,05$), что, возможно, является отражением тяжелого течения инфекционных заболеваний и вряд ли свидетельствует о неполноценном питании в ранние послевоенные годы, так как с момента создания ЗАТО обеспечивался высокий материальный уровень работников и их социальная защищенность. Различий в показателях заболеваемости нарушениями свертываемости крови, пурпурой и другими геморрагическими состояниями между группами не обнаружено.

Показатели заболеваемости по классу «Болезни мочеполовой системы» в группе потомков преконцептивно облученных работниц в целом составили 146,9 на 10^3, незначительно превышая 137,6 на 10^3 в группе сравнения ($p > 0,05$). Спектр неопухолевой патологии в этом классе болезней статистически значимо в сравниваемых группах не различался. Показатель заболеваемости тубулоинтерстициальными болезнями почек был незначимо выше в основной группе (13,8 на 10^3) по сравнению с группой детей необлученных родителей (9,5 на 10^3, $p > 0,05$). Тубулоинтерстициальные нефропатии чаще возникали у детей школьного возраста. Ряд авторов связывают возникновение гломерулярно-тубулоинтерстициальных болезней с антропогенной нагрузкой [32].

Анализ класса «Отдельные состояния, возникающие в перинатальном периоде» среди живорожденных детей показал отсутствие статистических различий среди потомков облученных и интактных родителей по сумме наблюдений (64,3 на 10^3 в основной группе, 64,8 на 10^3 в группе сравнения, $p > 0,05$). Исключение составили «Состояния, вовлекающие наружные покровы и терморегуляцию плода и новорожденного», в том числе транзиторные нарушения терморегуляции у новорожденных, неонатальные токсические эритемы, физиологические нагрубания молочных желез, связанные с адаптацией ребенка к внеутробной жизни. Эти состояния преобладали в группе детей от необлученных матерей (9,2 на 10^3 в основной группе, 16,3 на 10^3 в контроле, $p = 0,03$).

Серебрякова Е.Н. и соавт. [33] указывают на взаимосвязь между тяжестью состояния в неонатальном периоде и частотой хронических заболеваний у детей. Если в нашем исследовании исключить из анализа класс болезней органов дыхания, преимущественная роль в котором отведена инфекционной патологии верхних дыхательных путей, то обращает на себя внимание выраженность полипатий в основной группе: в среднем у каждого ребенка до 15 лет диагностировано более пяти хронических неопухолевых заболеваний различных органов и систем (5,2 на одного ребенка). В группе сравнения регистрировалось меньшее число нозологических форм (4,8). Высокий уровень патологической пораженности отмечен в ряде работ, анализирующих заболеваемость детей облученных лиц [16, 20, 34]. Корецкая Л.С. и соавт. [35] отмечает аналогичное среднее количество диагнозов у потомков ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС, составляющее 5,19 на одного ребенка.

Безусловно, выявленные отличия нельзя однозначно связывать с фактом преконцептивного облучения родителей, поскольку хронизация неопухолевой патологии зависит от множества экзогенных факторов, включая медико-социальные факторы в ЗАТО [36]. Тем не менее, полиморбидный характер хронической соматической патологии требует специальной диспансеризации и качественного динамического наблюдения этих детей [37, 38].

Заключение

Ретроспективный анализ неопухолевой патологии у детей до 15-летнего возраста проведен в выборке из 10 581 детей г. Озёрска, среди которых 1742 ребенка являлись потомками работниц ПО «Маяк», подвергшихся преконцептивному облучению на производстве. Показано, что среди неопухолевой патологии потомков облученных матерей наиболее часто регистрировались болезни органов дыхания, болезни кожи и подкожной клетчатки с высоким удельным весом аллергодерматозов, заболевания органов пищеварения с преобладанием гастродуоденальной патологии и болезней гепатобилиарной системы.

Среди потомков работниц ПО «Маяк», по сравнению с группой детей необлученных лиц, отмечено превышение уровня заболеваемости по следующим неопухолевым нозологическим группам: хронической патологии нижних дыхательных путей; аллергодерматозам; болезням верхних отделов пищеварительного тракта; патологии мышечного аппарата глаз; эндокринным заболеваниям в целом; тиреоидной неопухолевой патологии по сумме наблюдений и значимым вкладом подгруппы девочек-потомков облученных матерей; болезням костно-мышечной системы и соединительной ткани в целом и, в том числе, деформирующим дорсопатиям; болезням системы кровообращения с преобладанием неревматической кардиопатологии. Отмечена высокая частота полипатий в группе потомков матерей, подвергшихся до зачатия радиационному воздействию на производстве.

Выявленные отклонения не исключают особую роль преконцептивного облучения гонад в развитии неопухолевой патологии у потомков, что требует дальнейшего изучения. Анализ медицинских последствий родительского облучения для здоровья потомков необходим как для решения вопросов радиационной безопасности персонала ядерных объектов, так и для выделения групп риска среди детского населения с целью медицинского мониторинга.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена в рамках Государственного контракта № 11.305.19.0 по теме НИР «Показатели здоровья работников ФГУП «ПО «Маяк» и их детей в зависимости от радиогенных факторов путем оценки риска».

ЛИТЕРАТУРА
(пп. 2–7, 15, 20, 23 см. в REFERENCES)

1. *Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ).* Пер с англ. Под общей ред. М.Ф. Киселёва и Н.К. Шандалы. Москва: Издательство ООО ПКФ «Алана»; 2009. 344 с.
8. Балева Л.С., Сипягина А.Е., Юров И.Ю., Сухоруков В.С., Карахан Н.М. Особенности задержки психического развития (ЗПР) детей, рожденных от облученных родителей. *Российский вестник перинатологии и педиатрии.* 2017; 62(4): 223-4.
9. Осипов В.А., Лягинская А.М., Петоян И.М. и др. Врожденные пороки развития у детей персонала Смоленской АЭС и их связь с профессиональным облучением отцов. *Медицинская радиология и радиационная безопасность.* 2014; 59(4): 18-24.
10. Соснина С.Ф., Окатенко П.В. Неинфекционная патология у детей работниц предприятия атомной промышленности. *Медицинский академический журнал.* 2017; 17(3): 68–76.
11. Кошурникова Н.А., Шильникова Н.С, Окатенко П.В. и др. Характеристика когорты работников атомного предприятия ПО «Маяк» (часть II). *Вопросы радиационной безопасности.* 1998; 3: 48-58.
12. Соснина С.Ф., Кабирова Н.Р., Окатенко П.В. и др. Регистр здоровья детского населения г. Озёрска: результаты разработки, принципы ведения, возможности и перспективы. *Медицина экстремальных ситуаций.* 2017; 3(61): 95-103.
13. *Международная статистическая классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем. Десятый пересмотр, том 1 (часть 2).* Москва: Медицина; 1995. 633 с.
14. Мерков А.М., Поляков Л.Е. *Санитарная статистика (пособие для врачей).* Л.: «Медицина» Ленинградское отделение; 1974. 384 с.
16. Коренев Н.М., Бориско Г.А., Кашина - Ярмак В.Л. Состояние здоровья детей, рожденных в семьях родителей, облученных вследствие аварии на Чернобыльской АЭС. *Здоровье ребенка.* 2012; 6: 66-70.
17. Мулдагалиев Т.Ж. Оценка относительных рисков заболеваний органов дыхания у детей облученных родителей в отдаленном периоде. *Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра).* 2013; 22(3): 124-31.
18. Вологодская И.А., Курбатов А.В., Каминская О.Ю. Эпидемиология бронхиальной астмы и сахарного диабета у детей и подростков города Озерска, расположенного в зоне наблюдения предприятия атомной промышленности (ПО «Маяк»). *Международный журнал радиационной медицины.* 2004; 6 (1-4): 130-4.
19. Соснина С.Ф., Волосников Д.К. Гендерные аспекты качества жизни подростков. *Проблемы женского здоровья.* 2010; 5 (2): 42-5.
21. Мулдагалиев Т.Ж., Гайнулина Р.С., Адылканова А.М. и др. Особенности и закономерности формирования болезней желудочно-кишечного тракта среди потомков населения Казахстана, подвергавшегося радиационному воздействию в результате испытаний ядерного оружия. *Universum: Медицина и фармакология: электрон. научн. журн.* 2013; 1(1): URL: http://7universum.com/ru/med/archive/item/323/ (дата обращения: 09.07.2019).
22. Сабирова А.В., Волосников Д.К., Лесина Ю.В., Курятова Д.А. Проблема качества жизни у детей с хронической патологией. *Врач-аспирант.* 2014; 65, 4(3): 422-9.
24. Соснина С.Ф., Окатенко П.В. Эндокринно-обменные расстройства у детей работниц предприятия атомной энергетики. Здравоохранение Российской Федерации. 2018; 62(4): 211-9. DOI: http://dx.doi.org/10.18821/0044-197X-2018-62-4-211-219.
25. Пивина Л.М., Батенова Г.Б., Курумбаев Р.Р. и др. Характеристика коморбидной эндокринной и сердечно-сосудистой патологии у потомков лиц, подвергшихся радиационному воздействию. *Наука и здравоохранение.* 2013; 4: 17-9.
26. Малыгин В.Л., Цыганков Б.Д. *Психические нарушения радиационного генеза (клиника, патофизиология, терапия).* Москва: Издательство МГМСУ; 2005. 233 с.
27. Игумнов С.А., Дроздович В.В. Интеллектуальное развитие, особенности психических и поведенческих расстройств у детей, матери которых подверглись воздействию патогенных радиоэкологических и психосоциальных факторов, обусловленных аварией на ЧАЭС, на различных сроках беременности. *Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра).* 1999; 11: 101-7.
28. Шалагинов С.А. *Анализ радиационного, популяционно-генетических и общесредовых факторов в происхождении различных форм олигофрении у потомства населения, подвергшегося хроническому облучению.* Автореферат дис. канд. мед. наук. Москва, 1998. 21 с.
29. Соснина С.Ф., Окатенко П.В. Последствия материнского облучения: риск врожденных пороков развития у детей. *Анализ риска здоровью.* 2018; 1: 47–58. DOI: 10. 21668/health.risk/2018.1.06
30. Петруничев А.Ю., Новик Г.А., Макарова И.В. Бронхиальная астма и врожденный стридор гортани у детей. *Лечащий врач.* 2011; 2: 79-81.
31. Стрига Е.В., Зайцева О.В., Солдатский Ю.Л., Онуфриева Е.К. Клиническое значение стридора в педиатрической практике. *Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского.* 2010; 89 (2): 86-9.
32. Карпина Н.С., Никуличева В.И., Ефимов Г.Е., Кайданек Т.В., Шайхиева Г.М. Эпидемиологические проявления превалентности гломерулярно-тубулоинтерстициальных болезней почек и мочеточника на территориях с разными уровнями антропогенной нагрузки. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук.* 2014; 1(95): 23-9.

33. Серебрякова Е.Н., Намазова-Баранова Л.С., Беляева И.А., Волосников Д.К. Хронические заболевания у детей дошкольного возраста, перенесших в неонатальном периоде критические состояния: одноцентровое когортное исследование. *Педиатрическая фармакология.* 2018; 15(4): 300-9.
34. Молева В.И., Кашина-Ярмак В.Л. Особенности состояния здоровья и иммунологического гомеостаза у детей, родители которых проживали в зонах радиационного загрязнения в детском и подростковом возрасте. *Медико-биологические проблемы жизнедеятельности.* 2011; 1(5): 42-7.
35. Корецкая Л.С., Самотыя Е.Е., Ецко Л.А. и др. Оценка отдаленных последствий аварии на ЧАЭС. Состояние здоровья детей, рожденных в семьях ликвидаторов после участия в ликвидации последствий аварии. *Здоровье и окружающая среда.* 2009; 14: 565-73.
36. Волосников Д.К., Соснина С.Ф. Медико-социальная характеристика семей, проживающих в закрытом административном территориальном образовании (г. Озерск), имеющих детей подросткового возраста. *Социология медицины.* 2010; 2 (17): 59-61.
37. Кучма В.Р., Сухарев А.Г. Гигиена детей и подростков как раздел профилактической медицины. *Гигиена и санитария.* 2015; 94(6): 66-70.
38. Найда В.Г. Обязательная специальная диспансеризация и динамическое наблюдение в медицинском обслуживании «детей чернобыльцев»: недостатки и пути их исправления. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 11. Медицина.* 2014; 4: 179-85.

REFERENCES

1. *ICRP Publication 103.* Ed. by M.F. Kiselyov and N.K. Shandala. *[Publikacija 103 Mezhdunarodnoj Komissii po radiacionnoj zashhite (MKRZ).* Red. M.F. Kiseljov i N.K.Shandala.*]* Moskva: Izdatel'stvo OOO PKF «Alana»; 2009. (in Russian)
2. Ozasa K., Grant E.J., Kodama K. Japanese Legacy Cohorts: The Life Span Study Atomic Bomb Survivor Cohort and Survivors' Offspring. *J. Epidemiol.* 2018; 28(4): 162-9.
3. Tatsukawa Y., Cologne J.B., Hsu W.L., Yamada M. et al. Radiation risk of individual multifactorial diseases in offspring of the atomic-bomb survivors: a clinical health study. *J. Radiol. Prot.* 2013; 33(2): 281-93.
4. Grant E.J., Furukawa K., Sakata R., Sugiyama H. et al. Risk of death among children of atomic bomb survivors after 62 years of follow-up: a cohort study. *Lancet Oncol.* 2015; 16(13): 1316-23.
5. Signorello L.B., Mulvihill J.J., Green D.M., Munro H.M. et al. Congenital anomalies in the children of cancer survivors: a report from the childhood cancer survivor study. *J. Clin. Oncol.* 2012; 30(3): 239-45.
6. Little M.P., Goodhead D.T., Bridges B.A., Bouffler S.D. Evidence relevant to untargeted and transgenerational effects in the offspring of irradiated parents. *Mutat Res.* 2013; 753(1): 50-67.
7. Lim H., Agopian A.J., Whitehead L.W., Beasley C.W. et al. Maternal occupational exposure to ionizing radiation and major structural birth defects. *Birth Defects Res. A Clin. Mol. Teratol.* 2015; 103(4): 243–54.
8. Baleva L.S., Sipjagina A.E., Jurov I.Ju., Suhorukov V.S., Karahan N.M. Features of mental retardation of children born from irradiated parents. *Rossijskij vestnik perinatologii i pediatrii.* 2017; 62(4): 223-4. (in Russian)
9. Osipov V.A., Ljaginskaja A.M., Petojan I.M. et al. Innate Development Defects in Children of Smolensk NPP Personnel and their Connection with the Occupational Exposure to the Fathers. *Medicinskaja radiologija i radiacionnaja bezopasnost'.* 2014; 59(4): 18-24. (in Russian)
10. Sosnina S.F., Okatenko P.V. Non-infectious pathology in children of female workers of nuclear industry enterprise. *Medicinskij akademicheskij zhurnal.* 2017; 17(3): 68–76. (in Russian)
11. Koshurnikova N.A., Shil'nikova N.S, Okatenko P.V. et al. Description of the Cohort of the Nuclear Industry Enterprise "Mayak" PA (Part II). *Voprosy radiacionnoj bezopasnosti.* 1998; 3: 48-58. (in Russian)
12. Sosnina S.F., Kabirova N.R., Okatenko P.V. et al. Ozyorsk children's health registry: development results, management guidelines, potential and prospects. *Medicina jekstremal'nyh situacij.* 2017; 3(61): 95-103. (in Russian)
13. *International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems. 10th Revision. Part 2. [Mezhdunarodnaya statisticheskaya klassifikatsiya bolezney i problem, svyazannykh so zdorov'em. Desyatyy peresmotr].* Moskva: Meditsina; 1995. (in Russian)
14. Merkov A.M., Polyakov L.E. *Sanitary statistics (manual for doctors) [Sanitarnaya statistika (posobie dlya vrachey)]* L.: «Meditsina» Leningradskoe otdelenie; 1974. 384 c. (in Russian)
15. Vasilenko E.K., Khokhryakov V.F., Miller S.C. et al. Mayak Worker Dosimetry Study: an Overview. *Health Physics.* 2007; 93(3): 190-206.
16. Korenev N.M., Borisko G.A., Kashina-Jarmak V.L. Health Status of Children, Born in Families of Parents Which were Irradiated due to Chernobyl NPP accident. *Zdorov'e rebenka.* 2012; 6: 66-70. (in Russian)
17. Muldagaliev T.Zh. Assessment of the relative risks of respiratory diseases in children of irradiated parents in the long-term period. *Radiacija i risk (Bjulleten' Nacional'nogo radiacionno-jepidemiologicheskogo registra).* 2013; 22(3): 124-31. (in Russian)
18. Vologodskaja I.A., Kurbatov A.V., Kaminskaja O.Ju. Epidemiology of bronchial asthma and diabetes in children and adolescents of the city of Ozersk, located in the observation area of the nuclear industry ("Mayak"). *Mezhdunarodnyj zhurnal radiacionnoj mediciny.* 2004; 6 (1-4): 130-4. (in Russian)
19. Sosnina S.F., Volosnikov D.K. Gender aspects of adolescents' quality of life. *Problemy zhenskogo zdorov'ya.* 2010; 5 (2): 42-5. (in Russian)

20. Kondrashova V.G., Kolpakov I.Ye., Vdovenko V.Yu. et al. Clinical and anamnestic features of pathology of gastrointestinal tract in children with syndrome of heart connective tissue dysplasia, born to parents irradiated in childhood due to the Chernobyl accident. *Child's health.* 2014; 6 (57): 57-60.
21. Muldagaliev T.Zh., Gajnulina R.S., Adylkanova A.M. et al. Features and patterns of the formation of diseases of the gastrointestinal tract among the descendants of the population of Kazakhstan exposed to radiation as a result of nuclear weapons tests. *Universum: Medicina i farmakologija: jelektron. nauchn. zhurn.* 2013; 1(1): URL: http://7universum.com/ru/med/archive/item/323/ (date of access: 09.07.2019). (in Russian)
22. Sabirova A.V., Volosnikov D.K., Lesina Ju.V., Kurjatova D.A. The problem of the quality of life in children with chronic pathology. *Vrach-aspirant.* 2014; 65, 4 (3): 422-9. (in Russian)
23. LeBlanc E., Chou R., Zakher B., Daeges M., Pappas M. Screening for Vitamin D Deficiency. Systematic Review for the U.S. Preventive Services Task Force Recommendation. *Evidence Syntheses.* 2014; 119: 223.
24. Sosnina S.F., Okatenko P.V. The endocrine metabolic disorders in children of female workers of nuclear energetics enterprise. *Zdravoohranenie Rossijskoj Federacii.* 2018; 62(4): 211-9. DOI: http://dx.doi.org/10.18821/0044-197H-2018-62-4-211-219. (in Russian)
25. Pivina L.M., Batenova G.B., Kurumbaev R.R. et al. Characteristics of comorbid cardiovascular and endocrine pathology in the offspring of the people exposed to radiation. *Nauka i zdravoohranenie.* 2013; 4: 17-9. (in Russian)
26. Malygin V.L., Cygankov B.D. *Mental disorders of radiation genesis (clinic, pathophysiology, therapy) [Psihicheskie narushenija radiacionnogo geneza (klinika, patofiziologija, terapija)]*. Moskva: Izdatel'stvo MGMSU; 2005.
27. Igumnov S.A., Drozdovich V.V. Intellectual development, mental and behavioural disorders in the children whose mothers were exposed to pathogenic radioecological and psychosocial factors as a result of Chernobyl accident at the different stages of pregnancy. *Radiacija i risk (Bjulleten' Nacional'nogo radiacionno-jepidemiologicheskogo registra).* 1999; 11: 101-7. (in Russian)
28. Shalaginov S.A. *Analysis of radiation, population-genetic and environmental factors in the origin of various forms of oligophrenia in the offspring of the population exposed to chronic radiation [Analiz radiacionnogo, populjacionno-geneticheskih i obshhesredovyh faktorov v proishozhdenii razlichnyh form oligofrenii u potomstva naselenija, podvergshegosja hronicheskomu oblucheniju]*. Author's abstract of Diss. for the degree of candidate of medical sciences. Moscow; 1998. 21 p. (in Russian)
29. Sosnina S.F., Okatenko P.V. Consequences which mothers' irradiation has: risks of children's congenital malformations. *Analiz riska zdorov'ju.* 2018; 1: 47–58. DOI: 10. 21668/health.risk/2018.1.06 (in Russian)
30. Petrunichev A.Yu., Novik G.A., Makarova I.V. Bronchial asthma and congenital laryngeal stridor in children. *Lechashchiy vrach.* 2011; 2: 79-81 (in Russian)
31. Striga E.V., Zaytseva O.V., Soldatskiy Yu.L., Onufrieva E.K. Clinical significance of stridor in pediatric practice. *Pediatriya. Zhurnal im. G.N. Speranskogo.* 2010; 89 (2): 86-9. (in Russian)
32. Karpina N.S., Nikulicheva V.I., Efimov G.E., Kaydanek T.V., Shaykhieva G.M. Epidemiological manifestations of the prevalence of glomerular -tubulointerstitial kidneys and ureter diseases in areas with different levels of anthropogenic load. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk.* 2014; 1(95): 23-9. (in Russian)
33. Serebrjakova E.N., Namazova-Baranova L.S., Beljaeva I.A., Volosnikov D.K. The Prevalence of Chronic Diseases in Children who have Undergone Critical Periods with A Different Severity of Organ Dysfunction in the Neonatal Period: A Retrospective Cohort Study. *Pediatricheskaja farmakologija.* 2018; 15(4): 300-9. (in Russian)
34. Moleva V.I., Kashina-Jarmak V.L. Features of the health state and immunological homeostasis for children, whose parents lived in areas with radiation contamination in child's and juvenile age. *Mediko-biologicheskie problemy zhiznedejatel'nosti.* 2011; 1(5): 42-47. (in Russian)
35. Koreckaja L.S., Samotyja E.E., Ecko L.A. et al. Assessment of remote consequences of the Chernobyl accident. Health status of children born in families of liquidators after participation in liquidation of consequences of accident. *Zdorov'e i okruzhajushhaja sreda.* 2009; 14: 565-73. (in Russian)
36. Volosnikov D.K., Sosnina S.F. The medical social characteristics of families with children of adolescent age residing in the closed administrative territorial formation Ozersk. *Sotsiologiya meditsiny.* 2010; 2 (17): 59-61. (in Russian)
37. Kuchma V.R., Suharev A.G. Hygiene of children and adolescents as part of preventive medicine. *Gigiena i sanitarija.* 2015; 94(6): 66-70. (in Russian)
38. Najda V.G. Regular mandatory special medical check-up and follow-up medical observation for the "Children of Chernobyl": the flaws and ways to correct them. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Serija 11. Medicina.* 2014; 4: 179-85. (in Russian)

Поступила 16 июля 2019
Принята в печать 28 февраля 2020

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Симонова Т.М., Ефименко Н.В., Настюков В.В., Мкртчян А.М.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИМПУЛЬСНОГО НИЗКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ В РЕАБИЛИТАЦИИ РАБОТНИКОВ ПЛАВСОСТАВА С МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНЬЮ НА ЖЕЛЕЗНОВОДСКОМ КУРОРТЕ

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Пятигорский государственный научно-исследовательский институт курортологии» –
филиал Федерального государственного бюджетного учреждения
«Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр
Федерального медико-биологического агентства», 357500, г. Пятигорск

Мочекаменная болезнь (МКБ) занимает одно из ведущих мест среди урологических заболеваний по частоте распространения. Ежегодная заболеваемость уролитиазом в мире составляет от 0,5 до 5,3%, преимущественно страдает население трудоспособного возраста – от 20 до 50 лет, а тяжелые осложнения и рецидивы (до 65%) нередко приводят к длительной потере трудоспособности и являются одной из причин снижения качества жизни, инвалидизации и смертности.
Материал и методы. *Исследование проведено у 80 работников плавсостава с МКБ. Комплекс лечебных мероприятий включал санаторно-курортный режим; лечебное питание по диете №6; лечебную физкультуру; внутренний прием МВ железноводского источника «Славяновский» и минеральные ванны (контрольная группа (КГ)– 40 человек). Пациенты основной группы (ОГ) – 40 человек, дополнительно получали процедуры ИНЭСП от аппарата «Хивамат-200».*
Результаты. *Наиболее статистически значимая позитивная динамика основных клинических и параклинических показателей у пациентов с МКБ отмечалась в ОГ. Включение ИНЭСП в комплекс курортной терапии МКБ позволяет добиться более быстрого регресса клинических проявлений заболевания и улучшения функционального состояния мочевыделительной системы по сравнению с традиционными методами. Повышение эффективности лечения достигается посредством компарантного и потенцирующего действия минеральной воды и ИНЭСП.*
Заключение. *Применение ИНЭСП в комплексной курортной терапии МКБ, при ведущей роли внутреннего приема маломинерализованной МВ, оказывают стимулирующее влияние на метаболические процессы, гемомикроциркуляцию и клубочковую фильтрацию, что приводит к коррекции дисметаболических нарушений, усилению диуреза, отхождению мелких конкрементов и в целом способствует метафилактике мочекаменной болезни.*

Ключевые слова: *мочекаменная болезн;, плавсоста;, минеральная вода; импульсное низкочастотное электростатическое поле.*

Для цитирования: Симонова Т.М., Ефименко Н.В., Настюков В.В., Мкртчян А.М. Эффективность применения импульсного низкочастотного электростатического поля в реабилитации работников плавсостава с мочекаменной болезнью на Железноводском курорте. *Медицина экстремальных ситуаций,* 2020; 22(1): 21-27.

Для корреспонденции: *Симонова Татьяна Михайловна,* кандидат мед. наук, главный научный сотрудник Пятигорского НИИ курортологии ФФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, 357500, г. Пятигорск. E-mail: simonova-vrach@mail.ru

Simonova T.M., Efimenko N.V., Nastyukov V.V., Mkrtchyan A.M.

EFFECTIVENESS OF THE USE OF PULSED LOW-FREQUENCY ELECTRIC FIELD IN REHABILITATION OF FLEET PERSONNEL WITH UROLITHIASIS IN ZHELEZNOVODSK RESORT

Pyatigorsk Scientific Research Institute of Resort Study, a branch of «North Caucasian
Federal Scientific Clinical Center of the Federal Medical Biological Agency»,
Pyatigorsk, 357500, Russian Federation

Urolithiasis is one of the leading urological diseases by frequency. The annual incidence of urolithiasis in the world is from 0.5 to 5.3%, the working-age population is predominantly affected - from 20 to 50 years old, and severe complications and relapses (up to 65%) often lead to long-term disability and are one of the reasons for the decline in the quality of life, disability and mortality.
Material and methods. *There have been examined 80 of fleet personnel based on Urolithiasis. The complex of therapeutic measures included a sanatorium and resort regime; therapeutic nutrition according*

to diet № 6; physiotherapy exercises; internal intake of mineral water (MW) of Zheleznovodsk spring "Slavyanovsky" and mineral baths in the control group (CG) of 40 people. The main group (MG) included 40 patients. They additionally received INESP procedures from "Hivamat-200" apparatus.

Results. *The patients of the MG had the most statistically significant positive dynamics of major clinical and paraclinic indicators. Inclusion of INESP in the complex of resort therapy of urolithiasis allows to achieve faster regression of clinical manifestations of the disease and improvement of functional state of urinary system compared to traditional methods. Improvement of treatment efficiency is achieved by means of comparative and potentiating action of mineral water and INESP.*

Conclusion. *The use of INESP in complex resort therapy of ICD, with the leading role of internal administration of low-mineralized MW, has a stimulating effect on metabolic processes, hemomicrocirculation and glomerular filtration, which leads to correction of dysmetabolic disorders, enhancement of diuresis, withdrawal of hempseed calculus and in general contributes to metaphilaxis of urolithiasis.*

Keywords: *urolithiasis, fleet personnel, mineral water, pulse low- frequency electric field.*

For citation: Simonova T.M., Efimenko N.V., Nastyukov V.V., Mkrtchyan A.M. Effectiveness of the use of the pulsed low-frequency electric field in the rehabilitation of fleet personnel with urolithiasis in Zheleznovodsk resort. *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy (Medicine of Extreme Situations, Russian journal)* 2020; 22(1): 21-27. (In Russian)

For correspondence: *Tatyana M. Simonova*, MD, Ph.D., chief researcher of the Pyatigorsk Scientific Research Institute of Resort Study, a branch of "North Caucasian Federal Scientific Clinical Center of the Federal Medical Biological Agency", Pyatigorsk, 357500, Russian Federation. E-mail: simonova-vrach@mail.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received October 31, 2019
Accepted February 28, 2020

В России урологические заболевания составляют 10–12% от общей заболеваемости населения и являются одной из причин снижения качества жизни, инвалидизации и смертности [1, 2]. Мочекаменная болезнь (МКБ) занимает одно из ведущих мест среди урологических заболеваний по частоте распространения, при этом ежегодная заболеваемость уролитиазом в мире составляет от 0,5 до 5,3%. Чаще всего болеют люди молодого наиболее трудоспособного возраста – от 20 до 50 лет, а тяжелые осложнения болезни и рецидивы (до 65%) нередко приводят к длительной потере трудоспособности.

Для мочекаменной болезни характерно нарушение обмена веществ, вызванное различными эндогенными и/или экзогенными факторами (включая наследственный), характеризуется наличие камня (ей) в почках и мочевых путях, она имеет склонность к рецидивам и, нередко, тяжёлому, упорному течению.

Проблема МКБ весьма актуальна для медицинской службы Флота. У плавсостава данная патология составляет 10-40% от числа больных урологического профиля. Уролитиаз занимает первое место среди других заболеваний, ведущих к изменению категории годности к службе у моряков Северного Флота [3]. Продолжительные сроки радикального лечения МКБ у моряков отрывают их от военно-морской службы на 3–4 мес, что отрицательным образом отражается на состоянии боеготовности Флота.

Основными факторами риска развития МКБ у этой категории являются переохлаждение, гиподинамия, характер питания (большое количество белка в рационе, недостаточное потребление жидкости, дефицит некоторых витаминов и др.), качество питьевой воды, а также экологические, географические и климатические факторы [4–6]. Плавсостав в своей профессиональной деятельности подвержен отрицательному воздействию этих факторов [7, 8]: под их влиянием происходит нарушение метаболизма в биологических средах, повышение уровня камнеобразующих веществ (кальций, мочевая кислота и т.д.) в сыворотке крови и, как следствие, повышение выделения их почками и перенасыщение мочи. В связи с этим увеличивается риск возникновения различных проявлений уролитиаза, или дисметаболических нарушений с появлением в моче уратов и оксалатов, а в некоторых случаях и без этой симптоматики или с ее минимальными проявлениями. Ведущими звеньями литогенеза являются: концентрация в моче литогенных ионов, дефицит ингибиторов кристаллизации и агрегации кристаллов, наличие в моче активаторов камнеобразования и локальные изменения в почках [9, 10].

При проведении медицинской реабилитации пациентов с данной патологией, полиэтиологичность и широкое разнообразие клинических форм МКБ требуют с одной стороны индивидуального подхода, а с другой – использования

комплексных лечебных и метафилактических мероприятий [11–13].

Изучение альтернативных немедикаментозных методов с последующей разработкой эффективных оздоровительно-реабилитационных программ является актуальной задачей восстановительной медицины, направленной на поддержание функционального состояния человека, компенсацию нарушенных функций и восстановление трудоспособности у пациентов с хроническими заболеваниями, в том числе – МКБ [14–17].

Важную роль в реабилитационных мероприятиях по профилактике рецидивов нефролитиаза играет терапия с применением бальнеологических лечебных факторов [11, 12, 17]. Лечебное действие минеральных вод (МВ) обусловлено разнообразием их физических и химических свойств. Применение МВ для питьевого лечения пациентов с МКБ воздействует на основные патогенетические механизмы заболевания и приводит к восстановлению нарушений минерального обмена, повышению растворимости солей в моче, улучшению активности окислительно-восстановительных ферментов, биологически активных веществ, способствует усилению диуретического эффекта, почечного плазмотока и фильтрации мочи в почечных клубочках, что, в свою очередь, приводит к снижению рецидивов заболевания [12, 17–19].

Учеными Пятигорского НИИ курортологии ФФГБУ СКФНКЦ ФМБА России накоплен богатый опыт по применению природных и преформированных лечебных физических факторов в санаторно-курортной терапии и медицинской реабилитации пациентов с заболеваниями мочевыделительной системы [11, 15, 19]. Однако до настоящего времени данная проблема полностью не решена и по-прежнему актуальными являются поиск и разработка новых, более эффективных технологий санаторно-курортного лечения пациентов с МКБ. Существуют теоретические предпосылки для решения некоторых вопросов этой проблемы, и они связаны как с физико-химическими особенностями минеральной воды и методикой ее применения, так и с применением дополнительного фактора, усиливающего биологический потенциал ее терапевтического воздействия [12, 20].

В этой связи определенное внимание заслуживает изучение комплексной санаторно-курортной терапии с дополнительным применением физиотерапевтического фактора – импульсного низкочастотного электростатического поля (ИНЭСП). Воздействие ИПЭП осуществляется с помощью аппарата «Химават-200», действующим фактором которого являются сагитальные возвратно-поступательные смещения всей толщи подлежащих тканей тела пациента («глубокая осцилляция тканей»). Влияние распространяется на участки кожного покрова с подкожной клетчаткой и скелетной мускулатурой в поясничной и подвздошной областях (под аппликатором), что способствует не только непосредственной, но и рефлекторной стимуляции (через зоны Захарьина–Геда) сократительной функции гладкой мускулатуры почки и верхних мочевыводящих путей и даже выведению мелких конкрементов из них [20, 21]. Эта уникальная физиотерапевтическая процедура способствует нормализации обмена жидкостей по лимфатическим и кровеносным сосудам, восстанавливает обменные процессы и оказывает преимущественно обезболивающее, а также в определенной мере, спазмолитическое и противоотёчное действие, усиливает метаболические и репаративные процессы в тканях, способствует улучшению венозного оттока и лимфообращения, что находит применение в различных сферах медицины [22]. Назначение процедур с воздействием Химаттерапии в большей степени способствует стимулированию локальной гемомикроциркуляции, улучшению функционального состояния многих систем, коррекции нарушений трофических процессов [21–23].

Материал и методы

В клиническое исследование было включено 80 работников плавсостава с МКБ. Пациенты были рандомизированы на две группы, сопоставимые по возрасту, полу и клиническим проявлениям заболевания.

В начале и конце курса курортной терапии им проводилось лабораторное обследование: клиническое исследование мочи с пробой Реберга–Тареева (ПРТ) и биохимическое исследование – определение уровня мочевой кислоты в

сыворотке крови, фибринолитической активности крови (ФАК) и фибринолитической активности мочи (ФАМ). Помимо этого проводилась ультрасонография (УЗИ) почек.

Проводимый комплекс лечебных мероприятий включал санаторно-курортный режим; лечебное питание, соответствующее диете №6; лечебную физкультуру; внутренний прием углекислой маломинерализованной сульфатно-гидрокарбонатной кальциево-натриевой МВ железноводского источника «Славяновский» в количестве 3–5 мл/кг массы тела за 45 мин до еды, 3 раза в день и минеральные ванны с МВ, идентичной по физико-химическому составу, температурой 36–37 °С, продолжительностью 15 мин, через день, на курс лечения – 8–10 процедур , контрольная группа (КГ) – 40 человек.

Пациенты основной группы (ОГ), 40 человек, дополнительно к лечебному комплексу, идентичному КГ, получали процедуры ИНЭСП от аппарата «Хивамат-200» на область проекции почек при частоте 180–200 Гц, длительностью 8 мин, ежедневно, 10 процедур на курс лечения.

Статистическая обработка данных проводилась с применением программных пакетов R Core Team (2017). R: A Tanguage andenviroment for Statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, austriaURL. https://www.R-project.org/. Statistica, 10 версии.

Результаты

В исходном состоянии у большинства пациентов, 59 (73,8%) человек, выявлен болевой синдром. В основном это были периодические ноющие боли в поясничной и паховых областях, иногда с иррадиацией в область заднего прохода, либо дискомфорт в пояснично-крестцовой области, возникающие при переохлаждении, употреблении «острой», соленой пищи, половых актах. Дизурический синдром наблюдался у 47 (58,7%) пациентов, учащенное мочеиспускание – у 23 (28,8 %). Астено-невротический синдром выявлен у 51 (63,3%) пациента и характеризовался разноплановыми жалобами, среди которых преобладали периодические головные боли, нарушение сна, снижение работоспособности, общая слабость и повышенная утомляемость. У 36 (45%) выявлялась артериальная гипертензия с повышением уровня систолического артериального давления (САД) до 148,9 ± 3,5 мм рт. ст. и диастолического артериального давления (ДАД) до 94,3 ± 1,2 мм рт. ст. Пациенты с артериальной гипертензией получали базисную терапию гипотензивными препаратами, назначенную по месту жительства.

Дисметаболические нарушения в моче проявлялись наличием оксалатурии у 38 (47,5%) и уратурии у 15 (18,7%) пациентов, а также повышением уровня мочевой кислоты в сыворотке крови до 326,33 (263,5; 351,75) мкмоль/л. Патологические изменения в клиническом анализе мочи характеризовались изменением pH (кислая реакция) у 77 (96,3%) пациентов, у 26 (32,5%) выявлена лейкоцитурия и у 21 (26,3%) – эритроцитурия. Показатель минутного диуреза составил 1,22 (0,74; 1,5) мл/мин. Повышение скорости оседания эритроцитов (СОЭ) в пределах 15–17 мм/ч отмечено у незначительного числа пациентов – 7 (8,7%).

По данным ПРТ, у 42 (52,5%) выявлены умеренные нарушения фильтрационной способности почек, выразившиеся в снижении клубочковой фильтрации до 72,65 (68,56; 74,91) мл/мин и канальцевой реабсорбции до 89,18 (87,75; 93,81)%. Повышение уровня креатинина в сыворотке крови и моче до 0,19 (0,11; 0,13) ммоль/л и 9,57 (9,26; 9,81) ммоль/л, соответственно, выявлено у 49 (61,4%). Патологические изменения показателей ФАК до уровня 23,09 (21,33; 25,18)% и ФАМ до уровня 15,83 (13,05; 17,03)% определялись у 49 (61,3%) пациентов. При УЗИ органов мочеполовой системы у 78 (97,5%) человек выявлены структурные изменения почек в виде нечеткости контуров, утолщения капсулы, неоднородности эхогенности различных участков паренхимы, а также расширение или деформация чашечно-лоханочной системы. У 19 (23,8%) пациентов определялись мелкие конкременты в почках (d = 2–4мм).

Сравнительная оценка положительной динамики основных клинических и параклинических показателей в результате санаторно-курортного лечения в изучаемых группах пациентов выявила статистически значимое преимущество ОГ, в которой дополнительно назначалось физиотерапевтическое воздействие ИНЭСП. Динамика клинической симптоматики характеризовалась уменьшением или исчезновением основных

Динамика лабораторных показателей у работников плавсостава с МКБ в изучаемых группах				
Показатель	Me (Q1; Q3)		Критерий Манна–Уитни для независимых выборок	
	контрольная группа, n = 40	основная группа, n = 40	W	p
pH-мочи	5,76 (5,62; 5,98)	5,93(5,70; 6,16)	672	0,0052
Мочевая кислота, мкмоль/л	256,34 (283,34; 272,63)	212,38 (193,72; 252, 57)	696,5	< 0,001
Креатинин крови, ммоль/л	0,12 (0,07; 0,18)	0,07 (0,04; 0,09)	3,5	< 0,001
Креатинин мочи, ммоль/л	7,42 (7,26; 7,88)	6,98 (6,75; 7,34)	645,5	0,004
Минутный диурез, мл/мин	1,38 (0,24; 1,56)	1,55 (1,78; 1,82)	874,5	< 0,001
Клубочковая фильтрация, мл/мин	82,54 (78,56; 84,91)	93,23 (90,56; 95,12)	890	< 0,001
Канальцевая реабсорбция, %	88,18 (86,37; 91,62)	99,46 (95,65; 99,53)	710	< 0,001
ФАК, %	19,35 (17,41; 22,03)	16,72 (13,12; 19,89)	85	< 0,001
ФАМ, %	17,04 (15,26; 20,11)	20,42 (17,33; 22,74)	167,5	< 0,001

синдромов: болевого – в ОГ у 83,6%, тогда как в КГ этот показатель составил 70,3%, дизурического – у 76,7 и 63,8% ($p_{1–2}$ < 0,001) пациентов, астено-невротического – у 77,3 и 68,6% пациентов ($p_{1–2}$= 0,0028) соответственно. По уровню снижения САД и ДАД статистически значимых различий в изучаемых группах не отмечалось.

Положительная динамика лабораторных показателей в конце курса курортной терапии выявила статистически значимое преимущество ОГ, по сравнению с КГ (см. таблицу).

Коррекция дисметаболических нарушений в крови и моче характеризовалась снижением уровня мочевой кислоты в сыворотке крови в КГ до 256,34 (283,34; 272,63) мкмоль/л у 62,7%, в ОГ – у 78,6% до 212,38 (193,72; 252,57) мкмоль/л ($p_{1–2}$ < 0,001), а также уменьшением или исчезновением оксалатурии в КГ у 65,3% и в ОГ у 79,7%; уратурии – у 63,8 и у 76,4% пациентов, соответственно ($p_{1–2}$ < 0,001).

Ощелачивание мочи произошло в обеих группах пациентов, при этом в ОГ отмечено некоторое преимущество, где pH к концу лечения повысилась до 5,93 (5,70; 6,16), а в КГ – до 5,76 (5,62; 5,98), ($p_{1–2}$ = 0,0052). К концу курортной терапии отмечались исчезновение или снижение лейкоцитурии и эритроцитурии в обеих группах пациентов, но в ОГ эти изменения отмечались у 78,3 и у 72,5%, тогда как в КГ у 67,7 и у 62,8%, соответственно ($p_{1–2}$ < 0,001).

Улучшение фильтрационной способности почек характеризовалось повышением показателей клубочковой фильтрации и канальцевой реабсорбции до следующих уровней: в КГ – до 82,54 (78,56; 84,91) мл/мин и до 88,18 (86,37; 91,62)%, а в ОГ эти показатели составили 93,23 (90,56; 95,12) мл/мин и 99,46 (95,65; 99,53)%, соответственно ($p_{1–2}$ < 0,001).

Снижение уровня креатинина в сыворотке крови и моче, а также улучшение показателей фибринолитической активности крови и мочи, более статистически значимым было в ОГ по сравнению с КГ. Креатинин сыворотки крови и мочи диагностирован на уровнях: в ОГ – 0,07 (0,04; 0,09) ммоль/л и 6,98 (6,75; 7,34) ммоль/л, в КГ – 0,12 (0,07; 0,18) ммоль/л и 7,42 (7,26, 7,88) ммоль/л соответственно ($p_{1–2}$ < 0,001). Показатели ФАК и ФАМ к концу лечения составили: в ОГ 16,72 (13,12; 19,89) % и 20,42 (17,33; 22,74) %, а в КГ – 19,35 (17,41; 22,03)% и 17,04 (15,26; 20,11), соответственно ($p_{1–2}$ < 0,001).

У 9 из 19 (47,4%) человек с мелкими конкрементами в почках наблюдалось их самостоятельное отхождение, что было подтверждено повторным ультрасонографическим обследованием, 6 (66,7%) из которых это пациенты, принимавшие процедуры ИНЭСП.

Общая эффективность курортной терапии в изучаемых группах составила: в КГ – 71,5 %, в ОГ – 83,7% (p < 0,001).

Заключение

Данные проведенных исследований свидетельствуют о том, что комплексная курортная терапия работников плавсостава, страдающих мочекаменной болезнью, с применением внутреннего и наружного (ванны) приема минеральной воды «Славяновская» в сочетании с импульсным

низкочастотным электростатическим полем аппарата «Хивамат-200» позволяет добиться более быстрого регресса клинических проявлений заболевания и улучшения функционального состояния мочевыделительной системы по сравнению с традиционными методами. Повышение эффективности курортного лечения достигается посредством компарантного и потенцирующего действия минеральной воды и импульсного низкочастотного электростатического поля. Применяемые лечебные физические факторы при ведущей роли внутреннего приема маломинерализованной минеральной воды железноводского курорта, оказывают стимулирующее влияние на метаболические процессы, гемомикроциркуляцию и клубочковую фильтрацию, что приводит к коррекции дисметаболических нарушений, усилению диуреза, отхождению мелких конкрементов и в целом способствует метафилактике мочекаменной болезни.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА
(пп. 5, 6 см. в REFERENCES)

1. Аполихин О.И., Сивков А.В., Комарова В.А., Просянников М.Ю., Голованов С.А., Казаченко А.В., Никушина А.А., Шадеркина В.А. Заболеваемость мочекаменной болезнью в Российской Федерации (2005–2016 годы). *Экспериментальная и клиническая урология.* 2018; (4): 38-46.
2. Каприн А.Д., Аполихин О.И., Сивков А.В., Москалева Н.Г., Солнцева Т.В., Комарова В.А. Анализ уронефрологической заболеваемости и смертности в Российской Федерации за 2003–2013 гг. *Экспериментальная и клиническая урология.* 2015; (2): 4-12.
3. Агаронян А.В., Сатыбалдыев В. М., Мануйлов В. М. Медико-социальная составляющая развития и лечения мочекаменной болезни у военнослужащих северного флота. *Экология человека.* 2008; (11): 42-7.
4. Крючков И.А., Чехонацкая М.Л., Россоловский А.Н., Бобылев Д.А. Мочекаменная болезнь: этиология и диагностика (обзор литературы). *Сборник научных трудов НИИ фундаментальной и клинической уронефрологии Саратовского ГМУ им. В.И. Разумовского «Актуальные проблемы фундаментальной и клинической уронефрологии 2017»*. 2017: 36-43.
7. Денисова Е.С., Буторина Н.В. Исследование вредных производственных факторов на рабочих местах плавсостава. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016; (8-4): 495-8.
8. Кубасов Р.В., Лупачев В. В. Медико-санитарная характеристика жизнедеятельности экипажа на борту морского рыбопромыслового судна. *Морская медицина*. 2016; 2 (1): 42-9.
9. Аляев Ю.Г., Глыбочко П.В. *Мочекаменная болезнь. Современный взгляд на проблему Руководство для врачей.* Из-во: Медфорум Альфа. 2016: 148.
10. Белай С.И., Довбыш М.А. Мочекаменная болезнь: Актуальность вопроса и перспективы его развития. *Вестник Витебского ГМУ.* 2016: 15 (5): 19-26.
11. Ефименко Н.В., Настюков В.В., Мищенко М.М., Кайсинова А.С. *Медицинская технология бальнео- физио- и рациональной фармакотерапии при хроническом пиелонефрите калькулезного генеза. Пособие для врачей и научных работников.* Пятигорск, 2012: 12.
12. Неймарк А. И., Салдан И. П., Давыдов А.В. Использование минеральных вод в реабилитационной терапии больных мочекаменной болезнью. *Урологические ведомости.* 2018; 8 (2): 18-23.
13. Третьяков А.А., Кайсинова А.С., Мищенко М.М., Узденов М.А. Восстановительное лечение больных хроническим пиелонефритом калькулезного генеза. *Цитокины и воспаление.* 2012; 11 (2): 128–31.
14. Андрюхин М.И, Мотин П.И., Пульбере С.А., Исрафилов М.Н. Реабилитация больных с уратным и смешанным уролитиазом. *Урология*. 2015; (5): 5-8.
15. Ефименко Н.В., Глухов А.Н., Кайсинова А.С. Актуальные вопросы медицинской реабилитации на курорте. *Курортная медицина*. 2017; (2): 6-16.
16. Карпухин И.В. Основные направления и перспективы развития медицинской реабилитации урологических и андрологических больных. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* 2007; (5): 4-8.
17. Мищенко М.М., Настюков В.В. Метафилактика больных хроническим калькулезным пиелонефритом с комплексным применением минеральных вод и медикаментов. *Курортная медицина.* 2013; (4): 23-5.
18. Коротеева Т.В., Ефименко Н.В., Товбушенко М.П. *Санаторно-курортное лечение больных хроническим пиелонефритом. Новая медицинская технология.* Пятигорск, 2006: 11.
19. Хорошко Е.В., Третьяков А.А. Реабилитация больных мочекаменной болезнью на курортах Кавказских минеральных вод. *Саратовский научно-медицинский журнал.* 2011; 7 (2): 95–8.
20. Сердюк А.А. Эффективность применения лечебно-восстановительных мероприятий у больных мочекаменной болезнью в амбулаторно-поликлинических условиях: автореф. дис… канд. мед. наук. М.: 2012; 23.
21. Ходырева Л.А., Максимов В.А., Дударев А.А., Сердюк А.А. Комбинированное лечение мочекаменной болезни с использованием многофункциональной терапевтической системы глубокой осцилляции. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2011; 7 (2): 260-7.
22. Куликов А.Г., Кузовлева Е.В. Применение низкочастотного электростатического поля в клинической практике (лекция). *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация.* 2013; (4): 44-53.

23. Орехова Э.М., Миненков А.А., Портнов В.В., Корчажкина Н.Б., Кончугова Т.В. и соавт. *Применение системы «Хивамат-200» в клинической практике: Пособие для врачей*. М.: 2002: 16.

REFERENCES

1. Apolikhin O.I., Sivkov A.V., Komarova V.A., Prosyannikov M.Yu., Golovanov S.A., Kazachenko A.V., Nikushina A.A., Schaderkina V.A. Urolithiasis morbidity in the Russian Federation (2005-2016). *Experimentalnaya i clinicheskaya urologiya.* 2018; (4): 38-46. (in Russian)
2. Kaprin A.D., Apolikhin O.I., Sivkov A.V., Moskaleva N.G., Solntseva T.V, Komarova V.A. The analysis of uronephrologic incidence and mortality in the Russian Federation for 2003-2013. *Experimentalnaya i clinicheskaya urologiya.* 2016; (2): 4-12. (in Russian)
3. Agaronyan A.V., Satybaldiev V.M., Manuilov V.M. Medico-social component of development and treatment of urolithic disease in the military personnel of the Northern Fleet. *Ekologiya cheloveka*. 2008; (11): 42-7. (in Russian)
4. Kryuchkov I.A., Chekhonatskaya A.N., Rossolovsky D.A., Bobyliov. Urolithiasis: etiology and diagnostics (overview of literature). *Collection of scientific works of scientific research institute of fundamental and clinical uronephrology of Saratov SMU named after V.I. Razumovsky "Current problems of fundamental and clinical uronephrology of 2017"[Sbornik nauchnykh trudov NII fundamentalnoy I klinicheskoy uronefrologii Saratovskogo GMU im. V.I. Razumovskogo "Aktualnye problem fundamentalnoy I klinicheskoy uronefrologii 2017".* 2017: 36-43. (in Russian)
5. Lin W.Y., Lai M.M., C.I. Li. In addition to insulin resistance and obesity, brachial-ankle pulse wave velocity is strongly associated with metabolic syndrome in Chinese-a population-based study (Taichung Community Health Study, TCHS). *J Atheroscler Thromb*. 2009; 16: 105-12.
6. Ritchie S.A., Connell J.M. The link between abdominal obesity, metabolic syndrome and cardiovascular disease. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2007; 17 (4): 319-26.
7. Denisova E.S., Butorina N.V. Study of harmful workplace factors of fleet personnel. *Mezhdunarodny zhurnal prikladnykh I fundamentaknykh issledovaniy.* 2016; (8-4): 495-8. (in Russian)
8. Kubasov R.V., Lupachev V.V. Medical and sanitary characteristic of activity of the crew on board the fishery vessel. *Morskaya medicina*. 2016; 2, (1): 42-9. (in Russian)
9. Alyaev Yu.G., Glybochko P.V. *Urolithic disease. A modern view on the problem. A guide for doctors. Publishing house [Sovremenny vzglyad na problem. Rukovodstvo dlya vrachey]*. Medforum-Alpha: 2016; 148. (in Russian).
10. Belai S.I., Dovbysh M.A. Urolithic disease: Relevance of the question and prospect of its development. *Vestnik Vitebskogo GMU*. 2016: 15 (5), 19-26. (in Russian)
11. Efimenko N.V., Nastyukov V.V, Mishchenko M.M, Kaisinova A.S. *Medical technology of balneo-physio- and rational pharmacotherapy at chronic pyelonephritis of calculary genesis. A guide for doctors and scientists [Meditsinskaya tekhnologiya balneo- fizio- I ratsionalnoy farmakoterapii pri khronicheskom pielonefrite kalkuleznogo geneza. Posobie dlya vrachey I nauchnykh rabotnikov]*. Pyatigorsk: 2012; 12. (in Russian)
12. Neymark A.I., Saldan I.P., Davydov A.V. Use of mineral waters in rehabilitation therapy of patients with urolithic disease. *Urologicheskie vedomisti.* 2018; 8 (2): 18-23. (in Russian)
13. Tretyakov A.A., Kaisinova A.S., Mischenko M.M., Usdenov M.A. Recovery treatment of patients with chronic pyelonephritis of calculary genesis. *Tsitokiny i vospalenie*. 2012; 11 (2): 128-31. (in Russian)
14. Andryukhin M.I., Motin P.I., Pulbere S.A., Israfilov M.N. Rehabilitation of patients with uric acid and mixed urolithiasis. *Urologiya.* 2015; (5): 5-8. (in Russian)
15. Efimenko N.V., Glukhov A.N., Kaisinova A.S. Topical issues of medical rehabilitation in the resort. *Kurortnaya meditsina.* 2017; (2): 6-16. (in Russian)
16. Karpukhin I.V. Main directions and prospects of development of medical rehabilitation of urological and andrological patients. *Voprosy kurortologii, fizioterapii I lechebnoy fizicheskoy kultury*. 2007; (5): 4-8. (in Russian)
17. Mishchenko M.M., Nastyukov V.V. Metaphylaxis of patients with chronic calculary pyelonephritis with complex application of mineral waters and medicines. *Kurortnaya meditsina*. 2013; (4): 23-5. (in Russian)
18. Koroteeva T.V., Efimenko, Tovbushenko M.P. *Sanatorium-and-spa treatment of patients with chronic pyelonephritis. New medical technology[Sanatorno-kurortnoe lechenie bolnykh khronicheskim pielonefritom. Novaya meditsinskaya tekhnologiya]*. Pyatigorsk: 2006; 11. (in Russian)
19. Khoroshko E.V., Tretyakov A.A. Rehabilitation of patients with urolithic disease in the resorts of Caucasian Mineralnye Vody region. *Saratovskiy meditsinskiy zhurnal.* 2011; 7 (2): 95-8. (in Russian)
20. Serdyuk A.A. Effectiveness of use of medical and recovery actions for patients with urolithiasis in out-patient and polyclinic conditions: extended abstract of dissertation of Can. Of Medicine. Moscow: 2012; 23. (in Russian)
21. Khodyreva L.A., Maximov V.A., Dudarev A.A., Serdyuk A.A. The combined treatment of urolithic disease with use of multipurpose therapeutic system of deep oscillation. *Saratovskiy meditsinskiy zhurnal.* 2011; 7 (2): 260-7. (in Russian)
22. Kulikov A.G., Kuzovleva E.V. Use of low-frequency electrostatic field in clinical practice (lecture). *Fiziologiya, balneologiya I reabilitatsiya.* 2013; (4): 44-53. (in Russian)
23. Orekhova E.M., Minenkov A.A., Portnov V.V., Korchazhkina N.B., Konchuqova T.V. et al. *Use of Hivamat-200 system in clinical practice: A guide for doctors [Primenenie sistemy "Khimavat-200" v klinicheskoy praktike: Posobie dlya vrachey]*. Moscow: 2012; 16. (in Russian).

Поступила 31 октября 2019
Принята в печать 28 февраля 2020

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Уйба В.В.[1], Баранкин Б.В.[2], Кабаев Е.М.[3], Симонов К.В.[4]

БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ МЕХАНОТЕРАПИЯ И РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ В КОМПЛЕКСНОЙ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ТРАВМ ПЛЕЧЕВОГО СУСТАВА

[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Институт повышения квалификации» ФМБА России, 125310, Москва;

[2]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный Сибирский научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», 660037, Красноярск;

[3]Центр восстановительной медицины ФГБУ «Федеральный сибирский научно-клинический центр ФМБА России», 660036, Красноярск;

[4]Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук», 660036, Красноярск

Изучены возможности применения роботизированной механотерапии на комплексе Con-trex в восстановительном лечении пациентов после артроскопических реконструктивных операций на плечевом суставе. Выполнена разработка и обоснование медицинских рекомендаций для врачей лечебной физической культуры, спортивной медицины, травматологов-ортопедов по оказанию адресной реабилитационной помощи с применением роботизированной механотерапии с БОС. Выполнена разработка новых Программ терапии и реабилитации заболеваний и травм плечевого сустава, улучшения результатов лечения с контролем показателей, получаемых от работы с изокинетическим динамометром Con-trex MJ. Выполнены анализ статистики и моделирование данных с Con-trex, полученных в ходе экспериментальных исследований. На этой основе разработаны элементы методики для повышения эффективности и ускорения процесса реабилитации. Улучшение визуального представления для всей совокупности исходных экспериментальных клинических данных Con-trex с помощью аппроксимаций нейросетями, на основе упругих карт, а также в рамках гистограммного подхода, позволяет повысить точность диагностических оценок.

Ключевые слова: *послеоперационная реабилитация; плечевой сустав; роботизированная механотерапия; Con-trex; ремоделирование сустава; изокинетика; численное моделирование данных; нелинейная регрессия; визуализация; метод упругих карт; гистограммный подход.*

Для цитирования: Уйба В.В., Баранкин Б.В., Кабаев Е.М., Симонов К.В. Биомеханическая роботизированная механотерапия и ремоделирование в комплексной послеоперационной реабилитации травм плечевого сустава. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2020; 22(1): 28-38.

Для корреспонденции: *Кабаев Евгений Михайлович*, врач травматолог-ортопед Центра восстановительной медицины ФГБУ ФСНКЦ ФМБА России, 660036, г. Красноярск. E-mail: kabaevem@mail.ru

Uiba V.V.[1], Barankin B.V.[2], Kabaev E.M.[3], Simonov K.V.[4]

BIOMECHANICAL ROBOTIC MECHANOTHERAPY AND REMODELING IN INTEGRATED POST-OPERATIVE REHABILITATION OF INJURIES OF THE SHOULDER JOINT

[1]Institute for Advanced Studies, FMBA, Moscow, 125310, *Russian Federation;*
[2]FMBA, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation;
[3]Center for Restorative Medicine of the Federal Siberian Research and Clinical Center of the Russian Federal Medical and Biological Agency, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation;
[4]Institute of Computational Modeling Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, 660036, Russian Federation

The possibilities of using robotic mechanotherapy at the Con-Trex complex in the rehabilitation treatment of patients after arthroscopic reconstructive surgery on the shoulder joint were studied. The development and justification of medical recommendations for doctors specialized in physical therapy,

sports medicine, orthopedic traumatologists for the provision of targeted rehabilitation assistance using robotic mechanotherapy with biofeedback has been completed. The development of a new schedule for the treatment and rehabilitation of diseases and injuries of the shoulder joint improving treatment results with monitoring indicators obtained from working with the isokinetic dynamometer Con-Trex MJ. The analysis of statistics and modeling of data from Con-Trex obtained in the course of experimental studies are performed. On this basis, elements of the methodology have been developed to increase efficiency and accelerate the rehabilitation process. Improving the visual presentation for the entire set of initial experimental clinical data of Con-Trex using approximations by neural networks, based on elastic maps, as well as within the framework of a histogram approach, allows increasing the accuracy of diagnostic estimates.

Keywords: *postoperative rehabilitation; shoulder joint; robotic mechanotherapy; Con-trex; joint remodeling; isokinetics; numerical data modeling; nonlinear regression; visualization; elastic map method; histogram approach.*

For citation: Uiba V.V., Barankin B.V., Kabaev E.M., Simonov K.V. Biomechanical robotic mechanotherapy and remodeling in integrated post-operative rehabilitation of injuries of the shoulder joint. *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy (Medicine of Extreme Situations, Russian journal)* 2020; 22(1): 28-38. (In Russian)

For correspondence: *Evgeny M. Kabaev*, MD, Orthopedic Traumatologist, Center for Reconstructive Medicine of the Center for Restorative Medicine of the Federal Siberian Research and Clinical Center of the Russian Federal Medical and Biological Agency, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation. E-mail: kabaevem@mail.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received December 26, 2019
Accepted February 28, 2020

Верхняя конечность в силу своих функций (как орган труда и тонких координированных движений) наиболее часто подвержена различным травмам. Возникшая патология, несмотря на широкое внедрение микрохирургической техники, довольно часто приводит к нарушению трудоспособности и развитию инвалидности, которая, по данным различных авторов, имеет место у 23–29% пострадавших [1]. Повреждения плечевого сустава относятся к разряду часто встречающихся травм, и составляют от 16 до 55% всех повреждений крупных суставов [2–3]. При травмах плечевого сустава нарушается целостность структур, обеспечивающих его стабильность и нормальную артрокинематику. Нестабильность плечевого сустава в 96 % имеет травматическую этиологию, и лишь у 4 % пациентов возникает по другим причинам [4–5].

В настоящее время реконструктивная хирургия плечевого сустава является одним из активно развивающихся научных и практических направлений современной травматологии и ортопедии [6–8]. По данным AAOS (American Academy of Orthopaedic Surgeons), в год в мире производится около 400 тыс атроскопических операций на плечевом суставе. В России – около 600 операций. Полноценный единый алгоритм послеоперационной реабилитации отсутствует, длительно (3 и более нед) применяется иммобилизация после операции [9–10], что приводит к развитию осложнений [11].

Цель исследования – научно обосновать и разработать метод комплексной послеоперационной реабилитации травм плечевого сустава в раннем и позднем восстановительном периодах с использованием биомеханической роботизированной механотерапии.

Основные задачи:

1. Теоретически и экспериментально обосновать методику биомеханической роботизированной механотерапии с биологической обратной связью с учетом стандартных адаптеров, режимов сопротивления, укладок и положений для применения в послеоперационной реабилитации травм плечевого сустава в раннем и позднем восстановительном периодах с дополнительной оценкой процессов ремоделирования сустава на основании полученных от Con-trex данных.
2. Выявить особенности влияния курсового комплексного применения биомеханической роботизированной механотерапии на скорость регрессии и динамику степени выраженности и частоты встречаемости клинических симптомов патологического процесса в раннем и позднем

восстановительном периодах после хирургического лечения травм плечевого сустава.

3. Оценить эффективность влияния курсового комплексного применения биомеханической роботизированной механотерапии на функциональную активность плечевого сустава в раннем и позднем восстановительном периодах после хирургического лечения травм плечевого сустава.

4. Оценить непосредственные и отдаленные результаты курсового комплексного применения биомеханической роботизированной механотерапии в раннем и позднем восстановительном периодах после хирургического лечения травм плечевого сустава.

Материал и методы

Исследования проводились в ФГБУ ФСНКЦ ФМБА России (г. Красноярск, Россия). В исследовании принимали участие 100 человек – мужчины и женщины в возрасте 18–55 лет в раннем (через 2–4 нед после хирургического лечения травмы плечевого сустава) и позднем (более 4 нед после хирургического лечения травмы плечевого сустава) восстановительном периодах после хирургического лечения травм плечевого сустава (разрыва вращательной манжеты плеча, травматического вывиха плеча, повреждения плечевого сустава Банкарта и Хилла–Сакса).

Экспериментальные клинические исследования проводились в несколько этапов:

•оценка результатов исследования клинико-функциональных показателей до начала реабилитационных мероприятий (1–2-й день пребывания пациента в реабилитационном центре);

- оценка результатов исследования клинико-функциональных показателей через 1 нед, 1 мес после проведения реабилитационных мероприятий (20-й день пребывания пациента в реабилитационном центре);
- сравнение полученных данных с исходными данными в группах;
- изучение отдаленных результатов реабилитации через 6, 12 мес (клинико-функциональное тестирование и анкетирование);
- обобщение результатов, формулирование выводов и практических рекомендаций.

Важно, что в реабилитации приветствуется мультидисциплинарный подход к составлению программ лечения, особенно в спорте высших достижений [12–14].

Методы лечения для обеих групп: классический ручной массаж области шеи, воротниковой зоны и верхней конечности с акцентом на пораженный плечевой сустав и лопаточную область, ежедневно, на курс 10 процедур. Физиопроцедуры: магнитотерапия на область плечевого сустава на аппарате Mag-Expert в стандартном режиме «Артропатия» по 30 мин ежедневно, курс 10 процедур; лечение электростатическим полем на аппарате «Хивамат» в стандартном режиме «Послеоперационная реабилитация» на область плечевого сустава, плеча и надплечья, курс 10 процедур. Индивидуальная ЛФК: в группе наблюдения по 30 мин, курс 10 процедур; в группе сравнения по 60 мин, курс 20 процедур.

Дополнительный метод лечения для группы наблюдения: биомеханическая роботизированная механотерапия пораженного плечевого сустава, тип нагрузки пассивный (CPM – продолжительная пассивная мобилизация) и изокинетический, режим баллистический, продолжительность процедуры 1 ч, ежедневно первые 2 нед, затем 3 раза в нед, на курс 20 процедур.

Роботизированная механотерапия представлена в нашей стране множеством специализированных тренажерных комплексов (Artromot, Flex-mate, Con-trex, Biodex, Primus RS). На базе Федерального Сибирского научно-клинического центра ФМБА России (г. Красноярск) с 2012 г., в рамках ранней и поздней послеоперационной реабилитации, применяется роботизированная механотерапия на лечебно-диагностическом тренажерном комплексе с биологической обратной связью Con-trex.

В основе базы механотерапии применяется изокинетический режим (от греческого «изо» – постоянный, «кинезис» – движение, его можно перевести как «постоянная скорость движения»). Он обозначает процесс, при котором сегмент тела двигается по определенной амплитуде с предварительно заданной фиксированной скоростью. Сколько бы силы ни прикладывал пациент, фиксированная скорость не будет превышена. Рабочие режимы механотерапии: изокинетический (с постоянной заданной скоростью, с исключением инерции);

изотонический (с заданным крутящим моментом, т.е. величиной силы); постоянная пассивная мобилизация (CPM-режим, с постоянной заданной скоростью, независимо от инерции). Типы мышечного сопротивления: концентрический (с укорочением активной мышечной группы); эксцентрический (с удлинением активной мышечной группы).

Отметим, что биомеханические методы выявления патологии двигательной сферы являются важным разделом восстановительной медицины [15–16]. Таким образом, предлагается роботизированная механотерапия на комплексе Con-trex с первого дня начала реабилитации в CPM-режиме с постепенным переходом в течение 1 мес на изокинетический баллистический режим с заданной скоростью движения (в положении лежа на спине). Баллистический режим делает возможным большее ускорение и, следовательно, более быстрое движение за счет прогнозирования ожидаемого движения. Влияние инерции значительно снижается благодаря системе баллистического контроля Con-trex. Благодаря биологической обратной связи пациент активно вовлекается в реабилитационный процесс, а мы получаем целый ряд биомеханических параметров от системы тренажера [17]. Движения в этой категории могут быть концентрическими, эксцентрическими или чередованием этих двух режимов [18–19].

К исходу 1-го месяца занятия проводились в положении лежа и сидя с постепенным наращиванием нагрузки. Изокинетические тренировки пациентов на модуле WS Con-trex – 2-й месяц реабилитации в положении стоя. Комплекс Con-trex позволяет быстро и точно проводить диагностику по интересующим параметрам (сила, крутящий момент, амплитуда движения в суставе, мощность и т.д.) с формированием протоколов в динамике. Изокинетический режим тренировок совершенствует специфические центральные механизмы координации движений, тренирует больший диапазон функциональных возможностей [20–22].

Представлен пример реализации биомеханической роботизированной механотерапии и разработанного способа ремоделирования в рамках комплексной послеоперационной реабилитации травмы плечевого сустава.

Пациент 35 лет, прооперирован через 1 мес с момента получения травмы (повреждения Банкарта и Хилл–Сакса). Явка на реабилитацию через 1 мес после оперативного лечения. Иммобилизация 3,5 нед в бандаже. 4 занятия в неделю: роботизированная механотерапия № 20; магнитотерапия № 10; массаж шеи, воротниковой зоны, верхней конечности № 16; лечебная физкультура № 10 + самостоятельные занятия в домашних условиях. К концу 1-го месяца реабилитации болевой синдром купирован более чем наполовину. Пассивные движения в суставе восстановлены за 5 нед. К концу 2-го месяца лечения мышечная сила удовлетворительная, подвижность сустава в должном объеме с возможностью выполнения сложнокоординационных упражнений и на баланс. При мануальном мышечном тестировании рефлексы восстановлены за 3 мес с момента оперативного лечения.

Результаты и обсуждение

Показатели экспериментальных клинических исследований в протоколах Con-trex: мощность (ед. изм. Вт); крутящий момент (величина силы, приложенной пациентом, ед. изм. Нм); Общая работа (количество энергии, полученное системой при изменении её параметров, Дж); ROM (range of motion – диапазон движения, в град).

Применение разработанной и адаптированной вычислительной технологии анализа многомерных данных представлено для решения определенной задачи: обработка, визуализация и статистический анализ экспериментальных клинических данных, полученных в ходе измерений в процессе разработки плечевого сустава на модуле лечебно-диагностического комплекса Con-trex (рис. 1).

В клиническом эксперименте измерены: удельная максимальная мощность (Вт/кг), удельная средняя мощность (Вт/кг), удельная работа (Дж/кг), удельный крутящий момент максимальный (Нм/кг), максимальная мощность (Вт), средняя мощность (Вт), работа (Дж), крутящий момент максимальный (Нм). Отметим, что в клинических экспериментах акцент делают на пиковый крутящий момент [23–24]. Пример таблицы исходных данных Con-trex и иллюстрирующие их графики (крутящий момент максимальный (Нм)) приведен на рис. 2.

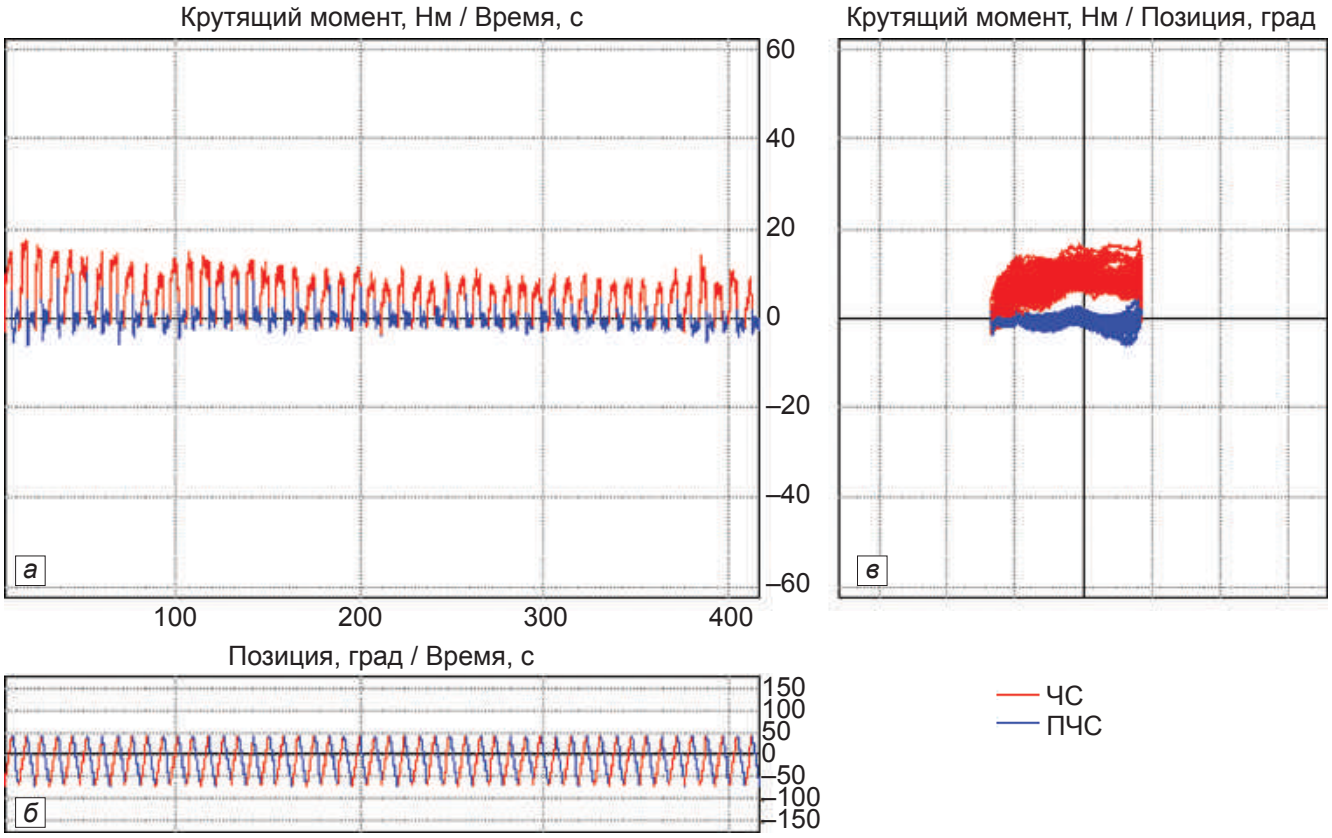


Рис. 1. Статистический анализ экспериментальных клинических данных:
а – график Крутящего момента («усилие» в Нм) от времени (с); б – Позиция (град.) от времени (с.);
в – графики всех 50 циклов зависимостей Крутящего момента (Нм, усилие) от Позиции (град.).

Построение аппроксимационных моделей по данным Con-trex осуществляется на основе нелинейной многопараметрической регрессии (нейросетевой подход) [25]. Для построения нелинейных моделей на основе данных медицинского эксперимента применяется алгоритмическое и программное обеспечение, разработанное в ИВМ СО РАН, основанное на нейросетевых представлениях (программа «Модели»). Основные этапы построения регрессии: этап

ЧС/кон		ПЧС/кон	
9,9	1,00	–5,4	1,00
10,4	2,00	–4,8	2,00
10	3,00	–6	3,00
9,1	4,00	–4,1	4,00
10	5,00	–4,2	5,00
9,4	6,00	–4,7	6,00
7	7,00	–4,5	7,00
9,1	8,00	–4,4	8,00
5,6	9,00	–5	9,00
10,8	39,00	–4,2	39,00
7,7	40,00	–4,2	40,00
9,2	41,00	–4,8	41,00
6,1	42,00	–3,6	42,00
8,2	43,00	–4	43,00
9,6	44,00	–4,3	44,00
8,3	45,00	–3,1	45,00
8,3	46,00	–4,5	46,00
6,5	47,00	–5,8	47,00
6,4	48,00	–4,4	48,00
9,7	49,00	–4,3	49,00
6,4	50,00	–3,3	50,00

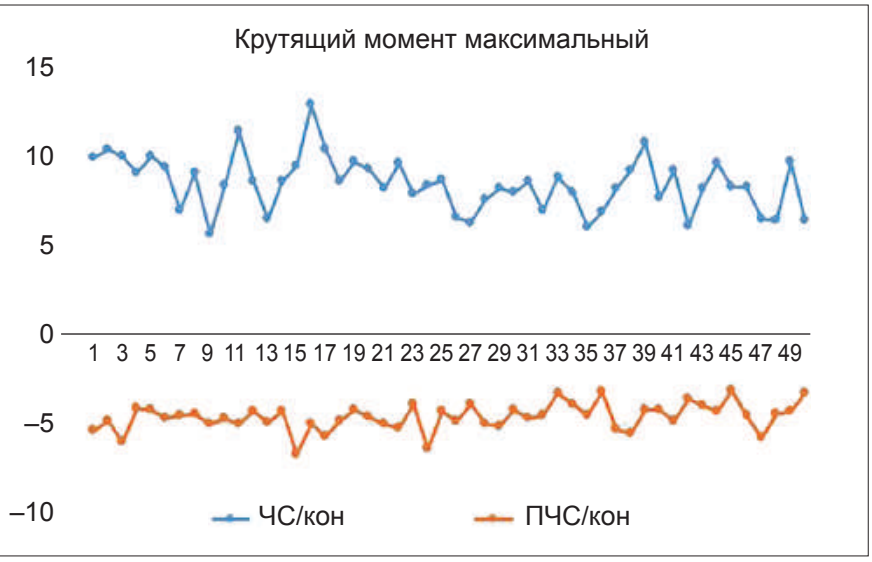


Рис. 2. Исходные данные Con-trex в таблице и иллюстрирующие их графики (крутящий момент максимальный).

предобработки, этап расчета регрессии, оценка гладкости, этап оптимизации, быстрый метод перекрестной проверки.

Визуализация многомерных данных Con-trex осуществляется методом упругих карт, который основан на методе главных компонент, и методом гистограмм. Алгоритм построения главных компонент и визуальное представление результатов в главных компонентах реализовано в программе ViDaExpert, которая разработана в ИВМ СО РАН [26].

В основе метода гистограмм лежит построение опытного распределения наблюдаемых значений исследуемого показателя качества – гистограммы распределения. По внешнему виду гистограммы, ее положению и величине рассеяния можно оценить, насколько результативно достигается поставленная цель в области качества, т.е. выполняются заданные требования [27–28].

На первом этапе решения задачи аппроксимации созданы отдельные таблицы в Excel, где в первом столбце изначальные данные Con-trex, по которым будет происходить моделирование, а во втором столбце – количество задач. Всего задач в каждой таблице 50. После этого открывается надстройка «Модели» для задания параметров обучения нейронной сети. Для решения задачи аппроксимации трендов и колебательной составляющей определены параметры расчета (рис. 3). В результате выполнения расчетов построены аппроксимации на основе данных

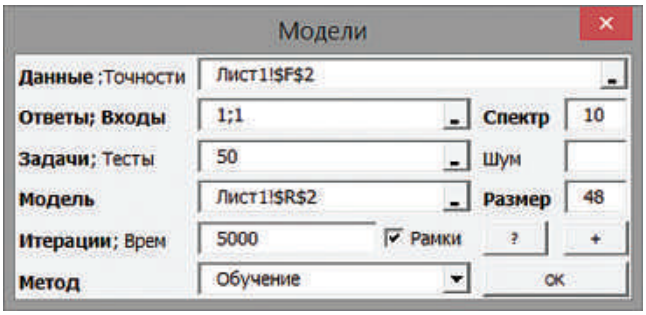


Рис. 3. Интерфейс работы в надстройках программы «Модели».

Con-trex «крутящий момент максимальный» (Нм); построены модели колебательной составляющей и функции тренда (рис. 4, *а*, *б*).

Далее выполнена визуализация данных Con-trex «крутящий момент максимальный» (Нм) методом упругих карт (рис. 5).

Приведены расчеты и визуализация данных клинического эксперимента на базе Con-trex методом гистограмм. Для удобства анализа «прямое» и «обратное» движение руки пациента рассматривается отдельно. Для получения общего представления по статистике усилий составлена гистограмма по 200 интервалам между максимальным и минимальным значением усилия.

Гистограмма получается при помощи встроенной функции histogram (200,D) математического пакета Mathcad, где 200 – количество интервалов гистограммы, D – вектор данных; функция находит минимальное и максимальное значения для данных D. На рис. 6 представлена

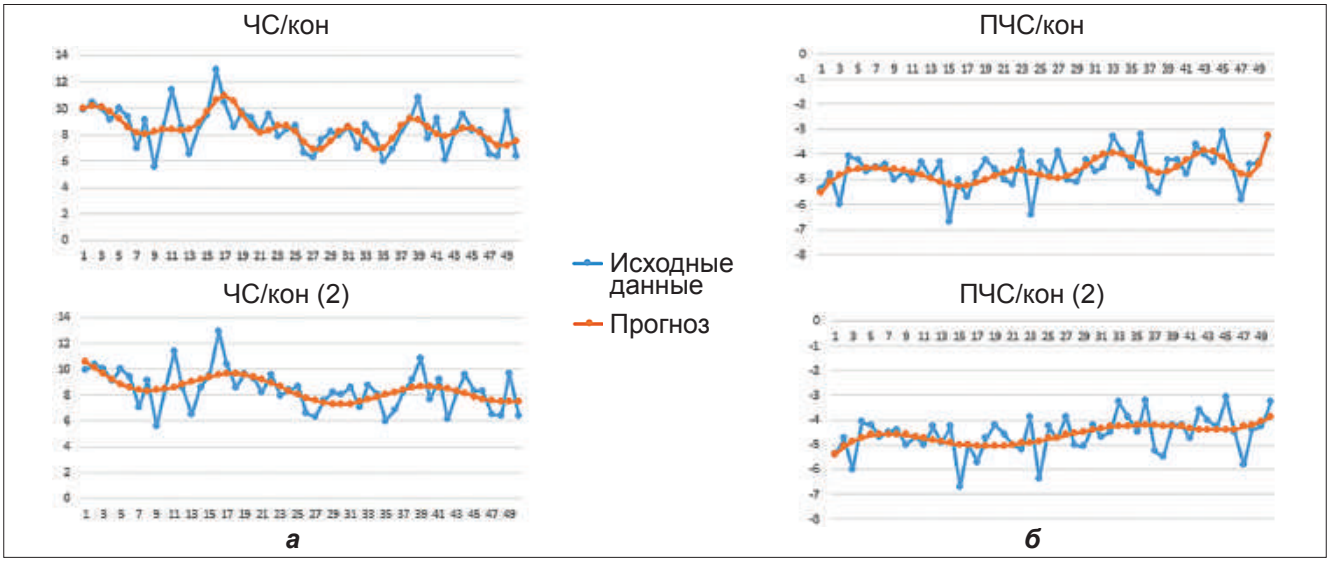


Рис. 4. Модели колебательной составляющей (а) и функции тренда (б).

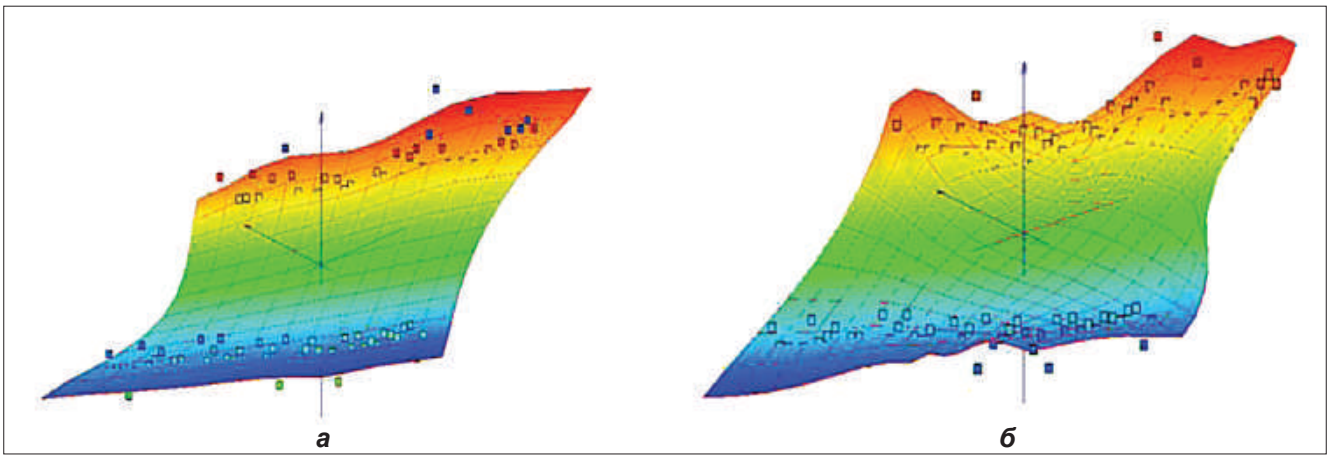


Рис. 5. «Крутящий момент максимальный» (Нм): жёсткая (а) и мягкая карты (б).

частотная гистограмма по всем значениям зарегистрированных усилий. По горизонтальной оси представлена величина усилия, по вертикали – количество точек в каждом из 200 интервалов разбиения за все время упражнения.

Анализ гистограммы на рис. 7 показал, что в «обратном» движении руки (более острый и интенсивный пик слева, синие кружки) развиваются небольшие усилия и они достаточно однообразны; прямое движение (более широкий пик справа – зеленые кружки) имеет большее разнообразие, причем наиболее типичное усилие больше по величине, чем самое большое, развиваемое в обратном движении.

Визуализация данных Con-trex на основе построения двумерных гистограмм представлена на рис. 8. Визуализация результатов статистического анализа экспериментальных клинических данных Con-trex представлена на рис. 9, 10.

Таким образом, в рамках численного моделирования данных Con-trex для построения аппроксимационных функций выполнен учет гладкости данных и определено количество гармоник при заданной точности (модификация базовой методики нелинейной регрессии): 0,5 и 10 для функции тренда и колебательной составляющей, соответственно; общее число гармоник – 48.

В результате численных экспериментов на основе метода упругих карт выявлены закономерности в исследуемых данных Con-trex. Сравнительный анализ мягких и жестких карт показал, что более адекватное представление динамики изучаемых показателей имеем при визуализации в модели мягких карт.

Выполнен анализ и визуализация экспериментальных клинических данных Con-trex с помощью метода гистограмм. Показано, что улучшение визуального представления в рамках гистограммного подхода позволяет повысить точность оценки текущего состояния пациента.

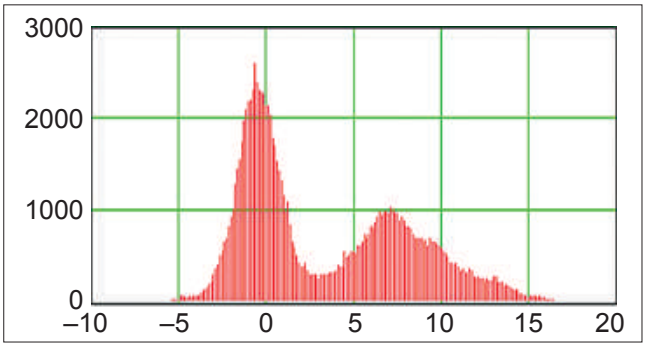


Рис. 6. Частотная гистограмма по всем значениям зарегистрированных усилий.

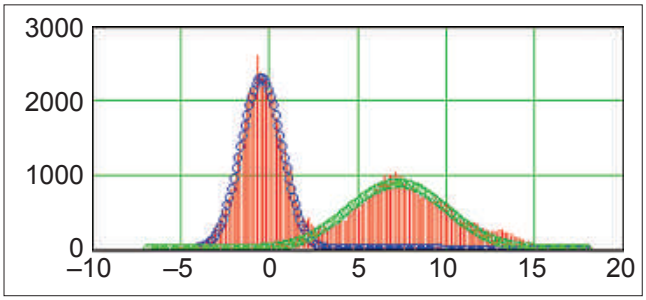


Рис. 7. Разбиение графика гистограммы усилий на две составляющих линии гауссиан с параметрами (сдвиг, полуширина).

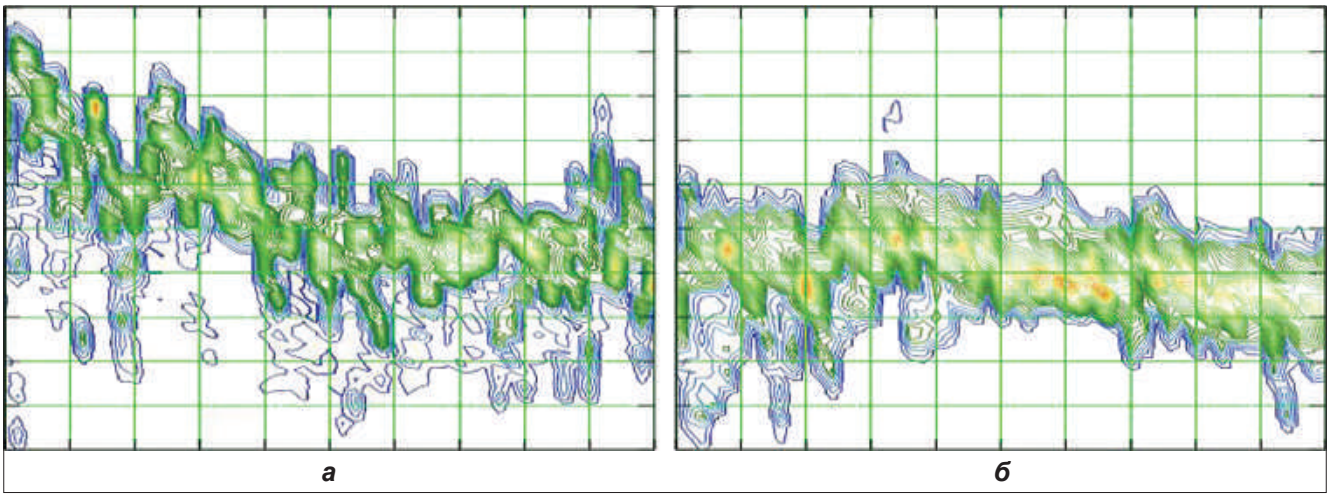


Рис. 8. Приведены двумерные гистограммы «усилий» от времени для полуциклов ЧС (а) и ПЧС (б).
По оси абсцисс время в долях для каждого полуцикла от 0 до 1, по оси ординат «усилие» (Крутящий момент) в долях от минимального (0) до максимального значения (1).

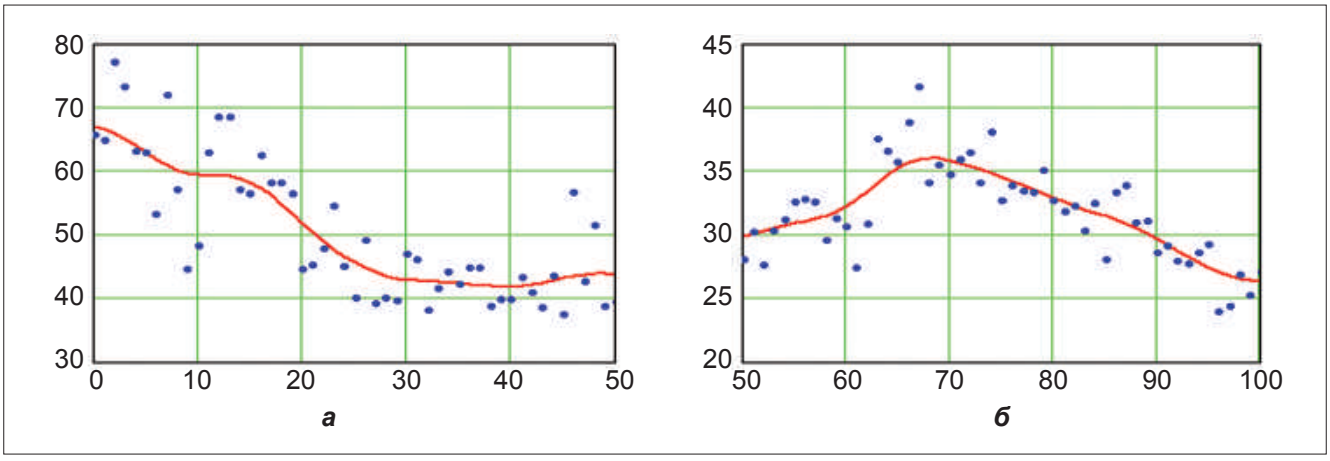


Рис. 9. Приведены средние значения усилий (Крутящего момента), измеренного в процентах от диапазона самих усилий (max-min) с учетом разницы минимальных и максимальных значений для движения ЧС (а) ПЧС (б) в зависимости от времени (в % от цикла).

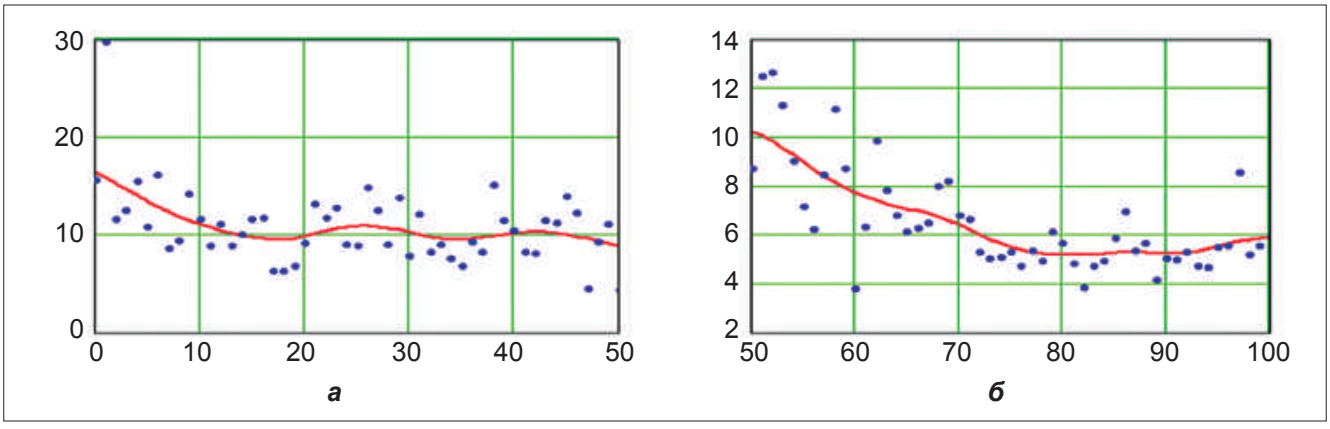


Рис. 10. Приведены среднеквадратичные отклонения от средних значений «усилия» (Крутящего момента), измеренного в процентах диапазона усилий (max-min) с учетом разницы минимальных и максимальных значений для движения ЧС (а) и ПЧС (б) в зависимости от времени (в % от цикла).

Заключение

В итоге клинических и экспериментальных исследований выявлены и обоснованы критерии оценки эффективности реабилитационных мероприятий курсового комплексного применения роботизированной биомеханической механотерапии и ремоделирования на основе Con-trex:

- уменьшение частоты встречаемости патологического процесса;
- снижение интенсивности болевых ощущений в пораженном плечевом суставе, определяемой шкале ВАШ;
- увеличение силы и восстановление рефлекса мышц гомолатеральной конечности (большой и малой грудной, двуглавой, трехглавой, надостной и подостной, подлопаточной, дельтовидной, круглых мышц, плечевой, широчайшей, трапециевидной, передней зубчатой), определяемых при мануальном мышечном тестировании и определении силы по баллам;
- устранение нестабильности пораженного плечевого сустава, определяемой по тестам К. Букупа (2007);
- уменьшение объема гомолатеральной верхней конечности и арифметической разницы между объемом гомо- и контрлатеральной верхних конечностей в нижней, средней, верхней третях плеча;
- увеличение угла сгибания, разгибания, отведения, приведения, наружной и внутренней ротации в плечевом суставе гомолатеральной конечности при активных и пассивных движениях;
- увеличение показателей общей работы, мощности и крутящего момента в полных отчетах по динамике, формируемых системой CON-TREX;
- купирование воспалительного процесса в периартикулярных тканях плечевого сустава на УЗИ;
- отсутствие признаков нарушений конгруэнтности суставных поверхностей, дегенеративных изменений в суставных и околосуставных структурах на МРТ;
- восстановление функциональной активности в повседневной жизни по результатам анализа опросника DASH.

Выполнен анализ экспериментальных клинических данных, полученных на основе применения биороботизированного комплекса Con-trex, в рамках решения задачи ремоделирования плечевого сустава. Построены аппроксимационные модели (нейросетевой подход) и выполнена визуализация данных Con-trex для каждого измеряемого в эксперименте показателя методом упругих карт и методом гистограмм. В итоге, на основе экспериментальных исследований решены следующие задачи:

- разработана и адаптирована вычислительная технология для быстрой обработки и анализа многомерных экспериментальных клинических данных Con-trex;
- повышена информативность результатов обработки и анализа данных наблюдений Con-trex на основе нелинейной регрессии (нейросетевой подход) и визуализации их методом упругих карт.
- повышена точность оперативной диагностики на основе статистической обработки и визуализации экспериментальных клинических данных Con-trex гистограммным методом.

Таким образом, разработан и научно обоснован новый способ реабилитации лиц в раннем и позднем восстановительном периоде после хирургического лечения травм плечевого сустава, включающего курсовое комплексное применение биомеханической роботизированной механотерапии с оценкой процессов ремоделирования сустава на основе данных отчетов по динамике.

Получены новые результаты клинических и экспериментальных исследований эффективности курсового комплексного применения биомеханической роботизированной механотерапии с БОС в раннем и позднем восстановительном периодах после хирургического лечения травм плечевого сустава на основании изучения его влияния на скорость минимизации/купирования клинических проявлений патологического процесса, скорость и объем функционального восстановления пораженного плечевого сустава.

Практические рекомендации включают научное обоснование применения курсового комплексного применения биомеханической робо-

тизированной механотерапии с БОС в раннем и позднем восстановительном периодах после хирургического лечения травм плечевого сустава. Определены показания и противопоказания для использования разработанного способа.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА
(пп. 3, 5–9, 15–24, 27, 28 см. в REFERENCES)

1. Азолов В.В. Александров Н.М. Эффективность реконструкции пальцев кисти при последствиях травм различной этиологии. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2004; (2): 82-8.
2. Архипов С.В. *Посттравматическая нестабильность и заболевания вращательной манжеты плеча:* Автореферат диссертации д-ра мед. наук. М.; 1998: 22 с.
4. Гончаров Е.Н., Акимкина А.М., Знаменский И.А., Чибисов С.М., Лисаченко И.В., Юматова Е.А. Магнитно-резонансная томография в диагностике повреждений мягкотканных структур плечевого сустава. *Фундаментальные исследования.* 2012; (7): 76-9.
10. Архипов С.В. Артроскопический метод эндоскопического лечения субакромиальной компрессии ротаторной манжеты плеча. *Современные принципы оперативной артроскопии. Сборник статей. Выпуск 1.* М., 1998: 8-19.
11. Ударцев Е.Ю., Чанцев А.В., Распопова Е.А. Реабилитация больных после хирургического лечения внутрисуставных переломов крупных суставов. *Травматология и ортопедия России.* 2008; 4(50): 28-34.
12. Самойлов А.С., Разинкин С.М., Хан А.В., Назарян С.Е., Шевякова Н.И. Мультидисциплинарный подход в реабилитации спортсменов высших достижений. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2016; (2).
13. Михалева А.В., Куликов А.Г., Макарова И.Н., Докторов А.В., Пахомова Е.Е. Реабилитационная методика применения лечебной гимнастики и пеллоидотерапии в восстановлении пациентов после артроскопических операций на плечевом суставе. *Спортивная медицина: наука и практика.* Москва. 2019; 9, (1): 73-9.
14. Сячин В.Д., Новикова Т.В. Средства и методы физической реабилитации спортсменов при оперативном лечении повреждений плечевого сустава. *Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта*. 2019; 1, (167): 286-9.
25. Горбань А.Н., Россиев Д.А. *Нейронные сети на персональном компьютере*. Новосибирск: Наука, 1996: 276 с.
26. Зиновьев А.Ю. *Визуализация многомерных данных*. Красноярск, Изд. КГТУ, 2000.

REFERENCES

1. Azolov V.V., Aleksandrov N.M. Efficiency of reconstruction of fingers in the aftermath of injuries of various etiologies. *1. Vestnik travmanologii I ortopedii im N.N. Priorova.* 2004; (2): 82-8. (in Russian)
2. Arkhipov C.B. *Post-traumatic instability and diseases of the rotator cuff:* Abstract of dissertation Dr. med. Sciences. Moscow, 1998: 22 p. (in Russian)
3. Tashjian R.Z., Farnham J.M., Albright F.S., Teerlink C.C., Cannon-Albright L.A. Evidence for an inherited predisposition contributing to the risk for rotator cuff disease. *J. Bone Joint Surg Am*. 2009; 91: 1136-42.
4. Goncharov E.H., Akimkina A.M., Znamensky I.A., Chibisov S.M., Lisachenko I.V., Yumatova E.A. Magnetic resonance imaging in the diagnosis of damage to soft tissue structures of the shoulder joint. *Fundamental'nye issledovaniya* . 2012; (7); 76-9.(in Russian)
5. Rowe C.R. Acute and recurrent anterior dislocations of the shoulder. *Orthop. Clin. North. Am.* 1980; 11: 153-270.
6. Godin J., Sekiya J.K. Systematic review of arthroscopic versus open repair for recurrent anterior shoulder dislocations. *Sports Health*. 2011; 3(4): 396-404.
7. Gyftopoulos S., Bencardino J., Palmer W.E. MR imaging of the shoulder: first dislocation versus chronic instability. *Semin. Musculoskelet. Radiol.* 2012; 16(4): 286-95.
8. Owens B.D., Dawson L., R. Burks L., et al. Incidence of shoulder dislocation in the United States military: demographic considerations from a high-risk population. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2009; 91(4): 791-6.
9. Rockwood C.A., Blatter G., Wirth M.A. Specific capsular shift reconstruction for the management of patients with anterior shoulder instability. *Orthop. Trans*. 1993-1994; 17, (4): 972-8.
10. Arkhipov S.V. Arthroscopic method of endoscopic treatment of subacromial compression of the rotator cuff of the shoulder. *Modern principles of operative arthroscopy. Digest of articles. Issue 1 [Sovremennye printsipy operativnoy artroskopii. Sbornik statey. Vypusk 1]*. Moscow, 1998: 8-19. (in Russian)
11. Udartsev E.Yu., Chantsev A.V., Raspopova E.A. Rehabilitation of patients after surgical treatment of intraarticular fractures of large joints. *Traumatologiya i Ortho-pediya v Rossii.* 2008; 4(50): 28-34. (in Russian)
12. Samoilov A.S., Razinkin S.M., Khan A.V., Nazaryan S.E., Shevyakova N.I. A multidisciplinary approach in the rehabilitation of athletes of the highest achievements. *Voprosy kurortologii, fizioterpii I lechebnoy fizicheskoy kultury*. 2016; (2). (in Russian)
13. Mikhaleva A.V., Kulikov A.G., Makarova I.N., Doctors A.V., Pakhomova E.E. The rehabilitation technique of applying therapeutic gymnastics and pelloid therapy in the recovery of patients after arthroscopic operations on the shoulder joint. *Sportivnaya meditsina: nauka I praktika.* Moscow. 2019; 9, (1): 73-9. (in Russian)

14. Syachin V.D., Novikova T.V. Means and methods of physical rehabilitation of athletes in the surgical treatment of injuries of the shoulder joint. *Scientific notes of University named after P.F. Lesgaft [Uchenye zapiski universiteta iveni P.F. Lesgrafta]*. 2019; 1, (167): 286-9. (in Russian)
15. Kirtly C. *Clinical gait analysis: theory and practice*. Edinburgh et al.: Elsevier Science Health Science. 2006: 316 p.
16. Vaughan C.L., et al. *Biomechanics of human gait: an electronic bibliography.* Human Kinetics Publishers Inc., 1992.
17. Striefel S. Creating the Future of Applied Psychophysiology and Biofeedback Fr–om Fantasy to Reality. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 1998; 23, (2): 2-8.
18. Cotte T., Ferret J.-M. Comparative study of two isokinetics dynamometers: CYBEX NORM vs CON-TREX MJ. *Isokinetics and Exercise Science*. 2003; (11): 37-43.
19. Edouard P. Static and dynamic shoulder stabilizer adaptations in javelin thrower. *Isokinetics and Exercise Science.* 2013; (21): 47–55.
20. Blank S., Puhl J.L. Effect of isokinetic strength training on muscle fiber composition and fiber size in young men and women. *Med. Sci. Sports Exercise*.1982; 14 (2): 112.
21. Otis J.C., Warren R., Deland J. Relationship between isometric and isokinetic muscle torque. *Med. Sci. Sports Exer*. 1981; 13, (2): 128.
22. Osternig L.R., Sawhill J.A., Bates B.T., Hamill J. Relative influence of torque and limb speed on power productionin isokinetic exercise. *Med. Sci. Sports Exer*. 1982; 14, (2): 178.
23. Johansson F.R., Skillgate E., Lapauw M.L., Clijmans D., Deneulin V.P., Palmans T., Engineer H.K., Cools A.M. Measuring Eccentric Strength of the Shoulder External Rotators Using a Handheld Dynamometer: Reliability and Validity. *J. Athl. Train.* 2015; 50(7): 719-25.
24. Papotto B.M., Rice T., Malone T., Butterfield T., Uhl T.L. Reliability of Isometric and Eccentric Isokinetic Shoulder External Rotation. *J. Sport Rehabil*. 2016; 25(2).
25. Gorban A.N., Rossiev D.A. *Neural networks on a personal computer [Neyronnye seti na personal'nom komp'yutere]*. Novosibirsk: Science, 1996: 276. (in Russian)
26. Zinoviev A.Yu. *Visualization of multidimensional data [Vizualizatsiya mnogomernykh dannykh]*. Krasnoyarsk: Ed. KSTU, 2000. (in Russian)
27. Anderson Theodore W. *An Introduction to Multivariate Statistical Analysis.* 3rd Edition. John Wiley and Sons, New York, 2003.
28. Shannon Claude E. A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal.* 948; 27(3): 379-423.

Поступила 26 декабря 2019
Принята в печать 28 февраля 2020

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Казанцев А.Н.[1,2], Сумцова Е.М.[1], Шабаев А.Р.[2], Бурков Н.Н.[2]

ЧРЕСКОЖНОЕ КОРОНАРНОЕ ВМЕШАТЕЛЬСТВО, КОРОНАРНОЕ ШУНТИРОВАНИЕ, КАРОТИДНАЯ ЭНДАРТЕРЭКТОМИЯ. СИМУЛЬТАННАЯ ИЛИ ПОЭТАПНАЯ ТАКТИКА – ЧТО ЛУЧШЕ?

[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение зравоохранения «Центральная медико-санитарная часть № 38» ФМБА России, 188540, Ленинградская область, г. Сосновый Бор;

[2]Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Кемеровской области «Кемеровский областной клинический кардиологический диспансер имени академика Л.С. Барбараша», 650002, г. Кемерово;

Цель. *Анализ госпитальных результатов сочетанных стратегий хирургического лечения больных с сочетанным атеросклротическим поражением внутренних сонных артерий (ВСА) и коронарных артерий (КА):коронарное шунтирование+каротидная эндартерэктомия (КШ+КЭЭ); чрескожное коронарное вмешательство+каротидная эндартерэктомия (ЧКВ+КЭЭ)) и поэтапных (КШ-КЭЭ; КЭЭ-КШ) .*

Материал и методы. *В исследование включено 330 пациентов с сочетанным атеросклеротическим поражением КА и ВСА за период с 2010 по 2016 г. В зависимости от реализованной стратегии реваскуляризации все больные были распределены на несколько групп: 1-я группа – КШ-КЭЭ (104 пациента; 31,5 %); 2-я группа – КШ+КЭЭ (116 пациентов; 35,1%); 3-я группа – ЧКВ+КЭЭ (64 пациента; 19,4%); 4-я группа – КЭЭ-КШ (46 пациентов; 13,9%).*

Результаты. *Показатель госпитальной летальности в общей исследуемой выборке составил 0,9 % (n=3). Среди госпитальных осложнений первое место занимали кровотечения, связанные с КШ, потребовавшие ремедиастинотомии – 13 (3,9 %) , затем острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК) – 8(2,4 %). В группе КШ-КЭЭ был зафиксирован 1 (0,96%) летальный исход, 1 (0,96%) ИМ, 3 (2,88%) ОНМК, 3 (2,88%) кровотечения. В группе КШ+КЭЭ было зафиксировано 2 (1,72%) летальных исхода, 2 (1,72%) ИМ, 5 (4,31%) ОНМК, 9 (7,75%) кровотечений. В группе ЧКВ+КЭЭ единственным неблагоприятным событием стало наличие острой гематомы в области КЭЭ, потребовавшей ревизии раны – 3 (4,68%). В группе КЭЭ-КШ также было зафиксировано 1 (2,17%) геморрагическое осложнение, связанное с КЭЭ.*

Заключение. *Такие стратегии реваскуляризации как ЧКВ+КЭЭ и КЭЭ-КШ характеризовались отсутствием катастроф в венечном и коронарном русле в виду изначально более легкого коморбидного фона и меньшей выраженности стенотических поражений представленных бассейнов. Тактика КШ+КЭЭ, в которой сконцентрировались наиболее тяжелые больные отличалась отсутствием критического возрастания частоты осложнений несмотря на максимальное количество пациентов с многососудистым поражением и стволовыми стенозами, высоким классом стенокардии и выраженностью сопутствующей патологии.*

Ключевые слова: *каротидная эндартерэктомия; чрескожное коронарное вмешательство; коронарное шунтирование; гибридная реваскуляризация; сочетанная операция; поэтапная стратегия; инфаркт миокарда; ишемический инсульт.*

Для цитирования: Казанцев А.Н., Сумцова Е.М., Шабаев А.Р., Бурков Н.Н. Чрескожное коронарное вмешательство, коронарное шунтирование, каротидная эндартерэктомия. Симультанная или поэтапная тактика – что лучше? *Медицина экстремальны ситуаций*. 2020; 22 (1): 39-48/

Для корреспонденции: *Казанцев Антон Николаевич*, сердечно-сосудистый хирург, эндоваскулярный хирург ФГБУЗ «Центральная медико-санитарная часть № 38» ФМБА России, 188540, Ленинградская область, г. Сосновый Бор. E-mail: dr.antonio.kazantsev@mail.ru

Kazantsev A.N.[1,2], Sumtsova E.M.[1], Shabaev A.R.[2], Burkov N.N.[2]

PERCUTANEOUS CORONARY INTERVENTION, CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTING, CAROTID ENDARTERECTOMY. SIMULTANEOUS OR PHASED TACTICS – WHICH IS BETTER?

[1]Federal State Budgetary Institution of Health Protection, central health unit No. 38 of the FMBA of Russia, 188540, Sosnovy Bor;

[2]Kemerovo Regional Clinical Cardiology Dispensary, 650002, Kemerovo;

Purpose. *Analysis of the hospital results of the combined (coronary bypass surgery + carotid endarterectomy (CABG + CEE); percutaneous coronary intervention + carotid endarterectomy (PCI + CEE)) and phased (CABG-CEE; CEE-CABG) surgical treatment strategies for patients with concomitant arteriosis (ICA) and coronary arteries (CA).*

Material and methods. *This study included 330 patients with combined atherosclerotic lesions of the CA and ICA for the period from 2010 to 2016. Depending on the implemented revascularization strategy, all patients were divided into several groups: Group 1 - CABG-CEE (104 patients; 31.5%); Group 2 - CABG + CEE (116 patients; 35.1%); Group 3 - PCI + CEE (64 patients; 19.4%); Group 4 - CEE-CABG (46 patients; 13.9%).*

Results. *The hospital mortality rate in the total study sample was 0.9% (n = 3). Among hospital complications, the first place was hemorrhage associated with CABG, requiring remediastinotomy - 3.9% (n = 13) and then - acute cerebrovascular accident (stroke) - 2.4% (n = 8). In the CABG-KEE group, 1 (0.96%) lethal outcome, 1 (0.96%) MI, 3 (2.88%) stroke, 3 (2.88%) bleeding were recorded. In the CABG + CEE group, 2 (1.72%) deaths, 2 (1.72%) MI, 5 (4.31%) stroke, 9 (7.75%) bleeds were recorded. In the PCI + CEE group, the only adverse event was the presence of acute hematoma in the CEE region, which required wound revision (n = 3 (4.68%)). In the CEE-CABG group, 1 (2.17%) hemorrhagic complication associated with CEE was also recorded.*

Conclusion. *Such revascularization strategies as CABG + CEE and KEE- CABG were characterized by the absence of catastrophes in the coronary and coronary bed due to the initially lighter comorbid background and less pronounced stenotic lesions of the presented basins. The tactics of CABG + CEE, in which the most severe patients were concentrated, was distinguished by the absence of a critical increase in the frequency of complications despite the maximum number of patients with multivascular damage and stem stenosis, high grade angina and the severity of concomitant pathology.*

Keywords: *carotid endarterectomy, percutaneous coronary intervention, coronary artery bypass grafting, hybrid revascularization, combined surgery, phased strategy, myocardial infarction, ischemic stroke.*

For citation: Kazantsev A.N., Sumtsova E.M., Shabaev A.R., Burkov N.N. Percutaneous coronary intervention, coronary artery bypass grafting, carotid endarterectomy. Simultaneous or phased tactics – which is better? *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy (Medicine of Extreme Situations, Russian journal)* 2020; 22(1): 39-48. (In Russian)

For correspondence: *Kazantsev Anton Nikolaevich*, cardiovascular surgeon, endovascular surgeon, Sosnovy Bor, 188540. E-mail: dr.antonio.kazantsev@mail.ru

Information about the authors:
Kazantsev A.N., https://orcid.org/0000-0002-1115-609X; Sumtsova E.M., https://orcid.org/0000-0003-0435-8192; Shabaev A.R., https://orcid.org/0000-0003-0101-2567; Burkov N.N., https://orcid.org/0000-0002-9117-9661

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received November 12, 2019
Accepted February 28, 2020

Введение

Вопросы выборы стратегии хирургического лечения больных с гемодинамически значимыми стенозами внутренних сонных артерий (ВСА) и коронарного русла до сих пор не решены [1–3]. Принятые на данный момент рекомендации не дают окончательного постулата, позволяющего определять оптимальную тактику реваскуляризации [1]. Данная тенденция обусловлена разнородностью больных с мультифокальным атеросклерозом (МФА) и необходимостью создания персонифицированного подхода к выбору методов коррекции стенотических поражений в виду отсутствия единого универсального подхода [4–7].

Целью настоящей работы стал анализ госпитальных результатов сочетанных стратегий хирургического лечения больных с сочетанным

атеросклеротическим поражением внутренних сонных артерий (ВСА) и коронарных артерий (КА):коронарное шунтирование+каротидная эндартерэктомия (КШ+КЭЭ); чрескожное коронарное вмешательство+каротидная эндартерэктомия (ЧКВ+КЭЭ)) и поэтапных (КШ-КЭЭ; КЭЭ-КШ) .

Материал и методы

В исследование включено 330 пациентов с сочетанным атеросклеротическим поражением КА и ВСА за период с 2010 по 2016 г.

Все исследуемые пациенты были разделены на 4 группы в зависимости от реализованной стратегии реваскуляризации:

1-я группа – пациентам проводилась поэтапная хирургия в объеме коронарного шунтирования с последующей каротидной эндартерэктомией (КШ-КЭЭ). В группу вошло 104 (31,5%) пациента. Данная тактика выполнялась при преобладании кардиальных симптомов, вызванных коронарным атеросклерозом и малосимптомными, некритическими (по степени стеноза) поражениями брахиоцефальных артерий (БЦА).

2-я группа − пациентам проводилась сочетанная операция коронарного шунтирования и каротидная эндартерэктомия (КШ+КЭЭ). В группу вошло 116(35,1%) пациентов. Сочетанная операция выполнялась в случае наличия максимальной концентрации неблагоприятных клинико-инструментальных факторов и крайне высокого риска неблагоприятных ишемических событий как со стороны коронарных артерий, так и в бассейне ВСА.

3-я группа − пациентам проводилась гибридная реваскуляризация в объеме чрескожного коронарного вмешательства и каротидной эндартерэктомии (ЧКВ+КЭЭ). В группу вошло 64 (19,4%) пациента. Данная тактика выполнялась при тех же показаниях, что и во 2-й группе, но в данной ситуации имелось одно- или двухсосудистое поражение коронарных артерий с анатомическими предпосылками для успешной стентирующей процедуры, что минимизировало объем открытого хирургического вмешательства и риски, связанные с ним.

4-я группа − пациентам проводилась поэтапная хирургия в объеме каротидной эндартерэктомии с последующей операцией коронарного шунтирования (КЭЭ-КШ). В группу вошло 46(13,9 %) пациентов. Данное вмешательство выполнялось при значительном преобладании неврологических симптомов над кардиальными и наличии критических стенозов БЦА.

Каждая из групп пациентов оценивалась с использованием двух прогностических шкал EuroSCORE II (выраженность сопутствующей патологии, тяжесть клинического статуса и риск хирургических осложнений) и SYNTAX (выраженность коронарного атеросклероза), рассчитанных с использованием соответствующих интерактивных калькуляторов. Выбор стратегии хирургического лечения осуществлялся мультидисциплинарной командой на основе комплекса клинико-инструментальных данных, выраженности коронарного атеросклероза по шкале SYNTAX, риске хирургического вмешательства по шкале EuroSCORE II, существующих рекомендаций и внутренних протоколов. В состав команды входил сердечно-сосудистый хирург, специалист по рентгеноэндоваскулярному лечению, кардиолог и невролог.

Конечными точками исследования стали такие неблагоприятные кардиоваскулярные события, как смерть, инфаркт миокарда (ИМ), острое нарушение мозгового кровообращения/транзиторная ишемическая атака (ОНМК/ТИА), повторная незапланированная реваскуляризация, клинически значимое кровотечение по шкале BARC (Bleeding Academic Research Consortium). Комбинированной конечной точкой считали совокупность неблагоприятных событий: смерть + ИМ + ОНМК/ТИА.

Статистический анализ проводился при помощи программного пакета GraphPad Prism (GraphPad Software) и STATISTICA (data analysis software system) version 8.0 (StatSoft, Inc. URL: www.statsoft.com). Распределение было не нормальным, поэтому сравнение признаков в группах проводили с помощью критерия Краскела–Уоллиса.

Результаты

В табл. 1 представлены основные клинико-анамнестические характеристики пациентов в зависимости от реализованной хирургической стратегии. Следует отметить существенную

Таблица 1

Сравнительная клинико-анамнестическая характеристика групп пациентов

Показатель	Группа				*p*
	1-я, *n* = 104	2-я, *n* = 116	3-я, *n* = 64	4-я, *n* = 46	
Возраст, *M* ± *m*, годы	65,3 ± 4,9	62,7 ± 7,6	67,8 ± 7,1	61,7 ± 6,2	0,48
Мужчины, абс. (%)	81 (77,8)	86 (74,1)	38 (59,3)	40 (86,9)	$p_{1–3}$ = 0,04 $p_{3–4}$ = 0,006
СН 3–4 ФК, абс. (%)	37 (35,6)	49 (42,2)	11 (17,1)	7 (15,2)	$p_{2–3}$ = 0,003 $p_{2–4}$ = 0,005
ПИКС, абс. (%)	69 (66,3)	65 (56)	16 (25)	27 (58,7)	$p_{1–3}$ = 0,0001 $p_{2–3}$ = 0,0004 $p_{3–4}$ = 0,002
СД, абс. (%)	33 (31,7)	30 (25,9)	25 (39)	15 (32,6)	p= 0,33
АГ, абс. (%)	104 (100)	116 (100)	64 (100)	46 (100)	–
ХОБЛ, абс. (%)	3 (2,9)	5 (4,31)	1 (1,5)	1 (2,2)	0,74
ХПН, абс. (%)	5 (4,8)	4 (3,4)	5 (7,8)	2 (4,4)	0,62
МФА с поражением трех артериальных бассейнов, абс. (%)	18 (17,3)	21 (18,1)	5 (7,8)	16 (34,8)	$p_{3–4}$ = 0,0018
ФВ ЛЖ, *M* ± *m*, %	62,4 ± 8,2	60,8 ± 8,5	63,4 ± 5,7	59,8 ± 6,4	0,25
Аневризма левого желудочка, абс. (%)	2 (1,9)	1 (0,8)	0	5 (10,8)	$p_{1–4}$ = 0,006 $p_{2–4}$ = 0,001 $p_{3–4}$ = 0,001
EuroSCORE II, *M* ± *m*	4,8 ± 2,5	4,9 ± 2,7	3,6 ± 2,1	3,7 ± 2,4	0,44
ЧКВ в прошлом, абс. (%)	5 (4,8)	4 (3,4)	6 (9,3)	3 (6,5)	0,39
ОНМК/ТИА в прошлом, абс. (%)	32 (30,7)	28 (24,1)	32 (50)	15 (32,6)	$p_{2–3}$ = 0,002

гетерогенность исследуемых групп, что связано с широкой вариабельностью клинического, функционального и анатомо-ангиографического статуса пациентов с МФА, что и является основной предпосылкой наличия широкого спектра хирургических стратегий и отсутствия определенных рекомендаций по выбору оптимальной стратегии лечения таких пациентов. Наиболее тяжелые пациенты сосредоточились в 1-й (КШ-КЭЭ), 2-й (КШ+КЭЭ) и 4-й (КЭЭ-КШ) группах. Среди них наблюдалось преобладание больных мужского пола, с высоким функциональным классом стенокардии, хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ), хронической почечной недостаточностью (ХПН), наличием аневризмы левого желудочка и сахарного диабета.

Значимых межгрупповых различий по средним значениям EuroSCORE II получено не было, тем не менее очевидно что 1-я и 2-я группы характеризовались наибольшими значениями показателя EuroSCORE II, что объясняется выраженным многососудистым поражением коронарного русла и исходно тяжелым клиническим статусом пациентов с высоким риском как коронарных, так и неврологических ишемических осложнений.

Ангиографическая и периоперационная характеристика групп пациентов в зависимости от реализованной хирургической стратегии представлена в табл. 2.

В табл. 3 представлены неблагоприятные события в 1-й группе (КШ-КЭЭ).

В единичном случае летального исхода пациенту выполнялась сочетанная операция в объеме: аннулопластика митрального клапана опорным кольцом «Мединж-30» + КШ (МКШ на ПНА и аутовена на ПКА). На 2-е сутки после операции – развитие кардиогенного шока, фибрилляции предсердий. В связи с проявлением нарушений микроциркуляции, централизации кровообращения, нарастанием дозировки кардиотоников, систолическим индексом не более 2,0 л/мин/м^2, принято решение о прове-

Таблица 2

Ангиографическая и периоперационная характеристика пациентов

Показатель	Группа				*p*
	1-я, *n* = 104	2-я, *n* = 116	3-я, *n* = 64	4-я, *n* = 46	
Ангиографическая характеристика					
Однососудистое поражение КА	6 (5,7)	7 (6,0)	31 (48,4)	9 (19,5)	$p_{1–3}$ = 0,0001 $p_{2–3}$ = 0,0001 $p_{3–4}$ = 0,0003
Многососудистое поражение КА	80 (76,9)	74 (63,8)	29 (45,3)	33 (71,7)	$p_{1–3}$ = 0,0002 $p_{3–4}$ = 0,02
Изолированное поражение СтЛКА	2 (1,9)	3 (2,6)	2 (3,1)	0	0,69
СтЛКА + 1 КА	3 (2,9)	5 (4,3)	1 (1,5)	0	0,43
СтЛКА+ многососудистое	13 (12,5)	15 (12,9)	1 (1,5)	4 (8,7)	$p_{1–3}$= 0,03 $p_{2–3}$ = 0,007
SYNTAX	24,1 ± 6,5	23,6 ± 6,8	12,3 ± 6,4	22,8 ± 9,8	$p_{1–3}$ = 0,03 $p_{2–3}$ = 0,0001 $p_{2–4}$ = 0,006
Двухсторонние стенозы ВСА, абс. (%)	54 (51,9)	72 (62)	16 (25)	13 (28,2)	$p_{1–4}$ = 0,0001 $p_{2–4}$ = 0,0001
Периоперационная характеристика коронарного шунтирования					
КШ в условиях ИК, абс. (%)	95 (91,3)	104 (89,6)	–	40 (86,9)	0,71
КШ на работающем сердце, абс. (%)	9 (8,6)	12 (10,3)	–	6 (13)	0,15
Время ИК, мин	88,4 ± 30,6	94,1 ± 27,5	–	96,7 ± 27,3	0,73
Время пережатия аорты	60,1 ± 21,5	59,7 ± 15,7	–	62,2 ± 24,1	0,86
Количество шунтов	2,7 ± 0,7	2,6 ± 0,8	–	2,6 ± 0,8	0,41
Количество кардиоплегий	2,8 ± 1	3,0 ± 0,9	–	2,9 ± 1	0,37
Минимальная температура охлаждения, °С	35,3 ± 0,6	35,2 ± 0,7	–	35,3 ± 0,7	0,26

дении ремедиастинотомии с целью декомпрессии сердца за счёт снятия швов с перикарда. После процедуры отмечался кратковременный клинический эффект в виде улучшения показателей гемодинамики и снижения дозировки кардиотоников. Однако через несколько часов после вмешательства развилась АВ-узловая брадикардия с последующей остановкой сердечной деятельности. Таким образом, в данном случае летальный исход был обусловлен тяжелым поражением коронарного русла и клапанного аппарата сердца, что потребовало большой объем хирургической коррекции, сопровождавшийся высоким риском развития осложнений.

Единственный ИМ в 1-й группе (КШ – КЭЭ) был получен после проведения второго этапа реваскуляризации – КЭЭ. По результатам проведенной коронарографии два венозных шунта к огибающей артерии оказались окклюзированы, что явилось причиной развития осложнения на фоне недостаточности коронарного кровотока.

Все ОНМК, развившиеся в данной выборке, произошли у пациентов после проведения первого этапа реваскуляризации – КШ, что отражало необходимость проведения КЭЭ до КШ или одномоментно с ним.

В табл. 4 представлены неблагоприятные события во 2-й группе (КШ+КЭЭ).

Наиболее распространенным осложнением в этой когорте стали геморрагические, потребовавшие ремедиастинотомии. Данное явление могло вызвать многократное введение гепарина на каждом из этапов операции на фоне антиагрегантной терапии. Вероятными причинами развития всех ОНМК стала интраоперационная микроэмболия на разных этапах проведения КЭЭ. Со стороны коронарного русла было зафиксировано два ИМ. Первый ИМ,

Таблица 3

Неблагоприятные события в госпитальном периоде наблюдения в 1-й группе (КШ–КЭЭ)

Показатель	Абс.	%
Смерть	1	0,96
Инфаркт миокарда	1	0,96
ОНМК / ТИА	3	2,88
Геморрагические осложнения (более 2 баллов по шкале BARC)	3	2,88
Комбинированная конечная точка	5	4,8

Таблица 4

Неблагоприятные события в госпитальном периоде наблюдения во 2-й группе (КШ+КЭЭ)

Показатель	Абс.	%
Смерть	2	1,72
Инфаркт миокарда	2	1,72
ОНМК / ТИА	5	4,31
Геморрагические осложнения (более 2 баллов по шкале BARC)	9	7,75
Комбинированная конечная точка	9	7,75

сформировавшийся в раннем послеоперационном периоде, возник на фоне нестабильной гемодинамики. В другом случае причиной развития стало выполнение неполной коронарной реваскуляризации.

В госпитальном послеоперационном периоде было выявлено два летальных исхода. В одном случае у пациента развился тромбоз берцовых артерий, что потребовало проведения экстренного вмешательства в объеме бедренно-берцового протезирования аутовеной. Далее отмечалось развитие постишемического синдрома с развитием острой почечной, дыхательной и сердечной недостаточности. На фоне нестабильной гемодинамики зафиксировано развитие гидроперикарда. Выполнено дренирование перикарда, получено 50 мл лизированной крови. Через 1 ч – развитие асистолии и клиническая смерть. В другом случае причиной летального исхода стало формирование ОНМК в вертебро-базилярном бассейне, что вызвало отек и вклинение головного мозга.

В табл.5 представлены неблагоприятные события в 3-й группе (ЧКВ+КЭЭ).

Данная группа характеризовалась наименее выраженным поражением коронарного, церебрального русла и менее осложненным коморбидным статусом. Среди неблагоприятных кардиоваскулярных событий отмечались только геморрагические осложнения раннего послеоперационного периода на фоне приема двойной антиагрегантной терапии (ацетилсалициловая кислота + клопидогрел) и интраоперационного введения гепарина.

В табл. 6 представлены неблагоприятные события в 4-й группе (КЭЭ-КШ).

Единственным осложнением стало развитие кровотечения из неустановленного источника в первые часы после КШ. Данная тенденция могла быть обусловлена меньшей выраженностью коморбидной патологии и поражения артериальных русел относительно 1-й (КШ-КЭЭ) и 2-й (КШ+КЭЭ) групп. У пациентов 3-й (ЧКВ+КЭЭ) и 4-й (КЭЭ-КШ) групп фиксировались только геморрагические осложнения с большей частотой после проведения гибридной операции. На основании ангиографической характеристики, в 3-й группе (ЧКВ+КЭЭ) было отмечено наи-

Таблица 5

Неблагоприятные события в госпитальном периоде наблюдения в 3-й группе (КШ+КЭЭ)

Показатель	Абс.	%
Смерть	0	0
Инфаркт миокарда	0	0
ОНМК/ТИА	0	0
Геморрагические осложнения (более 2 баллов по шкале BARC)	3	4,68
Комбинированная конечная точка	0	0

Таблица 6

Неблагоприятные события в госпитальном периоде наблюдения в 4-й группе (КШ–КЭЭ)

Показатель	Абс.	%
Смерть	0	0
Инфаркт миокарда	0	0
ОНМК/ТИА	0	0
Геморрагические осложнения (более 2 баллов по шкале BARC)	1	2,17
Комбинированная конечная точка	0	0

меньшее значение выраженности коронарного атеросклероза по шкале SYNTAX в сравнении с другими группами, что и объясняет выбор гибридной стратегии реваскуляризации с применением ЧКВ для данных пациентов. Говоря о периоперационной характеристике пациентов, которым выполнялось КШ (КШ–КЭЭ, КШ+КЭЭ, КЭЭ-КШ), группы были сопоставимы между собой по всем показателям.

Обсуждение

Пациенты с гемодинамически значимым атеросклеротическим поражением коронарных и ВСА представляют большую сложность при выборе оптимальной стратегии реваскуляризации миокарда и ГМ. Окклюзионно-стенотические изменения ВСА являются важным фактором развития периоперационного ОНМК у пациентов, подвергающихся КШ. Naylor с соавторами в своей обзорной статье сообщил о распространенности инсульта после КШ у пациентов без стенозов ВСА до 2,5%, при этом среди больных с гемодинамически значимыми изменения БЦА – 6,7% [7]. Одноэтапная операция в объеме КЭЭ и КШ представляет большой интерес, как стратегия, которая может быть превентивной по отношению ОНМК и ИМ. Nwakanma и соавт. в своем исследовании сделал вывод о том, что симультанная хирургия КШ+КЭЭ не увеличивает краткосрочную и долгосрочную летальность [8]. В одном из недавних исследований университетской клиники (Германия) были получены иные данные. В исследование было включено 3173 пациента, значительно более высокие показатели послеоперационных неврологических осложнений были получены в группе КШ+КЭЭ ($p = 0,041$). Однако частота летального исхода существенно не различалась в течение 30 дней наблюдения в сравнении с поэтапной стратегией [9]. В другом исследовании, проводившемся в университете Питсбурга, США в общей сложности 8457 больных прошли одномоментное вмешательство КШ+КЭЭ в период с 1999 по 2011 г. Из них ОНМК развился в 6,17%, а летальный исход отмечен в 4,96% случаев. Данное исследование также показало аналогичный риск инсульта в сравнении с поэтапной хирургией [10].

В крупном мета-анализе Tzoumas A. и соавт. (октябрь 2019 г.) было проанализировано 11 исследований, включавших 44 895 пациентов (21 710 одномоментных вмешательств и 23 185 поэтапных) [3]. Больные с симультанной тактикой лечения имели статистически значимый более низкий риск формирования ИМ (ОШ: 0,15; 95% ДИ: 0,04–0,61; $I^2 = 0\%$), более высокий риск ОНМК (ОШ: 1,51; 95% ДИ: 1,34–1,71; $I^2 = 0\%$) и смерти (ОШ: 1,33; 95% ДИ: 1,01–1,75; $I^2 = 47,8\%$) [3]. Частота ТИА (ОШ: 1,27; 95% ДИ: 1,00–1,61; $I^2 = 0,0\%$), послеоперационных кровотечений (ОШ: 0,82; 95% ДИ: 0,22–3,05; $I^2 = 0,0\%$) и легочных осложнений (ОШ: 1,52; 95% ДИ: 0,24–9,60; $I^2 = 67,5\%$) были сопоставимы между двумя группами [3].

В совместной работе китайских и английских авторов (сентябрь 2019 г.) анализировались результаты лечения 67 953 пациентов [4]. В когорте больных с одномоментным подходом лечения наблюдалась более высокая частота ОНМК (3,64% против 2,83%; ОШ: 0,72; 95% ДИ 0,62–0,89; $p < 0,0001$), оперативной смертности (4,32% против 3,58%; ОШ: 0,90; 95% ДИ 0,83–0,98; $p = 0,02$) и 30-дневной смертности (4,40% против 3,58%; ОШ: 0,86; 95% ДИ 0,78–0,96; $p = 0,006$) [4]. Не было получено статистически значимых различий в развитии ИМ ($p = 0,08$), 1-летней смертности ($p = 0,33$) [4].

Исследование Wang L. и соавт. (сентябрь 2019 г.) включало в себя 2582 пациента с симультанной тактикой реваскуляризации и 2582 – с поэтапной за период с 2003 по 2017 г. [5]. Частота развития ОНМК в общей выборке составила 3,5%, смерти – 1,8%. Комбинированная конечная точка (смерть + ОНКМ + ИМ) достигла 6,0% [5]. При этом группа с поэтапной стратегией характеризовалась более высокими показателями ИМ (1,9% против 0,9%; $p = 0,01$), но значимо низкой частотой ОНМК (2,8% против 4,7%; $p = 0,002$), смерти (1,0% против 3,0%; $p < 0,001$) и комбинированной конечной точки (5,1% против 7,5%; $p = 0,002$) [5].

В систематическом обзоре Giannopoulos S. и соавт. (август 2019 г.) изучались результаты 5 исследований с участием 16712 пациентов [6]. Группа одномоментной и поэтапной тактики были сопоставимы по частоте развития ОНМК (ОШ: 0,84; 95% ДИ: 0,43–1,64; $I^2 = 39,1\%$),

ТИА (ОШ: 0,32; 95% ДИ: 0,04–2,67; I^2 = 27,6%), ИМ (ОШ: 0,56; 95% ДИ: 0,08–3,85; I^2 = 68,9%) [5]. Однако больные с симультанной тактикой лечения имели статистически значимый более высокий риск периоперационной летальности (OR: 1,80; 95% CI: 1,05-3,06; I^2 = 0,0%) [6].

Интерес представляют и отечественные исследования в данной области. В работе М.Л. Гордеева с соавторами проанализированы исходы разных стратегий реваскуляризации у 289 пациентов. Авторы пришли к заключению, что симультанное вмешательство относительно поэтапного характеризуется сопоставимой частотой развития ОНМК (3,25% против 1,63%, p = 0,35) [11]. В исследовании А.С. Горохова с соавторами, включающем 64 пациента, были получены сопоставимые результаты реваскуляризации при использовании симультанной и поэтапной стратегии. Авторы пришли к выводу, что КШ+КЭЭ может быть оправданным в условиях снижения функциональных резервов сердца и головного мозга [12]. В работе Ю.В. Белова и соавт., включающей опыт лечения 1020 пациентов, при выполнении симультанной тактики не было получено ИМ и ОНМК. В заключение исследования был сделан вывод о том, что эта стратегия реваскуляризации характеризуется безопасностью и высокой эффективностью, что свидетельствует о преувеличении интаоперационного риска в некоторых источниках литературы [13]. В своей недавней работе авторы проанализировали отдаленные результаты лечения больных с симультанным атеросклеротическим поражением коронарных и сонных артерий. По частоте летального исхода одномоментная тактика была сопоставим с поэтапной (p = 0,858), однако выявлена превентивная роль сочетанной реваскуляризации в снижении частоты развития ОНМК в отдаленном послеоперационном периоде (p = 0,021) [14].

В работе Л.А. Бокерия и И.Ю. Сигаева и соавт. был проанализирован опыт лечения 156 пациентов в научном центре сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева за 2010–2014 гг. По результатам исследования в группе симультанной хирургии (КШ+КЭЭ) было получено большее число кардиоваскулярных послеоперационных осложнений относительно поэтапных тактик хирургии (комбинированная конечная точка (смерть+ИМ+ОНМК): КШ+КЭЭ – 8,6%; КЭЭ-КШ – 0%; КШ-КЭЭ – 5,7%), что ассоциировалось с более тяжелым поражением коронарного и брахиоцефального русла, отягощенным коморбидным фоном у пациентов группы КШ+КЭЭ. Авторы пришли к выводам, что симультанная хирургия сопряжена с наибольшим риском развития осложнений при выполнении операции по экстренным показаниям, при наличии сложных форм нарушения ритма сердца и дисфункции левого желудочка. Другим важным выводом стала необходимость в строгой стратификации риска вероятности развития неблагоприятных кардиоваскулярных событий в этой когорте больных [15].

Интерес представляют работы Тарасова Р.С. и Барбараш Л.С. и соавт., продемонстрировавшие отсутствие значимых различий в развитии неблагоприятных кардиоваскулярных событий на госпитальном этапе хирургического лечения при применении симультанных (КШ+КЭЭ, ЧКВ+КЭЭ) и поэтапных (КЭЭ–КШ, КШ-КЭЭ) стратегий реваскуляризаии. Однако в отдаленном периоде наблюдения была доказана протективная роль одномоментного КШ+КЭЭ в профилактике ишемического ОНМК [16, 17].

Заключение

Результаты представленного исследования демонстрируют исходно тяжелый клинико-ангиографический статус пациентов, имеющих гемодинамически значимое поражение коронарного русла и ВСА, высокую концентрацию неблагоприятных клинико-инструментальных факторов, ассоциированных с неблагоприятным прогнозом, что требует реализации различных хирургических стратегий реваскуляризации. Отсутствие значимого возрастания риска неблагоприятных кардиоваскулярных событий при выполнении сочетанных операций КШ и КЭЭ при тяжелом МФА, несмотря на максимальное количество пациентов с многососудистым поражением и стволовыми стенозами, высоким классом стенокардии, а также фактор комфорта для пациента (нужно оперироваться один раз, а не два), делает данную стратегию лечения привлекательной для значительного количества больных.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА
(пп. 1, 3–10 см. в References)

2. Казанцев А.Н., Тарасов Р.С., Бурков Н.Н., Шабаев А.Р., Лидер Р.Ю., Миронов А.В. Каротидная эндартерэктомия: трехлетние результаты наблюдения в рамках одноцентрового регистра. *Ангиология и сосудистая хирургия.* 2018; 24(3): 101-8.
11. Гордеев М.Л., Бендов Д.В., Гневашев А.С., Котин А.Н., Гребенник В.К. Десятилетний опыт сочетанных операций на коронарных и брахиоцефальных артериях. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия.* 2015; 57(6): 18-25.
12. Горохов А.С., Козлов Б.Н., Кузнецов М.С., Шипулин В.М. Сочетанное атеросклеротическое поражение сонных и коронарных артерий: выбор хирургической тактики с учетом оценки функциональных резервов головного мозга. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2013; 3: 50-6.
13. Белов Ю.В., Чарчян Э.Р., Степаненко А.Б., Тураев М.М., Федулова С.В. Хирургическое лечение пациентов с ишемической болезнью сердца и билатеральным поражением сонных артерий. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия.* 2016; 9(2): 77-82.
14. Чарчян Э.Р., Степаненко А.Б., Генс А.П., Тураев М.М., Скворцов А.А., Белов Ю.В. Ближайшие и отдаленные результаты хирургического лечения больных с сочетанным поражением сонных и коронарных артерий. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия.* 2017; 10(1): 22-7.
15. Бокерия Л.А., Сигаев И.Ю., Дарвиш Н.А., Озолиньш А.А., Есенеев М.Ф., Моллаев Э.Б., Валиева Р.Р., Гветадзе И.А. Тактика лечения больных с сочетанным атеросклеротическим поражением брахиоцефальных и коронарных артерий. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* 2016; 116 (2): 22-8.
16. Тарасов Р.С., Иванов С.В., Казанцев А.Н., Бурков Н.Н., Ануфриев А.И., Зинец М.Г., Барбараш Л.С. Госпитальные результаты различных стратегий хирургического лечения пациентов с сочетанным поражением коронарного русла и внутренних сонных артерий. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2016; 5(4): 15-24.
17. Барбараш Л.С., Тарасов Р.С., Казанцев А.Н., Иванов С.В., Головин А.А., Бурков Н.Н., Ануфриев А.И., Зинец М.Г. Факторы неблагоприятного прогноза различных хирургических стратегий лечения пациентов с сочетанным поражением коронарных и брахицефальных артерий в отдаленном послеоперационном периоде. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия.* 2017; 10(2): 22-39.

REFERENCES

1. Halliday A, Bax JJ. The 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in Collaboration With the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2018 Mar; 55(3): 301-2. DOI: 10.1016/j.ejvs.2018.03.004.
2. Kazantsev A.N., Tarasov R.S., Burkov N.N., Shabaev A.R., Leader R.Yu., Mironov A.V. Carotid endarterectomy: three-year follow-up in a single-center registry. *Angiologiya i sosudistaya khirurgiya*. 2018; 24 (3): 101-8. (in Russian)
3. Tzoumas A, Giannopoulos S, Texakalidis P, Charisis N, Machinis T, Koullias GJ. “Synchronous versus Staged Carotid Endarterectomy (CEA) and Coronary Artery Bypass Graft (CABG) for Patients with Concomitant Severe Coronary and Carotid Artery Stenosis: a Systematic Review and Meta-analysis”. *Ann Vasc Surg.* 2019 Oct; 16.: S0890-5096(19)30844-1. DOI: 10.1016/j.avsg.2019.09.007.
4. Chan JSK, Shafi AMA, Grafton-Clarke C, Singh S, Harky A. Concomitant severe carotid and coronary artery diseases: a separate management or concomitant approach. *J Card Surg.* 2019 Sep; 34(9): 803-13. DOI: 10.1111/jocs.14145.
5. Wang LJ, Ergul EA, Mohebali J, Goodney PP, Patel VI, Conrad MF, Eagleton MJ, Clouse WD. The effect of combining coronary bypass with carotid endarterectomy in patients with unrevascularized severe coronary disease. *J Vasc Surg.* 2019 Sep;70(3):815-23. DOI: 10.1016/j.jvs.2018.12.026.
6. Giannopoulos S, Texakalidis P, Charisis N, Jonnalagadda AK, Chaitidis N,Giannopoulos S, Kaskoutis C, Machinis T, Koullias GJ. Synchronous Carotid Endarterectomy and Coronary Artery Bypass Graft versus Staged Carotid Artery Stenting and Coronary Artery Bypass Graft for Patients with Concomitant Severe Coronary and Carotid Stenosis: A Systematic Review and Meta-analysis. *Ann Vasc Surg.* 2019 Aug 23. pii: S0890-5096(19)30593-X. DOI: 10.1016/j.avsg.2019.06.018.
7. Naylor A.R., Cuffe R.L., Rothwell P.M., Bell P.R. A systematic review of outcomes following staged and synchronous carotid endarterectomy and coronary artery bypass. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2003; 25: 380-9.
8. Nwakanma L, Poonyagariyagorn HK, Bello R, Khoynezhad A, Smego D, Plestis KA. Early and late results of combined carotid endarterectomy and coronary artery bypass versus isolated coronary artery bypass. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2006; 5(2): 159–65 .
9. Hempe S, Moza A, Goetzenich A, Tewarie L, Bleilevens C, Autschbach R, Schnoering H, Zayat R. Synchronous or Staged Carotid Endarterectomy and Coronary Artery Bypass Grafting? Propensity score matched study. *Heart Surg Forum*. 2018 Aug; 17; 21(5): E359-64. DOI: 10.1532/hsf.2074.
10. Udesh R., Cheng H., Mehta A., Thirumala P.D. Perioperative strokes following combined coronary artery

bypass grafting and carotid endarterectomy: A nationwide perspective. *Neurol India.* 2018; 66(1): 57-64. DOI: 10.4103/0028-3886.222849.

11. Gordeev M.L., Bendov D.V., Gnevashev A.S., Kotin A.N., Grebennik V.K. Ten years of combined operations on the coronary and brachiocephalic arteries. *Grudnaya i serdechno-sosudistaya khirurgiya.* 2015; 57 (6): 18-25. (in Russian)
12. Gorokhov A.S., Kozlov B.N., Kuznetsov M.S., Shipulin V.M. Combined atherosclerotic lesions of the carotid and coronary arteries: the choice of surgical tactics, taking into account the assessment of the functional reserves of the brain. *Kompleksnyye problemy serdechno-sosudistykh zabolevaniy.* 2013; 3: 50-6. (in Russian)
13. Belov Yu.V., Charchyan E.R., Stepanenko A.B., Turaev M.M., Fedulova S.V. Surgical treatment of patients with coronary heart disease and bilateral lesion of the carotid arteries. *Kardiologiya i serdechno-sosudistaya khirurgiya.* 2016; 9 (2): 77-82. (in Russian)
14. Charchyan E.R., Stepanenko A.B., Gens A.P., Turaev M.M., Skvortsov A.A., Belov Yu.V. The immediate and long-term results of surgical treatment of patients with combined lesions of the carotid and coronary arteries. *Kardiologiya i serdechno-sosudistaya khirurgiya.* 2017; 10 (1): 22-7. (in Russian)
15. Bokeria L.A., Sigaev I.Yu., Darvish N.A., Ozolins A.A., Eseneev M.F., Mollaev E.B., Valieva R.R., Gvetadze I.A. Tactics of treatment of patients with combined atherosclerotic lesions of the brachiocephalic and coronary arteries. *Zhurnal nevrologii i psikhiatrii im. S.S. Korsakova.* 2016; 116 (2): 22-8. (in Russian)
16. Tarasov R.S., Ivanov S.V., Kazantsev A.N., Burkov N.N., Anufriev A.I., Zinets M.G., Barbarash L.S. Hospital results of various surgical treatment strategies for patients with combined lesions of the coronary bed and internal carotid arteries. *Kompleksnyye problemy serdechno-sosudistykh zabolevaniy.* 2016; 5 (4): 15-24. (in Russian)
17. Barbarash L.S., Tarasov R.S., Kazantsev A.N., Ivanov S.V., Golovin A.A., Burkov N.N., Anufriev A.I., Zinets M.G. Unfavorable prognosis factors for various surgical treatment strategies for patients with combined damage to the coronary and brachycephalic arteries in the long-term postoperative period. *Kardiologiya i serdechno-sosudistaya khirurgiya.* 2017; 10 (2): 22-39. (in Russian)

Поступила 12 ноября 2019
Принята в печать 28 февраля 2020

ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Радилов А.С., Комбарова М.Ю., Павлова А.А., Горбунов А.Ю., Гуляев Д.В., Карманов Е.Ю.

СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОЛОСАХ НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО В Г. АРМЯНСК (РЕСПУБЛИКА КРЫМ) В ПЕРИОД ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ

Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека» Федерального медико-биологического агентства, 188663, Ленинградская область, Всеволожский район, г.п. Кузьмоловский

Изменение содержания химических элементов в объектах окружающей среды закономерно отражается на содержании их в биосубстратах человека, что является косвенным признаком воздействия токсичных веществ на его организм. Целью настоящей работы явилось изучение влияния неблагоприятных экологических факторов на элементный статус населения г. Армянска (Республика Крым), а основной задачей – изучение региональных особенностей содержания элементного состава волос жителей г. Армянска и сравнение их с литературными данными по Краснодарскому краю и Ростовской области. В работе представлены результаты обследования 54 человек (10 мальчиков до 14 лет, и 44 женщины). В волосах методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) ICP-MS 7700x Agilent определяли содержание 27 химических элементов: Ca, K, Mg, Na, P, Fe, J, Cu, Co, Cr, Se, Mn, Zn, B, Li, Si, V, Ni, Al, As, Be, Cd, Hg, Pb, Sn, Ag, Sr. Общим для всей популяции жителей г. Армянска являлся повышенный уровень содержания кремния и олова в пробах волос. Приоритетными экотоксикантами для детского населения явились кремний и олово (100%), для взрослого – кремний, алюминий, литий, олово, свинец, стронций, признаки избыточного накопления которых в организме относительно населения Краснодарского края и Ростовской области обнаружены у 98, 93, 77, 70 и 64% взрослых соответственно, что может свидетельствовать о техногенном воздействии на состояние здоровья населения в результате сложившейся экологической обстановки. Относительно других сравниваемых субъектов Южного Федерального округа (ЮФО) у жителей г. Армянска, особенно детского населения, повышена распространенность гипоэлементозов, при этом за счет жизненно важных микроэлементов. Для всех жителей – детей и взрослых – характерен максимальный риск дефицита Cu (70–84%), Zn (70–90%), Cr (80–70%), а для детей в основном преобладает риск дефицита Mn (80–100%), Fe (60–70%) и Se (60–90%). Выявленные тенденции повышения в ряде случаев высокотоксических микроэлементов и снижения содержания эссенциальных микроэлементов требуют дальнейшего изучения и разработки терапевтических подходов. В системе диспансеризации необходимо проводить контроль элементного состояния организма населения для дальнейшей коррекции выявленных нарушений.

Ключевые слова: *химические элементы; пробы волос; население; дефицит; избыток; условно биологически допустимый уровень (УБДУ).*

Для цитирования: Радилов А.С., Комбарова М.Ю., Павлова А.А., Горбунов А.Ю., Гуляев Д.В., Карманов Е.Ю. Содержание химических элементов в волосах населения, проживающего в г. Армянск (Республика Крым) в период чрезвычайной экологической ситуации. *Медицина экстремальных ситуаций.* 2020; 22(1): 49-60.

Для корреспонденции: *Комбарова Мария Юрьевна*, кандидат мед. наук, зав. отделом общей гигиены и экологии человека ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России, 188663, Санкт-Петербург. E-mail: gpech@fmbamail.ru

Radilov A.S., Kombarova M.Yu., Pavlova A.A., Gorbunov A.Yu., Gulyaev D.V., Karmanov E.Yu.

ELEMENT CONTENT IN HAIR OF POPULATION LIVING IN THE CITY OF ARMYANSK (CRIMEA REPUBLIC) DURING THE ENVIRONMENTAL EMERGENCY

Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology Federal State Unitary Enterprise, FMBA, St. Petersburg, 188663, Russian Federation

A change in the content of chemical elements in environmental objects naturally affects their content in human biosubstrates, which is an indirect sign of the effects of toxic substances on the human body. The aim of the current study is the investigation of unfavorable environmental factors influence on mineral status of the population in Armyansk city (Republic of Crimea). The main purpose was to investigate the regional features of the hair mineral profile of the Armyansk city population and compare it to literature data concerning Krasnodar and Rostov regions. The article presents the results of the survey of 54 people (10 children aged under 14 years (boys) and 44 women). 27 chemical elements in hairs were determined by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) 7700x Agilent: Ca, K, Mg, Na, P, Fe, J, Cu, Co, Cr, Se, Mn, Zn, B, Li, Si, V, Ni, Al, As, Be, Cd, Hg, Pb, Sn, Ag, Sr. The elevated levels of silicon and tin in the hair samples were common to the entire population of Armyansk. The priority ecotoxicants for children were silicon and tin (100%), for adults - silicon, aluminum, lithium, tin, lead, strontium, signs of their excessive accumulation in the body relative to the population of Krasnodar Krai and Rostov region were found in 98, 93, 77, 70 and 64% of adults, respectively. It could testify the technogenic impact on the health status of the population due to prevailing environmental conditions. Relative to other compared subjects of the Southern Federal District (SFD), Armyansk city population suffers from an increased prevalence of hypoelementosis through vital micronutrients. The greatest risk of Cu (70-84%), Zn (70-90%), Cr (80-70%) deficiency is characteristic of all residents – children and adults, but the risk of Mn (80-100%), Fe (60-70%) and Se (60-90%) deficiency prevails in children. Trends of both highly toxic micronutrient content increasing and vital micronutrient content decreasing require further investigations and development of novel therapeutic approaches. It is necessary to monitor the population element profile for further correction of violations found.

Keywords: *chemical elements; hair samples; population; deficiency; excess; conditionally biologically acceptable level.*

For citation: Radilov A.S., Kombarova M.Yu., Pavlova A.A., Gorbunov A.Yu., Gulyaev D.V., Karmanov E.Yu. Element content in hair of population living in the city of Armyansk (Crimea Republic) during the environmental emergency. *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy (Medicine of Extreme Situations, Russian journal)* 2020; 22(1): 49-60. (In Russian)

For correspondence: *Andrey S. Radilov*, MD, Ph.D., DSCi., Acting director of the директора Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology Federal State Unitary Enterprise, FMBA, St. Petersburg, 188663, Russian Federation. E-mail: gpech@fmbamail.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received September 24, 2019
Accepted February 28, 2020

Введение

В районах размещения крупных промышленных предприятий изменение среды обитания человека сопровождается формированием химических аномалий, изменяющих со временем элементный статус не только работников предприятий, но и населения, не занятого в производстве. Изменение содержания химических элементов в объектах окружающей среды приводит к их изменениям в биосубстратах человека, что является косвенным подтверждением воздействия токсичных веществ на организм человека.

В 2014 г. произошло перекрытие Северо-Крымского канала, который наполнял кислотонакопитель, используемый предприятием для разбавления стоков. В связи с чем, произошло снижение уровня воды в кислотонакопителе, его пересыхание и обнажение донных осадков, увеличение концентрации свободной серной кислоты.

Кислотонакопитель представляет собой естественное углубление, отделенное земляной дамбой от озера Сиваш, он не имеет бетонных стен и дна, и, следовательно, может служить источником загрязнения грунтовых вод и почвы. В связи с перекрытием «Северо-крымского

канала» завод стал использовать воду из артезианских источников. Население г. Армянска также использует эти водоносные горизонты, что значительно уменьшило мощность последнего. Вода из скважин имеет повышенное солесодержание. На увеличение солености воды из скважин так же может влиять близость Перекопского залива (от п. Перекоп до залива 6,5 км).

Однако известно, что элементный состав организма человека как биосоциального существа зависит так же и от социальных факторов, в частности от особенностей водно-пищевого рациона.

Определение содержания химических элементов в волосах является интегральным показателем в гигиенической донозологической диагностике состояния здоровья человека, его адаптации к условиям проживания и обеспеченности микронутриентами. При этом в целях скрининга проводится многоэлементный анализ волос, позволяющий оценить не только абсолютное содержание химических элементов в волосах, как отражение их обмена в организме, но и межэлементные взаимоотношения, синергизм и антагонизм макро-и микроэлементов.

С помощью данных об особенностях обмена макро- и микроэлементы можно оценить риск распространенности элементозов и формировать программы целенаправленного оздоровления населения конкретных регионов с помощью медико-фармацевтических средств, обогащения пищевых продуктов и питьевой воды, внесения изменений в рационы питания организованных коллективов, развития местной пищевой и аграрной индустрии с учетом существующих недостатков в обеспечении населения конкретными питательными веществами.

Материал и методы

Для оценки и анализа элементного статуса людей, проживающих в г. Армянск, проведено исследование волос. В обследовании приняло участие 54 человека (10 мальчиков до 14 лет и 44 женщины). Отбор биосред осуществлялся в период с 15 сентября по 15 октября 2018 г. Отбор и хранение проб проводились согласно методическим указаниям МУК 4.1.1483-03. Отбирались волосы длиной 3–5 см непосредственно от корня, волосы состригались в 4–5 местах на затылке, ближе к шее и далее объединялись в пучок толщиной 2–3 мм. Отобранные пробы помещали в отдельные бумажные конверты, отметив корневой конец пряди. Конверты маркировали с присвоением кода, указанием пола и цвета волос.

Образцы волос промывали ацетоном в течении 10 мин с последующей троекратной промывкой деионизированной водой. После этого их выдерживали при температуре +60 °С до полного высыхания. Навески образцов массой ~ 0,05 г минерализовали в тефлоновых вкладышах с 5 мл азотной кислоты (осч) в системе микроволнового разложения «Multiwave 3000» фирмы «PerkinElmer-A. Paar», (Австрия) с использованием следующего режима: 5 мин повышение температуры до +200 °С, 5 мин выдерживание при +200 °С, затем охлаждение до +45 °С. Полученные растворы количественно переносили в 15 мл полипропиленовые пробирки. Тефлоновые вкладыши и крышки промывались деионизированной водой с перенесением смыва в соответствующие пробирки. Затем растворы доводили до объема 15 мл деионизированной водой и тщательно перемешивали встряхиванием в закрытых пробирках.

Исследование элементного состава волос проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) ICP-MS 7700x Agilent. В волосах всех обследованных определяли содержание 27 химических элементов: Ca, K, Mg, Na, P, Fe, J, Cu, Co, Cr, Se, Mn, Zn, B, Li, Si, V, Ni, Al, As, Be, Cd, Hg, Pb, Sn, Ag, Sr.

Аналитическая концентрация устанавливалась по среднему значению пяти параллельных измерений концентрации, рассчитанному с использованием программного обеспечения ICP-MS «MassHunter», при относительном стандартном отклонении, не превышающем 5%. Для количественного анализа калибровочные растворы готовили с использованием стандартных образцов волос Human Hair NCS ZC 81002b (China).

Статистическая обработка проводилась с использованием пакетов прикладных программ Microsoft Excel и Prism.

В настоящее время не существует российских национальных нормативов содержания

Таблица 1

Содержание химических элементов (мг/кг) в волосах

Элемент	Дети								Женщины							
	Республика Крым, г. Армянск, *n* = 10		Краснодарский край, *n* = 125		Ростовская область, *n* = 33		Российская Федерация		Республика Крым, г. Армянск, *n* = 44		Краснодарский край, *n* = 1064		Ростовская область, *n* = 369		Российская Федерация	
	Me (Q25–Q75)	*M* ± *SD*	*Me* (Q25–Q75)	*M* ± *SD*	*Me* (Q25–Q75)	*M* ± *SD*	Min–max	Условно биологически допустимый уровень	*Me* (Q25–Q75)	*M* ± *SD*	*Me* (Q25–Q75)	*M* ± *SD*	*Me* (Q25–Q75)	*M* ± *SD*	Min–max	Условно биологически допустимый уровень
Макроэлементы																
Ca	394,3 (193,5–482,9)	375,7±176,3	322 (264–444)	377±203	351 (224–547)	459±321	186–483	200–400	2233 (699,4–3482)	2464± 1915	1585 (794–2820)	2128±1851	1330 (705–2592)	1846±1521	366–1880,8	600-3000
K	746,1 (180,2–2314)	1741±2546	461 (152–984)	772±943	593 (202–1137)	881±838	н/д	н/д	139,1 (70,30–210,6)	214,2±227,0	45 (20–138)	155±344	52 (25–125)	166±349	н/д	н/д
Mg	27,26 (20,59–39,22)	30,55±18,00	29,7 (19,4–43,9)	40,8±49,3	33,5 (19,9–62,6)	58±60,6	15,08–47,44	15–40	256,1 (58,99–359,2)	237,0±193,4	104,7 (53,5–225,7)	174,6±191,9	171,8 (91,4–324,1)	238,2±214,4	50,0–277,4	60-200
Na	797,1 (215,9–952,3)	613,6±373,7	473 (212–1038)	898±1378	709 (272–1457)	1065±1094	н/д	н/д	257,3 (172,8–425,5)	356,1±294,3	194 (81–425)	449±815	230 (125–434)	458±721	н/д	н/д
P	136,4 (111,7–144,5)	123,3±33,81	140 (122–162)	144±33	147 (128–171)	160±55	121–154	130–160	80,35 (69,98–132,5)	94,21±33,52	148 (129–173)	189±497	152 (131–175)	187±216	138–178	140–170
Эссенциальные микро- и ультрамикроэлементы																
Fe	11,58 (10,36–17,26)	13,05±3,736	20 (13,6–28,2)	27±53,3	25,5 (15,4–31,5)	28,2±28,4	13,52–31,95	10–25	15,57 (11,93–24,50)	19,56±10,90	15,2 (10,1–25,1)	25,1±83,5	13,2 (9,3–21,4)	18,9±19,5	10,33–34,23	10–50
J	0,7705 (0,1500–2,240)	1,241±1,141	1,553 (0,795–3,705)	2,44±2,25	1,359 (0,599–4,2)	3,882±5,434	н/д	н/д	1,036 (0,7320–2,295)	1,946±2,646	1,138 (0,53–2,638)	7,386±83,479	1,105 (0,516–2,198)	3,722±15,383	н/д	н/д
Cu	6,515 (3,173–9,880)	6,541±3,933	10,23 (8,95–11,78)	11,12±3,95	9,77 (8,88–11,31)	11,04±4,72	7,44–12,49	10–15	8,030 (6,415–9,733)	8,668±4,001	12,88 (10,58–17,09)	16,75±14,69	10,9 (9,44–13,04)	12,35±6,72	10,1–17,16	11–17
Co	0,0135 (0,00825–0,02025)	0,0156±0,01113	0,017 (0,01–0,029)	0,029±0,041	0,023 (0,013–0,168)	0,092±0,121	0,01–0,026	0,01–0,5	0,0260 (0,0135–0,0970)	0,1219±0,2526	0,022 (0,012–0,058)	0,073±0,184	0,021 (0,011–0,049)	0,066±0,118	0,012–0,037	0,01–0,5
Cr	0,1950 (0,1575–0,3200)	0,3470±0,4047	0,49 (0,312–0,706)	0,596±0,412	0,472 (0,375–0,698)	0,625±0,402	0,36–0,703	0,3–0,65	0,1900 (0,1500–0,3025)	0,2875±0,3225	0,328 (0,231–0,49)	0,409±0,334	0,339 (0,22–0,509)	0,421±0,318	0,24–0,51	0,15–1
Se	0,2750 (0,1700–0,3525)	0,2650±0,09144	0,425 (0,304–0,576)	0,53±0,416	0,526 (0,37–1,154)	1,321 ± 2,467	0,14–0,73	0,25–1,5	0,3500 (0,2275–0,4350)	0,3909±0,2607	0,339 (0,184–0,544)	1,709±11,277	0,433 (0,241–0,728)	1,106±3,91	0,22–0,55	0,2–1,8
Mn	0,2500 (0,1375–0,3200)	0,2540±0,1399	0,606 (0,399–1,043)	0,967±1,096	0,47 (0,343–0,628)	0,482 ± 0,19	0,28–1,22	0,25–1	0,3800 (0,2500–0,6375)	0,4980±0,3390	0,725 (0,32–2,022)	1,772±2,863	0,472 (0,313–0,825)	0,74±0,874	0,36–3,89	0,25–1,8
Zn	70,52 (47,06–84,61)	71,36±34,86	133 (81–183)	133±63	115 (96–137)	115 ± 42	101-173	120–180	114,8 (83,38–154,3)	128,1±66,28	180 (150–215)	199±130	180 (151–213)	191±84	161-247	180–230

Продолжение таблицы см. на стр. 53.

Продолжение таблицы 1 *(начало на стр. 52)*

Элемент	Дети								Женщины							
	Республика Крым, г. Армянск, *n* = 10		Краснодарский край, *n* = 125		Ростовская область, *n* = 33		Российская Федерация		Республика Крым, г. Армянск, *n* = 44		Краснодарский край, *n* = 1064		Ростовская область, *n* = 369		Российская Федерация	
	Me (Q25–Q75)	*M* ± *SD*	*Me* (Q25–Q75)	*M* ± *SD*	*Me* (Q25–Q75)	*M* ± *SD*	Min–max	Условно биологически допустимый уровень	*Me* (Q25–Q75)	*M* ± *SD*	*Me* (Q25–Q75)	*M* ± *SD*	*Me* (Q25–Q75)	*M* ± *SD*	Min–max	Условно биологически допустимый уровень
Условно эссенциальные микро- и ультрамикроэлементы																
B	1,960 (1,233–3,180)	2,372±1,820	2,519 (1,62–4,452)	3,368±2,782	3,189 (1,796–5,372)	3,952±2,745	0,72–4,2	0–5	2,145 (1,170–3,120)	2,741±2,989	0,859 (0,475–1,466)	1,246±1,403	0,952 (0,639–1,527)	1,493±2,982	0,3–1,59	0–5
Li	0,0500 (0,0225–0,0825)	0,0580±0,05514	0,036 (0,022–0,059)	0,048±0,044	0,043 (0,026-0,069)	0,068±0,092	н/д	н/д	0,0850 (0,0400–0,1575)	0,09705±0,07757	0,022 (0,012–0,038)	0,038±0,074	0,036 (0,018–0,072)	0,061±0,115	н/д	н/д
Si	121,7 (119,1–146,2)	139,6±36,50	24,6 (17,1–34,4)	28,3±16,6	23,8 (18–33,2)	27,6±15,3	н/д	н/д	121,5 (100,2–188,2)	140,1±46,93	35,3 (20,2–68)	61,5±88,1	29 (18,3–56,9)	49,8±82,7	н/д	н/д
V	0,0320 (0,0220–0,0420)	0,0366±0,01893	0,084 (0,054–0,141)	0,118±0,123	0,103 (0,073–0,184)	0,132±0,093	н/д	н/д	0,0345 (0,02525–0,05175)	0,04205±0,02622	0,046 (0,03–0,076)	0,062±0,06	0,066 (0,039–0,105)	0,088±0,09	н/д	н/д
Ni	0,1950 (0,1300–0,2675)	0,2050±0,07920	0,245 (0,166–0,362)	0,303±0,199	0,269 (0,145–0,425)	0,333±0,244	0–0,43	0-2	0,4150 (0,2225–0,9675)	0,6864±0,7053	0,354 (0,226–0,614)	0,569±0,755	0,337 (0,21–0,58)	0,533±0,63	0,21–0,48	0–2
Токсичные микро- и ультрамикроэлементы																
Al	15,99 (10,45–20,91)	16,57±6,330	12,39 (7,79–18,51)	15,26±11,72	17,22 (13,52–21,63)	17,87±9,4	7,16–21,02	0-40	14,71 (11,45–17,24)	17,09±10,07	5,51 (3,13–9,36)	8,8±17,43	6,94 (3,76–12,36)	10,97±20,44	3,55–13,5	0–40
As	0,0500 (0,0275–0,0850)	0,0540±0,03273	0,123 (0,079–0,181)	0,166±0,181	0,123 (0,088–0,164)	0,143±0,082	0,05–0,184	0–1	0,0250 (0,0125–0,0400)	0,03227±0,02569	0,025 (0,021–0,084)	0,089±0,329	0,044 (0,021–0,085)	0,097±0,169	0,02–0,074	0–1
Be	0,0 (0,0–0,0010)	0,0005±0,00070	0,002 (0,002–0,006)	0,004±0,005	0,002 (0–0,003)	0,002±0,003	н/д	н/д	0,0010 (0,0–0,0010)	0,0007955±0,0006675	0,002 (0,002–0,006)	0,006±0,036	0,002 (0,002–0,005)	0,004±0,006	н/д	н/д
Cd	0,0200 (0,0100–0,0775)	0,0440±0,04766	0,065 (0,032–0,13)	0,102±0,111	0,106 (0,048–0,234)	0,166±0,168	0,03–0,246	0–0,5	0,0250 (0,0100–0,0575)	0,04841±0,05902	0,017 (0,009–0,036)	0,047±0,189	0,021 (0,009–0,06)	0,073±0,234	0,01–0,042	0–0,25
Hg	0,0055 (0,0040–0,0130)	0,0092±0,008135	0,169 (0,096–0,353)	0,287±0,385	0,223 (0,083–0,536)	0,367±0,486	0,098–0,51	0–2	0,0160 (0,01025–0,0280)	0,0210±0,01726	0,441 (0,262–0,763)	0,603±0,578	0,476 (0,248–0,863)	0,794±2,608	0,19–1,03	0–2
Pb	1,415 (0,4075–2,415)	1,470±0,9614	1,656 (0,794– 2,914)	2,531±3,505	2,292 (1,009–3,663)	3,063±3,136	0,61–3,95	0–5	1,030 (0,3925–2,625)	1,561±1,475	0,36 (0,212–0,721)	8,436±8,456	0,275 (0,138–0,641)	0,873±2,929	0,2–0,64	0–3
Потенциально токсичные ультрамикроэлементы																
Sn	0,7200 (0,4950–1,108)	0,8630±0,4625	0,199 (0,1–0,347)	0,299±0,331	0,253 (0,16–0,867)	0,609±0,638	0,09–1,22	0–2,5	0,8050 (0,6550–1,348)	1,217±1,067	0,198 (0,086–0,678)	0,719±1,636	0,218 (0,091–0,972)	0,794±1,568	0,05–0,51	0–2,5
Ag	0,3295 (0,1023–2,214)	1,678±2,869	н/д	н/д	н/д	н/д	0,001–0,2	н/д	0,0720 (0,0200–0,2880)	1,331±3,904	н/д	н/д	н/д	н/д	0,001–0,2	н/д
Sr	1,485 (0,8650–3,168)	1,952±1,425	н/д	н/д	н/д	н/д	0,3–5,0	н/д	13,32 (4,400–17,46)	15,79±16,18	н/д	н/д	н/д	н/д	0,3–5,0	н/д

Примечание. Me – медиана; Q25 – нижний квартиль; Q75 – верхний квартиль; M – среднее арифметическое; SD – стандартное отклонение; н/д – нет данных.

Таблица 2

Встречаемость отклонений по результатам элементного анализа волос населения г. Армянска, %

Элемент	Относительно детей						Относительно взрослых					
	Краснодарского края		Ростовской бласти		РФ по условно биологически допустимому уровню		Краснодарского края		Ростовской области		РФ по условно биологически допустимому уровню	
	повышено	понижено	повышено	понижено	повышено	понижено	повышено	понижено	повышено	понижено	повышено	понижено
Ca	40	30	10	30	50	20	45	25	45	25	41	20
K	40	10	30	40	н/д	н/д	52	0	54,5	0	н/д	н/д
Mg	10	20	10	20	20	10	50	22	30	32	54	25
Na	0	20	0	40	н/д	н/д	25	0	23	9	н/д	н/д
P	0	20	0	40	0	40	0	75	0	75	0	82
Fe	0	60	0	70	0	10	22	7	29,5	7	0	7
J	0	50	0	30	н/д	н/д	16	14	27	14	н/д	н/д
Cu	0	70	10	70	0	80	4,5	84	9	71	4,5	84
Co	10	20	0	40	0	30	34	11	45	14	0	7
Cr	10	80	10	80	10	80	9	70	11	68	7	20
Se	0	60	0	90	0	40	7	7	7	20,5	0	23
Mn	0	100	0	80	0	50	0	32	16	32	0	25
Zn	0	70	10	90	0	90	9	70	14	70,5	2	86
B	10	30	10	40	10	0	66	4,5	54,5	7	9	0
Li	20	20	20	20	н/д	н/д	77	18	52	18	н/д	н/д
Si	100	0	100	0	н/д	н/д	98	0	98	0	н/д	н/д
V	0	90	0	90	н/д	н/д	9	34	2	54,5	н/д	н/д
Ni	0	30	0	40	0	0	39	25	39	20	4,5	0
Al	30	0	20	40	0	0	93	0	66	0	4,5	0
As	0	70	0	80	0	0	4,5	25	2	50	0	0
Be	0	90	0	0	н/д	н/д	0	91	0	91	н/д	н/д
Cd	0	70	0	70	0	0	39	0	16	0	0	0
Hg	0	100	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0
Pb	10	30	0	30	0	0	64	0	66	2	18	0
Sn	100	0	50	0	0	0	70	0	39	0	9	0
Ag	н/д	н/д	н/д	н/д	50	0	н/д	н/д	н/д	н/д	39	0
Sr	н/д	н/д	н/д	н/д	0	0	н/д	н/д	н/д	н/д	64	0

Примечание. 0 – отсутствует процент повышения или понижения отклонений; н/д – нет данных.

микроэлементов ни по одному из возможных диагностических биосубстратов. По некоторым из них, например, по волосам, имеются только референтные значения [1]. В 2000 г. А.В. Скальным было введено понятие условно биологически допустимого уровня (УБДУ), под которым подразумевались эмпирически установленные на основании многолетних клинических наблюдений уровни содержания химических элементов в волосах, при которых автор отмечал специфические изменения в состоянии здоровья [2–4]. Практически УБДУ соответствует верхней или нижней границе физиологического содержания элемента.

В доступной литературе сведений о состоянии обмена химических элементов у населения Республики Крым в целом и в г. Армянске не обнаружено.

Для оценки полученных результатов исследования элементного состава в волосах жителей

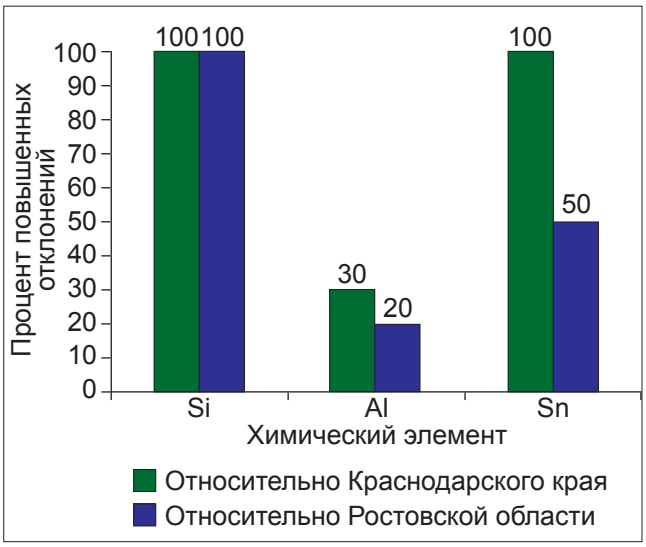


Рис. 1. Встречаемость повышенных отклонений содержания элементов в волосах детского населения г. Армянска.

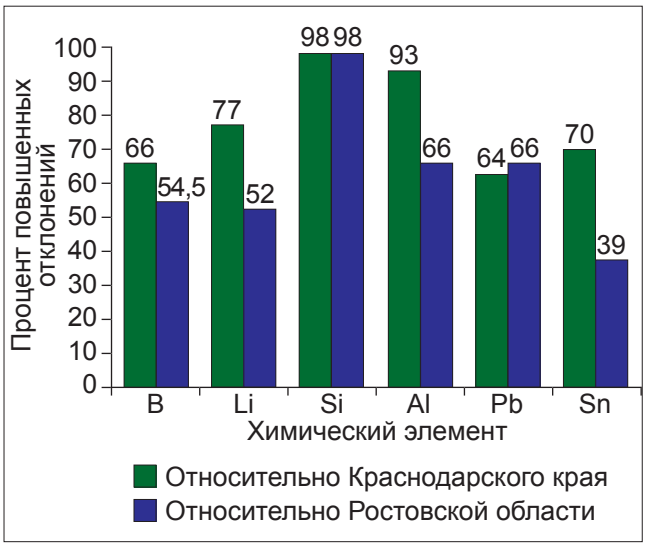


Рис. 2. Встречаемость повышенных отклонений содержания элементов в волосах взрослого населения г. Армянска.

г. Армянка проводилось сравнение с содержанием химических элементов в волосах жителей наиболее близких по климатическим условиям и территориально расположенным (500 км от г. Армянска) городам Краснодарского края и Ростовской области [5] и жителями Российской Федерации в целом (по УБДУ) [6].

Результаты и обсуждение

Установлено, что как для детей, так и для взрослых г. Армянска характерно повышение абсолютного содержания в волосах (максимальное значение медиан) кремния, олова и серебра, только для взрослых – алюминия, свинца, лития, бора и стронция, что является отрицательным фактом и, возможно, отражает загрязнение окружающей среды этими элементами (табл. 1).

Сопоставление относительных данных (табл. 2) подтвердило описанные выше особенности элементного статуса, а именно – избыток Si относительно Краснодарского края и Ростовской области отмечен у 100% детей и у 98% взрослых; избыток Sn у 100 и 50% детей, у 70 и 39% взрослых соответственно; избыток Ag по УБДУ выявлен у 50% детей и у 39% взрослых. Кроме того, у взрослых в волосах имеется избыток Li (77 и 52%), B (66 и 54,5%), а также токсичных и потенциально токсичных элементов – Al (93 и 66%), Pb (64 и 66%), и Sr (64% по УБДУ).

В большей степени для жителей характерно недостаточное содержание эссенциальных и условно эссенциальных микро- и ультрамикроэлементов. Так, среди минимальных значений медиан, установленных у всех обследованных жителей г. Армянска, следует выделить элементы Mn, Cr, Cu, Zn, Se, P, V (у детей дополнительно – Fe и I) (рис. 1–4).

Относительно других сравниваемых субъектов Южного Федерального округа (ЮФО), у жителей г. Армянска, особенно детского населения, повышена распространенность гипоэлементозов, при этом за счет жизненно важных микроэлементов. Для всех жителей – детей и взрослых – характерен максимальный риск дефицита Cu (70–84%), Zn (70–90%), Cr (80–70%), что может расцениваться как повышенный риск патологии ЦНС, а для детей в основном характерен риск дефицита (снижены медианы) Mn (80–100%), Fe (60–70%), Se (60–90%) и I (50%).

В целом элементный портрет населения г. Армянска может быть представлен в следующем виде:

$$\text{Элементарный портрет} = \frac{\text{гиперэлементозы}}{\text{гипоэлементозы}} =$$

$$= \frac{\text{токсические и потенциально токсические элементы}}{\text{эссенциальные элементы}} \Big/ \frac{\text{условно эссенциальные элементы}}{\text{условно эссенциальные элементы}} \Big/ \frac{\text{эссенциальные элементы}}{},$$

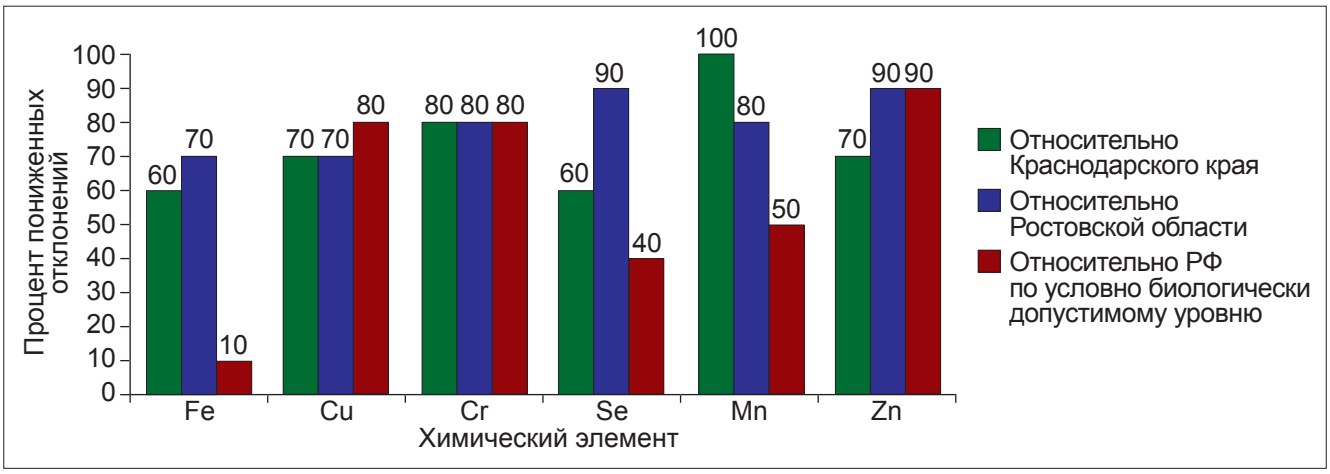


Рис. 3. Встречаемость пониженных отклонений содержания элементов в волосах детского населения г. Армянска.

дети (мальчики до 14 лет):

Sn, Ag / Mn, Cr, Zn, Cu, Fe, Se, I	Si / V, B, Ni	– / –

взрослые (женщины):

Al, Sn, Pb, Sr, Ag / Cu, Cr, Zn, Mn, Se, P	Si, Li, B / V	K, Fe / –

Приведенные выше формулы элементного статуса позволяют заключить, что г. Армянск относительно неблагополучен в ЮФО по причине как повышенного риска накопления экотоксикантов, так и дефицита жизненно важных химических элементов.

В качестве сравнения мы сочли необходимым представить элементный портрет населения Краснодарского края и Ростовской области [5]:

	Мальчики 3–15 лет	Женщины 25–50 лет
Краснодарский край	– / Li / Cr, Mg, Mn / K, Se / –	Sn / Ni / Cu, Se / K, Se / –
Ростовская область	Cd, Pd / Fe, K, Na, P / Cr, Zn / –	As / – / – / Cr, Cu, Fe, Mn / –

Поскольку дети не участвуют в производственных процессах, их элементный статус в большей степени отражает типичный средний уровень поступления элементов-микронутриентов с питьевой водой и пищей из среды обитания. То есть волосы детей в большей степени, чем взрослых, являются субстратом, состав которого указывает на экологическую и социально-бытовую составляющие, качество питания.

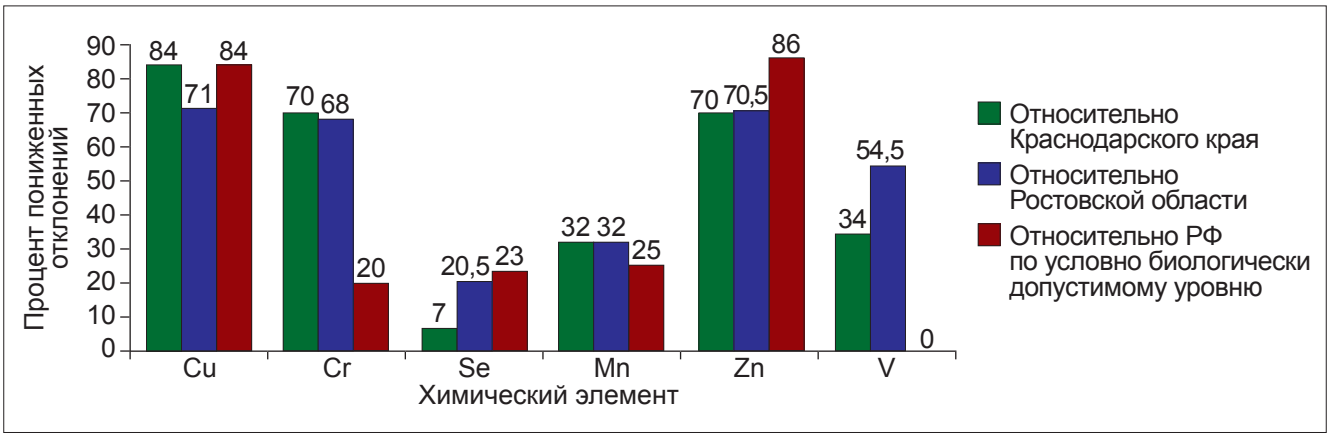


Рис. 4. Встречаемость пониженных отклонений содержания элементов в волосах взрослого населения г. Армянска.

Исходя из изложенного, многие из свойственных гипер- и гипоэлементозов детей, которые повторяются и у взрослых, являются индикатором антропобиохимического состояния окружающей среды. Общим для всей популяции жителей г. Армянска является повышенный уровень кремния, олова алюминия, кальция и калия. Приоритетными экотоксикантами для детского населения явились кремний и олово, для взрослого – кремний, алюминий, олово и свинец.

Кремний в виде различных соединений входит в состав большинства тканей, влияет на обмен липидов, образование коллагена и костной ткани. Особенно важна его роль как структурного элемента соединительной ткани. Концентрация кремния с возрастом должна снижаться, однако, как среди детского населения, так и среди взрослых жителей г. Армянска превышение УБДУ данного элемента (относительно других сравниваемых субъектов ЮФО) зарегистрировано с частотой 100 и 98% соответственно. Значительное превышение содержание кремния в волосах, очевидно, связано с проживанием людей в данном регионе, где содержание SiO_2 в донных отложениях равно 0,27 мг/г. Также превышенные значения кремния могут быть связаны с его растворимой формой в виде:

$$2NaOH + SiO_2 \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2O$$

$$Na_2SiO_3 \rightleftarrows 2Na^+ + SiO_3^{2-},$$

а также в виде мета- и ортокремниевой кислот.

Можно предположить и образование силанов по следующей реакции:

$$Mg_2Si + 4HCl \rightarrow 2MgCl + SiH_4\uparrow$$

$$SiH_4 + 4H_2O \rightarrow Si(OH)_4 + 4H_2\uparrow.$$

Силаны имеют высокую биологическую активность. Как и в случае большинства других микроэлементов, всасывание кремния в сильной степени зависит от различных минеральных компонентов рациона, которые способны снизить растворимость этого элемента. К числу таких компонентов относятся Fe_2O_3, $Ca(OH)_2$, MgO и особенно алюминий, осаждающие, по-видимому, кремниевую кислоту в виде нерастворимых силикатов. Кремний в свою очередь затрудняет всасывание марганца, так как он образует с ним неусваивающийся силикат [7], что нами и обнаружено в виде понижения уровня марганца в 100% относительно детей Краснодарского края. Наблюдается увеличение уровня алюминия в волосах детей г. Армянска (30%) и взрослых (93%) относительно населения Краснодарского края. Уже с 1983 г. отмечено, что алюминий может переноситься с воздухом и водой на большие расстояния и таким образом участвовать в появлении трансгрессивных элементозов, патология которых у человека заслуживает специального рассмотрения в качестве проблемы большого экологического значения [7]. Содержание Al может в кислотонакопителе составлять 4,3 г/л. Требует анализа ситуация с возможным влиянием избыточного поступления Al и Si в организм на частоту болезни Альцгеймера и других пресинильных и сенильных деменций, а также почечную патологию.

Олово также поступает в организм прежде всего с пищей (жирная рыба). С избытком олова в организме могут быть связаны металлический привкус во рту, боли в животе, понос, тошнота, воспаление кожи [7]. Кроме того, олово является сопутствующей примесью к ископаемым рудам (рутил, ильменит). Присутствие в волосах ионов олова (повышение 100% у детей г. Армянска и 70% взрослых относительно населения Краснодарского края) косвенно может свидетельствовать о его миграции из кислотонакопителя.

Повышенное содержание Li у взрослых жителей г. Армянска (70% относительно взрослых Краснодарского края) возможно обусловлено использованием соленых озер (о. Сиваш) в качестве мест отдыха. Добывают литий в толще соляных озер, в насыщенных соленых растворах в виде LiCl. Содержание лития в морской воде ~0,18 мг/л [8].

Присутствие B (повышен у 66 и 55% взрослого населения г. Армянска относительно жителей Краснодарского края и Ростовской области) возможно является следствием применения удобрений на основе бора вместо фосфорорганических удобрений. Ранее завод «Крымский титан» выпускал фосфорорганическое удобрение «Аммофос», но его производство было остановлено. Считается, что наибольший вклад в содержание бора в атмосфере вносит испарение борной кислоты с аэрозолями морских солей. Содержание бора в морской воде ~4,6 мг/л [8].

Из 0,31 млн тонн мирового промышленного потребления бора, около 0,04 млн тонн бора поступает в окружающую среду в результате использования мыла и моющих средств (6%), которые в конечном итоге попадают в воду [9].

В жарком сухом климате интенсивное испарение влаги, содержащей соединения бора, создаёт повышенную концентрацию этого элемента в поверхностном слое почвы. Если в земле много бора, то он накапливается в листьях, а когда этого количества становится слишком много, кончики листьев начинают закручиваться, а потом отмирают, сами листочки становятся желтыми [9].

Долгосрочное потребление воды и пищевых продуктов с повышенным содержанием бора приводит к нарушениям функций сердечно-сосудистой, нервной, пищевой и половой систем людей. Состав крови претерпевает изменения, замедляется физическое и умственное развитие у детей и увеличивается риск патологических рождений [9].

У населения г. Армянска (50% – дети и 39% – взрослые относительно УБДУ для РФ) в волосах выявлено повышенное содержание серебра, которое является антагонистом меди. Установлено, что серебро способно блокировать сульфгидридные (HS) группы, участвующие в образовании активного центра многих ферментов, «тормозя», таким образом, их активность. Например, серебро блокирует аденозинтрифосфатную деятельность миозина – основного белка мышечной ткани человека, способного расщеплять АТФ (аденозинтрифосфат) – нуклеотид, выполняющий во всех живых организмах роль универсального аккумулятора и переносчика энергии. Именно благодаря этому свойству миозина, химическая энергия макроэнергетических связей АТФ превращается в механическую энергию мышечных сокращений. То есть серебро способно «приглушать» энергоснабжение организма.

Содержание Sr в волосах также может свидетельствовать о его миграции из кислотонакопителя. Содержание стронция в кислотонакопителе – 8,4 мг/л, содержание стронция в морской воде – 8 мг/л. У взрослых жителей г. Армянска повышение УБДУ стронция зарегистрировано у 64% лиц относительно взрослых РФ. Основные пути поступления Sr в организм через пищу (томаты, свёкла, укроп, петрушка, редька, редис, лук, капуста, ячмень, рожь, пшеница) и воду.

Таким образом, полученные данные об элементном составе волос жителей г. Армянска могут свидетельствовать о техногенном воздействии на состояние здоровья населения в результате сложившейся экологической обстановки.

Исследование элементного состава волос жителей г. Армянска также показало преобладание риска полигипоэлементозов, как для детского населения, так и для взрослого, причем одинакового спектра. Дефицит жизненно важных химических элементов представляет большую опасность для здоровья человека, поскольку приводит к ограничениям жизнедеятельности в результате неоптимального питания, отклонениям со стороны желудочно-кишечного тракта, эндокринной, сердечно-сосудистой и нервной систем.

Косвенным показателем качества питания является обеспеченность населения жизненно важными микроэлементами Zn, Cu, Fe, Cr, P, поступающими в организм с высокобелковой пищей.

Пониженное содержание меди, с большой частотой выявленное как у детского (70%), так и у взрослого населения (84%) г. Армянска, может способствовать возникновению анемии с нейтропенией, нарушению пигментации, развитию аллергических заболеваний, в том числе ринита, астматических осложнений при бронхитах, а также деструкции кровеносных сосудов, патологическому росту костей. Возможно это связано с повышением содержания серебра, которое является антагонистом меди.

Дефицит цинка как у детей (70–90%), так и у взрослых (70–86%) также представляет собой актуальную проблему, так как недостаточность этого микроэлемента отрицательно влияет на иммунитет, репродуктивную систему, гормональный статус организма. Дети, страдающие дефицитом цинка, отстают в физическом и психическом развитии, чаще болеют простудными и воспалительными заболеваниями, страдают заболеваниями кожи [7].

Понижение содержания Zn и Cr ниже УБДУ в совокупности могут вносить свой негативный

вклад в рост заболеваемости сахарным диабетом II типа и иммунодефицитом.

Характерно, что дефицит эссенциальных Zn и Cu проявляется в регионах с напряженной санитарно-гигиенической обстановкой, что отмечено в ряде гигиенических исследований [10].

Гипоселеноз, особенно в сочетании с цинкодефицитом, повышает риск инсультов, инфарктов и другой сердечно-сосудистой патологии, новообразований (легкие, печень, кожа), болезней кожи, патологии суставов, предстательной железы [11, 12], и в данном случае особенно актуален риск развития гипотиреоза у детей, так как дефицит йода наблюдается у 50% детей относительно детского населения Краснодарского края и у 30% относительно Ростовской области. Кроме того, селен, активируя деиодиназу, способствует включению йода в метаболические процессы в щитовидной железе.

Недостаток содержания фосфора (относительно УБДУ для РФ) в волосах, выявленный у населения г. Армянска с частотой 40% среди детского населения и 82% среди взрослого, может приводить к развитию общей слабости, болям в костях и мышцах, парадантозу, патологии щитовидной железы и особенно остеопорозу и др.

Дефицит Mn, выявленный у детей г. Армянска с частотой 100% относительно Краснодарского края и 90% относительно Ростовской области, сочетающийся с избыточным поступлением в организм Al и Si, отрицательно влияет на нейромедиаторные системы, что повышает риск неврологических заболеваний, задержки психоневрологического развития и деменции. Может повышаться судорожная активность головного мозга (Оберлис и соавт., 2008). Также Mn участвует в формировании органического матрикса костной ткани, противоаллергической защите, регуляции обмена прогестерона, жиров и углеводов, энергетическом обмене и подавлении оксидативного стресса [13, 14].

Не исключено, что низкий УДБУ Fe в волосах детей и, как можно предположить, в организме в целом, обусловлен повышенной нагрузкой Sn – его антагонистом – и изменением метаболизма Cu.

Заключение

Анализ содержания микроэлементов в волосах населения, проживающего постоянно в г. Армянске, выявил особенности «элементного портрета». Приоритетной проблемой является массовая распространенность дефицита элементов Mn, Cr, Cu, Zn, Se, P, V (у детей – дополнительно дефицит Fe и I). Дисбаланс элементов является следствием в большей мере геохимических, климатогеографических особенностей территории, несбалансированности пищевого рациона. При этом хронический дефицит основных жизненно важных элементов создает благодатную основу для развития дисфункций многих физиологических систем и широкого спектра патологий.

Все дефицитные состояния могут быть в значительной степени устранены за счет внесения изменений в рационы питания, в первую очередь детей: обогащения недостающими микронутриентами, а также в виде целенаправленно контролируемых мероприятий по приему препаратов и нутрицевтиков. С целью выведения из организма избытка серебра целесообразно назначать средства дренажного действия на органы, накапливающие серебро (печень, почки), а также препараты меди (для повышения активности медьзависимых ферментов). В системе диспансеризации должен присутствовать контроль элементного состояния организма населения, что позволит своевременно проводить оптимизацию питания в комплексе с обоснованной коррекцией выявляемых нарушений.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скальный А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС (АНО «Центр биолтической медицины»). *Микроэлементы в медицине*. 2003; 4 (1): 7-11.
2. Скальный А.В. Эколого-физиологическое обоснование эффективности использования макро- и микроэлементов при нарушениях гомеостаза у обследованных из различных климатогеографических регионов: Дисс. докт. мед. наук. Москва, 2000. 352.
3. Скальный А.В., Быков А.Т. *Эколого-физиологические аспекты применения макро- и микроэлементов в восстановительной медицине*. Оренбург: РИК ГОУ ОГУ. 2003: 198.

4. Скальный А.В., Скальная М.Г., Дубовой Р.М., Демидов В.А., Нотов О.С. *Выявление и амбулаторная коррекция нарушений минерального обмена*. Методические рекомендации. РО-СМЭМ. М.: ООО «Петроруш», 2009. 41.
5. Скальный А.В., Киселев М.Ф. ред. *Элементный статус населения России. ч. 3. Элементный статус населения Северо-Западного, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов.* СПб.: Медкнига «ЭЛБИ-СПб». 2012: 448.
6. Уйба В.В., Скальный А.В. *Атлас. Элементный статус населения России*. ред. СПб.: Медкнига «ЭЛБИ-СПб». 2014: 352.
7. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. *Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. АМН СССР*. М.: Медицина. 1991: 496.
8. Скальный А.В., Киселев М.Ф. ред. *Элементный статус населения России. ч. 1. Общие вопросы и современные методические подходы к оценке элементного статуса индивидуума и популяции.* СПб.: Медкнига «ЭЛБИ-СПб». 2010: 416.
9. Иванова С. А. Разработка технологии очистки природных вод от соединений бора, аммония и железа: Дисс. канд. тех. наук. Москва, 2015. 110.
10. Даукаев Р.А. Комплексная гигиеническая оценка загрязнения тяжелыми металлами техногенных территорий Республики Башкортостан: Автореф. дисс. канд. биол. наук. Москва, 2010. 24.
11. Голубкина Н.А., Скальный А.В., Соколов Я.А., Щелкунов Л.Ф. *Селен в медицине и экологии*. М.: КМК. 2002: 134.
12. Скальная М.Г., Нотова С.В. *Макро- и микроэлементы в питании современного человека: эколого-физиологические и социальные аспекты*. М.: РОСМЭН. 2004: 310.
13. Барашков Г.К. *Медицинская бионеорганика. Основы аналитика. Клиника*. М.: Бином. 2011: 512.
14. Скальный А.В. Кудрин А.В. *Радиация, микроэлементы, антиоксиданты и иммунитет (микроэлементы и антиоксиданты в восстановлении здоровья ликвидаторов аварии на ЧАЭС).* М.: Лир Макет. 2000: 421.

REFERENCES

1. Skalny A.V. Reference values of the concentration of chemical elements in the hair obtained by the method of ISP-NPP (ANO “Center of biolic medicine”. *Mikroelementy v meditsine*. 2003; 4 (1): 7-11. (in Russian).
2. Skalny A.V. Ekologo-physiological substantiation of efficiency of use of macro - and micronutrients in disorders of homeostasis in the examined from various climatic and geographical regions: Diss. d-ra med. sciences’. Moscow: 2000. 352. (in Russian).
3. Skalny A.V., Bykov A. T. *Ecological and physiological aspects of the use of macro-and microelements in regenerative medicine [Ekologo-fiziologicheskie aspekty primeneniya makro- I mikroelementov v vosstanovitel’’noy meditsine*. Orenburg: RICK GOU OGU. 2003: 198. (in Russian).
4. Skalny A.V., Skalnaya M.G., Dubovoy R.M., Demidov V.A., Notov O.S. *Detection and outpatient correction of mineral metabolism disorders. Methodical recommendation [Vyyavlenie I ambulatornaya korrektsiya narusheniy mineral’’nogo obmena. Metodicheskie rekomendatsii]*. ROSMEN. Moscow: OOO «Petronus», 2009. 41. (in Russian).
5. Skalny A.V., Kiselev M.F. ed. *Elemental status of the Russian population. p. 3. Elemental status of the population of the North-Western, southern and North Caucasian Federal districts [Elementny status naseleniya Rossii. Chast 3. Elementny ststus naseleniya Severo-Zapadnogo, Yuzhnogo i Severo-Kavkazkogo federalnykh okrugov]*. Sankt Petersburg: Medical book “ELBY-SPb”. 2012: 448. (in Russian).
6. Uiba V.V., Skalny A.V. ed. *Atlas. Elemental status of the population of Russia [Atlas. Elementny sosnav naseleniya Rossii]*. Sankt Petersburg.: Medical book “ELBY-SPb”. 2014: 352. (in Russian).
7. Avtsyn A.P., Zhavoronkov A.A., Rish M.A., Strochkova L.S. *Microelementoses person: etiology, classification, organohalogen. Medical Sciences of the USSR [Mikroelementozy cheloveka: etiologiya, klassifikatsiya, organopatologiya]. АМН СССР..* Moscow: Medicine. 1991: 496. (in Russian).
8. Skalny A.V., Kiselev M.F. ed. *Elemental status of the Russian population. part 1. General questions and modern methodological approaches to the assessment of the elemental status of the individual and population [Elementny ststus nasekeniya Rossii. Chast 1. Obshchie voprosy I sovremennye metodicheskie podkhody k otsenke elementnogo ststusa individuuma I populyatsii]*. Sankt Petersburg: Medical book “ALBI-SPb”. 2010: 416. (in Russian).
9. Ivanova S.A. Development of technology of natural water purification from boron, ammonium and iron compounds: Diss. cand. tech. sciences. M.: 2015. 110. (in Russian).
10. Daukaev R.A. Comprehensive hygienic assessment of heavy metal pollution of technogenic territories of the Republic of Bashkortostan: Autoref. diss. cand. biol. sciences’. M.: 2010. 24 p. (in Russian).
11. Golubkina N.A. Skalny A.V., Sokolov Y.A., Shchelkunov L.F. *Selenium in medicine and ecology [Selen v meditsine I ekologii]*. Moscow: KMK. 2002: 134. (in Russian).
12. Skalnaya M.G., Notova S.V. *Macro - and microelements in nutrition of modern man: ecological,physiological and social aspects [Makro- I mikroelementy v pitanii sovremennogo cheloveka: ekologo-fiziologicheskie I sotsialnye aspekty]*. Moscow: ROSMEN. 2004: 310. (in Russian).
13. Barashkov G.K. *Medical bioenergetica. Fundamentals of Analytics. Clinic [Meditsinskaya bioneorganika. Osnovy analitiki. Klinika. Медицинская бионеорганика. Основы аналитика. Клиника.* Moscow: Binom. 2011: 512. (in Russian).
14. Skalny A.V., Kudrin A.V. *Radiation, trace elements, antioxidants and immunity (trace elements and antioxidants in restoring the health of the liquidators of the Chernobyl accident [Radiatsiya, mikroelementy, antioksidanty I immunitet v vosstanovlenii zgorov’’y likvidatoro avarii na CHAES].* Moscow: Lear Layout. 2000: 421. (in Russian).

Поступила 24 сентября 2019
Принята в печать 28 февраля 2020

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Антонов В.А., Клаучек В.В., Крылова Н.В., Фролов А.С., Чарова Т.А., Тобольская-Поспелова М.М., Сазонова Н.Г, Кончин А.А., Белоусова Т.Н., Пак В.А.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К ХИМИЧЕСКИ ОПАСНОМУ ОБЪЕКТУ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ПОЛИГОН ПАО «ПРОТОН – ПЕРМСКИЕ МОТОРЫ»

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии и профпатологии»
Федерального медико-биологического агентства, 400048, г. Волгоград

Статья посвящена результатам выполненной работы по оценке влияния деятельности испытательного полигона Публичного акционерного общества «Протон – Пермские моторы» на загрязненность окружающей среды и здоровье жителей, проживающих в районе расположения объекта.

Испытательный полигон ПАО «Протон – Пермские моторы» предназначен для проведения огневых испытаний ракетных двигателей на жидком топливе, основным компонентом которого является – несимметричный диметилгидразин – вещество 1-го класса опасности, мобильный токсикант, способный накапливаться в природных экосистемах.

Эколого-гигиеническая оценка состояния атмосферного воздуха, воды поверхностных водоемов и почвы на территории, прилегающей к испытательному полигону ПАО «Протон – Пермские моторы» выполнялась в соответствии с действующими нормативными и правовыми документами за период 2013–2018 гг. Анализ медико-демографических показателей и заболеваемости населения, проживающего в районе расположения объекта, проведен по данным статистической отчетности за 2013–2017 гг.

За рассматриваемый период времени содержание приоритетных загрязнителей в атмосферном воздухе, воде поверхностных водоемов и почве района расположения испытательного полигона в основном соответствовало гигиеническим нормативам. Концентрации несимметричного диметилгидразина в объектах окружающей среды были ниже чувствительности соответствующих методик определения.

Анализ демографических данных и статистики заболеваемости жителей поселка Новые Ляды Свердловского района г. Перми не выявил негативного воздействия данного химически опасного объекта на здоровье населения.

Установлено отсутствие влияния деятельности химически опасного объекта испытательный полигон ПАО «Протон – Пермские моторы» на состояние окружающей среды и здоровье населения.

Ключевые слова: *химически опасный объект; испытательный полигон; компоненты ракетных топлив; состояние окружающей среды; эколого-гигиеническая оценка, заболеваемость населения.*

Для цитирования: Антонов В.А., Клаучек В.В., Крылова Н.В., Фролов А.С., Чарова Т.А., Тобольская-Поспелова М.М., Сазонова Н.Г, Кончин А.А., Белоусова Т.Н., Пак В.А. Оценка состояния окружающей среды и здоровья населения территории, прилегающей к химически опасному объекту испытательный полигон ПАО «Протон – Пермские моторы». *Медицина экстремальных ситуаций*. 2020; 22(1): 61-67.

Для корреспонденции: *Клаучек Валентина Васильевна*, доктор мед. наук, заместитель директора по научной работе ФГУП «НИИ ГТП» ФМБА России, 400048, г. Волгоград. E-mail: klauchek@rihtop.ru

Antonov V.A., Klauchek V.V., Krylova N.V., Frolov A.S., Charova T.A., Tobolskaya-Pospelova M.M., Sazonova N.G., Konchin A.A., Belousova T.N., Pak V.A.

ASSESSMENT OF ENVIRONMENT AND POPULATION HEALTH STATUS ON THE TERRITORY SURROUNDING TO CHEMICALLY DANGEROUS OBJECT THE TEST ZONE PJSC «PROTON – PERM MOTORS»

FSUE «Research Institute of Hygiene, Toxicology and Occupational Pathology»
FMBA Russia, Volgograd, 400048, Russian Federation

The article is devoted to the work results performed to assess the activities impact of The Public Joint Stock Company "Proton - Perm Motors" Test Zone on environmental contamination and residents health living in the facility area. The PJSC «Proton-Perm Motors» Test Zone is intended for firing tests of liquid-fuel rocket engines. The leading component of rocket fuel is asymmetric dimethylhydrazin, the substance of 1 hazard class, the mobile toxicant that can accumulate in natural ecosystems. The environmental and hygienic assessment of the atmospheric air state, surface water bodies and soil on the territory surrounding to the «Proton-Perm Motors» Test Zone for the period 2013–2018 years was carried out in accordance with current regulatory and legal documents. The analysis of medical and demographic indicators and morbidity of the population living in the facility area for 2013–2017 years was carried out according to the statistical reporting data. During the considered time period, the content of priority pollutants in atmospheric air, surface water bodies and soil of the test zone basically complied with hygienic standards. Concentrations of asymmetric dimethylhydrazine in environmental objects were lower than the sensitivity of corresponding determination methods. The statistical data analysis and the morbidity structure of Novyye Lyady village residents of the Sverdlovsk region of Perm did not found out the negative effect of this chemically hazardous object on public health.
The absence of the effect of chemically hazardous object activity of «Proton-Perm Motors» PLC test zone on the environment and public health state is established.

Keywords: *chemically hazardous object; test zone; components of rocket fuel; environment state; ecological and hygienic assessment; population, population morbidity.*

For citation: Antonov V.A., Klauchek V.V., Krylova N.V., Frolov A.S., Charova T.A., Tobolskaya-Pospelova M.M., Sazonova N.G., Konchin A.A., Belousova T.N., Pak V.A. Assessment of environment and population health status on the territory surrounding to chemically dangerous object the test zone PJSC «Proton – Perm motors». *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy (Medicine of Extreme Situations, Russian journal)* 2020; 22(1): 61-67. (In Russian)

For correspondence: *Valentina V. Klauchek*, MD, Ph.D., Dsci., Deputy Director for Scientific work, Research Institute of Hygiene, Toxicology and Occupational Pathology, FMBA, Volgograd, 400048, Russian Federation. E-mail: klauchek@rihtop.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received July 19, 2019
Accepted February 28, 2020

Введение

Одной из приоритетных задач Федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2015–2020 гг.)» является снижение экологической нагрузки от деятельности химически опасных предприятий и риска для здоровья населения, проживающего в районе их размещения [1].

Чистота воды и воздуха – один из главных экологических факторов, влияющих на качество жизни населения. Приблизительные оценки экономических издержек, рассчитанных для России Всемирной организацией здравоохранения, показывают, что ущерб от нарушений здоровья населения, связанного с загрязнением воды и воздуха, составляет, в среднем, не менее 4,1–6,6% от валового внутреннего продукта страны, а суммарный максимальный ущерб общественному здоровью может достигать 7,0%. Почва как фактор окружающей среды также участвует в формировании здоровья населения через загрязнение других сред обитания, по которым происходит движение вредных веществ к человеку [2, 3]. В связи с этим проблема комплексной оценки техногенного загрязнения территории расположения химически опасных объектов и здоровья проживающего на ней населения не теряет своей актуальности.

Предприятия по испытанию ракетно-космической техники – химически опасные объекты, в технологическом процессе которых используются высокотоксичные вещества, при определённых условиях способных оказать вредное воздействие на здоровье населения.

Основным технологическим процессом на испытательном полигоне ПАО «Протон – Пермские моторы» (ПАО «Протон-ПМ»), расположенном вблизи поселка Новые Ляды Свердловского района г. Перми, является проведение огневых испытаний ракетных двигателей на жидком топливе. Ведущий компонент жидкого ракетного топлива – несимметричный диметилгидразин (1,1-диметилгидразин, гептил, НДМГ) представляет собой токсичное вещество 1-го класса опасности, имеющее свойство накапливаться в природных экосистемах, обладающее высокой летучестью и смешивающееся с водой практически в любых соотношениях, является мобильным токсикантом, легко мигрирующим по компонентам природной среды [4–6].

Цель работы – оценка влияния деятельности испытательного полигона Публичного акционерного общества «Протон – Пермские моторы» на загрязненность окружающей среды и здоровье жителей, проживающих в районе расположения объекта.

Материал и методы

Выполнен анализ состояния атмосферного воздуха, воды поверхностных водоемов и почвы по данным мониторинга за 2013–2018 гг., а также демографических показателей и статистики заболеваемости населения, проживающего на прилегающей территории, за период 2013–2017 гг.

Оценка состояния окружающей среды выполнялась в соответствии с действующими гигиеническими нормативами*.

Анализ структуры заболеваемости жителей поселка Новые Ляды в пересчете на 1000 населения проводили на основе статистических форм учета № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации» и № 16-ВН «Сведения о причинах временной нетрудоспособности». За период 2013–2017 гг. на анализируемой территории проживали соответственно 8700, 8700, 9400, 9700 и 9700 человек.

Результаты и обсуждение

Оценку состояния атмосферного воздуха проводили по данным производственной лаборатории предприятия, осуществлявшей подфакельный отбор проб во время и через 1 ч после проведения испытаний ракетных двигателей на содержание приоритетных загрязнителей: 1,1-диметилгидразина, диоксида азота и оксида углерода. Кроме того, использовали данные постов наблюдения Пермского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, расположенных на максимально близком от объекта расстоянии по направлению преобладающих ветров. В перечень веществ, подлежащих контролю на постах входили: взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, сероводород, фенол, хлорид водорода, фторид водорода, аммиак, формальдегид, бенз(а)пирен, бензол, ксилолы, толуол, этилбензол, хром, свинец, марганец, никель, цинк, медь, железо, кадмий.

Оценка ретроспективных данных показала, что среднегодовые концентрации загрязняющих веществ на всех постах наблюдения были ниже гигиенических нормативов. Превышения предельно допустимых концентраций регистрировались только по максимальным разовым значениям: из 24 веществ, подлежащих контролю в атмосферном воздухе, превышение гигиенических нормативов зафиксировано по девяти из них.

Наибольшие превышения гигиенических регламентов по максимальным разовым концентрациям загрязняющих веществ в атмосферном воздухе территории расположения испытательного полигона ПАО «Протон-ПМ (в кратностях ПДК) приведены в табл. 1.

* ГН 2.1.6.3492-17. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений.
ГН 2.1.6.2309-07. Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.
ГН 2.1.6.3403-16. Предельно допустимая концентрация (ПДК) 1,1-диметилгидразина в атмосферном воздухе населенных мест.
ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
ГН 2.1.5.2307-07. Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.
ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве.
ГН 2.1.7.2735-10. Предельно допустимая концентрация (ПДК) 1,1-диметилгидразина (гептила) в почве.

Таблица 1

Наибольшие превышения (в кратностях ПДК) гигиенических регламентов по максимальным разовым концентрациям загрязняющих веществ в атмосферном воздухе территории расположения испытательного полигона ПАО «Протон-ПМ»

Вещество	Наибольшее значение максимальной разовой концентрации (в кратностях ПДК)					
	год					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Оксид углерода	–	1,2	2,0	1,2	–	1,2
Диоксид азота	2,2	1,8	2,1	–	2,2	1,2
Взвешенные вещества	2,0	2,0	–	–	4,0	–
Фенол	5,5	1,6	–	1,2	1,6	1,5
Хлорид водорода	4,7	–	3,2	–	–	–
Фторид водорода	2,8	2,1	4,4	1,7	11,3	1,2
Формальдегид	3,5	2,5	1,1	11,3	1,8	5,8
Ксилолы	8,5	–	–	–	1,1	2,0
Этилбензол	8,4	–	2,0	2,8	3,0	3,0

За рассматриваемый период времени наибольшее количество превышений предельно допустимых концентраций по максимальным разовым значениям было зарегистрировано по содержанию в атмосферном воздухе этилбензола, фторида водорода и формальдегида. Превышения гигиенических нормативов оксида углерода, диоксида азота, взвешенных веществ, фенола, хлорида водорода и ксилолов выявлены в менее, чем 1% случаев. Следует отметить, что максимальные разовые концентрации фторида водорода, формальдегида ежегодно регистрировались на уровне, превышающем гигиенические нормативы (табл. 2).

Поскольку оксиды азота и углерода относятся к общепромышленным загрязнителям, а город Пермь является большим промышленным центром, учитывая отсутствие превышений гигиенических нормативов указанных веществ при подфакельных исследованиях атмосферного воздуха, можно утверждать, что зарегистрированные превышения не связаны с деятельно-

Таблица 2

Выявленные превышения предельно допустимых концентраций (в %) по максимальным разовым значениям в атмосферном воздухе территории расположения испытательного полигона ПАО «Протон-ПМ»

Вещество	% проб, превышающих гигиенические нормативы					
	год					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Оксид углерода	0,00	0,05	0,10	0,02	0,00	0,04
Диоксид азота	0,20	0,20	0,50	0,00	0,10	0,04
Взвешенные вещества	0,10	0,03	0,00	0,00	0,03	0,0
Фенол	0,20	0,10	0,00	0,10	0,30	0,09
Хлорид водорода	0,20	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00
Фторид водорода	1,20	0,40	1,60	0,40	0,70	0,05
Формальдегид	2,00	0,10	0,03	0,20	0,10	0,05
Ксилолы	0,70	0,00	0,00	0,00	0,03	0,20
Этилбензол	2,10	0,00	0,10	0,60	0,60	0,30

стью испытательного полигона ПАО «Протон-ПМ». Необходимо отметить, что за весь период наблюдения фактическое содержание 1,1-диметилгидразина в воздушной среде территории, прилегающей к испытательному полигону ПАО «Протон-ПМ», было ниже уровня чувствительности методики определения.

Водоотведение сточных вод испытательного полигона ПАО «Протон-ПМ» после очистки осуществляется в реку Глушиха и ручей без названия (приток реки Вороновка). В соответствии с программой производственного контроля в воде рек Вороновка и Глушиха контролировали содержание 1,1-диметилгидразина, диметиламина, тетраметилтетразена, нитрозодиметиламина, формальдегида, взвешенных веществ, сульфат-ионов, хлорид-ионов, аммония-ионов, нитрит-ионов, нитрат-ионов, фосфат-ионов, нефтепродуктов, анионактивных синтетических поверхностно-активных веществ, хрома шестивалентного, а также сухой остаток, биохимическое и химическое потребление кислорода. Анализ полученных результатов показал, что вода реки Глушиха по всем контролируемым показателям соответствовала гигиеническим требованиям. Содержание загрязняющих веществ в воде реки Вороновка в основном соответствовало гигиеническим нормативам, в единичных случаях регистрировались повышенные концентрации железа, ионов аммония, нитратов, ХПК и БПК. При этом значения указанных показателей в фоновом створе были выше, чем в контрольном.

Исследование загрязненности реки Сылва, служащей источником питьевого водоснабжения, выполненное в 2018 г., показало отсутствие в пробах воды алюминия, бария, бериллия, ванадия, кадмия, кобальта, лития, марганца, меди, мышьяка, никеля, свинца, селена, серебра, стронция, таллия, урана, хрома, цинка, нитрат-ионов, сульфат-ионов, хлорид-ионов, 1,1-диметилгидразина в концентрациях, превышающих гигиенические нормативы.

В пробах почвы, отобранных на границе санитарно-защитной зоны, селитебной территории, а также в детском оздоровительном лагере и садовых участках, содержание хрома, нитратов, 1,1-диметилгидразина не превышало допустимых уровней.

Таким образом, деятельность химически опасного объекта – испытательный полигон Публичного акционерного общества «Протон – Пермские моторы», не оказывает негативного влияния на окружающую среду, поскольку содержание приоритетных загрязнителей в атмосферном воздухе, воде поверхностных водоемов и почве, в основном, соответствовало гигиеническим нормативам, концентрации, ведущего токсиканта (несимметричного диметилгидразина) в объектах окружающей среды были ниже чувствительности соответствующих методик определения.

Анализ основных медико-демографических показателей населения, проживающего в районе расположения ПАО «Протон – Пермские моторы», за период с 2013 по 2017 г. выявил снижение показателей рождаемости и естественного прироста за счет увеличения смертности населения, несмотря на то, что полученные значения были на порядок ниже, чем по Пермскому краю и городу Перми в целом.

В структуре заболеваемости населения поселка Новые Ляды Свердловского района города Перми с 2013 по 2017 г. наиболее часто фиксировались болезни органов дыхания (573,0–648,6 случаев обращений на 1000 населения), среди которых имели место случаи острой респираторной вирусной инфекции, хронического бронхита, острой пневмонии, хронического фарингита. Второе место по распространённости занимали болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (53,0–83,8 случая на 1000 населения) в основном представленные артрозами и деформирующими дорсопатиями. На третьем месте по частоте встречаемости находились болезни кожи и подкожно-жировой клетчатки (34,2–50,7 случая на 1000 населения), в структуре которых преобладали контактные и атопические дерматиты. Реже по частоте обращений регистрировались болезни органов пищеварения: язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, гастрит, дуоденит, болезни желчевыводящих путей (36,0–42,4 случаев на 1000 населения); болезни органов кровообращения: артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, цереброваскулярные болезни (17,6–26,6 случаев на 1000 населения). Болезни нервной системы, в

структуре которых преобладали остеохондрозы позвоночника различной локализации, пароксизмальные расстройства, расстройства вегетативной нервной системы, отмечались в 6,4–28,6 случаях на 1000 населения. Заболевания эндокринной системы встречались в 4,6–28,3 случаях на 1000 населения и были представлены преимущественно тиреотоксикозом и сахарным диабетом. Новообразования кожи и внутренних органов отмечались еще реже – 3,1–16,7 случаев обращений на 1000 населения.

Анализ структуры временной нетрудоспособности работающей группы населения, проживающего в районе расположения ПАО «Протон – Пермские моторы», определил, что наиболее частой причиной временной нетрудоспособности были болезни органов дыхания (34,9–75,9 случаев на 1000 населения), в частности острая респираторная вирусная инфекция. Следующими причинами, вызвавшими нетрудоспособность у жителей данного региона, были болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (12,5–23,6 случаев на 1000 населения) в основном представленные ревматоидными артритами. Реже временная нетрудоспособность была обусловлена болезнями органов кровообращения (5,8–20,6 случаев на 1000 населения), среди которых артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, цереброваскулярные заболевания. Нетрудоспособность, вызванная болезнями органов пищеварения (болезни печени, желчного пузыря и желчевыводящих путей, язвенные болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, а также хронические гастриты), отмечалась в 3,2–7,1 случая на 1000 населения. Еще реже, в структуре временной нетрудоспособности определяли болезни периферической нервной системы – 0,0–2,8 случаев на 1000 населения, а 0,6–2,2 случаев на 1000 населения – болезни кожи и подкожно-жировой клетчатки инфекционного генеза. Наименьшее количество случаев временной нетрудоспособности пришлось на новообразования и болезни эндокринной системы. Выполненный анализ свидетельствует, что временную нетрудоспособность изучаемого контингента за период наблюдения в основном определяли болезни органов дыхания (в большинстве своем сезонные простудные заболевания) и, так называемые, возрастные сосудистые и обменно-дистрофические изменения: болезни костно-мышечной системы и системы кровообращения. Проведенный в дальнейшем сравнительный анализ причин временной нетрудоспособности среди персонала ПАО «Протон-ПМ» подтверждает данное заключение. Так, у работников химически опасного объекта также неизменно лидирующего за наблюдаемый период были простудные заболевания, которые проявлялись в виде острой респираторной вирусной инфекции, острых тонзиллитов и фарингитов. Хроническая патология бронхо-легочного аппарата встречалась намного реже. Далее следовали заболевания сердечно-сосудистой и костно-мышечной систем, а также заболевания органов пищеварения. Доля остальных нозологий была гораздо меньше.

Таким образом, проведенный анализ демографических показателей и статистики заболеваемости населения поселка Новые Ляды за период с 2013 по 2017 г. не выявил негативного воздействия химически опасного объекта Публичное акционерное общество «Протон-Пермские моторы» на здоровье жителей, проживающих на прилегающей территории.

Выводы

1. Деятельность химически опасного объекта испытательный полигон Публичного акционерного общества «Протон – Пермские моторы» не оказывает негативного влияния на окружающую среду, поскольку в период 2013–2018 гг. содержание приоритетных загрязнителей в атмосферном воздухе, воде поверхностных водоемов и почве в основном соответствовало гигиеническим нормативам, а концентрации ведущего токсиканта – несимметричного диметилгидразина в объектах окружающей среды были ниже чувствительности соответствующих методик определения.

2. За период с 2013 по 2017 г. не выявлено негативного воздействия химически опасного объекта испытательный полигон Публичного акционерного общества «Протон – Пермские моторы» на состояние здоровья жителей, проживающих на прилегающей территории.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральная целевая программа «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2015–2020 годы)» [Электронный ресурс]. Доступ из справочно-правовой системы «Консультант Плюс».
2. Тикунов В.С., Черешня О.Ю. Индекс загрязнения и индекс напряженности экологической ситуации в регионах Российской Федерации. *Теоретическая и прикладная экология.* 2017; 3: 34–8.
3. Комбарова М.Ю., Радилов А.С., Романов В.В., Олейникова Е.В., Овчинникова Н.С., Гуляев Д.В., Иванова И.О. Медико-санитарный паспорт химически опасного объекта и прилегающей к нему территории как регистр показателей санитарно-эпидемиологической безопасности состояния здоровья и среды обитания. *Гигиена и санитария.* 2013; 1 (92): 18–21.
4. *Вредные вещества в ракетно-космической отрасли. Справочник.* Под общ. ред. Уйба В.В. М.: «ФГБУ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна» ФМБА России; 2011.
5. *Токсикология и гигиенические аспекты жидких ракетных топлив. Учебное пособие.* М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России; 2016.
6. Ушакова В.Г., Шпигун О.Н, Старыгин О.И. Особенности химических превращений НДМГ и его поведение в объектах окружающей среды. *Ползуновский вестник*. 2004; 4: 177–84.

REFERENCES

1. Federal Target Program "National System of Chemical and Biological Safety of the Russian Federation (2015-2020)" [Federal'naya zelevaya programma "Natsional'nayz Sistema khimicheskoy I biologicheskoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii (2015-2020 gody) [Electronic resource]. Access from the legal system "Consultant Plus". (in Russian)
2. Tikunov V.S., Chereshnya O.Yu. The contamination index and the ecological situation pressure index in regions of Russian Federation. *Theoretical and applied ecology.* 2017; 3: 34–8. (in Russian)
3. Kombarova M.Yu., Radilov A.S., Romanov V.V., Oleynikova E.V., Ovchinnikova N.S., Gulyaev D.V., Ivanova I.O. Medical and sanitary certificate of chemically hazardous facility and the surrounding area as the register of sanitary and epidemiological safety indicators of health status and environment. *Hygiene and sanitation.* 2013; 1 (92): 18–21. (in Russian)
4. *Harmful substances in the rocket and space industry. Data book [Vrednye veshchestva v raketno-kosmicheskoy otrasli. Spravochnik].* Under total ed. Uiba V.V. Moscow: «FGBU A.I. Burnazyan FMBTS» FMBA Russia, 2011.
5. *Toxicology and hygienic aspects of liquid rocket fuels. Tutorial [Toksikologiya I gigienicheskie aspekty zhidkikh raketnykh topliv. Uchebnoe posobie]*. Moscow: «FGBU A.I. Burnazyan FMBTS» FMBA Russia; 2016.
6. Ushakova V.G., Shpigun ON, Starygin O.I. Features of UDMH chemical transformations and its behavior in environmental objects. *Polzunovsky vestnik.* 2004; 4: 177-84.

Поступила 19 июля 2019
Принята в печать 28 февраля 2020

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Сигаев В.И., Воробьев А.В., Толчинский А.Д., Успенская С.Н., Звягина Е.В., Сурнова В.И., Жариков Г.А., Крайнова О.А.

ОЦЕНКА УРОВНЯ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЗАГРЯЗНЁННОСТИ ВОЗДУХА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОБРАБОТКИ СТЕН ЗДАНИЙ И ПОЧВЕННЫХ ПЛОЩАДОК АЭРОЗОЛЕМ ШТАММОВ-ДЕСТРУКТОРОВ ГЕПТИЛА И АВИАКЕРОСИНА

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственный научный центр «Институт иммунологии»
Федерального медико-биологического агентства, 115478, г. Москва

Изучены концентрации бактерий штамма-деструктора гептила Pseudomonas sp. и штамма-деструктора авиакеросина Rhodococcus sp. в воздухе рабочей зоны при обработке вертикальных и горизонтальных поверхностей помещения, а также внешних вертикальных поверхностей здания и почвы на опытной делянке. Показано, что при обработке помещения концентрация бактерий штаммов-деструкторов в воздухе рабочей зоны может превышать ПДК в 12–30 раз. При обработке внешних поверхностей здания и почвы на опытной делянке концентрация бактерий в воздухе рабочей зоны не превышала ПДК. Установлено, что штамм-деструктор авиакеросина Rhodococcus sp. при прочих равных условиях (концентрация бактериальной суспензии, режимы обработки и др.) более устойчив к воздействию внешних факторов, сопровождающих процесс проведения обработки, чем штамм-деструктор гептила Pseudomonas sp.

Ключевые слова: *штаммы-деструкторы; гептил; авиационный керосин; ремедиация зданий и почвенных площадок; концентрация бактерий в воздухе рабочей зоны.*

Для цитирования: Сигаев В.И., Воробьев А.В., Толчинский А.Д., Успенская С.Н., Звягина Е.В., Сурнова В.И., Жариков Г.А., Крайнова О.А. Оценка уровня бактериальной загрязнённости воздуха рабочей зоны при проведении обработки стен зданий и почвенных площадок аэрозолем штаммов-деструкторов гептила и авиакеросина. *Медицина экстремальных ситуаций.* 2020; 22(1): 68-74.

Для корреспонденции: *Сигаев Владимир Иванович*, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник, начальник отдела аэрозольной токсикометрии ФГБУ «Государственный научный центр «Институт иммунологии» ФМБА России, 115478, г. Москва. E. mail: vsigaev@list.ru

---

Sigaev V.I., Vorobyov A.V., Tolchinsky A.D., Uspenskaya S.N., Zvyagina E.V., Surnova V.I., Zharikov G.A., Kraynova O.A.

EVALUATION THE LEVEL OF THE BACTERIAL CONTAMINATION OF THE AIR WORKING AREA WHILE SPRAY TREATMENT OF WALLS AND SOIL PLATWORMS FOR STRAIN DESTRUCTORS OF HEPTYL AND AVIATION KEROSENE

National Research Centre «Institute of Immunology» of the Federal Medical-Biological Agency of Russia, Moscow, 115478, Russian Federation

The concentration of bacteria strain-heptyl destructor Pseudomonas sp. and strain-aviation kerosene destructor of the Rhodococcus sp. in the air of the working area when handling the vertical and horizontal surfaces of premises, as well as external vertical surfaces of buildings and soil experimental platforms are studied. Surfaces of premises, the concentration of the bacteria strain-destructors in the air of the working area may exceed MAC (maximum allowable concentration) by 12-30 times are shows. Under processing external surfaces of buildings and soil-experienced sites the concentration of bacteria in the air of the working area does not exceed the MAC. The strain- aviation kerosene destructor of the Rhodococcus sp. ceteris paribus (concentration of bacterial suspension, handling modes, etc.)

was established to be more resistant to external factors, accompanying the process of processing than strain-heptyl destructor Pseudomonas sp.

Keywords: *strains-destructors; heptyl; aviation kerosene; remediation of buildings and soil areas; concentration of bacteria in the air of the working area.*

For citation: Sigaev V.I., Vorobyov A.V., Tolchinsky A.D., Uspenskaya S.N., Zvyagina E.V., Surnova V.I., Zharikov G.A., Kraynova O.A. Evaluation the level of the bacterial contamination of the air working area while spray treatment of walls and soil platworms for strain destructors of heptyl and aviation kerosene. *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy (Medicine of Extreme Situations, Russian journal)* 2020; 22(1): 68-74. (In Russian)

For correspondence: *Vladimir I. Sigaev*, MD, Ph.D., senior researcher, head of the Department of aerosol toxicometry National Research Centre «Institute of Immunology» of the Federal Medical-Biological Agency of Russia, Moscow, 115478, Russian Federation. E-mail: vsigaev@list.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Acknowledgments. The study had no sponsorship.
Received July 18, 2019
Accepted February 28, 2020

Введение

Компоненты ракетных топлив (КРТ), такие как гептил (несимметричный 1,1-диметилгидразин, НДМГ) и авиакеросин, широко используются в российских транспортных и пилотируемых космических кораблях. Неизбежным следствием при осуществлении их запусков является загрязнение территорий на месте падения первых ступеней (топливных баков), содержащих значительные количества остаточного топлива. Наиболее высокие концентрации компонентов ракетных топлив наблюдаются в местах разливов при наземной эксплуатации космической техники, а также в местах аварийного падения ракет [1]. Применяемые в настоящее время химические средства очистки мест аварий (перекись водорода, раствор марганцовокислого калия...) дороги, экологически небезопасны и могут приводить к потере плодородия рекультивируемых почв.

В России и за рубежом все шире начинают использовать микроорганизмы для очистки загрязненной почвы и воды. Использование для этих целей специальных микроорганизмов-деструкторов значительно снижает стоимость работ и не наносит вреда окружающей среде [2–5]. Однако в России в настоящее время отсутствуют промышленные штаммы бактерий и готовые микробиологические препараты для биоремедиации, что является веским основанием для проведения исследований в этом направлении.

Медико-санитарное сопровождение и санитарно-эпидемиологический надзор при ликвидации аварий с загрязнением зданий, сооружений и участков почв КРТ являются составными частями деятельности ФМБА России. Эколого-гигиеническая безопасность окружающей среды невозможна без разработки нормативно-правового и методического обеспечения проведения работ по рекультивации загрязненных зданий и участков почвы. Особое внимание необходимо уделять созданию условий работы, обеспечивающих отсутствие негативного влияния биологического фактора на здоровье персонала. Основную опасность при этом могут представлять микроорганизмы-деструкторы, находящиеся в воздухе рабочей зоны (ВРЗ), куда они неизбежно попадают при проведении обработки почвы, а также внутренних и внешних поверхностей зданий и сооружений, загрязненных КРТ.

Цель исследования – определение реальных уровней бактериальной обсемененности воздуха рабочей зоны типичных объектов, загрязненных КРТ, в процессе их ремедиации путем опрыскивания мелкокапельным аэрозолем бактериальных суспензий штаммов-деструкторов для использования полученных данных при разработке методических рекомендаций по применению адекватных средств индивидуальной защиты, обеспечивающих безопасность работающего персонала в различных условиях проведения работ.

Материал и методы

Исследования проводили на базе Научно-исследовательского центра токсикологии и гигиенической регламентации биопрепаратов – филиала ФГБУ «ГНЦ Институт иммунологии»

Рис. 1. Оборудование для аэрозольного распыления микробных суспензий (1 – водяной насос; 2 – манометр; 3, а, б, в – распылители).

ФМБА России (Московская область, Серпуховский городской округ, п. Большевик).

Штаммы-деструкторы. В ходе лабораторных испытаний эффективности перспективных штаммов-деструкторов КРТ с использованием образцов почв, загрязненных авиакеросином (1%) и гептилом, с места аварии на космодроме Байконур (0,4–2,6 мг НДМГ/кг), отобраны наиболее активные штаммы:

- штамм-деструктор гептила *Pseudomonas sp*;
- штамм-деструктор авиакеросина *Rhodococcus sp.*

На предварительном этапе установлено отсутствие патогенных свойств этих штаммов-деструкторов КРТ на беспородных белых мышах и крысах в соответствии с Методическими указаниями Минздрава СССР № 4263–87, № 2620–82 и с учетом рекомендаций ВОЗ и GLP по критериям вирулентности, токсичности, токсигенности и диссеминации бактерий во внутренних органах экспериментальных животных.

В представляемых исследованиях использовали рабочие бактериальные суспензии штаммов-деструкторов с концентрацией 10^7 КОЕ/мл.

Технические средства аэрозолирования бактериальной суспензии. Обработку внутренних и внешних поверхностей здания, а также почвы опытной делянки, мелкокапельным аэрозолем бактериальной суспензии, содержащей штамм-деструктор в заданной концентрации, проводили с использованием бензинового водяного насоса Profer, mod. GP 25, Швеция, и пистолета-распылителя форсуночного типа фирмы PINE CITY ENTERPRISE LTD, mod. 8-427307, Гонконг (рис. 1).

Отбор проб воздуха рабочей зоны. Для оценки содержания бактерий штаммов-деструкторов в воздухе рабочей зоны были использованы выпускаемые отечественной промышленностью (В/О «Изотоп») аналитические аэрозольные фильтры АФА-БА-3 для биологического анализа воздуха (ТУ 95.1892-89). Перед отбором проб воздуха фильтр АФА-БА-3 закрепляли в специальном фильтродержателе типа ИРА-3-2м (фильтродержатель с рабочей поверхностью 3 см^2, закрытый, металлический, ТУ 95 1021-82). Фильтродержатели с фильтрами (далее – пробоотборники) размещали на штангах на высоте 1,5 м, которые расставляли в точках по плану эксперимента (при обработке опытных делянок почвы отдельный пробоотборник размещали также на одежде оператора в зоне дыхания) и подключали к 4-канальному аспиратору ПУ-4Э (ТУ-4215-000-11696625-2003) с помощью шлангов. Объемную скорость отбора проб воздуха и время работы аспиратора устанавливали предварительно, в соответствии с задачами эксперимента.

Внешний вид фильтродержателя ИРА-3-2, фильтра АФА-БА-3 и аспиратора ПУ-4Э представлены на рис. 2.

По окончании отбора проб воздуха фильтры извлекали из фильтродержателей и помещали в конические колбы (100 см^3), содержащие отмеренные количества физиологического раствора (10 см^3). Колбы устанавливали на платформу шуттель-аппарата и осуществляли элюирование бактерий, осевших на фильтрах, в течение 10 мин. Полученные жидкие пробы анализировали на содержание микроорганизмов путем высева на чашки Петри с плотной питательной средой. Используя результаты бактериологического анализа и значения аэродинамических условий отбора проб рассчитывали содержание микробов в воздухе (КОЕ/м^3).

Методология проведения обработки поверхностей здания и почвенной делянки. Исследования проводили на базе модельного помещения (34 м^3), а также на открытой опыт-

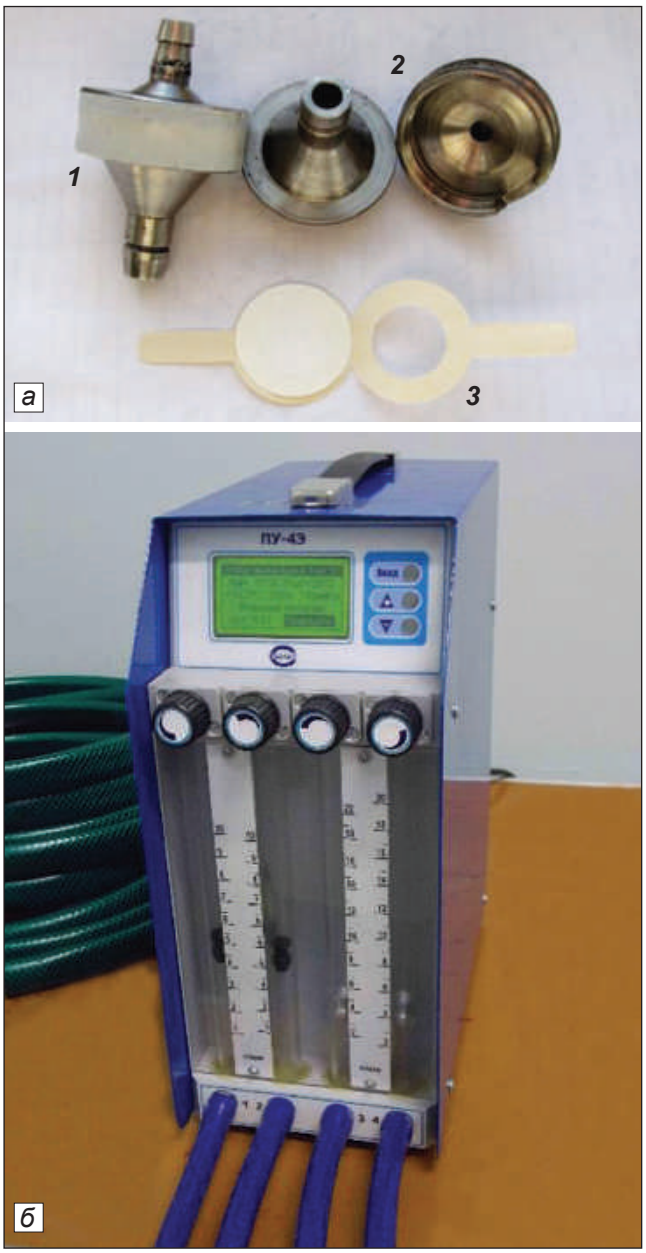


Рис. 2 . Фильтр АФА-БА-3, фильтродержатель ИРА-3-2 (а: 1 – фильтродержатель и фильтр в сборе; 2 – фильтродержатель в разобранном виде; 3 – фильтр с опорным и защитным кольцами) и аспиратор ПУ-4Э (б).

ной делянке почвы (10 м × 2 м), характеристики которых позволяли оператору проводить экспериментальное опрыскивание с использованием реальных технических средств (рис. 3, 4). Оператор – это сотрудник, осуществляющий управление техническими средствами опрыскивания непосредственно в рабочей зоне, загрязненной компонентами КРТ. При обработке поверхностей модельного помещения была принята нор-

Рис. 3. Обработка стен микробной суспензией.

ма расхода 0,5 л/м^2. Нормы расхода бактериальной суспензии при обработке опытной делянки почвы составляла 1 л/м^2.

Результаты исследований обрабатывали статистически с использованием t-критерия Стьюдента для уровня вероятности 0,95. В таблицах приведены среднеарифметические значения величин и их доверительный интервал [6].

Результаты

Выделение из загрязненных почв и селекция наиболее активных штаммов микроорганизмов-деструкторов КРТ. Для выделения микроорганизмов-деструкторов ракетного топлива, использовали образцы почвы, загрязненной гептилом вследствие аварии вблизи железнодорожной станции Волово Тульской области и с места падения в 2013 г. ракеты-носителя «Протон-М» на космодроме Байконур (Казахстан). Микроорганизмы-деструкторы нефтепродуктов выделяли из почвы, отобранной возле автозаправок

Рис. 4. Обработка почвы микробной суспензией.

и нефтеперерабатывающих предприятий. Для исследований использовали минимальную солевую среду, где в качестве единственного источника углерода присутствовали гептил или авиакеросин. Затем были отобраны наиболее активные штаммы-биодеструкторы.

Проведены лабораторные испытания по эффективности микробной деструкции в почве гептила и авиакеросина различными штаммами. По результатам исследований деструктивной активности и оценки параметров роста микроорганизмов на питательной среде отобраны штамм-деструктор гептила рода *Pseudomonas sp.* и штамм-деструктор авиакеросина рода *Rhodococcus sp.,* которые показали наилучшие ростовые свойства и максимальный уровень деструкции концентрации загрязнителей.

Оценка уровня бактериального загрязнения воздуха рабочей зоны при обработке внутренних помещений здания. Проведена оценка уровня бактериального загрязнения воздуха рабочей зоны при опрыскивании вертикальных и горизонтальных поверхностей помещений мелкокапельным аэрозолем бактериальной суспензии, содержащей перспективные штаммы-деструкторы гептила *Pseudomonas sp.* и авиакеросина *Rhodococcus sp*. Результаты исследований представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Концентрация бактерий штамма-деструктора гептила в воздухе рабочей зоны при обработке поверхностей модельного помещения

Вид поверхности	Концентрация бактерий штамма-деструктора гептила в воздухе, $\times 10^4$ КОЕ/м^3		Кратность снижения начальной концентрации
	сразу после обработки	через 30 мин	
Вертикальная	32 ± 1	11 ± 3	2,9
Горизонтальная	6 ± 1	1 ± 0,2	6,0
Все поверхности (стены, пол, потолок)	60 ± 5	12 ± 2	5,0

Примечание. Здесь и в табл. 2: различия статистически достоверны по *t*-критерию Стьюдента при $p \leq 0{,}05$.

Таблица 2

Концентрация бактерий штамма-деструктора авиакеросина в воздухе рабочей зоны при обработке поверхностей модельного помещения

Вид поверхности	Концентрация бактерий штамма-деструктора авиакеросина в воздухе, $\times 10^4$ КОЕ/м^3		Кратность снижения начальной концентрации
	сразу после обработки	через 30 мин	
Вертикальная	150 ± 28	59 ± 10	2,5
Горизонтальная	71 ± 12	38 ± 4	1,9
Все поверхности (стены, пол, потолок)	180 ± 52	68 ± 19	2,6

Примечание. Различия статистически достоверны по *t*-критерию Стьюдента при $p \leq 0{,}05$.

По данным табл. 1, наибольшую концентрацию бактерий штамма-деструктора гептила в воздухе наблюдали при обработке всех поверхностей помещения, которая была существенно выше (в 12 раз) значений ПДК для рода *Pseudomonas* (5×10^4 КОЕ/м^3) [7]. Через 30 ми-

Таблица 3

Концентрация бактерий штамма-деструктора гептила в воздухе рабочей зоны при обработке внешних вертикальных стен здания (участок стены: длина 6,7 м, высота 3м)

Время после обработки, мин	Концентрация бактерий штамма-деструктора гептила в воздухе, $\times 10^3$ КОЕ/м^3			
	2 м слева	центр	2 м справа	оператор
5	4,1 ± 0,6	3,9 ± 0,8	5,2 ± 0,7	2,9 ± 0,4
Среднее	4,4 ± 0,6			

Таблица 4

Концентрация бактерий штамма-деструктора авиакеросина в воздухе рабочей зоны при обработке внешних вертикальных стен здания (участок стены: длина 6,7 м, высота 3м)

Время после обработки, мин	Концентрация бактерий штамма-деструктора авиакеросина в воздухе, $\times 10^3$ КОЕ/м^3			
	2 м слева	центр	2 м справа	оператор
5	8,5 ± 5,0	7,6 ± 2,7	12,0 ± 4,8	5,5 ± 1,5
Среднее	9,4 ± 2,8			

нут концентрация бактерий штамма-деструктора гептила в помещении снижалась в 5 раз. Наименьшая концентрация бактерий штамма-деструктора гептила отмечена при обработке только горизонтальных поверхностей помещения, значения которой были сопоставимы со значениями ПДК.

Концентрация бактерий штамма-деструктора авиакеросина при проведении обработки как горизонтальных, так и вертикальных поверхностей помещения, существенно превышала ПДК для рода *Rhodococcus* (5x10^4 КОЕ/м^3) [7]. Максимальное превышение (более чем в 30 раз) наблюдали при одновременной обработке всех поверхностей (табл. 2). Через 30 минут после окончания обработки концентрация бактерий штамма-деструктора авиакеросина в воздухе помещения хотя и снижалась в 1,9–2,6 раза от начальной, но оставалась значительно превышающей ПДК, независимо от характера обработки.

Оценка уровня бактериального загрязнения воздуха рабочей зоны при обработке внешних стен здания. Результаты исследований представлены в табл. 3 и 4.

Данные, приведенные в табл. 3 и 4, показывают, что концентрации бактерий как штамма-деструктора гептила, так и штамма-деструктора авиакеросина, в воздухе рабочей зоны при обработке внешних вертикальных поверхностей здания были существенно меньше значений ПДК. При этом минимальные концентрации наблюдали в центре зоны действия оператора, что можно объяснить направленностью факела аэрозоля от оператора к обрабатываемым поверхностям.

Бактериальная обсемененность воздуха рабочей зоны при обработке почвы на опытных делянках. Результаты исследований представлены в табл. 5 и 6.

При обработке почвы на опытной делянке (см. табл. 5 и 6) концентрации бактерий как штамма-деструктора гептила, так и штамма-деструктора авиакеросина в воздухе рабочей зоны имели значения, не превышающие ПДК.

Таблица 5

Концентрация бактерий штамма-деструктора гептила в воздухе рабочей зоны опытной делянки при обработке почвы (участок почвы: длина 10 м, ширина 2 м)

Время после обработки, мин	Концентрация бактерий штамма-деструктора гептила в воздухе, $\times 10^3$ КОЕ/м^3			
	3 м слева	центр	3 м справа	оператор
5	12,3 ± 1,7	9,6 ± 1,1	12,5 ± 1,1	7,7 ± 0,4
Среднее	11,5 ± 1,2			

Таблица 6

Концентрация бактерий штамма-деструктора авиакеросина в воздухе рабочей зоны опытной делянки при обработке почвы (участок почвы: длина 10 м, ширина 2 м)

Время после обработки, мин	Концентрация бактерий штамма-деструктора авиакеросина в воздухе, $\times 10^3$ КОЕ/м^3			
	3 м слева	центр	3 м справа	оператор
5	17,7 ± 4,5	15,9 ± 3,3	13,3 ± 4,3	9,7 ± 1,9
Среднее	15,6 ± 2,6			

Заключение

Совокупность полученных данных показывает, что штамм-деструктор авиакеросина *Rhodococcus sp.*, (при прочих равных условиях: концентрация бактериальной суспензии, режимы обработки и др.) более устойчив к воздействию факторов, сопровождающих процесс проведения обработки, чем штамм-деструктор гептила *Pseudomonas sp.*

Показано, что при обработке помещений, концентрация бактерий штаммов-деструкторов в воздухе рабочей зоны может превышать ПДК в 12–30 раз.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при разработке нормативно-правового и методического обеспечения работ по рекультивации загрязненных зданий и участков почвы земель от КРТ и для обоснования применения тех или иных технических средств защиты персонала от вероятного неблагоприятного влияния биологического фактора.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания ФГБУ «ГНЦ Институт иммунологии» ФМБА России №22.002.17.800.

Выводы

1. Изучены концентрации бактерий штаммов-деструкторов КРТ гептила и авиакеросина в воздухе рабочей зоны при обработке вертикальных и горизонтальных поверхностей помещения, а также внешних вертикальных поверхностей здания и почвы опытной делянки.
2. Установлено, что при обработке поверхностей помещения, концентрация бактерий штаммов-деструкторов в воздухе рабочей зоны может превышать ПДК в 10–30 раз.
3. Показано, что при обработке внешних вертикальных стен здания и при обработке почвы на опытной делянке концентрации бактерий как штамма-деструктора гептила, так и штамма-деструктора авиакеросина в воздухе рабочей зоны имели значения, не превышающие ПДК.
4. Штамм-деструктор авиакеросина *Rhodococcus sp.*, при прочих равных условиях (концентрация бактериальной суспензии, режимы обработки и др.) более устойчив к воздействию внешних факторов, сопровождающих процесс проведения обработки, чем штамм-деструктор гептила *Pseudomonas sp.*

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рогожников В.А., Попов А.П. *Медико-санитарные последствия аварийных запусков ракет космического назначения*. М.: Литтерра, 2016.
2. Кузнецов А.У, Градова Н.Б. *Научные основы экобиотехнологии. Учебное пособие для студентов*. М.: Мир, 2006.
3. Жариков Г.А. Разработка и полевые испытания технологий биоремедиации почв, загрязненных токсичными химическими веществами. *Вестник МАНЭБ*. 2010; 15(3): 33–37.
4. Жариков Г.А. Опыт использования биотехнологий для защиты окружающей среды. *Жизнь без опасностей*. 2010; 2: 104–111.
5. Жариков Г.А. и др. Технология биоремедиации «*in situ*» почв, загрязненных несимметричным диметилгидразином (НДМГ). *Медицина экстремальных ситуаций*. 2008; 1(23): 76-80.
6. Лакин Г.Ф. *Биометрия*. М.: Высшая школа, 1990.
7. Гигиенические нормативы ГН 2.2.6.2178-07 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) микроорганизмов-продуцентов, бактериальных препаратов и их компонентов в воздухе рабочей зоны», 2007.

REFERENCES

1. Rogozhnikov V.A., Popov A.P. *Health consequences of accidental missile launches space destination*. M.: Litterra, 2016. (in Russian).
2. Kuznetsov A.U., Gradova N.B. *Scientific basis of Ecobiotechnology. Handbook for students*. Moscow: Mir, 2006. (in Russian).
3. Zharikov G.A. Development and field-testing technologies bioremediation of soils contaminated by toxic chemicals. *Vestnik MANEB*. 2010; 15(3): 33-7.
4. Zharikov G.A. Experience use of biotechnologies for environmental protection. *Zhizn' bez opasnostey*. 2010; 2: 104-111.
5. Zharikov G.A. et al. Technology «in situ» bioremediation of soils contaminated by asymmetrical dimetilgidrazin (ADMH). *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy*. 2008; 1(23): 76-80.
6. Lakin G.F. *Biometrics*. Moscow: Vysshaya shkola, 1990. (in Russian).
7. 2.2.6.2178 Hygiene standards «Maximum allowable concentrations (MACs) of microorganisms-producers, bacterial preparations and their components in the air of the working area», 2007 (in Russian).

Поступила 18 июля 2019

Принята в печать 28 февраля 2020

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Семёнова О.Н., Иванов С.Е., Шашкова О.Б., Худякова О.М., Смирнова С.В.

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА В ПОЧВЕ СЕЛИТЕБНОЙ ЗОНЫ ЗАТО ЦИОЛКОВСКИЙ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОСМОДРОМА ВОСТОЧНЫЙ

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства», 123182, г. Москва

Цель *– оценить техногенное загрязнение тяжёлыми металлами и мышьяком почвы на территории жилой застройки ЗАТО «Циолковский» на начальном этапе эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры космодрома «Восточный».*
Материал и методы. *В рамках мониторинга вредных химических факторов исследовано валовое содержание и содержание подвижных форм тяжелых металлов (Pb, Cd, Hg, Ni, Cu, Zn, Mn) и мышьяка (As) в почве на территории социально значимых объектов селитебной зоны ЗАТО «Циолковский». Количественное определение металлов в пробах почвы проводилось методами атомно-абсорбционной спектрометрии на приборах «Квант-2АТ» и «Квант-Z.ЭТА-Т» (Россия) и атомно-эмиссионной спектрометрии на приборе MP AES «Adgilent 4200» (США). Разложение проб при определении валового содержания элементов в почве проводилось методом микроволнового разложения, при определении подвижных форм элементов – с экстракцией почвы ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8.*
Результаты. *Установлено отсутствие превышений действующих гигиенических нормативов (ПДК и ОДК для различных типов почв) валового содержания тяжелых металлов и мышьяка во всех анализируемых пробах почвы. Выявлено превышение ПДК содержания подвижных форм свинца в 1,1–2 , цинка в 1,1–1,7 , меди в 1,1 , марганца в 1,2–3,8 раза, что указывает на техногенное загрязнение почвы, источниками которого являются выбросы автомобильного транспорта и объекты жилищно-коммунального хозяйства.*
Заключение. *Результаты, проведенных в 2018–2019 гг. санитарно-гигиенических исследований, свидетельствуют о том, что деятельность объектов космодрома «Восточный» на начальном этапе его эксплуатации не оказывает неблагоприятного влияния на элементный состав почвы селитебной территории ЗАТО Циолковский.*

Ключевые слова: *тяжёлые металлы; мышьяк; валовое содержание; подвижные формы; почва; техногенное загрязнение; ЗАТО «Циолковский»; космодром «Восточный».*

Для цитирования: Семёнова О.Н., Иванов С.Е., Шашкова О.Б., Худякова О.М., Смирнова С.В. Содержание тяжёлых металлов и мышьяка в почве селитебной зоны ЗАТО Циолковский на начальном этапе эксплуатации космодрома «Восточный». *Медицина экстремальных ситуаций.* 2020; 22(1): 75-83.

Для корреспонденции: *Иванов Сергей Евгеньевич*, кандидат мед. наук, старший научный сотрудник ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, 123182, г. Москва. E-mail:sivanov@fmbcfmba.ru

Semenova O.N., Ivanov S.E., Shashkova O.B., Hudyakova O.M., Smirnova S.V.

THE CONTENTS OF HEAVY METALS AND ARSENIC IN THE SOIL OF THE RESIDENTIAL AREA OF THE CTF TSIOLKOVSKY AT THE INITIAL STAGE OF OPERATION OF THE VOSTOCHNY COSMODROME

State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, 123182, Russian Federation

Objective. *An objective of the article is to assess manmade soil pollution with heavy metals in the area of residential development in CTF Tsiolkovsky at the initial stage of operation of the ground space infrastructure of the Vostochny cosmodrome.*
Material and methods. *Within monitoring of hazardous chemical factors, gross content and concentrations of movable forms of heavy metals (Pb, Cd, Hg, Ni, Cu, Zn, and Mn) and arsenic (As)*

in soils of socially important objects in the residential area of the CTF Tsiolkovsky were studied. The quantitative determination of metals in soil samples was carried out by methods of atomic absorption spectrometry using «Quant-2AT» and «Quant-Z.ETA-T» (Russia) installations and by atomic emission spectrometry using MP AES «Agilent 4200» (USA) installation. The decomposition of the samples in determining the gross content of elements in the soil was carried out by microwave decomposition; while in the determination of the mobile forms of the elements, the soil was extracted with an acetate-ammonium buffer solution with a pH of 4.8.

Results. *Current health physics regulations (MPC and APC for various types of soil) of the gross content of heavy metals in all analyzed soil samples were not exceeded. The contents of mobile forms exceed the MPC for lead by 1.1-2 times; for zinc - 1.1-1.7 times; for copper - 1.1 times and for manganese - 1.2-3.8 times. This indicates manmade pollution of the soil resulted from automobile transport releases and housing and communal services.*

Conclusion. *The results of medical and health physics studies of 2018-2019 confirm that the activities of the Vostochny cosmodrome facilities at the initial stage of the cosmodrome operation do not affect the soil element composition in the residential area of the CTF Tsiolkovsky.*

Keywords: *heavy metals; arsenic; gross content; movable forms; soil; manmade pollution; CTF Tsiolkovsky; Vostochny cosmodrome.*

For citation: Semenova O.N., Ivanov S.E., Shashkova O.B., Hudyakova O.M., Smirnova S.V. The contents of heavy metals and arsenic in the soil of the residential area of the ctf tsiolkovsky at the initial stage of operation of the vostochny cosmodrome. *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy (Medicine of Extreme Situations, Russian journal)* 2020; 22(1): 75-83. (In Russian)

For correspondence: *Sergey E. Ivanov*, MD, Ph.D., senior researcher of the State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, 123182, Russian Federation. E-mail:sivanov@fmbcfmba.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received November 14, 2019
Accepted February 28, 2020

Введение

Создание нового отечественного космодрома «Восточный» является проектом федерального масштаба и имеет громадное значение для социально-экономического развития Амурской области и всего Дальневосточного региона. Предполагается вовлечение в оборот значительного количества природных, материальных и людских ресурсов, создание новых производственных мощностей, современного аэродромного комплекса, комплексное обустройство автомагистрали федерального значения «Амур», участка Транссибирской магистрали и т.д.

Административная и социальная инфраструктура, необходимая для обеспечения коммунально-бытовых и социально-культурных условий проживания обслуживающего персонала космодрома «Восточный», членов их семей и других жителей, располагается в ЗАТО Циолковский, которое до декабря 2015 г. носило название ЗАТО Углегорск. Градообразующим объектом ЗАТО Углегорск до 2007 г. являлся космодром «Свободный», а ранее, до расформирования – 27-я Краснознамённая дальневосточная дивизия РВСН. Численность населения ЗАТО «Циолковский» на конец 2018 г. составляла 6535 человек. К основным источникам выбросов загрязняющих веществ в пределах городской застройки ЗАТО Циолковский относятся объекты жилищно-коммунального хозяйства (котельные и бойлерные установки) и автомобильный транспорт.

Объекты наземной космической инфраструктуры космодрома являются потенциальными источниками выбросов в атмосферу высокотоксичных и аварийно опасных химических веществ, что создает угрозу вредного воздействия на человека и его среду обитания.

Для административно-территориальных образований, таких как ЗАТО Циолковский, связанных с наличием и функционированием в непосредственной близости потенциально химически и взрывопожароопасных объектов и производств, входящих в инфраструктуру космодрома, необходим объективный анализ и оценка возможных медико-санитарных последствий их техногенного влияния на здоровье населения [1].

Одним из значимых химических факторов воздействия на экосистемы и здоровье человека является изменение микроэлементного состава почвы, в частности загрязнение её тяжёлыми металлами (ТМ). Источники поступления ТМ в почву делятся на природные (выветривание горных пород и минералов, эрозионные процессы, вулканическая деятельность) и техногенные (добыча и переработка полезных ископаемых, сжигание топлива, химическая и металлургическая промышленность, автотранспорт и т. д.). Как правило, локальное загрязнение почв ТМ связано, прежде всего, с крупными городами и промышленными центрами [2, 3]. Повышенное содержание ТМ в городских почвах – результат комплексного воздействия разнообразных техногенных факторов. В отдельных регионах техногенная нагрузка настолько велика, что почвы не успевают «самоочищаться».

Одним из ведущих и крупнейших источников ТМ в почвах является автомобильный транспорт с выхлопами газов автомобильных двигателей, работающих на этилированном бензине. ТМ поступают в окружающую среду, как в ходе работы самого автотранспорта, так и при истирании дорожного покрытия. В результате от автотрасс в почву поступают свинец, кадмий, никель, цинк, медь, марганец и другие элементы. Как правило, верхний слой почв, прилегающих к автомагистрали, загрязнен ТМ в количествах близких и превышающих предельно допустимые концентрации. Уровень загрязнения почв придорожной полосы выбросами автотранспорта зависит от интенсивности движения машин и продолжительности эксплуатации автодороги.

К тяжёлым металлам, обладающим высокой биологической активностью, относят более 40 химических элементов с атомной массой свыше 50. Это Pb, Zn, Cd, Hg, Cu, Mo, Mn, Ni, Co и др. Среди ТМ много микроэлементов, являющихся необходимыми и незаменимыми компонентами биокатализаторов и биорегуляторов важнейших физиологических процессов [4]. Однако избыточное содержание ТМ в объектах биосферы оказывает токсическое воздействие на живые организмы [5, 6]. Помимо прямого токсического действия, для широкого спектра ТМ установлены отдалённые последствия в виде канцерогенного, мутагенного, тератогенного и других эффектов. Прежде всего, это касается ТМ, накопление которых в естественной среде связано с антропогенной деятельностью. Среди них наиболее опасными экотоксикантами являются свинец (Pb), ртуть (Hg), кадмий (Cd), цинк (Zn) и металлоид – мышьяк (As).

Опасность поступления в окружающую среду ТМ определяется тем, что в отличие от органических загрязнителей, они не разрушаются, а переходят из одной формы в другую, в частности включаются в состав солей, оксидов, металлоорганических соединений [7, 8]. Взаимосвязь между ТМ довольно сложна, им присуще антагонистическое и синергетическое поведение. Иными словами, наличие одного ТМ в почве может повлиять на наличие другого. Различные соединения одного и того же металла могут также взаимодействовать друг с другом. Поступающие в почву ТМ оказывают негативное воздействие на многие внутрипочвенные биохимические процессы, способны передаваться по геохимическим и пищевым цепям в сопредельные среды (воздух, поверхностные и подземные воды, растения) и в силу этого представлять опасность для здоровья человека [6].

В литературных источниках имеются данные предварительного изучения территории размещения объектов космодрома в 2012–2013 гг., включавшего исследования фонового, доэксплуатационного уровня валового содержания ТМ в почвах и грунтах позиционного района космодрома «Восточный», в том числе в огородных почвах близлежащих к космодрому населенных пунктов [9, 10], а также результаты исследований 2015 г. – уровней валового содержания ТМ в почвах и грунтах позиционного района космодрома на этапе завершения строительства первой очереди объектов космодрома – космического ракетного комплекса «Союз-2» [11].

В данной статье представлены результаты санитарно-гигиенических исследований уровней валового содержания ТМ и их подвижных форм в городских почвах ЗАТО Циолковский, проведенных в 2018-2019 гг. на начальном этапе эксплуатации космодрома «Восточный».

Цель исследования – оценить техногенное загрязнение ТМ и мышьяком почвы на территории жилой застройки ЗАТО Циолковский на начальном этапе эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры космодрома.

Материал и методы

Объект исследования – почва селитебной зоны ЗАТО Циолковский. Пробы отбирались на реперных участках территорий социально значимых объектов в соответствии с требованиями действующих нормативно-методических документов [12–16].

Количественное определение металлов (Pb, Cd, Hg, Ni, Cu, Zn, Мп) и мышьяка (As) в пробах почвы проводилось методами атомно-абсорбционной спектрометрии на приборах «Квант-2АТ» и «Квант-Z.ЭТА-Т» (Россия) и атомно-эмиссионной спектрометрии на приборе MP AES «Adgilent 4200» (США) с использованием следующих методик:

- РД 52.18.289-90 «Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом»;
- М-МВИ-80-2008 «Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектрометрии»;
- ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-02 «Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений валового содержания меди, кадмия, цинка, свинца, никеля, марганца, кобальта и хрома в почвах, донных отложениях, осадках сточных вод и отходах методом пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии»;
- ПНД Ф 16.1:2.3:3.10-98 «Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания ртути в твердых объектах методом атомно-абсорбционной спектрометрии (метод «холодного пара»)».

Разложение проб при определении валового содержания элементов в почве проводилось методом микроволнового разложения. При определении подвижных форм элементов – по РД 52.18.289-90 с экстракцией почвы ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8.

Результаты и обсуждение

Валовое содержание тяжелых металлов в почве характеризует общую её загрязненность, но не отражает степени доступности элементов для растений. Валовые формы ТМ представляют собой потенциальный резерв подвижных форм элементов, которые активно участвуют в биогеохимической миграции. Загрязнение почвы подвижными формами ТМ является наиболее опасным, т.к. именно в такой форме они ассимилируются растениями и поступают в пищевые цепи [17]. Поэтому содержание в почве подвижных форм тяжелых металлов – важнейший показатель санитарно-гигиенической обстановки.

Санитарно-гигиеническая оценка загрязнения ТМ почвы ЗАТО Циолковский проводилась путем сравнения с гигиеническими нормативами: предельно допустимыми концентрациями (ПДК) валового содержания и содержания подвижных форм ТМ в почве [18] и ориентировочно допустимыми концентрациями (ОДК) валового содержания [19]. Показатель ПДК – гигиенический критерий, возведенный в ранг государственного стандарта, – разработан на основе комплексных экспериментальных исследований опасности опосредованного воздействия химических загрязнителей почвы на здоровье человека с учетом его токсичности, эпидемиологических исследований, международного опыта нормирования и используется для предупредительного и текущего санитарного надзора за состоянием почвы. Уровни ПДК химических веществ, загрязняющих почву, определяются с помощью тестов с учетом 6 показателей вредного воздействия: органолептического, общесанитарного, фитоаккумуляционного, миграционно-водного, миграционно-воздушного, токсикологического. В эксперименте используется эталонная дерново-подзолистая почва. Минимальная из допустимых концентраций принимается в качестве ПДК. Таким образом, при установлении ПДК загрязняющих веществ в почве реализованы как гигиенические (через токсикологический показатель), так и некоторые экологические (через другие показатели)

Таблица 1

Валовое содержание металлов в почве ЗАТО Циолковский

№ точки отбора	Место отбора проб почвы	Определяемый элемент и его валовое содержание, мг/кг							
		Pb	Cd	As	Hg	Ni	Cu	Zn	Mп
1	Микрорайон «Звёздный», администрация ЗАТО Циолковский	17,0	0,057	3,3	0	11,0	5,9	26,0	350,0
2	Микрорайон «Звёздный», детская игровая площадка	11,0	0	3,0	0	12,0	5,3	26,0	520,0
3	Микрорайон «Звёздный», детский сад	12,0	0,099	2,3	0,22	12,0	8,4	36,0	380,0
4	ФГБУЗ «Дальневосточный окружной медицинский центр» ФМБА России	9,5	0,052	3,4	0	9,1	6,3	29,0	180,0
5	Стационар МСЧ ФМБА России	14,0	0,130	3,3	0	12,0	15,0	77,0	190,0
6	80 м на северо-запад от здания ОВД	16,0	0,110	4,1	0	13,0	12,0	99,0	610,0
7	МБОУ «Средняя школа № 7»	4,4	0	2,0	0	4,3	1,9	12,0	57,0
8	Детский сад, корпус № 1	23,0	0,120	2,7	0	11,0	9,8	110,0	370,0
9	Детский сад, корпус № 2	19,0	0,170	3,0	0	10,0	5,8	85,0	240,0
10	МУДОД «Детско-юношеская спортивная школа»	9,2	0	2,3	0	8,6	4,5	29,0	290,0
11	МАУ «Культурно-досуговый центр «Восток»	23,0	0,120	2,9	0	9,7	14,0	70,0	230,0
12	МАОУДОД «Детская школа искусств»	22,0	0,120	2,6	0	8,7	6,9	75,0	190,0
13	Гостиница «Амур»	21,0	0,073	2,9	0	9,8	16,0	44,0	200,0
14	Гостиница «Космос»	16,0	0,130	2,0	0	7,6	7,7	42,0	150,0
ПДК (мг/кг) с учетом фона (кларка) [18]		32,0	–	2,0	2,1	–	–	–	1500,0
ОДК (мг/кг) для нейтральных суглинистых почв [19]		130,0	2,0	10,0	–	80,0	132,0	220,0	–

Примечание. Здесь и в табл. 2: 0 – ниже чувствительности методики измерения.

подходы к нормированию почвенного содержания этих веществ. ОДК разработаны расчетным методом для химических веществ природного происхождения, повсеместно присутствующих в почвах, продуктах питания, воде, и обоснованы для трех литогеохимических групп почв. В основу группировки положены основные свойства почв, определяющие их буферность, в т.ч. устойчивость к химическому загрязнению. Принятые ОДК позволяют дифференцированно подходить к оценке эколого-гигиенического состояния почв, расположенных в различных регионах России.

Результаты исследования валового содержания и содержания подвижных форм металлов в почве на селитебной территории ЗАТО Циолковский представлены в табл. 1 и 2.

Проведенные исследования валового содержания определяемых элементов в почве на территории социально значимых объектов ЗАТО Циолковский (см. табл.1) свидетельствуют об отсутствии превышений их гигиенических нормативов – ПДК и ОДК.

Валовое содержание мышьяка в почве на различных участках отбора проб определялось в диапазоне от 2,0 до 4,1 мг/кг при ПДК равном 2,0 мг/кг [18]. По данным литературы, содержание мышьяка в верхнем слое незагрязненной почвы обычно колеблется в интервале 0,2–16 мг/кг [20] и накопление мышьяка в почвах в интервале 2–20 мг/кг считается наименее опасным. Средняя концентрация этого элемента в почве может находиться в широком диапазоне концентраций: от 0,1–0,2 до 30–40 мг/кг [20,21]. Для незагрязненных почв разных типов отечественные гигиенические нормативы валового содержания мышьяка и свинца различны и представлены как ориентировочно допустимые [19].

ОДК валового содержания мышьяка составляют: 2 мг/кг – для песчаных и супесчаных почв, 5 мг/кг – для кислых суглинистых и глинистых

Таблица 2

Содержание подвижных форм металлов в почве ЗАТО Циолковский

№ точки отбора	Место отбора почвы	Определяемый элемент и содержание его подвижных форм, мг/кг							
		Pb	Cd	As	Hg	Ni	Cu	Zn	Mп
1	Микрорайон «Звёздный», администрация ЗАТО Циолковский	6,8	0	0	0	1,8	0,69	2,9	200
2	Микрорайон «Звёздный», детская игровая площадка	2,1	0	0	0	1,7	0,37	1,9	220
3	Микрорайон «Звёздный», детский сад	4,2	0,037	0	0	2,6	0,72	6,2	240
4	ФГБУЗ «Дальневосточный окружной медицинский центр» ФМБА России	2,3	0	0	0	1,6	0,52	4,6	74
5	Стационар МСЧ ФМБА России	4,4	0,077	0	0	2,7	2,90	18,0	62
6	80 м на северо-запад от здания ОВД	3,3	0,081	0,055	0	2,8	1,00	23,0	380
7	МБОУ «Средняя школа № 7»	2,1	0	0,071	0	0,4	0,33	2,6	30
8	Детский сад корп. № 1	5,2	0,074	0,070	0	2,2	0,81	26,0	190
9	Детский сад корп. № 2	7,3	0,180	0	0	2,1	0,71	19,0	170
10	МУДОД «Детско-юношеская спортивная школа»	2,7	0	0	0	1,3	0,50	3,0	150
11	МАУ «Культурно-досуговый центр «Восток»	8,6	0,096	0	0	3,1	3,20	17,0	170
12	МАОУДОД «Детская школа искусств»	12,0	0,092	0,072	0	2,3	1,10	40,0	140
13	Гостиница «Амур»	7,7	0,051	0	0	2,0	0,68	6,4	120
14	Гостиница «Космос»	4,3	0,170	0,074	0	2,3	1,20	21,0	100
ПДК (мг/кг) с учётом фона (кларка) [18]		6,0	–	–	–	4,0	3,0	23,0	100

и 10 мг/кг – для близких к нейтральным и нейтральных суглинистых и глинистых почв. Почва селитебной территории ЗАТО Циолковский по реакции почвенной среды близка к нейтральной (обменная кислотность pH KCl > 5,5). ОДК мышьяка для данного типа почв составляет 10 мг/кг [18]. Таким образом, даже максимальное валовое содержание мышьяка в почве (80 м на северо-запад от здания ОВД ЗАТО Циолковский) более чем в 2 раза ниже ОДК для данной группы почв.

Загрязняющие вещества, поступающие в почву с техногенными потоками, аккумулируются в основном в верхнем слое в результате сорбции и комплексообразования с органическими веществами, чему способствует нейтральная и слабощелочная среда, а также повышенное содержание гумуса в верхних горизонтах почвы [22]. В кислой среде металлы более подвижны и миграционноспособны.

ТМ, поступающие в почву при техногенном загрязнении, характеризуются более высокой растворимостью, а, следовательно, и подвижностью, чем природные, находящиеся в составе почвенных растворов [7]. Для ориентировочной оценки степени техногенного загрязнения почв ТМ подвижные формы элементов извлекались из почвы ацетатно-аммонийным буферным раствором, который обладает избирательной экстрагирующей способностью по отношению к наиболее мобильным формам ТМ, поступающим в почву при техногенном загрязнении.

Исследование уровней содержания растворимых форм ТМ (см. табл. 2) показало, что содержание подвижных форм свинца превышает ПДК в 1,1–2 раза в 5 точках, цинка в 1,1–1,7 раза в 2 точках, меди в 1,1 раза в одной точке, а марганца в 1,2–3,8 раза в 10 точках из 14 точек отбора и в одной точке отбора (на территории гостиницы «Космос») концентрация подвижных форм марганца регистрировалась на уровне ПДК (100 мг/кг). Содержание подвижных форм мышьяка во всех изученных образцах почвы ниже или находится практически на уровне чувствительности метода определения (0,05 мг/кг).

Культурно-досуговый центр «Восток», «Детская школа искусств», гостиница «Амур», администрация ЗАТО Циолковский, на территории которых установлено максимальное превышение ПДК подвижных форм свинца (вещество 1-го класса опасности) расположены в непосредственной близости от центральных городских автодорог. На территории «Детской школы искусств» отмечалось максимальное превышение в 1,7 раза ПДК подвижной формы цинка (вещество 1-го класса опасности), а у культурно-досугового центра «Восток» превышение в 1,1 раза ПДК подвижной формы меди (вещество 2-го класса опасности).

На территории ЗАТО Циолковский наибольшее число проб почвы с несоответствующими гигиеническим нормативам показателями установлено в отношении содержания подвижных форм марганца. Среди ТМ марганец по токсичности относится к 3-му классу опасности. Он является одним из наиболее распространенных химических элементов в природной среде и относится к числу ТМ, имеющих слабую степень поглощения растениями [23].

По данным оценки загрязнения, ТМ городских почв г. Свободного [22], который также расположен на территории, прилегающей к космодрому «Восточный», в 2009–2010 гг. содержание подвижных форм марганца в верхнем горизонте почв в различных точках отбора определялось в диапазоне от 135 мг/ кг до 256 мг/кг, что превышает ПДК в 1,4–2,6 раза. Было установлено, что к основным техногенным загрязнителям почв г. Свободного относятся свинец, марганец, медь и цинк, а основными источниками загрязнения являются выбросы котельных и автотранспорт с широким ареалом рассеяния в пределах городских территорий [22]. В целом, данные оценки техногенного загрязнения ТМ почв г. Свободного по валовому содержанию ТМ и содержанию их подвижных форм до начала строительства космодрома «Восточный» согласуются с результатами настоящих исследований, что в свою очередь указывает на то, что объекты космодрома на данном этапе их функционирования не являются источниками негативного воздействия на элементный состав почвы селитебной территории ЗАТО Циолковский.

Заключение

Исследование уровней загрязнения ТМ почвы селитебной зоны ЗАТО Циолковский на начальном этапе эксплуатации космодрома «Восточный» свидетельствует о том, что валовое содержание ТМ и мышьяка на всех реперных участках не превышает действующие гигиенические нормативы (ПДК и ОДК для различных типов почв). Ведущими загрязнителями почвы в концентрациях, превышающих предельно допустимые, являются подвижные формы свинца, цинка, меди и марганца, что указывает на их техногенное происхождение. К основным источникам техногенного загрязнения ТМ почв территорий социально значимых городских объектов можно отнести выбросы автомобильного транспорта и объекты жилищно-коммунального хозяйства.

Количество подвижных форм ТМ в почве зависит от многих факторов (кислотно-основных свойств почвенных растворов, гранулометрического состава почв, природного элементного состава, смены времен года, влажности, степени освещенности, характера атмосферных осадков, паводков, биологических особенностей растительности и т.д.), но в значительной степени – от уровня и характера техногенного воздействия. В ближайшие годы на космодроме «Восточный» значительно повысится интенсивность производственной деятельности в связи со строительством и введением в эксплуатацию стартового комплекса ракеты-носителя «Ангара». Внедрение новых технологий и образцов ракетно-космической техники обусловливает необходимость мониторинга уровней воздействия вредных химических факторов, в том числе контроля содержания ТМ, динамики и характера их накопления в объектах окружающей среды в процессе эксплуатации объектов космодрома для оценки медико-санитарных последствий ракетно-космической деятельности для здоровья населения и среды его обитания.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенова О.Н., Алехнович А.В., Круглов А.А., Чушняков С.П., Ливанов А.С. Организационные, токсикологические и санитарно-гигиенические аспекты химической безопасности территорий в зоне возможного влияния промышленных предприятий. *Здоровье населения и среда обитания.* 2015; 11 (272): 27–30.
2. Водяницкий Ю.Н. Современные тенденции загрязнения почв тяжелыми металлами. *Агрохимия*. 2013; 9: 88– 96.
3. Давыдова С. Л., Тагасов В. И. *Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века.* М.: Изд-во РУДН; 2002.
4. Авцын П.А., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. *Микроэлементозы человека*. М.: Медицина; 1991.
5. Рустембекова С. А., Барабошкина Т. А.. *Микроэлементозы и факторы экологического риска*. М.: Логос; 2006.
6. Ильин В.Б. *Тяжелые металлы в системе почва-растение*. Новосибирск: Изд-во Наука; 1991.
7. Водяницкий Ю.Н. *Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах*. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева; 2009.
8. Маликова И.Н., Аношин Г.Н., Бадмаева Ж.О. Подвижные формы ртути в почвах природных и природно-техногенных ландшафтов. *Геология и геофизика*. 2011; 3: 409–25.
9. Пузанов А.В, Балыкин С.Н., Алексеев И.А, Салтыков А.В. Микроэлементы в почвах территории строительства космодрома «Восточный». *География и природные ресурсы*. 2015; 2: 53–9.
10. Пузанов А.В., Бабошкина С.В., Алексеев И.А., Салтыков А.В. Особенности накопления и распределения тяжелых металлов и мышьяка в системе огородные почвы-овощные культуры в районе строительства космодрома «Восточный (бассейн р. Зея, Амурская область*). Агрохимия*. 2015; 2: 86–96.
11. Алексеев И.А., Алехнович А.В., Меределина Т.А., Карацуба Л.П., Щипцова Е.А., Круглов А.А. Содержание тяжелых металлов в почвах и грунтах природно-антропогенных комплексов позиционного района космодрома «Восточный». *Медицина экстремальных ситуаций*. 2016; 3: 70–6.
12. СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы» (с изменениями от 25.04.2007). Утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 16.04.2003. Зарегистрированы в Минюсте РФ 05.05.2003, регистрационный номер 4500.
13. ГОСТ 17.4.3.01-83 Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.
14. ГОСТ 17.4.3.01-2017 Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. (Введен с 01.01.2019 взамен ГОСТ 17.4.3.01-83).
15. ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.
16. ГОСТ 17.4.4.02-2017 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. (Введен с 01.01.2019 взамен ГОСТ 17.4.4.02-84).
17. Русанов А.М., Тесля А.В., Прихожай Н.И., Турлибекова Д.М. Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почвах г. Орска. *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2012; 4: 226–30.
18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: ГН 2.1.7.2041-06. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора; 2006.
19. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: ГН 2.1.7.2511-09. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора; 2009.
20. Орлов Д. С., Садовникова Л.Н., Суханова Н.И. *Химия почв*. М.: Высшая школа; 2005.
21. Бабошкина С.В., Пузанов А.В., Мальгин М.А. Мышьяк в каштановых почвах Алтая. *География и природные ресурсы*. 2003; 2:73−8.
22. Бородина Н.А. Оценка техногенного загрязнения по содержанию кислоторастворимых форм тяжёлых металлов в урбанизированных почвах города Свободного (Амурская область). *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2014; 1(4): 1055−8.
23. Побилат А.Е., Волошин Е.И. Марганец в почвах и растениях южной части средней Сибири. *Микроэлементы в медицине*. 2017; 18(2): 43−7.

REFERENCES

1. Semenova O.N., Alekhnovich A.V., Kruglov A.A., Chushnyakov S.P., Livanov A.S. Organizational, toxicological and medical health physics aspects of chemical safety of territories in the areas of potential impact of plants and factories. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya.* 2015; 11 (272): 27–30. (in Russian)
2. Vodyanitskii Yu.N. Advanced trends in soil contamination with heavy metals. *Agrokhimiya*. 2013; 9: 88– 96. (in Russian)
3. Davydova S. L., Tagasov V. I. *Heavy metals as supertoxicants of the XXI century [Tyazhelye metally kak supertoksikanty XXI veka].* Moscow: Izdatelstvo RUDN; 2002. (in Russian)
4. Avtsyn P.A., Zhavoronkov A.A., Rish M.A., Strochkova L.S. *Human trace elements [Mikroehlementozy cheloveka].* Moscow: Meditsina; 1991. (in Russian)
5. Rustembekova S. A., Baraboshkina T. A. *Microelements and factors of environmental risk. [Mikroehlementozy i faktory ehkologicheskogo riska].* Moscow: Logos; 2006. (in Russian)

6. Il'in V.B. *Heavy metals in the soil-vegetation system [Tyazhelye metally v sisteme pochva rastenie]*. Novosibirsk: Izdatelstvo Nauka; 1991. (in Russian)
7. Vodyanitskii Yu.N. *Heavy and superheavy metals and metalloids in polluted soils [Tyazhelyei sverhtyazhelye metally i metalloidy v zagryaznennyh pochvah]*. Moscow: Pochvennyi institut im. V.V. Dokuchaeva; 2009. (in Russian)
8. Malikova I.N., Anoshin G.N., Badmaeva Zh.O. Mobile forms of mercury in soils of natural and natural-manmade landscapes. *Geologiya i geofizika*. 2011; 3: 409–25. (in Russian)
9. Puzanov A.V, Balykin S.N., Alekseev I.A, Saltykov A.V. Microelements in soils of the Vostochny cosmodrome construction site. *Geografiya i prirodnye resursy*. 2015; 2: 53–9. (in Russian)
10. Puzanov A.V., Baboshkina S.V., Alekseev I.A., Saltykov A.V. Special features of accumulation and distribution of heavy metals and arsenic in system vegetable soil-vegetables in the vicinity of the Vostochny cosmodrome construction site (Basin of Zeya River, Amur region). *Agrokhimiya*. 2015; 2: 86–96. (in Russian)
11. Alekseev I.A., Alekhnovich A.V., Meredelina T.A., Karatsuba L.P., Shchiptsova E.A., Kruglov A.A. Concentrations of heavy metals in soils and ground of natural-manmade combines of the Vostochny cosmodrome position region. *Meditsina ekstremal'nykh situatsii*. 2016; 3: 70–6. (in Russian)
12. SanPiN 2.1.7.1287-03 "Medical and epidemiological requirements for the soil quality" (s izmeneniyami ot 25.04.2007). Utverzhdeny Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF 16.04.2003. Zaregistrirovany v Minyuste RF 05.05.2003, registratsionnyi nomer 4500. (in Russian)
13. GOST 17.4.3.01-83 Environmental protection. Soils. General requirements for sampling. (in Russian)
14. GOST 17.4.3.01-2017 Environmental protection. Soils. General requirements for sampling. (Vveden s 01.01.2019 vzamen GOST 17.4.3.01-83). (in Russian)
15. GOST 17.4.4.02-84 Environmental protection. Soils. Methods for sampling and sample preparing for chemical, bacteriological and helminthological analysis. (in Russian)
16. GOST 17.4.4.02-2017 Environmental protection. Soils. Methods for sampling and sample preparing for chemical, bacteriological and helminthological analysis. (Vveden s 01.01.2019 vzamen GOST 17.4.4.02-84). (in Russian)
17. Rusanov A.M., Teslya A.V., Prikhozhai N.I., Turlibekova D.M. Contents of gross and movable forms of heavy metals in soils of the Town of Orsk. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta.* 2012; 4: 226–30. (in Russian)
18. Maximum permissible concentrations (MPC) of chemicals in soil: GN 2.1.7.2041-06. M.: Federal'nyi tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora; 2006. (in Russian)
19. Approximate permissible concentrations (APC) of chemicals in soil: GN 2.1.7.2511-09. M.: Federal'nyi tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora; 2009. (in Russian)
20. Orlov D. S., Sadovnikova L.N., Sukhanova N.I. *The soil chemistry [Himiya pochv]*. Moscow: Vysshaya shkola; 2005. (in Russian)
21. Baboshkina S.V., Puzanov A.V., Mal'gin M.A. Arsenic in chestnut soils of Altai. *Geografiya i prirodnye resursy*. 2003; 2:73−8. (in Russian)
22. Borodina N.A. Assessment of manmade pollution based on the content of acid-soluble forms of heavy metals in urbanized soils of the Town of Svobodny (Amur region). *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*. 2014; 1(4): 1055−8. (in Russian)
23. Pobilat A.E., Voloshin E.I. Manganese in soils and plants of the southern part of the central Siberia. *Mikroelementy v meditsine*. 2017; 18(2): 43−7. (in Russian)

Поступила 14 ноября 2019
Принята в печать 28 февраля 2020

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

© СМОЛЯКОВ Ю.Н., 2020

Смоляков Ю.Н.[1,2]

ВЗАИМОСВЯЗИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ С ВАРИАБЕЛЬНОСТЬЮ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И ГЕМОДИНАМИКОЙ У МЕДПЕРСОНАЛА СТАНЦИИ СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 672000, г. Чита;

[2]Иновационная клиника «Академия здоровья», 672038, г. Чита

Выполнение профессиональных обязанностей персоналом станции скорой медицинской помощи (ССМП) в критических условиях определяет комплекс неспецифических адаптационных реакций, происходящих в организме. Адаптационные механизмы затрагивают в первую очередь ЦНС и, как следствие, вегетативную нервную систему и гемодинамику.

Материал и методы. *В исследовании приняли участие 35 работников станции скорой медицинской помощи. Среди обследуемых было 19 мужчин и 16 женщин в возрасте от 20 до 55 лет (34,8 ± 12,8 лет). Проведен анализ электроэнцефалограмм (ЭЭГ), вариабельности сердечного ритма (ВСР) и микроциркуляторной гемодинамики до начала суточного дежурства и сразу после него. Статистическими методами оценена динамика количественных показателей всех методов и расчет корреляционных взаимоотношений внутри методов и между ними.*

Результаты. *ЭЭГ продемонстрировала снижение общей активности, преимущественно за счет тета-активности (с 28,1 (16.7–41.1) до 16.6 (11.3–22.3) мкВ²/Гц, p = 0,011). Метод ВСР демонстрирует значимое снижение средних показателей ЧСС (с 81.8 (74.9–88.5) до 77.1 (69.7–81.2) уд в 1 мин, p = 0,012) и сдвиг вегетативного баланса в сторону парасимпатических влияний. Из гемодинамических индексов значимо снизилась величина низкочастотной компоненты HI1 (с 140 (121–163) до 132 (103–156), p = 0,009) и, как следствие, изменилось перераспределение нормированных показателей (RHI2, RHI3). Результат комплексного сравнения сведен в единую корреляционную матрицу, в которой отображены изменения взаимосвязей до и после смены.*

Обсуждение. *При обзорной оценке внутрикластерных взаимосвязей (внутри одного метода) до и после смены отмечается незначительное отличие их структуры. Выявленные же внекластерные взаимосвязи демонстрируют большие различия в исследуемых периодах оценки. Напряженная функциональная нагрузка персонала ССМП в течение суточной смены оказывает значительное дестабилизирующее влияние на работу регулирующих систем (центральное и вегетативное звенья).*

Заключение. *Адаптационные реакции демонстрируют стрессовый характер исследуемой нагрузки, отражаясь в микроциркуляторных гемодинамических процессах, изменения которых значимо продемонстрированы в исследовании.*

Ключевые слова: *станция скорой медицинской помощи; эмоциональное выгорание; ЭЭГ; ВСР; гемодинамика.*

Для цитирования: Смоляков Ю.Н. Взаимосвязи показателей электроэнцефалограммы с вариабельностью сердечного ритма и гемодинамикой у медперсонала станции скорой медицинской помощи. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2020; 22(1): 84-90.

Для корреспонденции: *Смоляков Юрий Николаевич*, кандидат мед. наук, доцент, заведующий кафедрой медицинской физики и информатики ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия», 672038, г. Чита. E-mail: smolyakov@rambler.ru

---

Smolyakov Yu.N.[1,2]

THE RELATIONSHIP OF EEG INDICES WITH HEART RATE VARIABILITY AND HEMODYNAMICS IN THE MEDICAL STAFF OF THE AMBULANCE STATION

[1]Chita State Medical Academy, Chita, 672000, Russian Federation;
[2]Innovative clinic "Academy of Health", Chita, 672038, Russian Federation

The critical conditions for the performance of professional duties by the personnel of the ambulance station (AS) determine the complex of non-specific adaptive responses developing in the body. Adaptation mechanisms primarily affect the central nervous system (CNS) and, as a consequence, the autonomic nervous system and hemodynamics.
Material and methods. *The study involved 35 employees of the ambulance station (AS). Among the subjects there were 19 men and 16 women aged from 20 to 55 years (34.8±12.8 years). The analysis of electroencephalograms (EEG), heart rate variability (HRV) and microcirculatory hemodynamics before the start of daily duty and immediately after it. Statistical methods evaluated the dynamics of quantitative indices of all methods and calculate the correlation relationships within their quantitative indices and between them.*
The results of the study. *EEG showed a decrease in total activity, mainly due to theta activity (from 28.1 [16.7-41.1] to 16.6 [11.3-22.3] μV^2/Hz, p = 0.011). The HRV method demonstrates a significant decrease in average heart rates (from 81.8 [74.9-88.5] to 77.1 [69.7-81.2] bpm, p=0.012) and a shift in the autonomic balance towards parasympathetic influences. Of the hemodynamic indices, the low-frequency component HI1 significantly decreased (from 140 [121-163] to 132 [103-156], p=0.009), and as a result, the redistribution of normalized indices (RHI2, RHI3) changed. The result of a comprehensive comparison is reduced to a single correlation matrix, which displays the changes in the relationships before and after the job.*
The discussion of the results. *In the overview assessment of intracluster relationships (within the same method), an insignificant difference in their structure is noted before and after the change. The revealed extracluster relationships demonstrate large differences in the studied periods of assessment. The intense functional load of AS personnel during the daily duty has a significant destabilizing effect on the functioning of regulatory systems (central and autonomous links).*
Conclusion. *Adaptation responses demonstrate the stress character of the tested load, reflected in microcirculatory hemodynamic processes, the changes of which were significantly demonstrated in the study.*

Keywords: *ambulance station; emotional burnout; EEG; HRV; hemodynamics.*

For citation: Smolyakov Yu.N. The relationship of EEG indices with heart rate variability and hemodynamics in the medical staff of the ambulance station. *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy (Medicine of Extreme Situations, Russian journal)* 2020; 22(1): 84-90. (In Russian)

For correspondence: *Yury N. Smolyakov*, MD, Ph.D., Head of the Department of Medical Physics and Informatics of the Chita State Medical Academy, Chita, 672000, Russian Federation; Innovative clinic “Academy of Health”, Chita, 672038, Russian Federation. E-mail: smolyakov@rambler.ru chief

Information about authors: https://orcid.org/0000-0001-7920-7642; SPIN-code: 7440-6632, ResearcherID: R-5740-2017; Scopus: 57200938643

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received November 14, 2019
Accepted February 28, 2020

Выполнение профессиональных обязанностей персоналом станции скорой медицинской помощи (ССМП) в критических условиях определяет комплекс неспецифических адаптационных реакций, происходящих в организме. В ответ на стрессорные факторы наиболее быстро формируются и особенно ярко проявляются ответные реакции центральной нервной системы (ЦНС) [1, 2] и, как следствие, меняется вегетативный баланс, благодаря чему изменяется течение физиологических функций, в том числе происходят и гемодинамические сдвиги [3]. Адаптационная перегрузка ЦНС приводит к нарушению сложной операционной деятельности и нарастающему к концу смены числу ошибок в принятии врачебных решений. В различных исследованиях подобное состояние описывается термином «синдром выгорания» [4, 5]. Однако это чрезмерно расширенное понятие не раскрывает конкретных нейрофизиологических и психосоматических механизмов указанных сдвигов. Чаще всего для оценки психоэмоционального статуса (ПЭС) используются психологические тесты в формате анкетирования [4–6]. В то же время мы считаем, что применение аппаратных методов исследования деятельности ЦНС (электроэнцефалография – ЭЭГ), вегетативной нервной системы (вариабельность сердечного ритма – ВСР) и микроциркуляторной гемодинамики (лазерная спекл-интерферометрия – ЛСИ, Dynamic Light Scattering – DLS) должно значительно повысить объективность результатов оценки ПЭС медперсонала скорой помощи. Вот почему предмет нашего исследования – изменение характера ЭЭГ, ВСР и микроциркуляции у работников ССМП в процессе суточного дежурства.

Материал и методы

В исследовании приняли участие 35 работников (врачебный и средний медицинский персонал) ССМП. Среди обследуемых было 19 мужчин и 16 женщин в возрасте от 20 до 55 (34,8 ± 12,8) лет.

В ходе работы использовался регистратор «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» (Медиком, г. Таганрог). ЭЭГ-измерения проводились, согласно международной схеме 10–20 [7], в шести отведениях: F3, F4 – лобные (Frontalis); T3, T4 – височные (Temporalis); P3, P4 – теменные (Parietalis), в состоянии покоя на протяжении 3 мин. Запись выполнялась утром перед заступлением на смену и на следующий день после передачи смены.

Сырые ЭЭГ-сигналы после очистки от двигательных и мышечных артефактов подвергались спектральному разложению с использованием нелинейного мультиконусного метода (multitaper) [8]. В качестве исследуемых показателей использовались следующие: магнитуда (мощность) ритмических диапазонов (мкВ^2/Гц) – тета-ритм (THETA, 4–8 Гц), альфа-ритм (ALPHA, 8–12 Гц), низкочастотная часть альфа-ритма (LOWA, 8–10 Гц), высокочастотная его часть (HIGHA, 10–12 Гц), бета-ритм (BETA, 12–25 Гц), суммарная мощность (TAB = THETA+ALPHA+BETA, 4–25 Гц), долевые части ритмов в общей мощности (THETA% = THETA / TAB · 100%, ALPHA% = ALPHA/TAB·100%, BETA%=BETA/TAB·100%, LOWALPHA% = LOWA / ALPHA · 100%, HIGHALPHA% = HIGHA / ALPHA · 100%), отношение тета/бета (THETA/BETA Ratio, TBR), тета/альфа (THETA/ALPHA Ratio, TAR) и альфа/бета (ALPHA/BETA Ratio, ABR), отношение частей альфа ритма (LOWA/HIGHA Ratio, LHAR). Рассчитанные показатели усреднялись по всем отведениям.

Гемодинамический DLS-сигнал интегрировался в виде трех гемодинамических индексов: HI (Hemodynamic Indexes). Используется методика спектрального разложения сигнала быстрым преобразованием Фурье (Fast Fourier Transform, FFT) на частотные компоненты, связанные с гемодинамическими источниками различной скорости сдвига слоев кровотока. Низкочастотный (1–300 Гц) индекс (HI1) определялся медленным межслоевым взаимодействием, высокочастотная (3000–24000 Гц) область (HI3) характеризовала быстрые процессы сдвига слоев. HI2 (300–3000 Гц) занимает промежуточное положение (прекапиллярный и капиллярный кровоток) [9]. Суммарный индекс HI = HI1+HI2+HI3 демонстрирует объем потока, охваченного облучением датчика. Нормированные индексы RHI1, RHI2, RHI3 обозначают относительный вклад каждой компоненты в общие динамические процессы

(RHI1 = HI1/HI, RHI2 = HI2/HI, RHI3 = HI3/HI). Для оценки тенденций перераспределения кровотока между быстрыми и медленными процессами введен показатель отношения HI1/HI3 [10–13].

Из пульсовой компоненты ЛСИ сигнала извлекалась информация о вариабельности RR-интервалов, и рассчитывались индикаторы ВСР [14]. Измерения производились в течение 3 мин. Использованы следующие временные показатели: HR (Heart Rate) – частота сердечных сокращений (ЧСС) (уд в 1 мин); SDRR (Standard Deviation of RR intervals) – стандартное отклонение всех интервалов RR (м/с) (отражает все долговременные компоненты и циркадные ритмы, ответственные за вариабельность); RMSSD (Root Mean Square of the Successive Differences) – квадратный корень из средней суммы квадратов разностей RR-интервалов (мс) (относится к изменениям в краткосрочном периоде и отражает отклонения в тонусе автономной нервной системы, являющиеся преимущественно вагус-опосредованными). Частотный анализ представлен индексами: LF – мощность в диапазоне низких частот (0,04–0,15Hz) (мс^2), обусловленным активностью симпатического отдела и отражающим время задержки барорефлекторной петли; HF – мощность в диапазоне высоких частот (0,16–0,5 Hz) (мс^2), связанный с дыхательными движениями и, главным образом, обусловленным вагусной активностью; LF/HF – отношение мощностей (отражает общий симпатовагусный баланс). Нелинейный анализ вариабельности содержит следующие индексы: CVI (Cardiac Vagal Index) – нелинейный парасимпатический индекс; CSI (Cardiac Sympathetic Index) – нелинейный симпатический индекс [15].

Статистический анализ и графическое отображение выполнены с помощью языка R (http://cran.r-project.org) версии 3.6.1 [16]. Для выявления взаимосвязи использовался критерий ранговой корреляции Спирмена [17]. Групповые данные представлены в формате Медиана (*Me*), 25% перцентиль (P25), 75% перцентиль (P75). Для сравнения групп использовался парный критерий Вилкоксона для зависимых выборок (Wilcoxon signed rank test) [18].

Полученные данные представлены графически в виде двух корреляционных полуматриц, отражающих корреляционные взаимосвязи исследуемых показателей. В правом верхнем углу (отделяемом диагональю, проходящей слева-направо и сверху-вниз) расположена полуматрица корреляций до смены, в левом нижнем – после смены. Дополнительными квадратами обозначены 3 кластера, характеризующие взаимодействие показателей в пределах одного из 3 использованных методов – ЭЭГ, ЛСИ и ВСР. Остальное поле матрицы занимают показатели корреляционных связей между различными изучаемыми параметрами. На рисунке отображены только значимые взаимосвязи ($p < 0,05$).

Результаты

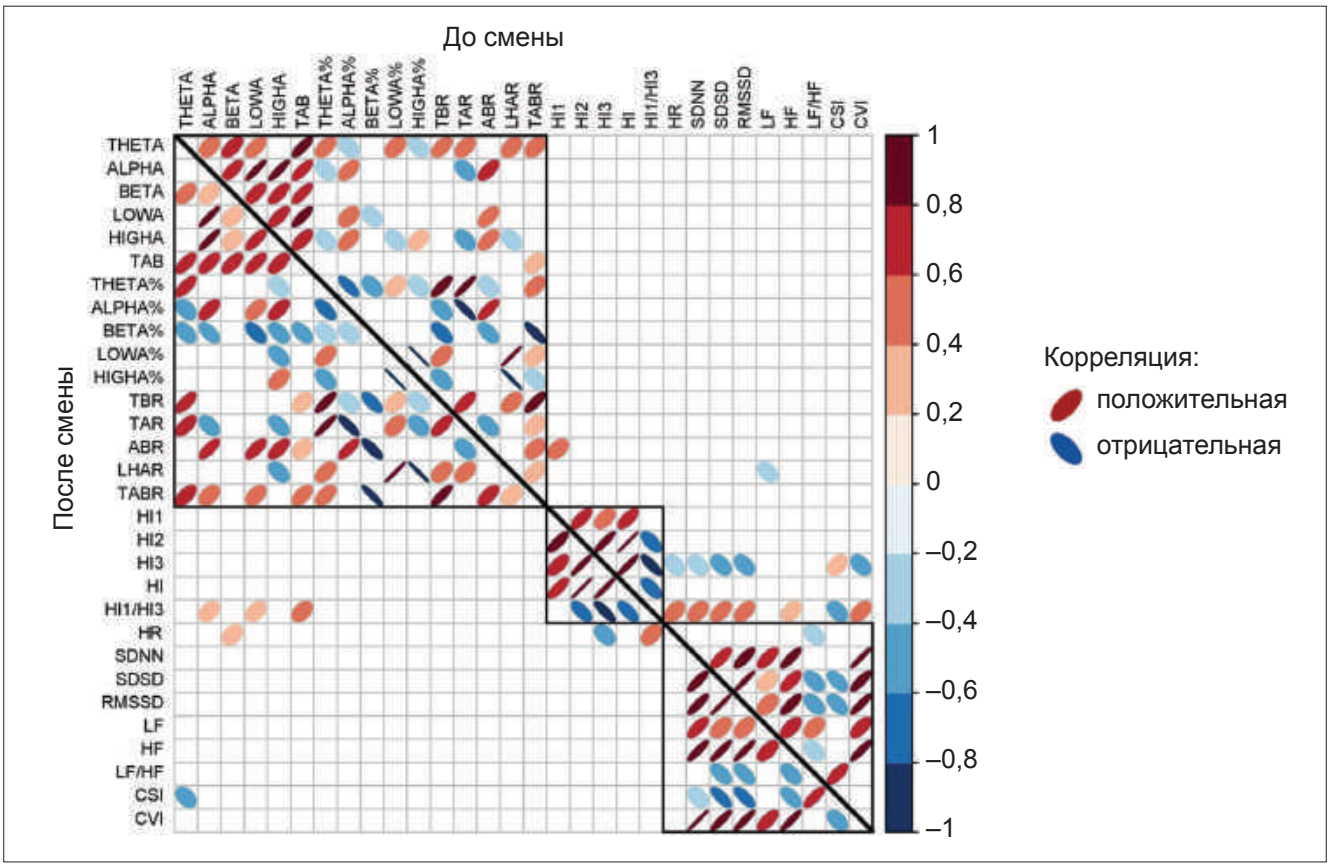
Все корреляционные взаимоотношения объединены в корреляционную матицу и представлены на рисунке.

Для полноценного восприятия корреляционных взаимосвязей в таблице приведена сравнительная оценка количественных показателей по всем исследуемым методам.

При обзорной оценке внутрикластерных взаимосвязей до и после смены отмечается незначительное отличие их структуры (высокая симметричность относительно диагонали). Исключением могут служить: отрицательная взаимосвязь нелинейных индексов CSI (симпатический) и CVI (парасимпатический) после смены ($r = –0,463$; $p = 0,009$), положительная связь между тета и альфа активностью до смены ($r = 0,441$; $p = 0,008$), отрицательная между вегетативным балансом LF/HF и частотой сердечных сокращений HR до смены ($r = –0,364$; $p = 0,044$).

Выявленные нами внекластерные взаимосвязи демонстрируют большие различия в исследуемых периодах оценки.

Так, ЭЭГ-показатели до начала смены коррелируют только в двух вариантах: с гемодинамическими индексами в медленной гемодинамике (HI1) и ЭЭГ – отношения альфа/бета (ABR: $r = 0,434$; $p = 0,015$), пропорции верхней и нижней частей альфа-диапазона (LHAR) и низкочастотной компонентой ВСР (LF: $r = –0,381$; $p = 0,034$). При этом заметны взаимосвязи между быстрым гемодинамическим



Корреляционная матрица показателей ЭЭГ, ЛСИ и ВСР до смены (правый верхний треугольник) и после смены (левый нижний треугольник).

индексом (HI3) и большинством показателей ВСР. Так как HI3 находится в знаменателе соотношения, зеркальная картина (противоположное направление связей) проявляется также в относительном индексе гемодинамики (HI1/HI3).

После смены картина взаимосвязей значительно меняется. Гемодинамическое отношение HI1/HI3 положительно коррелирует с ЭЭГ-показателем альфа-активности (ALPHA: $r = 0{,}366$; $p = 0{,}042$), ее низкочастотной частью (LOWA: $r = 0{,}394$; $p = 0{,}028$) и общей активностью во всех диапазонах (TAB: $r = 0{,}417$; $p = 0{,}020$). Одновременно появляется положительная взаимосвязь ЧСС с уровнем бета-активности ($r = 0{,}357$; $p = 0{,}046$). ВСР обнаруживает лишь отрицательную корреляцию тета-ритма (THETA) с нелинейным симпатическим индексом (CSI: $r = –0{,}410$; $p = 0{,}022$). Из многочисленных, обнаруженных до смены связей с ВСР гемодинамического индекса HI3, сохраняется только ЧСС (HR: $r = –0{,}406$; $p = 0{,}023$).

Сравнительный анализ показателей ЭЭГ, ВСР и гемодинамики

Показатель	До смены	После смены	*p*
ЭЭГ			
THETA	28,1 (16,7–41,1)	16,6 (11,3–22,3)	0,011
BETA	12 (8,65–17)	10,7 (8,52–11,9)	0,029
TAB	55,7 (35,3–75,9)	41,2 (33,2–54,4)	0,013
HI			
HI1	140 (121–163)	132 (103–156)	0,009
RHI2	0,499 (0,49–0,528)	0,491 (0,463–0,512)	0,026
RHI3	0,31 (0,276–0,351)	0,332 (0,291–0,36)	0,020
ВСР			
HR	81,8 (74,9–88,5)	77,1 (69,7–81,2)	0,012
SDNN	67 (52,5–77,8)	71,2 (59–86,1)	0,024
RMSSD	71,4 (59,8–92,7)	87,7 (57,1–109)	0,040
LF	791 (394–1370)	996 (581–1580)	0,038
HF	662 (480–1230)	908 (583–1270)	0,045
CVI	4,82 (4,63–4,92)	4,89 (4,72–5,06)	0,037

Примечание. Представление данных в формате *Me* (P25–P75). Сравнение групп (*p*) проводилось по критерию Вилкоксона для зависимых групп. Отражены только показатели, продемонстрировавшие значимые различия.

Обсуждение

Обнаруженные нами изменения внутрикластерных взаимосвязей после смены могут быть ассоциированы с перераспределением вегетативного баланса. Исчезновение корреляции между тета- и альфа-активностью после смены определяется значимым снижением тета-активности ($p = 0{,}011$).

Положительная взаимосвязь между гемодинамическим индексом HI1/HI3, отражающим перераспределение (баланса) сдвиговых скоростей капиллярного кровотока и показателями альфа-активности обусловлена одновременным снижением как магнитуды альфа ритма, так и индекса HI1/HI3. Особенно заметно изменение микроциркуляторного баланса при оценке его связей с показателями ВСР, которые значимо проявляются лишь до смены. После смены данные корреляционные взаимоотношения исчезают, вследствие реализации дополнительных адаптационных механизмов вегетативной регуляции и возможным истощением регулирующих влияний [19].

Изменения последнего обусловлены значительным снижением после смены медленных (в том числе пристеночных) межслоевых сдвигов (HI1) [11]. Положительная корреляция между ЧСС (HR) и бета-активностью после смены вызвана избыточными реакциями торможения ЦНС, проявляющимся отрицательным хронотропным действием [20]. Отрицательная взаимосвязь симпатической и тета-активности после смены демонстрирует усиление симпатического влияния при одновременном снижении магнитуды тета-ритма (ассоциированной с процессами занесения информации в память) [21].

Заключение

Единая матрица корреляционных взаимосвязей позволила сформировать комплексный взгляд на совокупность наблюдаемых взаимодействий и ее изменчивость под нагрузкой. Последовательная описательная оценка большого множества корреляционных взаимосвязей представляется более громоздким. Единый комплексный взгляд на состояние трех систем организма медработника в динамическом наблюдении позволил внести количественные критерии, которые можно использовать в дальнейшем при описании такого распространенного феномена, как «выгорание» специалиста и перенести акцент с эмоционально-психологических реакций на физиологические механизмы (память, внимание, кровообращение, вегетативная регуляция). Понимание физиологических основ «выгорания» позволит точнее оценить его влияние на выполнение и качество профессиональных функций.

Напряженная функциональная нагрузка персонала ССМП в течение суточной смены оказывает значительное дестабилизирующее влияние на работу регулирующих систем (центральное и вегетативное звенья). Активные адаптационные реакции демонстрируют стрессовый характер исследуемой нагрузки, отражаясь в микроциркуляторных гемодинамических процессах, изменения которых значимо продемонстрированы в исследовании.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА
(пп. 2, 3, 7–11, 14–21 см. в REFERENCES)

1. Карамова Л.М., Красовский В.О., Ахметшина В.Т., Хафизова А.С., Власова, Н.В., Буляков Р.М. Профессиональный риск здоровья медицинских работников станции скорой медицинской помощи. *Медицина труда и экология человека*. 2017; 4(12): 28-36.
4. Карамова Л.М., Нафиков Р.Г. Синдром профессионального выгорания у медицинских работников станции скорой медицинской помощи. *Вестник Российского государственного медицинского университета*. 2013; 5-6: 133-5.
5. Хунафин С.Н., Миронов П.И., Зиганшин М.М., Баскакова Н.Д. Характеристика синдрома профессионального выгорания у врачей выездных бригад скорой медицинской помощи. *Скорая медицинская помощь*. 2006; 1: 37-9.
6. Баранов А.Л., Колесникова С.М., Вакулова Е.В., Пустовой В.С., Воробьев А.А. Стресс и общий адаптационный синдром у сотрудников станций скорой медицинской помощи: разные регионы, одинаковые проблемы. *Здравоохранение Дальнего Востока*. 2017; 3: 11-4.
12. Смоляков Ю.Н., Кузник Б.И., Раменский В.В., Нольфин Н.А., Федоренко Е.В., Михаханов М.М. Адаптационная динамика реологических свойств крови у медицинских работников, оказывающих экстренную помощь. *Тромбоз, гемостаз и реология*. 2019; 79(3): 10-15. DOI: 10.25555/THR.2019.3.0884.

13. Смоляков Ю.Н., Калашникова С.А., Федоренко Е.В., Нольфин Н.А., Михаханов, М.М. Динамические реакции активности коры головного мозга и микроциркуляции на стимулированный стресс. *Забайкальский медицинский вестник*. 2017; 2: 148-53.

REFERENCES

1. Karamova L.M., Krasovsky V.O., Akhmetshina V.T., Khafizova A.S., Vlasova, N.V., Bulyakov R.M. Occupational health risk of medical personnel of the ambulance station. *Medicina truda i jekologija cheloveka*. 2017; 4(12): 28-36. (in Russian)
2. Radley J., Morilak D., Viau V., Campeau S. Chronic stress and brain plasticity: mechanisms underlying adaptive and maladaptive changes and implications for stress-related CNS disorders. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2015;58:79-91. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2015.06.018.
3. Pries A.R., Reglin B., Secomb T.W. Structural adaptation of microvascular networks: functional roles of adaptive responses. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 2001; 281(3): H1015-H1025. DOI: 10.1152/ajpheart.2001.281.3.H1015.
4. Karamova L.M., Nafikov R.G. Burnout syndrome among medical personnel of an ambulance station. *Vestnik Rossijskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta.* 2013; 5-6: 133-5. (in Russian)
5. Khunafin S.N., Mironov P.I., Ziganshin M.M., Baskakova N.D. Characteristics of the syndrome of professional burnout by doctors of emergency ambulance teams. *Skoraja medicinskaja pomoshh'*. 2006; 1: 37-9. (in Russian)
6. Baranov A.L., Kolesnikova S.M., Vakulova E.V., Pustovoi V.S., Vorobev A.A. Stress and general adaptation syndrome among ambulance staff: different regions, the same problems. *Zdravoohranenie Dal'nego Vostoka*. 2017; 3: 11-4. (in Russian)
7. Binnie C.D., Dekker E., Smit A., Van der Linden G. Practical considerations in the positioning of EEG electrodes. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 1982; 53(4): 453-8. DOI: 10.1016/0013-4694(82)90010-4.
8. Babadi B., Brown E.N. A review of multitaper spectral analysis. IEEE *Transactions on Biomedical Engineering*. 2014; 61(5): 1555-64. DOI: 10.1109/TBME.2014.2311996.
9. Fine I., Kaminsky A. Speckle-based measurement of the light scattering by red blood cells in vivo *Dynamics and Fluctuations in Biomedical Photonics VIII. – International Society for Optics and Photonics*. 2011; 7898: 78980A. DOI: 10.1117/12.881991.
10. Fine I., Kaminsky A. V., Shenkman L. A new sensor for stress measurement based on blood flow fluctuations. *Dynamics and Fluctuations in Biomedical Photonics XII*. SPIE Press, 2016; 9707: 970705. DOI: 10.1117/12.2212866.
11. Kuznik B.I., Smolyakov Y.N., Tsybikov N.N., Maksimova O.G., Malinina A.V., Davydov S.O., Shenkman L., Kaminsky A., Fine I. Impact of fitness status on the optically measured hemodynamic indexes. *Journal of Healthcare Engineering*. 2018; 2018: 1674931. DOI: 10.1155/2018/1674931
12. Smolyakov Y.N., Kuznik B.I., Ramensky V.V., Nolfin N.A., Fedorenko E.V., Mikhakhanov M.M. The adaptive dynamics of the rheological properties of blood in emergency medical workers. *Tromboz, gemostaz i reologija*. 2019; 79(3): 10-5. (in Russian) DOI: 10.25555/THR.2019.3.0884.
13. Smolyakov Y.N., Kalashnikova S.A., Fedorenko E.V., Nolfin N.A., Mikhakhanov, M.M. Dynamic responses of cerebral cortex activity and microcirculation to stimulated stress. *Zabajkal'skij medicinskij vestnik*. 2017; 2: 148-53. (in Russian)
14. Shaffer F., Ginsberg J.P. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in public health*. 2017; 5: 258. DOI: 10.3389/fpubh.2017.00258.
15. Barbieri R., Scilingo E.P., Valenza G. Complexity and nonlinearity in cardiovascular signals. Springer. 2017.
16. R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available at: https://www.R-project.org (Accessed 30 October 2019).
17. Spearman C. The proof and measurement of association between two things. *American Journal of Psychology*. 1904; 15(1): 72–101. DOI:10.2307/1412159. JSTOR 1412159.
18. Wilcoxon F. Individual comparisons by ranking methods. *Breakthroughs in Statistics. Springer Series in Statistics*. 1945: 196-202. DOI: 10.1007/978-1-4612-4380-9–16.
19. Fink G. Stress: Neuroendocrinology and Neurobiology: Handbook of Stress Series. Elsevier. 2017.
20. Jäntti V., Yli-Hankala A. Correlation of instantaneous heart rate and EEG suppression during enflurane anaesthesia: synchronous inhibition of heart rate and cortical electrical activity? E*lectroencephalography and clinical Neurophysiology*. 1990; 76(5): 476-79. DOI: 10.1016/0013-4694(90)90101-O.
21. Scholz S., Schneider S.L., Rose M. Differential effects of ongoing EEG beta and theta power on memory formation. *PloS one*. 2017; 12(2): e0171913. DOI: 10.1371/journal.pone.0171913.

Поступила 14 ноября 2019
Принята в печать 28 февраля 2020

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Лебедева М.А.[1,2], Медведева Ю.С.[2], Золотов Н.Н.[3], Баранов М.В.[1], Карганов М.Ю.[1,2]

РАННИЕ ЭФФЕКТЫ ДЕЙСТВИЯ МОДЕЛИРОВАННОЙ МИКРОГРАВИТАЦИИ НА РАЗВИТИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИНФАРКТА МИОКАРДА

[1]Научно-исследовательский институт космической медицины Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий» Федерального медико-биологического агентства, 115682, г. Москва;

[2]Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии», 125315, г. Москва;

[3]Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт фармакологии имени В.В. Закусова», 125315, г. Москва

Введение. *Несмотря на многочисленные исследования, механизмы негативного влияния факторов космического полета на основные функции организма остаются до конца не раскрытыми. Цель настоящей работы – изучение срочных эффектов моделированной микрогравитации на развитие экспериментального ишемического повреждения миокарда крыс.*

Материал и методы. *Работа выполнена на самцах крыс линии Вистар, возраст 3–4 мес. Животные были разделены на 4 группы: контроль, n = 38; группа крыс, подвергшаяся антиортостатическому вывешиванию в течение 2 нед (АОВ, n = 35); группа крыс с изопротеренол-индуцированным очагово-диффузным инфарктом миокарда (ИМ) (Iso, n = 45); группа крыс с экспериментальным ИМ после двухнедельного АОВ (АОВ+Iso, n = 43). Вывешивание животных в антиортостатическом положении осуществляли стандартным методом в течение 2 нед. Группе АОВ+Iso после моделирования микрогравитации в качестве дополнительной фармакологической нагрузки на миокард проводили стимуляцию β-адренорецепторов с помощью введения изопротеренола в дозе 80 мг/кг по схеме две инъекции с перерывом в 24 ч. Оценивали интегральные показатели состояния организма животных и изменения электрической и функциональной активности сердца.*

Результаты и обсуждение. *Характерные изменения в ранние сроки после последовательного действия двух факторов состояли в значительной потере массы тела, изменении электрической проводимости миокарда, проявляющимся в увеличении продолжительности интервала QTc, возникновении большего процента аритмий и развитии воспалительной реакции. Моделирование микрогравитации с последующим введением изопротеренола приводило к сердечной недостаточности вплоть до гибели животных. Индекс массы сердца был значительно увеличен в группах с введением β-адреномиметика. Обнаружено повышение уровня сывороточного кортикостерона в опытных группах, наиболее выраженное при действии изопротеренола отдельно и в сочетании с антиортостатическим вывешиванием. В субфракционном составе сыворотки крови наблюдали изменения (увеличение доли мелких и крупных частиц), вызванные действием двух исследованных факторов – моделирования микрогравитации и введения изопротеренола. Исходя из результатов, полученных при исследовании срочных реакций организма на экстремальные факторы, можно сделать следующие выводы:*

1. Антиортостатическое вывешивание приводит к снижению массы тела, введение изопротеренола крысам после АОВ вызывает более выраженную потерю массы тела.

2. Моделирование микрогравитации с последующим введением изопротеренола приводит к более выраженным нарушениям электрической проводимости миокарда по сравнению с другими группами и развитию сердечной недостаточности вплоть до гибели животных.

3. Увеличение индекса сердца может свидетельствовать о развитии гипертрофии миокарда в группах с введением изопротеренола.
4. На клеточном и молекулярном уровнях действие изопротеренола после антиортостатического вывешивания приводит к значимым сдвигам гомеостаза системы крови крыс.

Ключевые слова: *микрогравитация; антиортостатическое вывешивание; экспериментальный инфаркт миокарда; изопротеренол; лазерная корреляционная спектроскопия; кортикостерон.*

Для цитирования: Лебедева М.А., Медведева Ю.С., Золотов Н.Н., Баранов М.В., Карганов М.Ю. Ранние эффекты действия моделированной микрогравитации на развитие экспериментального инфаркта миокарда. *Медицина экстремальных ситуаций.* 2020; 22(1): 91-103.

Для корреспонденции: *Лебедева Марина Андреевна*, кандидат биол. наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии», 125315, г. Москва. E-mail: ma_lebedeva@mail.ru

---

Lebedeva M.A.[1,2], Medvedeva Yu.S.[2], Zolotov N.N.[3], Baranov M.V.[1], Karganov M.Yu.[1,2]

THE EARLY EFFECTS OF SIMULATED MICROGRAVITY ON THE DEVELOPMENT OF EXPERIMENTAL MYOCARDIAL INFARCTION

[1]Research institute for space medicine, Federal research clinical center of specialized types of medical care and medical technologies, Federal Biomedical Agency of Russia, 115682, Moscow, Russian Federation;
[2]Institute of General Pathology and Pathophysiology, Moscow, 125315, Russian Federation;
[3]Research Zakusov Institute of Pharmacology, Moscow, 125315, Russian Federation

Despite numerous studies, the mechanisms of the negative influence of space flight factors on the basic functions of the organism remain not fully disclosed. The purpose of this study was to study the early effects of simulated microgravity on the development of experimental ischemic damage to the rat's myocardium. After a 14-day simulation of the microgravity as an additional pharmacological load on the rat myocardium, β-adrenoreceptors were stimulated by administering isoproterenol at a dose of 80 mg/kg on two consecutive days with an interval of 24 hours between applications. Evaluated integral indices of the state of the organism and changes in electrical and functional heart activity. Characteristic changes at the early stages after the successive action of two factors consisted in a significant loss of body weight, a change in the electrical conductivity of the myocardium ventricles, manifested in an increase in the QTc interval, the occurrence of a greater percentage of arrhythmias and the development of an inflammatory reaction. Simulation of microgravity followed by the introduction of isoproterenol leads to heart failure even to the death of animals. The heart mass index was significantly increased in the groups with the administration of β-adrenomimetics. An elevated serum corticosterone level was found in the experimental groups, most pronounced with the action of isoproterenol alone and in combination with exposure to microgravity. Changes were observed in the subfraction composition of blood serum (increase in the percentage of small and large particles) caused by the action of the two extreme factors – simulated microgravity and the administration of isoproterenol.

Keywords: *microgravity; hindlimb unloading; experimental myocardial infarction; isoproterenol; laser correlation spectroscopy.*

For citation: Lebedeva M.A., Medvedeva Yu.S., Zolotov N.N., Baranov M.V., Karganov M.Yu. The early effects of simulated microgravity on the development of experimental myocardial infarction. *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy (Medicine of Extreme Situations, Russian journal)* 2020; 22(1): 91-103. (In Russian)

For correspondence: *Marina A. Lebedeva*, MD, Ph.D., leading researcher of the Research Institute for space medicine, Federal research clinical center of specialized types of medical care and medical technologies, Federal Biomedical Agency of Russia, 115682, Moscow; Institute of General Pathology and Pathophysiology, Moscow, 125315, Russian Federation. E-mail: ma_lebedeva@mail.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received August 13, 2019
Accepted February 28, 2020

Введение

В условиях космического полета (КП) организм подвергается стрессам, в основе которых лежит ряд воздействий. Активация саногенетических механизмов позволяет поддерживать достаточный уровень функционирования физиологических систем, вследствие чего большинство произошедших под действием факторов КП изменений носят обратимый характер. Данные, полученные в ходе освоения космоса, очень ценны и уникальны, но пока что их недостаточно для решения проблем, связанных с коррекцией неблагоприятных последствий для здоровья человека. К одним из факторов КП, оказывающим наиболее существенное, предположительно негативное влияние, относят микрогравитацию [1, 2]. Пребывание в условиях микрогравитации вызывает перестройку функционального состояния организма, зависящую от степени напряжения его регуляторных систем [3, 4]. Вследствие действия микрогравитации происходит перераспределение жидких сред организма в краниальном направлении, что является мощным стрессогенным фактором для сердечно-сосудистой системы. В течение КП среди космонавтов были зафиксированы случаи развития заболеваний или нарушений работы различных систем организма, в том числе и сердечно-сосудистой [5, 6]. Длительное воздействие микрогравитации может повысить риск развития сердечно-сосудистых заболеваний и в постполетный период [7].

Несмотря на проводимые многочисленные исследования состояния сердечно-сосудистой системы, причины и механизмы негативного влияния факторов космического полета на ее функции остаются до конца непонятыми [8, 9]. Значительная доля результатов по изучению сердечно-сосудистой системы была получена на моделях, имитирующих условия микрогравитации и других факторов КП как на человеке, так и на экспериментальных животных [10–12]. Влияние микрогравитации может привести к дезадаптации сердечно-сосудистой системы, которая может проявляться нарушениями сердечного ритма [13] и вегетативной регуляции [14], а также ортостатической дисфункцией [15, 16]. Экспериментальные исследования показали, что микрогравитация повышает восприимчивость (чувствительность) адренорецепторов и ухудшает последствия ишемическо-реперфузионного повреждения миокарда крыс, проведенного до хвостового вывешивания [17]. При этом экспериментов по исследованию особенностей развития инфаркта миокарда (ИМ) после моделирования микрогравитации не проводилось. В период реадаптации возможно возникновение патологических отклонений в связи с воздействием на организм дополнительных нагрузок [5, 18]. В связи с этим, исследования возникновения и развития тех или иных отклонений после действия микрогравитации с последующей нагрузкой на организм являются весьма актуальными для сохранения здоровья космонавтов и астронавтов. Использование β-адреномиметика изопротеренола, вызывающего развитие мелкоочагового ишемического повреждения после действия микрогравитации, можно рассматривать как дополнительную нагрузку на миокард.

Цель настоящего исследования – изучить интегральные показатели состояния организма животных (масса тела, лейкоцитарная формула крови, сдвиги сывороточного гомеостаза) и сердечно-сосудистой системы (ЧСС, изменения электрической и функциональной активности) после 14-дневного моделирования действия микрогравитации с последующей фармакологической нагрузкой на миокард.

Материал и методы

Работа выполнена на самцах крыс линии Вистар (n = 161), масса составляла около 265 г, возраст – 3–4 мес. Животные были разделены на 4 группы: 1-я – интактные животные (контроль, n = 38); 2-я – группа крыс, подвергшаяся антиортостатическому вывешиванию в течение 2 недель (АОВ, n = 35); 3-я – крысы с изопротеренол-индуцированным очагово-диффузным инфарктом миокарда (Iso, n = 45); 4-я группа – крысы с экспериментальным ИМ после двухнедельного АОВ (АОВ+Iso, n = 43). Вывешивание животных в антиортостатическом положении осуществляли стандартным методом [11], в модификации [19] в течение 2 нед. В течение этого же времени группы без моделирования

микрогравитации (контроль и Iso) содержались в обычных условиях вивария. Для моделирования диффузно-очагового ИМ крысам вводили агонист β-адренорецепторов изопротеренол («Sigma-Aldrich», China) подкожно в дозе 80 мг/кг (в объеме 2 мл) по схеме две инъекции с перерывом в 24 ч [20, 21]. В пилотный серии в группе АОВ+Iso при введении изопротеренола сразу после окончания АОВ наблюдали 100% гибель животных в течение 4 ч. В связи с этим в данной работе, крысам этой группы вводили изопротеренол через 24 ч после окончания антиортостаза. Все исследования, кроме эхокардиографии (ЭхоКГ), проводили до и после (в течение сут) последнего оказанного воздействия. За два ч до взвешивания крыс лишали корма. Для выявления нарушений в электрической и функциональной активности сердца использовали методы ЭКГ и ЭхоКГ. ЭКГ регистрировали с помощью компьютерного электрокардиографа «Полиспектр-8/В» в I, II, III и avl стандартных отведениях в течение 2 мин. Животных наркотизировали введением внутрибрюшинно препарата «Золетил-100» в дозе 55 мг/кг. Анализировали записи, не содержащие эктопических сокращений, обрабатывали полученные результаты с помощью программ «Нейрософт» (Россия). После регистрации ЭКГ проводили забор крови из латеральной хвостовой вены для подсчета абсолютного количества лейкоцитов и составления лейкоцитарной формулы крови стандартными методами. Мазки крови для микроскопии окрашивали по Папенгейму. Для регистрации ЭхоКГ использовали цифровой ультразвуковой эхокардиограф DP6600 с электронным микроконвексным датчиком 65C15EA (6,5/8,0 мГц). В М-модальном режиме по методу Teichholz оценивали конечный систолический и диастолический размеры левого желудочка сердца, рассчитывали фракцию выброса и фракцию укорочения. Измерения проводили, как минимум, по пяти последовательным сердечным циклам [22]: эхокардиографию – при наркотизации животных кетамином в дозе 100 мг/кг, забор крови для проведения лазерной корреляционной спектроскопии (ЛКС) и определения уровня сывороточного кортикостерона – при декапитации наркотизированных животных с последующим получением сыворотки крови; исследование изменений субфракционного состава сыворотки крови крыс – на лазерном корреляционном спектрометре (ООО «Интокс», Санкт-Петербург). Физическая сторона данного метода основана на принципах допплеровской спектроскопии [23].

Измерения проводили по отработанной методике, в частотном диапазоне 16 384 кГц в количестве 2000 накоплений [24]. Регуляризацию спектра осуществляли в программе Viewer, входящей в программное обеспечение спектрометра. Измерение содержания кортикостероидов (кортикостерона и кортизола) в сыворотке крови проводили унифицированным методом определения по флуоресценции в серно-спиртовом реактиве по стандартной методике [25]. За счет того, что кортизол в крови крыс присутствует в очень малой концентрации, можно сказать, что данный метод позволяет измерить уровень непосредственно кортикостерона. После декапитации извлекали сердечную мышцу, промывали в физиологическом растворе и взвешивали для вычисления массового индекса сердца (отношение массы сердца к массе тела крыс в процентах). Для подтверждения развития изопротеренол-индуцированного ИМ (группа Iso) на вторые сутки после повторного введения изопротеренола выделяли сердечную мышцу крыс (n = 7) для проведения гистологического исследования по стандартной методике. Сердца фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина (ООО «Гем», Россия) с дальнейшей заливкой в парафин и изготовлением серийных поперечных срезов толщиной 5 мкм на микротоме МНС-2. Срезы выполняли на расстоянии 4, 6 и 8 мм от верхушки сердца и окрашивали гематоксилином и эозином для оценки морфологических изменений.

Работа с животными проведена в соответствии с Директивой ЕС о защите животных, используемых в научных целях – EU Directive 2010/63/EU, принятой 22 сентября 2010 г., и «Правилами лабораторной практики в Российской Федерации», утвержденными приказом Министерства здравоохранения РФ № 708н от 23.08.2010.

Статистические методы. Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Statistica 8.0. Нормальный характер

распределения данных проверяли по тестам Колмогорова–Смирнова и Лиллиефорса, далее применяли непараметрический анализ Kruskal–Wallis с апостериорным сравнением по Z'-критерию, позволяющему определить значимые различия по уровню распределения признака между тремя и более группами. Для оценки достоверных различий между процентными долями выборок применяли критерий углового преобразования Фишера. Основные данные представлены в виде медиан с квартилями (Q25; Q75). Данные по ЛКС представлены в виде средних значений для возможности сохранения 100-процентного суммарного вклада в светорассеяние частиц крови.

Результаты и обсуждение

Адекватность модели изопротеренол-индуцированного экспериментального ИМ крыс была показана при проведении гистологического исследования. Наличие лейкоцитарной инфильтрации в толще миокарда и локальные признаки патологии кардиомиоцитов (КМЦ) свидетельствуют о диффузно-очаговом ишемическом повреждении миокарда (рис. 1).

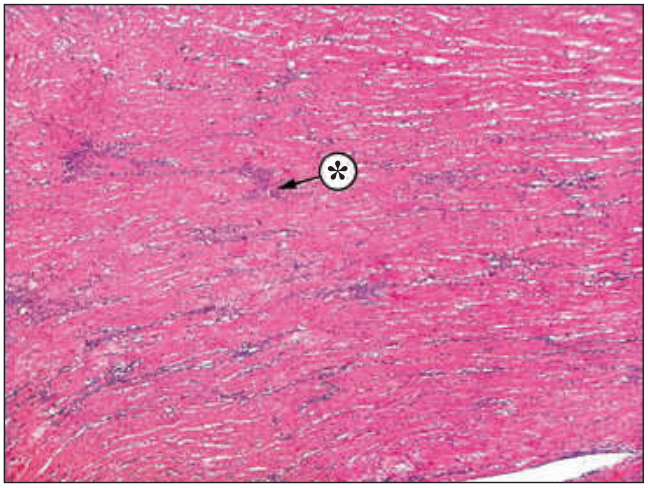


Рис. 1. Микрофотография гистологического препарата миокарда.
**** – клеточная инфильтрация в межмышечной интерстициальной ткани.***
Окраска гематоксилин и эозин, 10 × 10.

Для анализа состояния животных после моделирования микрогравитации с последующим развитием кардиопатологии был применен полисистемный подход, оценивающий произошедшие изменения на разных структурно-функциональных уровнях.

Масса тела. Антиортостатическое вывешивание привело к стойкому снижению массы тела крыс групп АОВ и АОВ+Iso по сравнению с группами крыс без моделирования действия микрогравитации (рис. 2).

Масса тела является интегральным параметром, объективно характеризующим состояние организма в целом. По данным литературы, АОВ крыс может приводить к атрофии скелетных и сердечной мышц, уменьшению массы жировой ткани [26], что мы и наблюдали в нашей работе. Следует отметить, что последовательное воздействие двух факторов – моделирование микрогравитации в течение 14 дней и последующее введение изопротеренола вызывает достоверно более выраженную потерю массы тела.

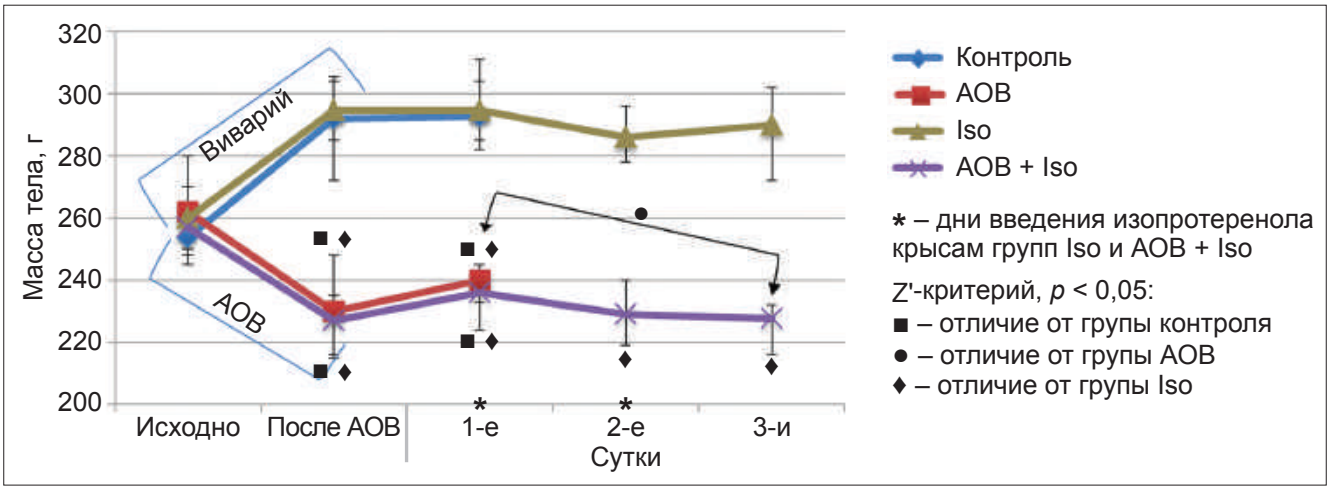


Рис. 2. Изменение массы тела.

Таблица 1

ЭКГ крыс до и после воздействий в трёх отведениях

Группа	Измерение, *n*	Амплитуда R-зубца, мВ			Длительность R-зубца, мс		
		I	II	III	I	II	III
Контроль	117	0,225 [0,16;0,29]	0,31 [0,23;0,37]	0,17 [0,12;0,2]	20,0 [19;21]	20,0 [19;21]	18,0 [18;20]
АОВ	33	0,135■ [0,07;0,18]	0,21■ [0,17;0,31]	0,125 [0,08;0,2]	19,0 [19;20]	19,5 [19;20]	18,0 [18;20]
Iso	11	0,16 [0,13;0,24]	0,18■ [0,1;0,26]	0,04■ ● [0,03;0,11]	20,0 [20;21]	20,0 [18;22]	16,0 [15;20]
АОВ + Iso	10	0,305● ◆ [0,26;0,38]	0,3 [0,25;0,33]	0,095 [0,09;0,14]	22,0 [20;22]	22,0● [21;22]	18,0 [18;18,5]
Группа	ЧСС, уд в 1 мин	Длительность, мс					
		p	PR (P-Q)	QRS	QT	QTc	RRNN
Контроль	498,0 [475;515]	28,0 [26;28]	41,0 [39;44]	30,0 [29;31]	74,0 [69;78]	212,0 [201;222]	121,0 [116;126]
АОВ	516 [490;526]	28 [28;30]	41 [38;44]	29,0 [28;30]	74 [68;78]	216 [202;224]	116 [114;122]
Iso	457,0■ ● [437;480]	28,0 [28;30]	40,0 [39;45]	31,0 [29;31]	72,0 [72;76]	202,0 [197;209]	130,0■ ● [125;137]
АОВ+Iso	411,0■ ● [393;447]	28,5 [26;30]	42,0 [40;46]	31,0● [30;32]	87,0■ ● ◆ [84;96]	236,5■ ● ◆ [227;251]	146,0■ ● [134;153]

Примечание. Представлены медианы с квартилями [Q25;Q75]. ■ – сравнение с контролем; ● – сравнение с группой АОВ; ◆ – сравнение с группой Iso; $p < 0,05$; Z'-критерий.

Электрокардиографическое исследование. Данные, полученные при регистрации ЭКГ, представлены в табл. 1. В группах АОВ и Iso наблюдали снижение амплитуды R-зубца в двух отведениях. После введения изопротеренола в группах Iso и АОВ+Iso была снижена частота сердечный сокращений и, соответственно, увеличен показатель RRNN. Также в группах с введением агониста β-адренорецепторов была выявлена тенденция к увеличению амплитуды зубца P в II и III стандартных отделениях по сравнению с исходными значениями (данные не приводятся). Характерная особенность для группы АОВ+Iso – наиболее выраженное удлинение интервала QT и QTc по сравнению с контрольной и опытными группами.

Снижение ЧСС в группах с введением изопротеренола может быть связано с выявленными нарушениями электрической проводимости миокарда, что согласуется с данными других публикаций [20, 27]. Наблюдаемая тенденция увеличения амплитудной характеристики зубца P может быть связана с продолжительной нагрузкой правых отделов сердца во время антиортостаза на фоне изменений уровня активности симпатической нервной системы [28]. Значительное снижение вольтажной характеристики R-зубца в группе Iso может свидетельствовать о поражения миокарда ишемического или воспалительного характера. По данным [29], во время микрогравитации в большинстве случаев снижается амплитуда R-зубца, что было зафиксировано в группе крыс после АОВ. В норме продолжительность интервала QT зависит от текущей частоты сердечного ритма, поэтому с диагностической целью чаще всего используют абсолютный показатель – корригированный интервал QT (QTc). Увеличение продолжительности QT- и QTc- интервалов в группе АОВ+Iso может свидетельствовать о нарушении процессов реполяризации желудочков [10, 30]. В клинике такое изменение является электрофизиологическим субстратом появления триггерной активности и, как следствие, – желудочковых аритмий [30]. При введении изопротеренола сразу после окончания антиортостатического

вывешивания наблюдали 100% гибель животных в течение 4 ч. Недавно была выдвинута гипотеза о повышенной чувствительности реакции конечных органов на нейроэндокринные стимулы, в результате длительной дезактивации. Во время космического полета [31] снижается уровень плазменного норадреналина, поэтому гиперчувствительность адренорецепторов может быть следствием адаптации к космическому полету. Сходная гиперчувствительность адренорецепторов была обнаружена у пациентов с дизавтономиями, при которых отсутствуют или резко снижены циркулирующие катехоламины. Моделированная микрогравитация производит устойчивое ингибирование симпатонейрального высвобождения, оборота и синтеза норадреналина [32]. Экспериментальные исследования показали, что микрогравитация вызывает селективное увеличение чувствительности бета-адренорецепторов [31] Эти изменения могли бы объяснить ортостатическую непереносимость [33], испытываемую астронавтами, возвращающимися из космических полетов. Можно предположить, что в настоящем эксперименте использование значительных доз агониста бета-адренорецепторов сразу после прекращения действия микрогравитации на фоне такой гиперчувствительности усилило кардиотоксический эффект изопротеренола. Недавние исследования также показали, что в условиях микрогравитации ухудшаются последствия ишемическо-реперфузионного повреждения миокарда крыс, проведенного перед хвостовым вывешиванием [17].

В табл. 2 представлены случаи нарушения сердечного ритма и электрической проводимости миокарда после воздействий трех видов. Введение изопротеренола вызывало гибель животных в те же сроки в группе Iso в 8 % случаев и в группе АОВ+Iso, при введении изопротеренола через сут после окончания АОВ в 7 % случаев. Кроме того, в группе с последовательным действием факторов отмечали значительное число случаев нарушений сердечного ритма.

Уже в течение первых суток после последней инъекции изопротеренола наблюдали достоверные изменения в электрической проводимости миокарда, причем в группе с воздействием двух факторов (АОВ+Iso) наблюдаемые электрокардиографические сдвиги носили более выраженный характер, также был увеличен процент встречаемости аритмий.

Таблица 2

Процент экспериментальных животных с нарушениями ЭКГ

Группа	Появление зубца Q, %	Нарушение QRS-комплекса, %	Нарушение ритма, %
АОВ	0	3	3
Iso	9	18	0
АОВ + Iso	10	10	40• ◆

Примечание. • – отличие от группы АОВ; ◆ – отличие от группы Iso; $p < 0,05$; критерий углового преобразования Фишера.

Эхокардиографическое исследование (ЭхоКГ). Для оценки структурно-функциональных изменений в миокарде, вызванных моделированием микрогравитации с последующим введением изопротеренола или без него, часть животных подвергли ЭхоКГ. При анализе результатов конечные систолический и диастолический размеры левого желудочка в разных группах животных достоверных отличий не имели. В группе АОВ в день окончания вывешивания наблюдали снижение фракции укорочения и фракции выброса. В группе АОВ+Iso наблюдали более выраженное снижение функциональной активности сердца, однако количество крыс было недостаточным для статистического анализа (рис. 3, *а*).

Индекс массы сердца. В группе после АОВ достоверных изменений индекса сердца не наблюдали. Введение изопротеренола привело к увеличению индекса массы сердца, причем в группе АОВ+Iso данный показатель изменялся в наибольшей степени (рис. 3, *б*).

Динамика развития сердечной дисфункции после введения изопротеренола достаточно хорошо изучена. Его введение вызывает дилатационные изменения сердца, характеризующиеся уменьшением ФВ, ФУ и увеличением размеров левого желудочка [20, 21, 34]. Наблюдаемые изменения в опытных группах: снижение ФУ и ФВ левого желудочка, свидетельствуют об уменьшении сократительной функции миокарда, формировании систолической дисфункции, которые могут повлечь за собой развитие сердечной недостаточности [22].

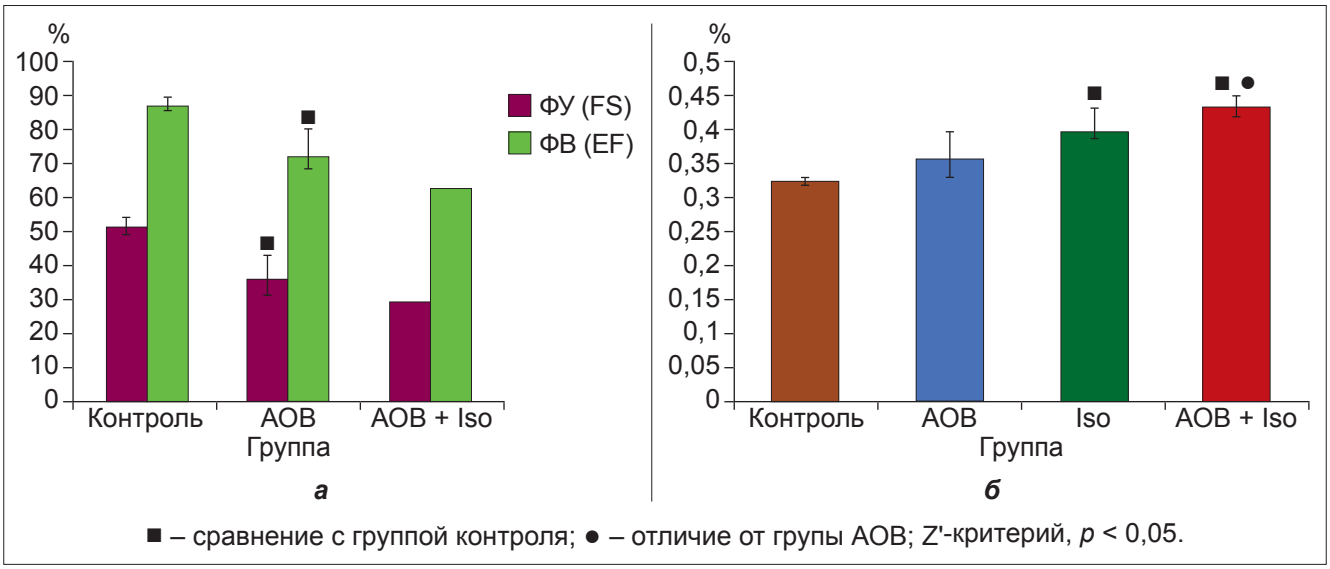


Рис. 3. Структурно-функциональные изменения миокарда после окончания воздействий: а – эхокардиографическое исследование миокарда крыс; б – индекс массы сердца.

Вместе с увеличенным массовым индексом сердца крыс в группах Iso и АОВ+Iso, нарушения, зарегистрированные с помощью ЭхоКГ, могут отражать развитие гипертрофических процессов в миокарде.

Исследование клеток крови. Общее количество лейкоцитов в группах не различалось. АОВ не оказало влияния на изменения количества лейкоцитов в крови, наблюдали лишь тенденцию к снижению содержания лимфоцитов. Введение изопротеренола вызывало тенденцию к увеличению числа нейтрофилов, а при воздействии двух факторов – их достоверное увеличение (рис. 4, *а*). Также в группе АОВ+Iso наблюдали увеличенное содержание моноцитов (рис. 4, *б*).

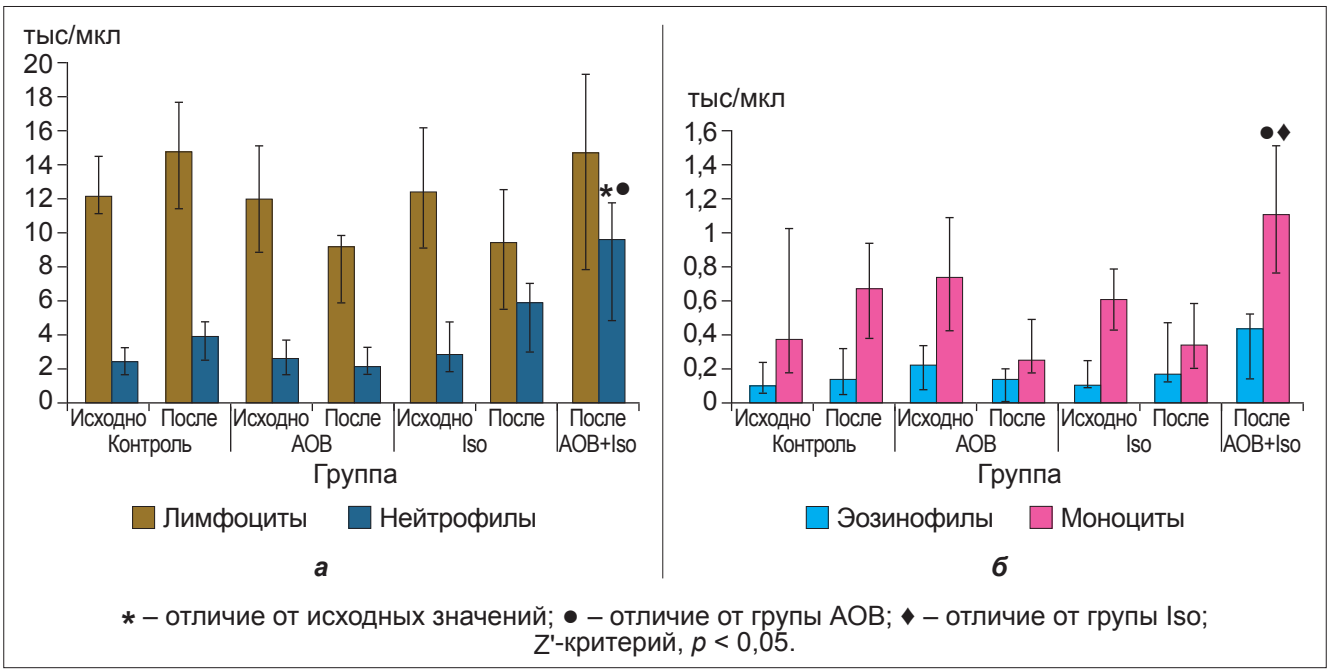


Рис. 4. Изменение количества клеток крови крыс: а – изменение абсолютного числа лимфоцитов и нейтрофилов; б – изменение абсолютного числа эозинофилов и моноцитов.

Исходные значения группы Контроль соответствуют исходным значениям для группы АОВ+Iso.

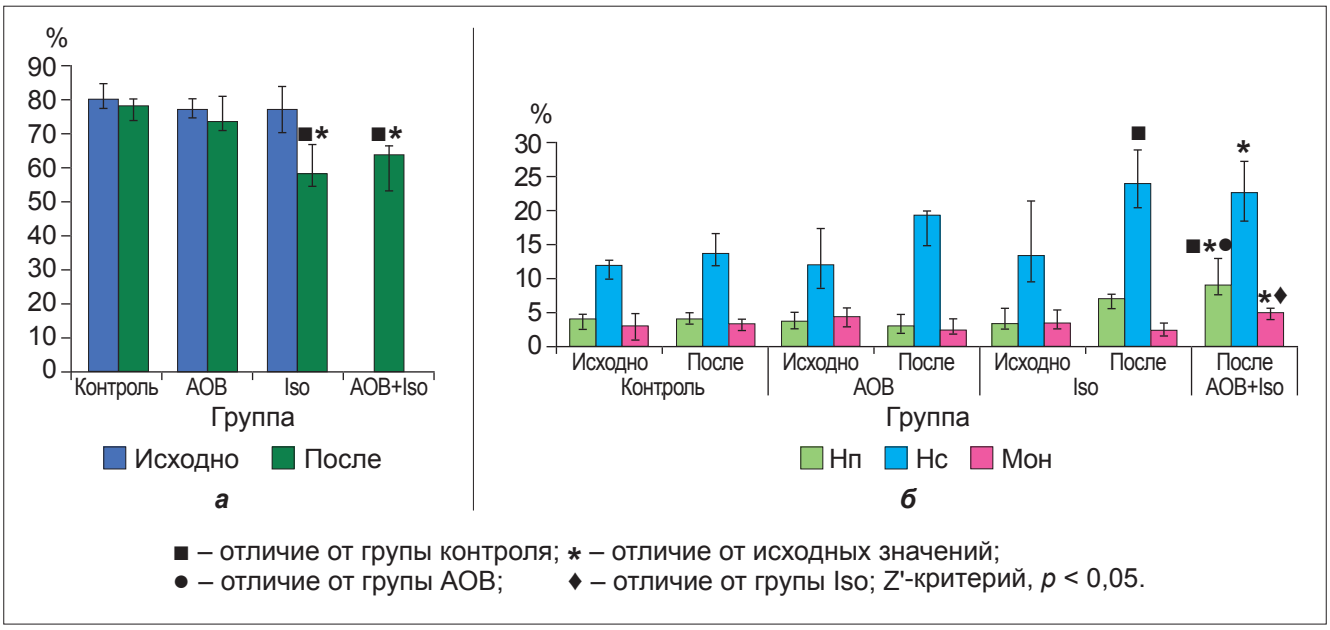


Рис. 5. Лейкоцитарная формула крови крыс: а – процентное содержание лимфоцитов; б – процентное содержание палочко- и сегментоядерных нейтрофилов, моноцитов.
Исходные значения группы контроль соответствуют исходным значениям для группы АОВ+Iso.

Анализ лейкоцитарной формулы крови показал, что в группе после АОВ наблюдали повышение процентного содержания сегментоядерных нейтрофилов (Нс), не достигающего уровня статистической значимости (рис. 5, *б*). В двух группах с экспериментальным ИМ было снижено процентное содержание лимфоцитов (рис. 5, *а*) и повышен процент встречаемости сегментоядерных нейтрофилов. Кроме того, в группе АОВ+Iso было повышено процентное содержание моноцитов (Мон) и палочкоядерных нейтрофилов (Нп) (см. рис. 5, *б*).

При неблагоприятных воздействиях различной природы регистрируют снижение как процентного, так и абсолютного количества лимфоцитов и повышение нейтрофилов. За счет этого уменьшается отношение лимфоциты/нейтрофилы, наблюдаемое в нашей работе в группах крыс с введением изопротеренола. Такой сдвиг в картине крови рассматривают как неспецифическое проявление стресс-реакции в ответ на экстремальный стимул, в том числе и на факторы КП [18, 35]. Изопротеренол-индуцированные ишемические изменения в миокарде сопровождаются воспалительными процессами [36], вследствие которых происходит повышение в крови числа нейтрофилов и моноцитов, зарегистрированное в группе АОВ+Iso [37]. Таким образом, наиболее глубокие сдвиги в клеточном составе крови были характерны для крыс группы АОВ+Iso, включающие в себя как действие моделируемых эффектов микрогравитации так и, возможно, развитие воспалительной реакции под действием изопротеренола.

Микрогравитацию считают одним из ведущих стресс-факторов, оказывающих влияние на организм в течение космического полета [1]. Сохранность гомеостаза в значительной степени зависит от компенсаторных возможностей организма, которые предотвращают или нивелируют развитие дисбаланса в системе крови при воздействии экстремальных факторов внешней среды [38]. При обнаружении изменения количества клеток крови, характерного для неспецифической реакции организма в ответ на экстремальный стимул, было решено исследовать изменения содержания стресс-гормона кортикостерона в крови крыс.

Изменение уровня сывороточного кортикостерона. В группе крыс после антиортостатического вывешивания наблюдали повышение уровня сывороточного кортикостерона, являющегося маркером стресс-реакции. Введение изопротеренола крысам двух опытных групп

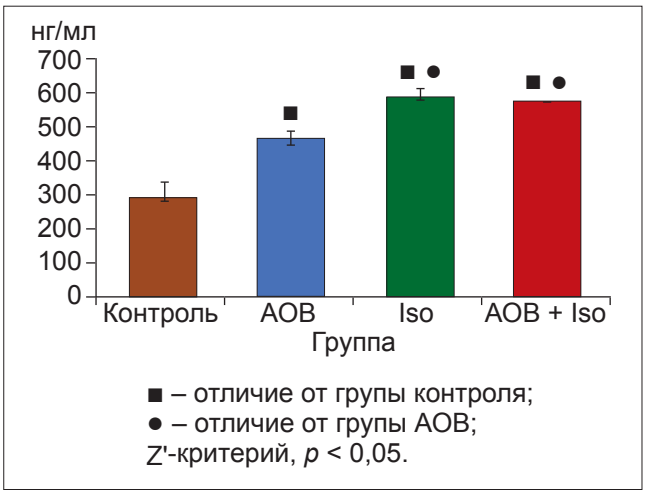


Рис. 6. Уровень сывороточного кортикостерона после воздействия.

(Iso и АОВ+Iso) приводило к более значительному нарастанию уровня гормона в крови (рис. 6).

Глюкокортикоидные гормоны способствуют мобилизации энергетических ресурсов, участвуя в осуществлении приспособительных реакций организма в ответ на стрессогенный фактор. Стресс-агенты, наряду с наличием какого-либо патологического процесса в организме, действуют на активность синтеза кортикостероидов и на содержание данных гормонов в крови, влияя на состояние системы гомеостаза крови [38, 39]. Введение изопротеренола вызвало резкое повышение уровня кортикостерона в крови крыс, поэтому на данный момент сложно сказать, вызывает ли сочетанное действие двух факторов более сильный стресс, чем просто введение изопротеренола без предварительного вывешивания.

Лазерная корреляционная спектроскопия. Двухнедельное антиортостатическое вывешивание привело к повышению процентного вклада в светорассеяние частиц крупного (165–223 нм) гидродинамического радиуса и в большей степени – малого (4–11 нм). Введение изопротеренола повлияло на субфракционный состав сыворотки крови в сторону более выраженного возрастания процента вклада частиц малого гидродинамического радиуса (1,9–15,3 нм), причем в группе АОВ+Iso данный сдвиг менее выражен, чем в группе Iso (рис. 7).

Представленные результаты согласуются с данными, полученными ранее на мышах, где было показано, что действие микрогравитации как в течение КП, так и при ее моделировании [40–32] приводит к повышению доли низкомолекулярной фракции частиц сыворотки крови. Возрастание процента частиц малого гидродинамического радиуса, выявленное при моделировании микрогравитации и постинфарктной сердечной недостаточности, может служить показателем происходящей клеточной деструкции [23], которая, в свою очередь, вызывает развитие воспалительной реакции, в процессе которой выделяются цитокины, привносящие вклад в низкомолекулярную фракцию частиц крови. Дополнительно к этому, провоспалительные цитокины индуцируют p53-независимый апоптоз, усиливающий тканевую деградацию [43].

В процессе адаптации организма к изменениям окружающей среды, к которым относят и действие микрогравитации, происходит модификация системы гомеостаза, направление

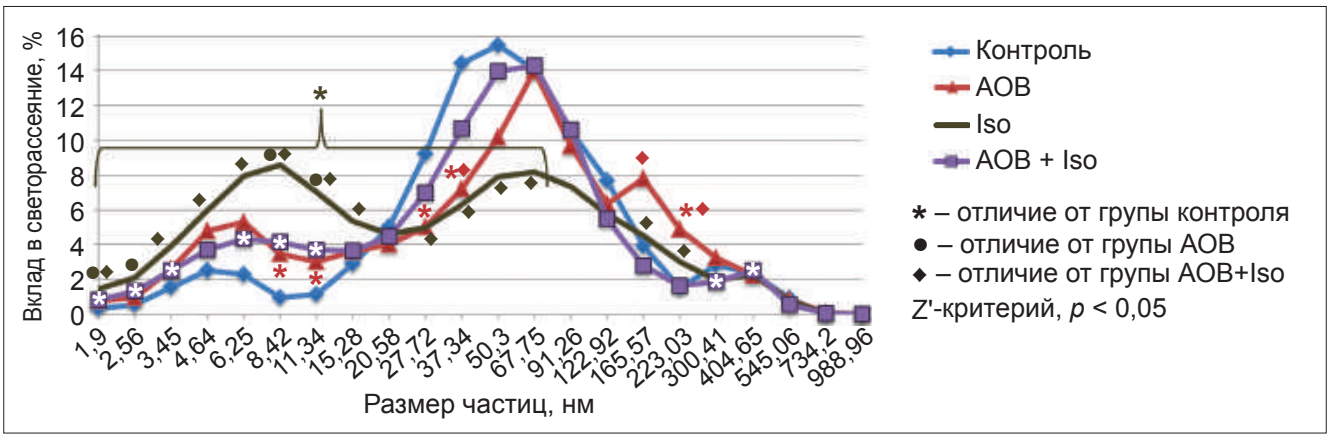


Рис. 7. График лазерной корреляционной спектроскопии сыворотки крови крыс после воздействия.

которой зависит от природы соответствующего действующего фактора. Известно, что в интегральных системах организма сдвиги, формирующиеся при развитии патологического процесса, отличаются выраженным индивидуальным полиморфизмом. В настоящей работе исследовали последовательное действие моделированной микрогравитации и эффектов введения изопротеренола. Показано, что масса тела животных снижается под действием АОВ и АОВ+Iso, причем ее снижение при действии обоих факторов было более выражено. Электрокардиографическое исследование показало значимые изменения в амплитуде R-зубца, длительности интервалов QT, QTc, величинах ЧСС. При анализе ЭхоКГ наблюдали снижение фракции выброса и фракции укорочения в день окончания вывешивания в группе АОВ и АОВ+Iso при сочетанном действии факторов, что может свидетельствовать о развитии систолической недостаточности миокарда. Выявлены значимые изменения отношения массы сердца к массе тела при действии изопротеренола на интактных крыс и животных после АОВ. На клеточном уровне наблюдали изменения в содержании иммунокомпетентных клеток – лимфоцитов, нейтрофилов и, только в группе АОВ+Iso, моноцитов. На малых сроках эффекты исследуемых факторов на субфракционный состав сыворотки крови привели к увеличению процентного вклада частиц малого гидродинамического радиуса в разной степени. Обнаружено повышение уровня сывороточного кортикостерона в опытных группах, наиболее выраженное при действии изопротеренола отдельно и в сочетании с АОВ. Исходя из результатов, полученных при исследовании срочных реакций организма на экстремальные факторы, можно сделать следующие выводы:

1. Антиортостатическое вывешивание приводит к снижению массы тела, введение изопротеренола крысам после АОВ вызывает более выраженную потерю массы тела.

2. Моделирование микрогравитации с последующим введением изопротеренола приводит к развитию более выраженных нарушений электрической проводимости миокарда по сравнению с другими группами и развитию сердечной недостаточности вплоть до гибели животных.

3. Увеличение индекса сердца может свидетельствовать о развитии гипертрофии миокарда в группах с введением изопротеренола.

4. На клеточном и молекулярном уровнях действие изопротеренола после антиортостатического вывешивания приводит к значимым сдвигам гомеостаза системы крови крыс.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА
(пп. 2, 4, 7, 9, 11–17, 23, 26, 27, 29, 31–34, 36, 42, 43 см. в REFERENCES)

1. Газенко О.Г., Григорьев А.И., Егоров А.Д. *Физиологические проблемы невесомости. Под ред. О.Г. Газенко, И.И. Касьян.* М.: Изд-во Медицина; 1990.
3. Качаева Е.В., Ушаков И.Б., Шенкман Б.С. Функции протеолитических систем скелетных мышц в условиях гравитационной разгрузки: факты и гипотезы. *Успехи физиологических наук*. 2012; 43(3): 3-20.
5. Григорьев А.И. *Концепция здоровья и проблема нормы в космической медицине.* М.: Изд-во «Слово»; 2001.
6. Ушаков И.Б., Орлов О.И., Баевский Р.М., Берсенев Е.Ю. и др. Концепция здоровья: Космос – Земля. *Физиология человека*. 2013; 39(2): 5-9.
8. Григорьев А.И., Баранов В.М. Сердечно-сосудистая система человека в условиях космического полета. *Вестник РАМН*. 2003; 12: 41-45.
10. Ахметзянова С.В., Киблер Н.А., Нужный В.П. и др. Влияние антиортостатической гипокинезии на последовательность деполяризации, реполяризации миокарда и гемодинамические показатели сердца собаки. *Известия Коми научного центра УрО РАН*. 2014; 1(17): 43-50.
18. Серова Л.В. Реакция крыс, перенесших космический полет, на иммобилизованный стресс. *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1983; 17(1): 52-8.
19. Ильин В.А., Новиков В.Е. Стенд для моделирования физиологических эффектов невесомости в лабораторных экспериментах с крысами. *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1980;14(3):79-80.
20. Капелько В.И., Лакомкин В.Л., Лукошкова Е.В. и др. Комплексное исследование сердца крыс при поражении изопротеренолом. *Кардиология*. 2014; 54(3): 46-56.
21. Северова Е.А., Беркинбаев С.Ф., Нугманова М.Н. и др. Влияние аллагенных влияние аллогенных гемопоэтических стволовых/прогениторных клеток, обработанных IL-3, на структурнофункциональные изменения сердца при экспериментальной постинфарктной сердечной недостаточности в отдаленные сроки. *Гены и клетки*. 2015; 10(1): 103-10.
22. Крыжановский С.А., Ионова Е.О., Столярук В.Н. и др. Особенности ремоделирования миокарда в острейшую фазу экспериментального инфаркта миокарда. *Физиология человека*. 2012; 38(6): 43-52.

24. Лебедева М.А., Медведева Ю.С., Мирзоян Р.С. и др. Интегральная оценка сдвигов в сывороточном гомеостазе при экспериментальном инфаркте миокарда. *Патологическая физиология и экспериментальная терапия*. 2013; 57(4): 35-40.
25. Меньшиков В.В., Делекторская Л.Н., Золотницкая Р.П. и др. *Лабораторные методы исследования в клинике: справочник.* М.: Изд-во Медицина; 1987.
28. Кабулова А.З., Иванов Г.Г., Пащенко А.В., Баевский Р.М. Диагностическая и прогностическая значимость метода электрокардиографии высокого разрешения при действии факторов космического полета. *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2007; 2: 29-34.
30. Фурман Н.В., Шматова С.С. Клиническое значение удлинения интервалов QT и QTC на фоне приёма лекарственных препаратов. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2013; 9(3): 311-5.
35. Антонишкинс Ю.А., Лобзин А.А., Несмеянов А.А. и др. Новые представления о механизме защитной реакции клеток крови на экстремальное воздействие. *Вестник новых медицинских технологий*. 2012; 19(1): 24-8.
37. Назаренко Г.И., Кишкун А.А. *Клиническая оценка результатов лабораторных исследований: практич. рук-во.* М.: Изд-во Медицина; 2000.
38. Кузичкин Д.С., Маркин А.А., Воронцов А.Л. и др. Комплексная оценка системы гемостаза у испытателей в эксперименте «МАРС-500». *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2015; 49(3): 19-24.
39. Селятицкая В.Г., Андросова Е.Н., Пальчикова Н.А., Кузьминова О.И. Реакция коры надпочечников крыс на действие бальнеологического фактора при хроническом воспалении. *Фундаментальные исследования*. 2011; 10-13: 593-7.
40. Алчинова И.Б., Архипова Е.Н., Медведева Ю.С. и др. *Дифференциация клеточно-метаболических эффектов у мышей. В книге «Космический научный проект «Бион-М1»: медико-биологические эксперименты и исследования». Под ред. А.И. Григорьева*. М.: Изд-во ГНЦ РФ-ИМБП РАН; 2016: 427-35.
41. Медведева Ю.С., Яковенко Е.Н., Алчинова И.Б. Оценка радиационно-индуцированного апоптоза в клетках костного мозга и сдвигов в составе плазмы крови мышей после экспозиции на субмагнитосферной орбите (биоспутник Бион-М №1). *Патогенез*. 2016; 14(2): 38-42.

R E F E R E N C E S

1. Gazenko O.G., Grigor'ev A.I., Egorov A.D. *Physiological problems of weightlessness [Fiziologicheskie problemy nevesomosti]*. Ed. by O.G. Gazenko, I.I. Kas'yan. Moscow: Izdatelstvo Meditsina; 1990. (in Russian)
2. Latchney S.E., Rivera Ph.D., Mao X.W. et al. The effect of spaceflight on mouse olfactory bulb volume, neurogenesis, and cell death indicates the protective effect of novel environment. *Journal of Applied Physiology*. 2014; 116(12): 1593-604.
3. Kachaeva E.V., Ushakov I.B., SHenkman B.S. Activity of the skeletal muscle proteolytic systems during functional unloading. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk*. 2012; 43(3): 3-20. (in Russian)
4. Thiel C.S, Paulsen K., Bradacs G. et al. Rapid alterations of cell cycle control proteins in human T lymphocytes in microgravity. *Cell Communication and Signaling*. 2012; 10(1): doi.org/10.1186/1478-811X-10-1
5. Grigor'ev A.I. *The concept of health and the problem of the norm in space medicine [Kontseptsiya zdorov'ya i problema normy v kosmicheskoj meditsine]*. Moscow: Izdatelstvo Slovo; 2001. (in Russian)
6. Ushakov I.B., Orlov O.I., Baevskij R.M., Bersenev E.YU. et al..Conception of health: Space-Earth. *Fiziologiya cheloveka*. 2013; 39(2): 5-9.(in Russian)
7. Herault S., Fomina G., Alferova I. et al. Cardiac, arterial and venous adaptation to weightlessness during 6 month MIR spaceflights with and without thigh cuffs (bracelets). *Europe Journal of Applied Physiology*. 2000; 81: 384-90.
8. Grigor'ev A.I., Baranov V.M. The human cardiovascular system under the conditions of a space flight. *Vestnik RAMN*. 2003; 12: 41-5. (in Russian)
9. Aubert A.E., Larina I., Momken I. et al. Towards human exploration of space: the THESEUS review series on cardiovascular, respiratory, and renal research priorities. *NPJ Microgravity*. 2016(2): doi.org/10.1038/npjmgrav.2016.31
10. Akhmetzyanova S.V., Kibler N.A., Nuzhnyj V.P. et al. Effect of antiorthostatic hypokinesia on the sequence of the myocardial depolarization and repolarization of ventricles and hemodynamic indices of the heart in dog. *Izvestiya Komi nauchnogo tsentra UrO RAN*. 2014; 1(17): 43-50. (in Russian)
11. Morey-Holton E.R., Globus R.K., Kaplansky A., Durnova G. The hindlimb unloading rat model: literature overview, technique update and comparison with space flight data. *Space Biology and Medicine*. 2005; 10: 7-40.
12. Watenpaugh D.E. Analogs of microgravity: head-down tilt and water Immersion. *Journal of Applied Physiology*. 2016; 120: 904-14.
13. Katuntsev V.P, Osipov Y.Y., Barer A.S. et al. The main results of EVA medical support on the Mir Space Station. *Acta Astronautica*. 2004; 54(8): 577-83. (in Russian)
14. Fortrat J.O., Sigaudo D., Hughson R.L. et al. Effect of prolonged head-down bed rest on complex cardiovascular dynamics. *Autonomic Neuroscience*. 2001; 86: 192-201.
15. Blomqvist C.G., Buckey J.C., Gaffney F.A. et al. Mechanisms of post-flight orthostatic intolerance. *Journal of gravitational physiology*. 1994; 1: 122-4.
16. Custaud M.-A., de Souza Neto E.P., Abry P. et al. Orthostatic tolerance and spontaneous baroreflex sensitivity in men versus women after 7 days of head-down bed rest. *Autonomic Neuroscience*. 2002; 100: 66-76.
17. Lu Y.M., Jiao B., Lee J. et al. Simulated microgravity increases myocardial susceptibility to ischemia reperfusion injury via a deficiency of AMP activated protein kinase. *Can. Journal of Physiology and Pharmacology*. 2017; 95: 59-71.
18. Serova L.V. The reaction of rats to immobilized stress after space flight. *Kosmicheskaya biologiya i aviakosmicheskaya meditsina.* 1983; 17(1): 52-8.(in Russian)

19. Il'in V.A., Novikov V.E. Stand for modeling the physiological effects of weightlessness in laboratory experiments with rats. *Kosmicheskaya biologiya i aviakosmicheskaya meditsina*. 1980; 14(3): 79-80. (in Russian)
20. Kapel'ko V.I., Lakomkin V.L., Lukoshkova E.V. et al. Complex Study of the Rat Heart at Isoproterenol Damage. *Kardiologiyaя*. 2014; 54(3): 46-56.(in Russian)
21. Severova E.A., Berkinbaev S.F., Nugmanova M.N. et al. Influence of allogeneic hematopoietic stem/progenitor cells treated with IL-3 on structural-functional heart changes under experimental postinfarction heart failure in long-term period of observation. *Geny i kletki*. 2015; 10(1): 103-10.(in Russian)
22. Kryzhanovskij S.A., Ionova E.O., Stolyaruk V.N. et al. Peculiarities of Myocardial Remodeling in the Acutest Phase Experimental Myocardial Infarction in Rats. *Fiziologiya cheloveka*. 2012; 38(6): 43-52.(in Russian)
23. Karganov M., Alchinova I., Arkhipova E., Skalny A.V. *Laser correlation spectroscopy: Nutritional, ecological, and toxic aspects. In "Biophysics"*. Ed. by. A.N. Misra. Rijeka, Croatia: InTech; 2012: 1-16.
24. Lebedeva M.A., Medvedeva YU.S., Mirzoyan R.S. et al. Integrated assessment of serum homeostasis shifts in experimental myocardial infarction. *Patologicheskaya fiziologiya i ehksperimental'naya terapiya*. 2013; 57(4): 35-40.(in Russian)
25. Men'shikov V.V., Delektorskaya L.N., Zolotnitskaya R.P. et al. *Laboratory research methods in the clinic: a handbook [Laboratornye metody issledovaniya v klinike: spravochnik]*. oscow.: Izdatelstvo Meditsina; 1987. (in Russian)
26. Bederman I.R., Lai N., Shuster J. et al. Chronic hindlimb suspension unloading markedly decreases turnover rates of skeletal and cardiac muscle proteins and adipose tissue triglycerides. *Journal of Applied Physiology*. 1985; 119(1): 16-26.
27. Filla L., Francisco J.C., Simeoni R.B. et al. Isoproterenol-Induced Intramural Cytotoxicity Does Not Correlate with Echocardiographic Functional Abnormalities in Wistar Rat Hearts. *Cardiovascular Pharmacology: Open Access*. 2015; 4(5): doi.org/10.4172/2329-6607.1000165
28. Kabulova A.Z., Ivanov G.G., Paschenko A.V., Baevsky P.M. et al. Diagnostic and prognostic validity of high-resolution electrocardiography under the conditions of space flight. *Aviakosmicheskaya i ehkologicheskaya meditsina*. 2007; 2: 29-34. (in Russian)
29. Saltykova M., Capderou A., Atkov O. et al. Variations of intrathoracic amount of blood as a reason of ECG voltage changes. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*. 2003; 8(4): 321-32.(in Russian)
30. Furman N.V., SHmatova S.S. Clinical significance of drug-induced intervals QT and QTc prolongation. *Ratsional'naya farmakoterapiya v kardiologii*. 2013; 9(3): 311-5.(in Russian)
31. Convertino V.A., Polet J.L., Engelke K.A. et al. Increased beta-adrenergic responsiveness induced by 14 days exposure to simulated microgravity. *J Gravit Physiol*. 1995; 2(1): 66-7.
32. Berlan M., Verhaeghe S., Pavy-Le T.A., et al. Yohimbine administration prevents over-responsiveness to epinephrine induced by simulated microgravity. *Aviat Space Environ Med*. 2002; 73(8): 735-42.
33. Meck J.V., Waters W.W., Ziegler M.G., et al. Mechanisms of postspaceflight orthostatic hypotension: low alpha1-adrenergic receptor responses before flight and central autonomic dysregulation postflight. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2004; 286(4): 1486-95.
34. Woodiwiss A.J., Tsotetsi O.J., Sprot S. et al. Reduction in myocardial collagen cross-linking parallels left ventcular dilatation in rat model of systolic chamber dysfunction. *Circulation*. 2001; 103: 155-60.
35. Antonishkins YU.A., Lobzin A.A., Nesmeyanov A.A et al. New representation about the mechanism of protective reaction of blood cells to extreme exposure. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologij*. 2012; 19(1): 24-8. (in Russian)
36. Shukla S.K., Sharma S.B., Singh U.R. b-Adrenoreceptor agonist isoproterenol alters oxidative status, inflammatory signaling, injury markers and apoptotic cell death in myocardium of rats. *Indian journal of clinical biochemistry*. 2015; 30(1): 27-34.
37. Nazarenko G.I., Kishkun A.A. *Clinical evaluation of laboratory results: a practical guide [Klinicheskaya otsenka rezul'tatov laboratornykh issledovanij: praktich. ruk-vo]*. Moscow: Izdatelstvo Meditsina; 2000. (in Russian)
38. Kuzichkin D.S., Markin A.A., Vorontsov A.L. et al. Comprehensive assessment of the hemostasis system in test-subjects in experiment «MARS-500». *Aviakosmicheskaya i ehkologicheskaya meditsina*. 2015; 49(3): 19-24. (in Russian)
39. Selyatitskaya V.G., Androsova E.N., Pal'chikova N.A., Kuz'minova O.I. Rats adrenal cortex reactions on balneal factor influence at chronic inflammation. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2011; 10-13: 593-7. (in Russian)
40. Alchinova I.B., Arhipova E.N., Medvedeva YU.S. et al. *Differentiation of cellular-metabolic effects in mice. In book: Space scientific project "Bion-M1": biomedical experiments and research [Kosmicheskij nauchnyj proekt «Bion-M1»: mediko-biologicheskie eksperimenty i issledovaniya]*. Ed. by A.I. Grigor'ev. M.: Izdatelstvo GNC RF-IMBP RAN; 2016; 427-35. (in Russian)
41. Medvedeva YU.S., YAkovenko E.N., Alchinova I.B. Evaluation of radiation-induced apoptosis in bone marrow cells and changes in composition of the blood plasma of mice after exposure to submagnetosphere orbit (biosatellite BION-M №1). *Patogenez*. 2016; 14(2): 38-42. (in Russian)
42. Karganov M., Shenkman B., Sychev V.et al. *Differentiation of changes in serum homeostasis of laboratory animals after spaceflight on board of the BION-M1 satellite. In abstract book "40th COSPAR Scientific Assembly"*. Moscow; 2014: F4.6-7-14. (in Russian)
43. Mukherjee D., Coates Ph.J., Lorimore S.A., Wright E.G. Responses to ionizing radiation mediated by inflammatory mechanisms. *Journal of Pathology*. 2014; 232(3): 289-99.

Поступила 13 августа 2019
Принята в печать 28 февраля 2020

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Торшин Г.С., Бумай О.К., Малинина С.В.

АНАЛИЗ НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ ДОКУМЕНТОВ В ОБЛАСТИ МОРСКОЙ И ВОДОЛАЗНОЙ МЕДИЦИНЫ

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины»
Федерального медико-биологического агентства, 196143, г. Санкт-Петербург

Введение. *Для минимизации возможных экономических, политических (в том числе и геополитических) потерь Российской Федерации в области освоения ресурсов Мирового океана необходима научно-исследовательская целенаправленная работа по приведению отечественных норм и правил в соответствии с требованиями международных организаций и договоров. Целью работы явилось обоснование перспективных направлений совершенствования нормативно-правовой базы в области морской и водолазной медицины.*

Материал и методы. *При проведении работы были проанализированы более 100 нормативно-правовых документов, регламентирующих мероприятия по медицинскому обеспечению профессиональной деятельности экипажей морских и речных судов, водолазов и кессонщиков в Российской Федерации с применением методов теоретического и эмпирического исследования.*

Результаты и обсуждение. *На основании проведенных исследований и анализа нормативно-правовых документов были разработаны руководящие документы, регламентирующие мероприятия по медицинскому обеспечению профессиональной деятельности экипажей морских и речных судов, водолазов и кессонщиков в Российской Федерации, такие как проект приказа Минздрава России «Об утверждении требований к наличию на судах медицинских работников», проект нормативного правового документа «Профессиональный стандарт «Судовой медицинский работник», проект приказа Минздрава России «Об утверждении положения о подразделении судовой медицины медицинской организации», проект приказа Минздрава России «Об утверждении требований к комплектации судовой аптечки», проект нормативно-правового акта, регулирующего вопросы проведения медицинскими организациями медицинских консультаций по радио или по спутниковой связи судам, находящимся в море, Санитарные правила, регламентирующие санитарно-эпидемиологические требования к физическим, химическим и биологическим факторам среды обитания водолазов, водолазов-глубоководников и кессонщиков. Исходя из результатов, полученных при анализе нормативно-правовых документов, можно сделать следующие выводы: Разработанные документы внесут существенный вклад в совершенствование нормативно-правовой базы в области морской и водолазной медицины, значительно повысят качество медицинского обеспечения экипажей морских и речных судов, оказания первичной доврачебной и врачебной медико-санитарной помощи, проведения санитарно-противоэпидемических мероприятий, позволят регламентировать санитарно-эпидемиологические требования к факторам среды обитания водолазов, водолазов-глубоководников и кессонщиков.*

Ключевые слова: *нормативно-правовые документы; морская и водолазная медицина.*

Для цитирования: Торшин Г.С., Бумай О.К., Малинина С.В. Анализ нормативно-правовых документов в области морской и водолазной медицины. *Медицина экстремальных ситуаций.* 2020; 22(1): 104-108.

Для корреспонденции: *Бумай Олег Константинович*, кандидат мед. наук, доцент, заведующий лабораторией судовой и водолазной медицины ФГУП «НИИ промышленной и морской медицины» ФМБА России, 196143, г. Санкт-Петербург. E-mail: wmaotms@yandex.ru

---

Torshin G.S., Bumai O.K., Malinina S.V.

THE ANALYSIS OF NORMATIVE-LEGAL DOCUMENTS IN THE FIELD OF MARINE AND DIVING MEDICINE

Research Institute of Industrial and Marine Medicine of the Federal Medical Biological Agency,
Saint-Petersburg, 196143, Russian Federation

Based on the research and analysis of regulatory documents, guidelines were developed to regulate measures for medical support of professional activities of sea and river vessel crews, divers and caissons in the Russian Federation, such as the draft order of the Ministry of health of the Russian Federation

«On approval of requirements for the presence of medical workers on ships», the draft regulatory legal document as Professional standard: "Ship's medical worker», the draft order of the Ministry of health of Russia «About the statement of regulations about division of marine medicine medical organization», the draft order of the Ministry of health of Russia «On approval of requirements to the equipment of the ship kit», a draft regulatory act governing the conduct of medical organizations of medical advice by radio or satellite communication to vessels at sea, Sanitary rules on the sanitary-epidemiological requirements for physical, chemical and biological factors of the environment of divers, deep-sea divers and caissons. Based on the results obtained in the analysis of legal documents, we can draw the following conclusions: The developed documents will make a significant contribution to improving the legal framework in the field of marine and diving medicine, significantly improve the quality of medical support for the crews of sea and river vessels, providing primary pre-medical and medical health care, conducting sanitary and anti-epidemic measures, will allow regulating sanitary and epidemiological requirements for the factors of the environment of divers, deep-sea divers and caissons.

K e y w o r d s : *regulatory documents; marine and diving medicine.*

For citation: Torshin G.S., Bumai O.K., Malinina S.V. The analysis of normative-legal documents in the field of marine and diving medicine. *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy (Medicine of Extreme Situations, Russian journal)* 2020; 22(1): 104-108. (In Russian)

For correspondence: *Oleg K. Bumai*, Ph.D., associate professor, Head of the Laboratory of Ship and Diving Medicine of the Research Institute of Industrial and Marine Medicine of the Federal Medical and Biological Agency, Saint-Petersburg, 196143, Russian Federation. E-mail: wmaotms@yandex.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received February 18, 2020
Accepted February 28, 2020

Введение

Система международных норм правового регулирования медицинского обслуживания моряков сложна и включает множество заинтересованных сторон. Для минимизации возможных экономических, политических (в том числе и геополитических) потерь Российской Федерации в области освоения ресурсов Мирового океана необходима научно-исследовательская целенаправленная работа по приведению отечественных норм и правил в соответствии с требованиями международных организаций и договоров.

Необходимо привести в соответствие нормативно-правовую базу Российской Федерации с требованиями Конвенции Международной организации труда (МОТ) 2006 г. «О труде в морском судоходстве», ратифицированной Российской Федерацией в 2012 г. [1–3].

Конвенция предъявляет ряд требований к подготовке моряков по оказанию первой помощи, созданию Реестра медицинских организаций, имеющих право проводить медицинские осмотры и освидетельствование моряков, требования к организации проведения медицинских консультаций судам в море (рейсе).

Существует необходимость создания системы обслуживания моряков, которая учитывает специфику труда в морском и речном флоте Российской Федерации и соответствует требованиям Конвенции.

Актуальность работы заключается в необходимости повышения качества медицинского обеспечения экипажей морских и речных судов, оказания первичной доврачебной и врачебной медико-санитарной помощи, проведения санитарно-противоэпидемических мероприятий, в разработке санитарно-эпидемиологических требований к факторам среды обитания водолазов, водолазов-глубоководников и кессонщиков [4–5].

Целью работы – обоснование перспективных направлений совершенствования нормативно-правовой базы в области морской и водолазной медицины.

Материал и методы

Основанием для проведения научно-исследовательской работы «Обоснование перспективных направлений совершенствования нормативно-правовой базы и методического обеспечения в области морской и водолазной медицины» (шифр «Шторм-19») являлся государственный контракт № 35.321.19.0 от 10 июня 2019 года.

Результаты анализа нормативно-правовых документов в области морской и водолазной медицины					
Разработанная научно-техническая продукция	ФЗ РФ, Постановления Правительства РФ, Приказы МЗ РФ	ГОСТ, СанПиН, СП, РД	Руководящие документы МО РФ	Международные документы	Справочные материалы, отзывы, отчеты и др.
Проект приказа Минздрава России «Об утверждении требований к наличию на судах медицинских работников»	1	–	–	1	–
1-я редакция проекта приказа Минздрава России «Об утверждении требований к комплектации судовой аптечки»	4	1	–	1	1
Проект нормативного правового документа «Профессиональный стандарт «Судовой медицинский работник»	2	1	–	1	–
Проект приказа Минздрава России «Об утверждении положения о подразделении судовой медицины медицинской организации»	2	–	–	–	–
Сводка отзывов по результатам рассмотрения 1-й редакции проекта приказа Минздрава России «Об утверждении требований к комплектации судовой аптечки»	–	–	–	–	8
2-я редакция проекта приказа Минздрава России «Об утверждении требований к комплектации судовой аптечки»	4	1	–	1	1
Проект нормативно–правового акта, регулирующего вопросы проведения медицинскими организациями медицинских консультаций по радио или по спутниковой связи судам, находящимся в море	3	–	–	1	–
Санитарные правила СП 2.2.9.XXX–201X «Санитарно–эпидемиологические требования к физическим, химическим и биологическим факторам среды обитания водолазов»	2	6	2	–	6
Санитарные правила СП 2.2.9.XXX–201X «Санитарно–эпидемиологические требования к физическим, химическим и биологическим факторам среды обитания водолазов–глубоководников»	2	6	2	–	6
Санитарные правила СП 2.2.9.XXX–201X «Санитарно–эпидемиологические требования к физическим, химическим и биологическим факторам среды обитания кессонщиков»	1	5	2	–	30
Оригинал–макет монографии «Организация медицинского обслуживания плавсостава морских и речных судов»,	–	–	–	–	8
Техническое задание на НИР «Совершенствование нормативно–правовой базы и методического обеспечения в области морской и водолазной медицины», шифр «Шторм-20»	3	1	–	1	7
Итого	24	22	6	6	67

При проведении работы были проанализированы более 100 нормативно-правовых документов, регламентирующих мероприятия по медицинскому обеспечению профессиональной деятельности экипажей морских и речных судов, водолазов и кессонщиков в Российской Федерации. При этом были использованы следующие методы:

- теоретического исследования (теоретический анализ литературы, логический анализ, систематизация, классификация, обобщение, анализ отечественного и зарубежного опыта)
- эмпирического исследования (анализ документальных материалов, законодательных и нормативно-правовых актов, экспертная оценка, методы литературно-графического оформления результатов исследования, методы математического анализа результатов исследования).

Результаты и обсуждение

На основании проведенных исследований и анализа нормативно-правовых документов были разработаны проекты руководящих документов, регламентирующие мероприятия по медицинскому обеспечению профессиональной деятельности экипажей морских и речных судов, водолазов и кессонщиков в Российской Федерации, подготовлены предложения по внесению изменений и (или) дополнений в нормативные правовые акты (по принятию новых нормативных правовых актов) по судовой и водолазной медицине с учетом ранее проведенных исследований для совершенствования системы медико-санитарного обеспечения морской деятельности, водолазных и кессонных работ. Результаты проведенного анализа нормативно-правовых документов представлены в таблице.

Исходя из результатов, полученных при анализе нормативно-правовых документов, можно сделать следующие выводы:

1. Разработанные документы внесут существенный вклад в совершенствование нормативно-правовой базы в области морской и водолазной медицины, значительно повысят качество медицинского обеспечения экипажей морских и речных судов, оказания первичной доврачебной и врачебной медико-санитарной помощи, проведения санитарно-противоэпидемических мероприятий, позволят регламентировать санитарно-эпидемиологические требования к факторам среды обитания водолазов, водолазов-глубоководников и кессонщиков.
2. Требуется дальнейшее совершенствование единой системы медицинского обслуживания экипажей морских и речных судов, водолазов, водолазов-глубоководников и кессонщиков.
3. Труд водолазов и кессонщиков характеризуется воздействием на организм человека комплекса неблагоприятных факторов, что требует создания нормативно-правовой базы, регламентирующей проведение водолазных и кессонных работ по всем направлениям деятельности, в том числе по санитарно-гигиеническому и противоэпидемическому нормированию.
4. Требуется разработка новых документов, регламентирующих подготовку моряков по оказанию медицинской помощи на судах морского, речного и рыбопромыслового флота, а также учитывающих анализ заболеваемости и смертности моряков в рейсах и межрейсовый период.
5. Дальнейшее развитие и совершенствование медицинского обслуживания моряков, водолазов и кессонщиков как вида научно-практической деятельности возможно на основе совокупности сил, средств, перспективных технологий, потребностей в новых знаниях, научных исследованиях и их внедрения в практику.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бумай О.К., Иванченко А.В., Абакумов А.А. и др. Подготовка нормативно-правовой базы системы медико-санитарного обслуживания плавсостава морских и речных судов: анализ проблемы, предложения и перспективы. *Медицина экстремальных ситуаций.* 2017;1:65-77.
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 6 ноября 2013 года № 996 «О мерах по обеспечению выполнения обязательств Российской Федерации, вытекающих из Конвенции 2006 года о труде в морском судоходстве».
3. Федеральный закон от 5 июня 2012 г. № 56-ФЗ «О ратификации Конвенции 2006 года о труде в морском судоходстве».
4. Межотраслевые правила по охране труда при проведении водолазных работ, утвержденные и введенные в действие приказом Министерства здравоохране-

ния и социального развития Российской Федерации от 13.04.2007 № 269 (зарегистрированы в Минюсте России 23.07.2007 № 9888).
5. Смолин В.В., Соколов Г.М., Павлов Б.Н. *Глубоководные водолазные спуски и их медицинское обеспечение*. М.: Фирма «Слово», 2003.

REFERENCES

1. Bumai O.K., Ivanchenko A.V., Abakumov A.A. et al. Preparation of the regulatory framework for the health care system for sea and river vessels: analysis of the problem, proposals, and prospects. *Emergency medicine.* 2017;1:65-77. (in Russian)
2. Resolution of the Government of the Russian Federation of 6 November 2013 № 996 «On measures to ensure compliance with the obligations of the Russian Federation arising from the 2006 Convention on Maritime labour». (in Russian)
3. Federal law № 56-FL of June 5, 2012 «On ratification of the 2006 Maritime labour Convention». (in Russian)
4. Intersectoral rules on labor protection during diving operations, approved and put into effect by order of the Ministry of health and social development of the Russian Federation from 13.04.2007 № 269 (registered in the Ministry of justice of the Russian Federation 23.07.2007 No. 9888). (in Russian)
5. Smolin V.V., Sokolov G.M., Pavlov B.N. *Deep-Sea diving descents and their medical support.* Moscow: Slovo Firm, 2003. (in Russian)

Поступила 18 февраля 2020
Принята в печать 28 февраля 2020

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Бумай О.К.[1], Абакумов А.А.[2], Турлаков Ю.С.[1]

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПО СОЗДАНИЮ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СУДОВ В АКВАТОРИИ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

[1]Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины» Федерального медико-биологического агентства, 196143, г. Санкт-Петербург;
[2]Федеральное медико-биологическое агентство, 123182, г. Москва

Введение. *Для повышения эффективности оказания медицинской помощи в Арктической зоне Российской Федерации необходима координация действий медицинских служб всех министерств и ведомств, работающих в этом регионе. Решение этой задачи возможно с том числе путем создания единой системы медицинского обеспечения судов в акватории Северного морского пути.*
Материал и методы. *При проведении работы были проанализированы данные окружных медицинских центров ФМБА России (г. Мурманск, г. Архангельск) по организации ими медицинского обслуживания экипажей морских судов, прежде всего атомного ледокольного флота, а также данные по возможностям проведения медицинской эвакуации в акватории Северного морского пути с применением методов теоретического и эмпирического исследования, а также материалы ФГУП НИИ ПММ.*
Результаты и обсуждение. *На основании проведенных исследований и анализа нормативно-правовых документов и литературных источников были разработаны принципы создания Концепции единой системы медицинского обеспечения судов в акватории Северного морского пути. Исходя из результатов, полученных при выполнении работы, можно сделать вывод, что разработанные принципы могут быть положены в основу Концепции, выполнение ее программы внесет существенный вклад в совершенствование организации медицинского обеспечения морского флота, значительно повысит качество медицинского обслуживания речных судов и оказания первичной доврачебной и врачебной медико-санитарной помощи.*

Ключевые слова: *Северный морской путь; Арктическая зона Российской Федерации; судовой врач; медицинское обеспечение; морская и водолазная медицина; нормативно-правовые документы.*

Для цитирования: Бумай О.К. Абакумов А.А. Турлаков Ю.С. Актуальные проблемы по созданию единой системы медицинского обеспечения судов в акватории Северного морского пути. *Медицина экстремальных ситуаций.* 2020; 22(1): 109-116.

Для корреспонденции: *Бумай Олег Константинович*, кандидат мед. наук, доцент, заведующий лабораторией судовой и водолазной медицины ФГУП «НИИ промышленной и морской медицины» ФМБА России, 196143, г. Санкт-Петербург. E-mail: wmaotms@yandex.ru

---

Bumai O.K.[1], Abakumov A.A.[2], Turlakov Yu.S.[1]

CURRENT PROBLEMS IN CREATING A UNIFIED SYSTEM OF MEDICAL SUPPORT FOR VESSELS IN THE NORTHERN SEA ROUTE

[1]Research Institute of Industrial and Marine Medicine, Federal Medical Biological Agency, Saint-Petersburg, 196143, Russian Federation;
[2]Federal Medical Biological Agency, Moscow, 123098, Russian Federation

Introduction. *To improve the effectiveness of medical care in the Arctic zone of the Russian Federation, it is necessary to coordinate the actions of medical services of all ministries and departments working in this region. This task can be solved by creating a unified system of medical support for vessels in the waters of the Northern sea route.*
Material and methods. *In conducting the data were analyzed by district health centers of the FMBA of Russia (Murmansk, Arkhangelsk) on the organization of medical maintenance of ships ' crews, especially the nuclear icebreaker fleet, as well as data on opportunities for medical evacuation in the waters*

of the Northern sea route using the methods of theoretical and empirical research, and also materials of the research Institute of PMM.

Results and discussion. *Based on the research and analysis of legal documents and literature, the principles of creating the Concept of a unified system of medical support for vessels in the waters of the Northern sea route were developed. Based on the results obtained during the work, it can be concluded that the developed principles can be used as the basis of the Concept, the implementation of its activities will make a significant contribution to improving the organization of medical support for the Navy, significantly improve the quality of medical care for river vessels, primary pre-medical and medical health care.*

Keywords: *Northern sea route; Arctic zone of the Russian Federation; ship doctor; medical support; marine and diving medicine; regulatory documents.*

For citation: Bumai O. K., Abakumov A.A., Turlakov Yu. S. Current problems in creating a unified system of medical support for vessels in the Northern sea route. *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy (Medicine of Extreme Situations, Russian journal)* 2020; 22(1): 109-116. (In Russian)

For correspondence: *Oleg K. Bumai,* Ph.D., associate professor, Head of the Laboratory of Ship and Diving Medicine of the Research Institute of Industrial and Marine Medicine of the Federal Medical and Biological Agency, Saint-Petersburg, 196143, Russian Federation. E-mail: wmaotms@yandex.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Acknowledgments. The study had no sponsorship.
Received February 18, 2020
Accepted February 28, 2020

Введение

Для повышения эффективности оказания медицинской помощи в Арктической зоне Российской Федерации необходима координация действий медицинских служб всех министерств и ведомств, работающих в этом регионе. Решение этой задачи возможно с том числе путем создания единой системы медицинского обеспечения судов в акватории Северного морского пути. Для ее создания потребуется проведение целого комплекса научно-исследовательских работ, позволяющих определить возможности сил и средств медицинских служб как берегового звена, так и медицинской службы судов (с том числе атомного ледокольного флота). В результате выполнения этих работ должна быть разработана Концепция создания и развития системы медицинского обеспечения в Арктической зоне Российской Федерации на период до 2035 г. Целью данной работы – выявление актуальных проблем, не позволяющих в должной мере решить задачи по качественному оказанию медицинской помощи на судах и в береговых лечебных учреждениях.

Материал и методы

При проведении работы были проанализированы данные окружных медицинских центров ФМБА России (г. Мурманск, г. Архангельск) по организации ими медицинского обслуживания экипажей морских судов, прежде всего атомного ледокольного флота, а также данные по возможностям проведения медицинской эвакуации в акватории Северного морского пути с применением методов теоретического и эмпирического исследования, а также материалы ФГУП НИИ ПММ.

Результаты и обсуждение

На основании проведенных исследований и анализа нормативно-правовых документов и литературных источников были разработаны принципы создания Концепции единой системы медицинского обеспечения судов в акватории Северного морского пути. Исходя из результатов, полученных при выполнении работы, можно сделать вывод, что разработанные принципы могут быть положены в основу Концепции, выполнение её программы внесёт существенный вклад в совершенствование организации медицинского обеспечения морского флота, значительно повысит качество медицинского обслуживания речных судов, оказания первичной доврачебной и врачебной медико-санитарной помощи.

Изучение вопросов организации медицинского обеспечения судов при плавании в Арктике имеет давнюю историю. Еще в конце XIX и начале XX века на страницах журнала «Медицинские прибавления к Морскому сбор-

нику» был опубликован ряд статей [1–5], в которых рассматривались практические вопросы медицинского обеспечения плаваний в северных широтах. В 1916 г. в типографии Морского Министерства была издана монография Л. Старокадомского «Через Ледовитый океан из Владивостока в Архангельск» [6]. В 30-е годы XX века вопросы медицинского обеспечения плаваний в Северном ледовитом океане рассматривались Василием Ивановичем Шестовым. В 1938 г. им была издана монография «Санитарное обеспечение плаваний в северных морях». [7]. За успешную организацию медицинского обеспечения перехода отряда морских судов по Северному морскому пути В.И. Шестов был награжден орденом «Красной Звезды» [8].

В последние годы вопросы организации медицинского обслуживания экипажей морских судов в Арктической зоне Российской Федерации приобрели особую актуальность. В 2016 г. проблемы по данному вопросу были нами изложены на VI Международном форуме «Арктика: настоящее и будущее» [9]. Они так же рассматривались на страницах журнала «Медицина экстремальных ситуаций» [10]. В соответствии с распоряжением Правительства РФ от 21.21.2019 № 3120-р «Об утверждении Плана развития инфраструктуры Северного морского пути на период до 2015 года» в срок до марта 2020 года должен быть подготовлен доклад в Правительство Российской Федерации с предложениями по актуализации нормативных правовых актов и иных документов по оказанию медицинской помощи и осуществлению медицинской эвакуации в акватории Северного морского пути. Для определения путей реализации и координации действий различных министерств и ведомств 13 января 2020 г. в министерстве **Дальвостокразвития** РФ состоялось совещание по вопросу изменения нормативно-правовой базы в части оказания медицинской помощи и осуществления медицинской эвакуации на Северном морском пути. На этом совещании были определены конкретные задачи для каждого ведомства по решению проблем медицинского обеспечения судов в Арктической зоне Российской федерации. На ФМБА России возложена задача по подготовке предложений, которые необходимо внести в существующие документы, для возможности реализации требований как международных нормативных актов, так и для улучшения эффективности оказания медицинской помощи членам экипажей морских судов, в том числе и создания единой системы медицинского обеспечения судов в Арктике.

Северный морской путь и его медицинские организации

Северный морской путь (СМП) – кратчайший морской путь между Европейской частью России и Дальним Востоком. Законодательством Российской Федерации он определён как «исторически сложившаяся национальная единая транспортная коммуникация России в Арктике». Проходит по морям Северного Ледовитого океана (Баренцеву, Карскому, Лаптевых, Восточно-Сибирскому, Чукотскому) и частично Тихого океана (Берингову проливу). Административно СМП на западе ограничен западными входами в новоземельские проливы и меридианом, проходящим на север от мыса Желания, а на востоке – в Беринговом проливе, параллелью 66° с.ш. и меридианом 168°58′37″ з.д.

Длина Севморпути от Карских Ворот до бухты Провидения около 5600 км. Расстояние от Санкт-Петербурга до Владивостока по нему составляет свыше 14 тыс. км (для сравнения, через Суэцкий канал – свыше 23 тыс км).

Севморпуть – стратегически важная транспортная магистраль, которая обслуживает порты Арктики и крупных рек Сибири (ввоз топлива, оборудования, продовольствия; вывоз леса, природных ископаемых) [11].

В рамках государственной программы по развитию Арктики на Балтийском заводе (Санкт-Петербург) идет строительство 5 мощных атомных ледоколов для круглогодичной проводки судов по трассам Северного морского пути. К 2024 г. объем ежегодных грузовых перевозок достигнет 80 млн тонн.

В последнее десятилетие Арктика стала предметом возрастающего внимания со стороны политиков, экспертов и средств массовой информации далеко за своими пределами. С Арктическим регионом связаны долгосрочные интересы многих стран мира. Указом Президента Российской Федерации от 07 мая 2018 г. № 204

«О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» п.15 «Правительству Российской Федерации с участием органов государственной власти субъектов Российской Федерации разработать на основе стратегии пространственного развития Российской Федерации и до 1 октября 2018 г. утвердить комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры, предусматривающий обеспечение в 2024 г.

Ставится задача развивать транспортные коридоры «Запад–Восток» и «Север–Юг» для перевозки грузов, в том числе за счет развития Северного морского пути и увеличения грузопотока по нему до 80 млн тонн.

Особенностями выполнения морских арктических рейсов являются: сложные климато-географические условия (низкие температуры, полярная ночь), экстремальные нагрузки на членов экипажей, работающих в караване судов с ледоколом, затруднительная и дорогостоящая эвакуация больных или пострадавших в береговые медицинские организации.

В настоящее время на большинстве судов, осуществляющих грузовые перевозки в Арктике, нет судового медицинского персонала, за исключением атомных и линейных дизель-электрических ледоколов. Многие организации, работающие в Арктике, не включены в Распоряжение Правительства Российской Федерации от 21 августа 2006 г. № 1156-р. Как следствие, судовладельцы не берут на себя расходы по содержанию судового медицинского персонала.

Как известно, Севморпуть начинается с городов Мурманск и Архангельск и заканчивается во Владивостоке, где медицинское обслуживание моряков находится на достаточно высоком уровне и представлено следующими медицинскими организациями ФМБА России:

- г. Мурманск – ФГБУЗ ММЦ им. Н.И. Пирогова ФМБА России;
- г. Архангельск – ФГБУЗ СМКЦ им. Н.А. Семашко ФМБА России;
- г. Петропавловск-Камчатский – филиал ФГБУЗ ДВОМЦ ФМБА России;
- г. Владивосток – ФГБУЗ ДВОМЦ ФМБА России.

На остальном протяжении всего Севморпути нет медицинских организаций, сравнимых по потенциалу с вышеуказанными и способных оказывать квалифицированную и специализированную, а часто и первичную медицинскую помощь.

Остальные береговые медицинские организации, расположенные по ходу Севморпути, маломощные, или находятся на значительном расстоянии от береговой линии и принадлежат различным министерствам, ведомствам и региональным органам.

Существующая система поиска и спасания на море

Основополагающим документом является Конвенция 2006 года о труде в морском судоходстве (далее – Конвенция МОТ 2006) (ратифицирована Российской Федерацией – Федеральный закон от 05 июня 2012 г. № 56-ФЗ «О ратификации Конвенции 2006 г. о труде в морском судоходстве»).

Основу структуры управления национальной системы поиска и спасания на море составляют морские спасательно-координационные центры (МСКЦ) и морские спасательные подцентры (МСПЦ). В настоящее время на морских бассейнах Российской Федерации функционирует 7 МСКЦ (Диксон, Мурманск, Санкт-Петербург, Калининград, Новороссийск, Астрахань, Владивосток) и 8 МСПЦ (Архангельск, Тамань, Севастополь, Керчь, Южно-Сахалинск, Петропавловск-Камчатский, Певек, Тикси), за каждым из которых закреплен соответствующий поисково-спасательный район (подрайон).

МСКЦ и МСПЦ являются структурными подразделениями бассейновых администраций морских портов (АМП) и непосредственно подчиняются руководителю соответствующей АМП. В вопросах организации поиска и спасания людей, терпящих бедствие на море, МСКЦ подчиняются ФГБУ «СКЦ Росморречфлота». МСПЦ в вопросах организации поиска и спасания на море подчиняются ФГБУ «СКЦ Росморречфлота» и МСКЦ, в поисково-спасательном районе которого он действует.

Основными задачами МСКЦ и МСПЦ в закрепленных за ними поисково-спасательных районах являются:

- организация выполнения положений Международной конвенции по поиску и спасанию на море 1979 года;
- организация и координация действий спасательных служб федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации, учреждений и предприятий других форм собственности и иностранных государств при поиске и спасании людей на море.

Все МСКЦ и МСПЦ работают в круглосуточном режиме.

Все указания МСКЦ (МСПЦ), касающиеся поиска и спасания людей, терпящих бедствие на море, обязательны для выполнения соответствующими службами, подразделениями, силами и средствами, выделенными участниками взаимодействия для выполнения конкретной поисково-спасательной операции.

Учреждения здравоохранения, находящиеся в зоне поисково-спасательных районов (подрайонов), и привлекаемые к спасанию людей, терпящих бедствие на море, обязаны выполнять указания МСКЦ (МСПЦ).

В силу удалённости и погодных условий главным вопросом является эвакуация пострадавших/больных членов экипажей с судов, находящихся на акватории Севморпути в береговые медицинские учреждения.

При этом надо понимать, что в районе Севморпути и Северного Полюса возможностей для экстренной эвакуации пострадавшего/больного практически нет. Эвакуация пострадавших/больных с судов на берег может быть осуществлена:

- своим ходом (на атомном ледоколе или на судне), но это ограничено ледовой обстановкой и погодными условиями, а также несоответствием портовой инфраструктуры осадке судна для швартовки (недостаточная глубина у причала), что не позволяет приблизиться к берегу для высадки пострадавшего/больного;
- вертолетом, но это ограничено погодными условиями (пурга и опасность обледенения) и возможностью дальних полётов для вертолетов типа Ми-8, эксплуатирующихся в районах Крайнего Севера (около 80 миль, что недостаточно для покрытия поисково-спасательных районов);
- судами-спасателями (имеются только в крупных портах и районах рыболовного промысла) или местными маломерными судами, однако период их работы ограничен с июня по сентябрь в связи с ледовыми , а также погодными условиями [12].

Организационные проблемы для оказания медицинской помощи на трассе Северного морского пути

1. Автономное плавание судов.
2. Длительность рейсов.
3. Отдаленность от береговых медицинских организаций, в т.ч. специализированных.
4. Плохо развитая транспортная инфраструктура побережья, осложняющая эвакуацию пострадавших/больных.
5. Отсутствие возможности транспортировки в короткие сроки пострадавших/больных в береговые медицинские организации.
6. Отсутствие развитой структуры медицинских организаций на побережье арктической зоны и вблизи её.
7. Отличия в законодательстве субъектов Российской Федерации.
8. Особые условия труда моряков: тяжелые климатические условия, вредные и опасные условия труда (вибрация, шум, физические нагрузки, психоэмоциональное напряжение, зрительные нагрузки, полярный день, полярная ночь и пр.).
9. Высокий риск травматизма на борту судна.
10. Риск возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера (в т.ч. радиационных аварий на борту судов с атомными энергетическими установками).
11. Готовность медицинского обеспечения поисково-спасательных мероприятий и деятельности Военно-Морского Флота.

Нерешённые вопросы нормативного регулирования организации медицинской помощи на судах

Положения Конвенции МОТ 2006 по вопросам охраны здоровья моряков в значительной мере не совпадают с законодательством Российской Федерации, и для ее реализации требуется внесение существенных изменений

в законодательные акты с последующим принятием большого числа подзаконных нормативных правовых актов.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 06 ноября 2013 г. № 996 «О мерах по обеспечению выполнения обязательств Российской Федерации, вытекающих из Конвенции 2006 года о труде в морском судоходстве» установлено, что:

- Министерство здравоохранения Российской Федерации осуществляет обеспечение соблюдения требований Конвенции, предусмотренных правилами 1.2 «Медицинское свидетельство», 4.1 «Медицинское обслуживание на борту судна и на берегу» и 4.3» Охрана здоровья, обеспечение безопасности и предупреждение несчастных случаев» (в части обеспечения охраны здоровья);
- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека осуществляет обеспечение соблюдения требований Конвенции, предусмотренных 4.3 «Охрана здоровья, обеспечение безопасности и предупреждение несчастных случаев» (в части обеспечения безопасных санитарно-гигиенических условий).

Однако до настоящего времени на законодательном уровне требования Конвенции МОТ 2006 в области медицинского обслуживания на борту судна и на берегу, также охраны здоровья не реализованы (Федеральный закон от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» и Кодекс торгового мореплавания Российской Федерации).

Федеральное медико-биологическое агентство внесло предложения в проект Стратегии развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года, изменения в законодательные акты, подготовило проекты приказов, регламентирующих медицинское освидетельствование работников плавсостава и обеспечение судов и др.

Вышеуказанные проблемы, направленные на выполнение требований Конвенции МОТ 2006, доложены представителями ФМБА России в Государственной думе Федерального собрания Российской Федерации, Минздраве России, Минтрансе России.

Организационные принципы оказания медицинской помощи по трассе Северного морского пути

Организационно оказание медицинской помощи по трассе Севморпути пострадавшим/больным членам экипажей судов и другим лицам, находящимся на борту судна, следует разделить на два взаимосвязанных этапа:

1. Оказание медицинской помощи пострадавшим/больным в условиях судна.
2. Оказание медицинской помощи пострадавшим/больным в береговой медицинской организации, которая подразделяется на два подэтапа:

- эвакуация пострадавшего/больного с борта судна в береговую медицинскую организацию;
- непосредственно оказание медицинской помощи в условиях береговой медицинской организации.

Для решения задачи по первому этапу необходимо:

1. Принять нормативные правовые акты устанавливающие:

- требования к наличию на судах помещений медицинского назначения и их оснащению, а также к наличию лекарственных препаратов, включая наркотические препараты и психотропные средства, при этом требования (нормативы) для ледоколов и судов-спасателей неограниченного района плавания должны учитывать возможность оказания медицинской помощи членам экипажей других судов;
- правомерность оказания медицинской помощи на борту суда (внесение изменений в Федеральный закон от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» и Кодекса торгового мореплавания Российской Федерации);
- квалификационные требования для должности «судовой врач» путём введения специальности «судовая медицина» и утверждения профессионального стандарта «судовой медицинский работник» (по аналогии с врачом по водолазной медицине);
- обязательность наличия судовых врачей на судах, следующих Севморпутем вне каравана;
- нормативы оплаты труда судовых врачей в период исполнения обязанностей на борту судна;

- обязательность наличия на судах средств для осуществления телемедицинских консультаций;
- санитарные нормы и правила для морских и судов смешанного (река-море) плавания, учитывающие особенности плавания по Севморпути (взамен Санитарных правил для морских судов СССР от 21.12.1982 № 2641-82).

2. Нормативно урегулировать комплекс вопросов, связанных с медицинской подготовкой командного состава судов, в соответствии с требованиями Конвенции МОТ 2006 и Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года (с учетом Манильских поправок 2010 года к Кодексу по подготовке и дипломированию моряков и несению вахты 1978 года), не имеющих на борту медицинского работника и подготовке к эвакуации на берег.

3. Включить ФГБУ «Морспасслужба Росморречфлота» с филиалами и подразделениями в портовых городах в Перечень организаций, подлежащих обслуживанию ФМБА России (утверждённый распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 августа 2006 г. № 1156-р), что позволит содержать судовых врачей на судах-спасателях за счёт средств федерального бюджета по аналогии с ФГУП «Атомфлот».

4. Нормативно урегулировать вопросы оказания медицинской помощи на стационарных и плавучих морских платформах, осуществляющих разведку и добычу полезных ископаемых (прерогатива Минэнерго России), в том числе при необходимости приема пострадавших/больных с судов, не имеющих медицинского работника. При этом надо учитывать, что:

- плавучие морские платформы в соответствии со ст. 7 Кодекса торгового мореплавания обладают статусом судна и ним применяются нормативные акты, установленные для судов;
- стационарные морские платформы в соответствии с Федеральным законом от 30.11.1995 № 187-ФЗ «О континентальном шельфе Российской Федерации» обладают статусом «искусственного острова» и к ним не применимы требования и нормативы, установленные как для судов, так и для медицинских организаций, функционирующих на берегу

Для решения задачи по второму этапу необходимо:

1. Разработать схемы медицинской эвакуации (маршрутизации) пострадавших/больных с борта судна на различных участках Севморпути, включая картографические материалы, и довести их до всех заинтересованных органов и организаций, а также внести в систему «Извещение мореплавателям».

2. Сформировать вдоль трассы Севморпути, по арктическому побережью, на обжитых островах Северного Ледовитого океана медицинские центры, способные оказать экстренную и неотложную медицинскую помощь, способные эвакуировать пострадавшего/больного вертолётом/самолётом по экстренным показаниям и в плановом порядке на материк.

3. Создать в портовых городах, на базах медицинских организаций ФМБА России в городах Мурманск, Архангельск, Петропавловск-Камчатский и Владивосток центры охраны здоровья моряков.

4. Нормативно урегулировать возможность (законность) экстренной эвакуации с борта судна моряков независимо от их гражданства и флага судна в случаях, связанных с пересечением государственной границы Российской Федерации.

5. С участием субъектов Российской Федерации и заинтересованных органов исполнительной власти и других заинтересованных структур (госкорпораций, государственных и не государственных организаций) разработать государственную программу/подпрограмму по медико-санитарному обеспечению оказания медицинской помощи в Арктике.

Выводы

1. Каждый случай эвакуации пострадавшего по медицинским показаниям в Арктике на трассе Севморпуть или в высоких широтах может приводить к тому, что ледокол, даже имея на борту медицинских работников, вынужден в экстренном порядке менять маршрут следования, спасая жизнь человека. При этом, судовладелец одновременно понесет финансовые убытки, т.к. нарушит договорные обязательства по ледовой проводке каравана судов.

2. Увеличение грузооборота в Арктике неминуемо приведет к повышению риска травматизма и заболеваемости членов экипажа и, как следствие, количественному росту случаев оказания экстренной специализированной медицинской помощи на борту.

3. Очевидна невозможность формирования сжатые сроки вдоль Российского арктического побережья, на обжитых островах Северного Ледовитого океана медицинских центров, способных оказать экстренную и неотложную медицинскую помощь, и эвакуировать пострадавшего/больного вертолетом/самолетом по экстренным показаниям и в плановом порядке на материк.

4. Очевидна необходимость обеспечения судов гражданского флота Российской Федерации эффективными лекарственными средствами, включая наркотические препараты и психотропные средства. Следует отдельно поставить вопрос об установлении отдельных требований к комплектации судовых аптечек для судов, не имеющих судового медицинского работника, осуществляющих переходы по трассе Севморпути.

5. Решение комплекса проблем по качественному оказанию медицинской помощи пострадавшим/больным в соответствии с их конституциональным правами, при следовании по трассе Севморпути возможно лишь на основе программно-целевого государственного подхода.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Н. Медицинский отчет о плавании шхуны «Полярная Звезда» по Мурманскому берегу в кампанию 1881 г. и описание Мурманского берега. *Мед. прибавления к Морскому сборнику*. 1883; 6: 1.
2. Андреев. Кампания 1880 г. по Белому морю и Северному Ледовитому океану винтовой железной шхуны «Бакань». *Мед. прибавления к Морскому сборнику.* 1883; 4:1.
3. Моркотун К. Очерк плавания транспорта «Самоед» в Северном Ледовитом океане в 1897 г. *Мед.прибавления к Морскому сборнику*; 1898;5:286; 6:377; 7:58.
4. Полилов А. Экспедиция Северного Ледовитого Океана и пароход «Пахтусов» за кампанию 1901 и 1902 гг. *Мед. прибавления к Морскому сборнику*. 1903; 11: 229; 12: 293.
5. Старокадомский Л.М. Обзор плавания ледокола «Таймыр» через тропики в Северный Ледовитый океан, в медицинском отношении. *Мед.прибавления к Морскому сб*орнику. 1911; 2: 57.
6. Старокадомский Л. *Через Ледовитый океан из Владивостока в Архангельск.* Петроград: Типография Морского министерства, 1916. 86 с.
7. Шестов В.И. *Санитарное обеспечение плаваний в северных м*орях. Л.: Изд. Главсевморпути, 1939, 189 с.
8. Бумай О.К. История организации медицинского обеспечения плаваний по Северному морскому пути (по материалам работ В.И. Шестова). *Морская медицина*. 2018; 4(4): 79-85.
9. Иванченко А.В., Бумай О.К.О проблемных вопросах медицинского обеспечения деятельности морских судов в Арктике . *VI международный форум «Арктика: настоящее и будущее». Сборник докладов. 5-7 декабря 2016 г*. Санкт-Петербург; 2016: 194-6.
10. Казакевич Е.В., Архиповский В.Л., Середа А.П., Абакумов А.А. Особенности организации медицинской помощи морякам в условиях Арктики . *Медицина экстремальных ситуаций.* 2017; 4: 8-20.
11. Бологов А.В., Изотов О.А., Кириченко А.В., Соляков О.В. *Морские порты России: современное состояние и перспективы развития.* М.: МОРКНИГА; 2014, 321.
12. http://morspas.com/

REFERENCES

1. Andreev N. Medical report on the voyage of the schooner “polar Star” on the Murmansk coast in the campaign of 1881 and description of the Murmansk coast. *Med. pribavleniya k morskomu sborniku*. 1883; 6: 1. (in Russian)
2. Andreev. Campaign of 1880 on the White sea and the Arctic ocean of the screw iron schooner “Bakan”. 1883; 4: 1. (in Russian)
3. Morkotun K. Essay on the navigation of the Samoyed transport in the Arctic ocean in 1897. *Med. pribavleniya k morskomu sborniku* .1898;5: 286; 6: 377; 7:58. (in Russian)
4. Polilov A. Expedition of the Arctic Ocean and the steamship “Pakhtusov” for the campaign of 1901 and 1902. *Med. pribavleniya k morskomu sborniku.* 1903; 11: 229; 12: 293.
5. Starokadomsky L.M. Review of the voyage of the icebreaker Taimyr through the tropics to the Arctic ocean. *Med. pribavleniya k morskomu sborniku*. 1911;2: 57.
6. Starokadomsky L. *Across the Arctic ocean from Vladivostok to Arkhangelsk [Cherez Ledovity Okean iz Vladivostoka v Arkhangelsk]*. Petrograd: 1916; Printing office of the Maritime Ministry, 86. (in Russian)
7. Shestov V.I. *Sanitary maintenance of swimming in the Northern seas [Sanitarnoe obespechenie plavaniy v severnykh moryakh]* Leningrad: Ed. Nsra, 1939,189. (in Russian)
8. Bumai O. K. History of the organization of medical support for swimming on the Northern sea route (based on the materials of V. I. Shestov). *Morskaya meditsina.* 2018; 4(4): 79-85. (in Russian)
9. Ivanchenko A.V., Bumai O. K. on problematic issues of medical support for marine vessels in the Arctic . *VI international forum “Arctic: present and future”. Collection of reports. December 5-7, 2016 [VI mezhdunarodny forum «Arktika: nastoyashchee I budushchee». Sbornik dokladov. 5-7 dekabrya 2016 g]*. Saint Petersburg: 194-6. (in Russian)
10. Kazakevich E.V., Arkhipovsky V.L., Sereda A.P., Abakumov A.A. Features of the organization of medical care for sailors in the Arctic .*Meditsina extremalnykh situatsiy*. 2017; 4: 8-20. (in Russian)
11. Bologov A.V., Izotov O.A., Kirichenko A.V., Solyakov O.V. *Russian Sea ports: current state and development prospects [Morskie porty Rossii: sovremennoe sostoynie I perspektivy rzvitiya]*. Moscow: MORKNIGA: 2014, 321.
12. http://morspas.com/

Поступила 18 февраля 2020
Принята в печать 28 февраля 2020

© КАЗАКЕВИЧ Е.В, АРХИПОВСКИЙ В.Л., 2020

Казакевич Е.В., Архиповский В.Л.

ПРОБЛЕМЫ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЛЕКАРСТВЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОРСКИХ И РЕЧНЫХ СУДОВ

Федеральное государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Северный медицинский клинический центр имени Н.А. Семашко Федерального медико-биологического агентства», 163000, г. Архангельск, Россия

В статье рассмотрен комплекс проблем нормативно-правового регулирования лекарственного обеспечения морских и речных судов. Проведен анализ утративших силу приказов Минздрава России по определению состава судовой аптечки, а также причины их отмены. Дана характеристика современного периода: в настоящее время в России отсутствуют нормативные документы по лекарственному обеспечению судов, судовладельцы используют рекомендации Международного руководства по судовой медицине. Согласно Конвенции 2006, которая ратифицирована в России в 2012 г., компетентный орган государства должен утвердить состав судовой аптечки и порядок её использования. Перечислены пути решения имеющихся проблем. Так, для реализации требования Конвенции 2006 требуется внесение изменений в различные законодательные акты Российской Федерации и издание соответствующих распорядительных документов со стороны органов исполнительной власти по порядку обеспечения судов лекарственными препаратами, в том числе наркотическими и психотропными, изделиями медицинского назначения. Должны быть определены нормативы лекарственного обеспечения по различным категориям судов морского и речного транспорта. Требуется разработка и утверждение особого порядка использования наркотических и психотропных лекарственных препаратов на судах для оказания медицинской помощи. Необходимо разрешить судовладельцам использовать без лицензии наркотические и психотропные лекарственные препараты в медицинских целях, определить места их хранения на судах, порядок учета, контроля, а также ввоза (вывоза) через границу Российской Федерации.

Ключевые слова: *морская медицина; морские и речные суда; судовая аптечка; наркотические и психотропные лекарственные препараты.*

Для цитирования: Казакевич Е.В., Архиповский В.Л. Проблемы нормативно-правового регулирования лекарственного обеспечения морских и речных судов. *Медицина экстремальных ситуаций.* 2020; 22(1): 117-122.

Для корреспонденции: *Казакевич Елена Владимировна*, доктор мед. наук, профессор, директор ФГБУЗ «Северный медицинский клинический центр им. Н.А. Семашко ФМБА России», 163000, г. Архангельск. E-mail: evkazakevich@nmcs.ru

Kazakevich E.V., Arkhipovsky V.L.

PROBLEMS OF NORMATIVE LEGAL REGULATION OF DRUG SUPPLY FOR SEA AND RIVER VESSELS

N.A. Semashko Northern Medical Clinical Center of Federal Medical-Biological Agency of the Russian Federation, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation

The article discusses an array of problems of legal regulation of drug supply for sea and river vessels. There was executed the analysis of the expired orders of the Ministry of Health of Russia determined the composition of the first-aid kit, as well as the reasons for their cancellation. There is given a consideration of the modern period: currently in Russia there are no regulatory documents on the medicinal provision of ships, shipowners use the recommendations of the International Guide to Ship Medicine. According to the 2006 Convention, ratified in Russia in 2012, the competent authority of the state must approve the composition of the first-aid kit and the procedure for its application. The ways to solve the existing problems are listed. So, in order to implement the requirements of the Convention 2006, it is necessary to amend various legislative acts of the Russian Federation and publish relevant administrative documents by the executive authorities on the procedure for providing ships with drugs, including

narcotic and psychotropic preparation, and medical devices. The standards for drug provision should be determined for various categories of sea and river transport vessels. The development and approval of a special procedure for the administration of narcotic and psychotropic drugs on ships for the provision of medical care is required. It is necessary to allow shipowners using narcotic and psychotropic drugs for medical purposes without a license, to determine their storage on ships, the procedure for recording, control, as well as import (export) across the border of the Russian Federation.

K e y w o r d s : *marine medicine; sea and river vessels; a first-aid kit; narcotic and psychotropic drugs.*

For citation: Kazakevich E.V., Arkhipovsky V.L. Problems of normative legal regulation of drug supply of sea and river vessels. *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy (Medicine of Extreme Situations, Russian journal)* 2020; 22(1): 117-122. (In Russian)

For correspondence: *Elena V. Kazakevich*, MD, Ph.D., DSci., professor, the Director of the N.A. Semashko Northern Medical Clinical Center Federal Medical-Biological Agency of the Russian Federation, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation.E-mail: evkazakevich@nmcs.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Acknowledgments. The study had no sponsorship.
Received February 17, 2020
Accepted February 28, 2020

Введение

Россия как крупная морская держава ратифицировала ряд Международных Конвенций, которые регламентируют деятельность государства в области охраны здоровья моряков. Из 40 международных конвенций по труду более 17 касаются труда и здоровья моряков. В 2012 г. Россия ратифицировала Конвенцию Международной организации труда № 186 2006 г. «О труде в морском судоходстве» (далее – Конвенция 2006). Действие Конвенции 2006 вступило в силу уже в 2013 г. для всех стран, участвующих в морских перевозках. После ратификации Россией Конвенции 2006 (Федеральный закон от 05.06.2012г. №56-ФЗ «О ратификации Конвенции 2006г. о труде в морском судоходстве») вопросы медицинского обеспечения моряков приобретают особую актуальность.

Постановлением правительства РФ № 996 от 6 ноября 2013 г. «О мерах по обеспечению выполнения обязательств Российской Федерации, вытекающих из Конвенции 2006 года о труде в морском судоходстве», на Минздрав России возложены полномочия по обеспечению соблюдения требований Конвенции 2006, предусмотренных правилами 1.2 «Медицинское свидетельство», 4.1 «Медицинское обслуживание на борту судна и на берегу» и 4.3 «Охрана здоровья, обеспечение безопасности и предупреждение несчастных случаев» (в части обеспечения охраны здоровья).

Стандарт А 4.1 и Руководящий принцип В 4.1 Конвенции 2006 обязывает обеспечить все суда судовой аптечкой, состав которой должен быть определён компетентным органом и подлежит регулярному контролю с его стороны. При этом в национальных требованиях должны приниматься во внимание категория судна, количество находящихся на его борту лиц, характер, направление и продолжительность рейсов, а также соответствующие рекомендуемые на национальном и международном уровнях медицинские стандарты.

Наличие судовой аптечки регламентируется также Санитарными правилами и нормами СанПиН 2.5.2-703-98, утвержденными Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 30 апреля 1998 г. №16 (п.3.1.1.7, п.4.3.1.9). В соответствии с данными Санитарными правилами, наличие судовой аптечки является одним из требований для получения санитарного свидетельства для работы судна сроком действия на 1 год.

Анализ проблем и их обсуждение

До 2012 г. в России состав судовой аптечки был утвержден приказом Минздрава СССР от 06.09.1989 г. № 511 «Об улучшении организации медико-санитарного обеспечения работников морского, речного флота и рыбного хозяйства» (признан недействующим на территории Российской Федерации с 07.11.2012 г.). Данным приказом был утвержден не только Перечень лекарственных препаратов, а также изделий медицинского назначения, оборудования, имущества, входящих в эпидукладки, для судовых здравпунктов. Приказ за свое более чем двад-

цатилетнее существование устарел, некоторые лекарственные препараты, такие как аэрон, аллахол, корень ревеня отсутствуют в государственном реестре лекарственных средств. Данным приказом были определены нормы лекарственного обеспечения, исходя из количества на борту судна судового медицинского персонала (фельдшер, судовой врач), при этом не учитывалась категория судна. Приказом Минздрава СССР не были установлены нормативы лекарственного обеспечения судов, не имеющих на борту судового медицинского работника, а это большинство судов, работающих как на внутренних водных путях, так и на международных морских перевозках.

В целях реализации основных положений Конвенции 2006 Минздравсоцразвития России издал приказ № 499н (далее – приказ 499н) от 05.05.2012 г. «Об утверждении Порядка установления состава аптечки для оснащения морских судов, судов внутреннего и судов смешанного (река – море) плавания, не имеющих в штатном расписании должности медицинского работника» (в редакции приказа Минздравсоцразвития России от 21.11.2012 г. № 984н). Данный приказ просуществовал 2 года и был отменен Распоряжением Правительства РФ от 30 сентября 2014 г. № 1935-Р. Основной причиной отмены приказа стали жалобы судовладельцев на дороговизну и избыточность Перечня лекарственных препаратов, изделий медицинского назначения в составе судовой аптечки.

Приложением 1 Приказа 499н был установлен рекомендуемый состав аптечки для оснащения судов, осуществляющих судоходство с заходом в порты, расположенные далее 24 ч пути и не имеющих в штатном расписании должности медицинского работника – всего 164 наименования лекарственных препаратов и изделий медицинского назначения. Для сравнения, состав медицинской укладки выездной бригады скорой медицинской помощи, утвержденный приказом Минздравсоцразвития России от 11 июня 2010 г. № 445н, насчитывает 149 наименований.

Приложением 2 Приказа 499н был установлен рекомендуемый состав аптечки для оснащения судов, осуществляющих судоходство с заходом в порты, расположенные не далее 24 ч пути и не имеющих в штатном расписании должности медицинского работника – всего 103 наименования лекарственных препаратов и изделий медицинского назначения. В основном это суда внутреннего плавания небольшого водоизмещения с общим количеством в 5–7 человек на борту. Тем не менее, номенклатура лекарственных препаратов и изделий медицинского назначения была определена приказом из расчета на 20 человек в условиях 6-месячного рейса.

В результате, стоимость укомплектования судовой аптечки для судовладельцев существенно возросла, что вызвало с их стороны замечания. Кроме того, судовладельцами был поставлен вопрос о целесообразности судовой аптечки на небольших судах, работающих в акватории портов. На этих судах достаточно иметь аптечки первой медицинской помощи, состав которой утвержден приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 05.03.2011 г. № 169н «Об утверждении требований к комплектации изделиями медицинского назначения аптечек для оказания первой помощи работникам».

В настоящее время в Российской Федерации отсутствуют нормативные документы, регламентирующие нормы обеспечения судов лекарственными препаратами и изделиями медицинского назначения [1, с.12].

Для комплектации судовой аптечки судовладельцы используют Перечень лекарственных препаратов, указанный в «Международном руководстве по судовой медицине» (ВОЗ, 2007). Данный Перечень предназначен для судов, не имеющих на борту судового медицинского работника, и включает 57 наименований. Этого недостаточно для лекарственного обеспечения больших рыбопромысловых судов, морских судов, выполняющих арктические рейсы и др. [2, с.11]. Рекомендации по перечню лекарственных средств и их количеству, приведенные в приложении № 3 Международного руководства по судовой медицине ВОЗ, также содержат наркотические и психотропные лекарственные препараты: морфин, диазепам. В соответствии с пунктом 3 Постановления Правительства РФ от 26 июля 2010 года № 558 «О порядке распределения, отпуска и реализации наркотических средств и психотропных веществ, а также отпу-

ска и реализации их прекурсоров» данные лекарственные препараты могут использоваться только юридическими лицами, имеющими лицензию на соответствующий вид деятельности.

Кроме получения лицензии, судовладелец обязан также иметь в штате сотрудников, которые должны получить допуск к работе с вышеуказанными препаратами в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 06.08.1998 года № 892 «Об утверждении Правил допуска лиц к работе с наркотическими средствами и психотропными веществами, а также к деятельности, связанной с оборотом прекурсоров наркотических средств и психотропных веществ». Существуют также риски, связанные с перемещением вышеуказанных препаратов через пункты пропуска государственной границы Российской Федерации, что может расцениваться, как незаконный ввоз наркотических веществ и явиться причиной привлечения капитана судна к уголовной ответственности.

Совершенно очевиден тот факт, что судовладельцы не будут получать лицензию из-за небольшого количества наркотического лекарственного препарата (например, нескольких ампул морфина), входящего в состав судовой аптечки, когда на борту нет судового медицинского работника. Сложилась парадоксальная ситуация, когда за границей наши суда вынуждены пополнять судовую аптечку наркотическими лекарственными препаратами после проверок портовых властей, а при пересечении границы с Россией ликвидировать эти препараты (буквально выбрасывать за борт), которые предназначены для эффективного обезболивания и спасения человеческой жизни [2, с.11].

Необходимо внести соответствующие поправки в Федеральный закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ (ред. от 02.08.2019 г.) «О лицензировании отдельных видов деятельности» и разрешить использование наркотических и психотропных лекарственных препаратов на судах в медицинских целях без лицензирования.

Единая конвенция Организации Объединенных Наций по наркотическим средствам 1961 года включает в себя положения, подтверждающие, что международная перевозка морскими или воздушными судами таких ограниченных количеств наркотических средств, которые могут потребоваться во время путешествий или рейсов для оказания первой помощи или в экстренных случаях, не считается ввозом, вывозом или транзитом. При этом страной регистрации должны быть приняты соответствующие меры предосторожности для предупреждения ненадлежащего использования этих наркотических средств или перехода их в незаконный оборот. Национальные органы многих стран требуют от капитанов судов подавать общую декларацию о лекарственных средствах, находящихся на борту судна, и отдельную декларацию о наркотических лекарствах, а также хранить журнал их учета в течение двух лет после того, как в нем сделана последняя запись. На капитанов судов возложены и обязанности по хранению этих лекарств.

Федеральным законом «О наркотических средствах и психотропных веществах» от 08.01.1998 N 3-ФЗ (ред. от 26.07.2019), ст. 31 п. 7 установлено следующее: «При наличии специального разрешения федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере здравоохранения, допускается ввоз (вывоз) ограниченного количества наркотических средств и психотропных веществ, внесенных в списки II и III, хранящихся в аптечках первой помощи на морских и воздушных судах международного сообщения и в поездах международных линий, в объемах, необходимых для оказания неотложной помощи».

Письмом Минздрава России от 24 января 2013 года № 14-3/2002593 было дано разъяснение о том, что в соответствии с Правилами хранения наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров, утвержденных Постановлением Правительства РФ от 3 января 2009 года № 1148, аптечки первой помощи на морских и речных судах отнесены к местам временного хранения наркотических средств и психотропных веществ. При этом наркотические средства и психотропные вещества должны храниться в запирающихся сейфах не ниже 1-го класса устойчивости к взлому или металлических, либо в контейнерах, изготовленных из других высокопрочных материалов.

Таким образом, действующим законодательством предусмотрено издание Минздравом России или другим органом исполнительной власти страны особого порядка по использованию наркотических и психотропных лекарственных препаратов на судах в медицинских целях, но до настоящего времени такой порядок не разработан.

Российским законодательством оборот наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров привязан к осуществлению медицинской деятельности, т.е. наличие наркотических средств на судне разрешено при присутствии на судне медицинских работников. Конвенция 2006 предписывает на судах, не имеющих судового медицинского работника на борту, иметь в составе экипажа моряка ответственного за медицинское обслуживание, назначение и применение лекарств, прошедшего курс подготовки по медицинскому уходу, согласно международным обязательствам Российской Федерации – Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года с поправками (далее – Конвенции ПДНВ). Медицинская подготовка командного состава флота (капитан, помощник капитана) является частью общей профессиональной подготовки моряков и осуществляется на учебно-тренажерных судах, аккредитованных Минтрансом России [3, с.23]. Эта подготовка дает возможность ответственным лицам участвовать в оказании доврачебной медицинской помощи на борту судна, принимать экстренные меры по оказанию медицинской помощи при несчастных случаях, травмах и острых заболеваниях, а также проводить медицинские консультации по радио или спутниковой связи [4, с.112–113], взаимодействовать с береговыми спасательными службами в случаях медицинской эвакуации больного или пострадавшего.

Федеральным законом от 21.11.2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» (ред. от 29.05.2019) предусмотрено два вида помощи в Российской Федерации: первая и медицинская помощь. В соответствии с нормами статей 31 и 32 данного Федерального закона первая помощь оказывается лицами, имеющими соответствующую подготовку, а медицинская помощь, оказывается медицинскими организациями. Необходимо на законодательном уровне решить вопрос о возможности получения профессии парамедика работниками плавсостава [5, с.70].

Кроме того, в соответствии со статьей 32 Федерального закона от 21 ноября 2011 года № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» медицинская помощь вне медицинской организации может оказываться только по месту вызова бригады скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи, а также в транспортном средстве при медицинской эвакуации. Необходимы поправки в данную статью закона, разрешающие оказывать медицинскую помощь на объектах морского и речного транспорта.

В связи с тем, что лекарственное обеспечение судов является обязанностью судовладельцев необходимо также внести изменения и в Федеральный закон от 12 апреля 2010 года № 61-ФЗ «Об обращении лекарственных средств» (ред. от 02.08.2019) в части возможности оптовой и розничной продажи лекарственных препаратов судовладельцам, хранения лекарственных препаратов на борту судна (статьи 53, 55, 58 и 58.1).

Заключение

За последние годы в стране накопилось немало проблем, связанных с нормативно-правовым регулированием лекарственного обеспечения судов. Для решения этих проблем, требуется внесение изменений в различные законодательные акты Российской Федерации и издание соответствующих распорядительных документов со стороны органов исполнительной власти. Актуальным является разработка и утверждение порядка обеспечения судов лекарственными препаратами, в том числе наркотическими и психотропными, изделиями медицинского назначения. Данным документом должны быть определены нормативы лекарственного обеспечения по различным категориям судов с учетом квалификационных свидетельств, выдаваемых Морским и Речным Регистрами судоходства. Такой дифференци-

рованный подход позволит оптимально определить состав судовой аптечки для различных категорий судов. Требуется разработка и утверждение особого порядка использования наркотических и психотропных лекарственных препаратов на судах для оказания медицинской помощи. Необходимо разрешить судовладельцам использовать без лицензии наркотические и психотропные лекарственные препараты в медицинских целях, определить места их хранения на судах, порядок учета, контроля, а также ввоза (вывоза) через границу Российской Федерации.

Решение комплекса проблем нормативно-правового регулирования лекарственного обеспечения судов потребует согласования между различными министерствами и ведомствами Российской Федерации: Министерство здравоохранения, Министерство транспорта, Министерство внутренних дел (Главное управление по контролю за оборотом наркотиков), Федеральная таможенная служба. Обязательно должны быть учтены и интересы судовладельцев, в связи с чем, разрабатываемые нормативные документы требуют обсуждения и согласования с такими организациями, как Союз Российских Судовладельцев, Ассоциация Портов и Судовладельцев Речного Транспорта, Российский профессиональный союз моряков.

Издание нормативных документов по лекарственному обеспечению судов позволит выполнить России международные обязательства в области охраны здоровья моряков и безопасности мореплавания.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мосягин И.Г. О состоянии морской медицины и концептуальных подходах к ее развитию в Российской Федерации. *Морская медицина.* 2016; 2(4): 7-19.
2. Казакевич Е.В., Архиповский В.Л, Середа А.П., Абакумов А.А., Особенности организации медицинской помощи морякам в условиях Арктики. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2017; 4: 8-20.
3. Мосягин И.Г., Казакевич Е.В., Бойко И.М. Роль и место морской медицины в Российском здравоохранении. *Морская медицина*. 2019; 5(1): 17-27.
4. Казакевич Е.В., Архиповский В.Л., Бумай О.К. Морские медицинские консультативные центры как элемент системы медицинского обслуживания плавсостава морских судов. *Морской вестник*. 2016; 1(57): 112-3.
5. Бумай О.К., Иванченко А.В., Абакумов А.А. и др. Подготовка нормативно-правовой базы системы медико-санитарного обслуживания плавсостава морских и речных судов: анализ проблемы, предложения и перспективы. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2017; 1: 65-77.

REFERENCES

1. Mosyagin I.G. On the state of marine medicine and conceptual approaches to its development in the Russian Federation. *Morskaya meditsina*, 2016; 2(4): 7-19. (in Russian).
2. Kazakevich E.V., Arkhipovskiy V.L, Sereda A.P., Abakumov A.A. Features of the organization of medical assistance to sailors in the Arctic. *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy*. 2017; 4: 8-20. (in Russian).
3. Mosyagin I.G., Kazakevich E.V., Boyko I.M. The role and place of marine medicine in Russian healthcare. *Morskaya meditsina.* 2019; 5(1): 17-27. (in Russian).
4. Kazakevich E.V., Arkhipovskiy V.L., Bumay O.K. Marine medical advisory centers as an element of the medical care system for naval vessels. *Morskoy vestnik.* 2016; 1(57): 112-3 .(in Russian).
5. Bumay O.K., Ivanchenko A.V., Abakumov A.A. i dr. Preparation of the regulatory framework for the medical care system for the crew of sea and river vessels: analysis of the problem, proposals and prospects. *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy*. 2017; 59(1): 65-77. (in Russian).

Поступила 17 февраля 2020

Принята в печать 28 февраля 2020

© МАЛОВ А.М., СИБИРЯКОВ В.К., 2020

Малов А.М., Сибиряков В.К.

СТАНДАРТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ СОСТАВА БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД, СОДЕРЖАЩИХ ТОКСИЧНЫЕ МЕТАЛЛЫ, ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ (АНАЛИТИЧЕСКЯ СТАТЬЯ)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Институт токсикологии Федерального медико-биологического агентства»,
129019, г. Санкт-Петербург

В аналитической статье обосновывается необходимость использования стандартных биологических материалов, содержащих токсичные металлы в здравоохранении, ветеринарии, при обеспечении безопасности в чрезвычайных ситуациях и в области охраны окружающей среды. Приведены примеры соответствующих зарубежных и отечественных стандартных материалов. Оценены перспективы развития этой области аналитических исследований. Сделан вывод о необходимости разработки новых стандартных биологических материалов, содержащих токсичные металлы, а также их производства.

Ключевые слова: *эталонные материалы; токсичный металл; справочная литература; аттестационный анализ; практика и перспективы применения.*

Для цитирования: Малов А.М., Сибиряков В.К. Стандартные материалы состава биологических сред, содержащих токсичные металлы, теория и практика применения (аналитическя статья). *Медицина экстремальных ситуаций.* 2020; 22(1): 123-129.

Для корреспонденции: *Малов Александр Михайлович*, кандидат биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории токсикологической химии неорганических соединений ФГБУН ИТ ФМБА России, 129019, г. Санкт Петербург. E-mail: m.matkin@mail.ru

---

Malov A.M., Sibiryakov V.K.

STANDARD MATERIALS FOR THE COMPOSITION OF BIOLOGICAL TISSUES CONTAINING TOXIC METALS, THEORY, AND PRACTICE OF APPLICATION (ANALYTICAL ARTICLE)

Institute of Toxicology of Federal Medico-Biological Agency,
Saint-Petersburg, 129019, Russian Federation

The analytical article substantiates the need to use standard biological materials containing toxic metals in public health, veterinary medicine while ensuring safety in emergencies and the field of environmental protection. Examples of relevant foreign and domestic standard materials are given. The prospects for the development of this area of analytical research are evaluated. The conclusion is made about the need to develop new standard biological materials containing toxic metals, as well as the need for their production.

Keywords: *standard materials; toxic metals; reference materials; the attestative analysis; practice and prospects of application.*

For citation: Malov A.M., Sibiryakov V.K. Standard materials for the composition of biological tissues containing toxic metals, theory, and practice of application (Analytical article). *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy (Medicine of Extreme Situations, Russian journal)* 2020; 22(1): 123-129. (In Russian)

For correspondence: *Aleksandr M. Malov*, MD, Ph.D., leading researcher of the Laboratory of Toxicological Chemistry of Inorganic Compounds of the Institute of Toxicology of Federal Medico-Biological Agency, Saint-Petersburg, 129019, Russian Federation. E-mail: m.matkin@mail.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received September 9, 2019
Accepted February 28, 2020

Связь между чрезвычайными ситуациями, охраной здоровья населения и метрологией, на первый взгляд, неочевидна. Но её устанавливает ФЗ № 102-ФЗ от 26.06.2008 г., в котором, в частности указано, что сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений распространяется на измерения, к которым в целях, предусмотренных частью 1 настоящей статьи, установлены обязательные требования и которые выполняются при осуществлении:

1) деятельности в области здравоохранения;

2) ветеринарной деятельности;

3) деятельности в области охраны окружающей среды;

4) деятельности по обеспечению безопасности при чрезвычайных ситуациях».

Стандартные материалы, стандартные образцы (СО), в частности состава биологических сред, содержащих токсичные металлы (ТМ) как одно из средств измерений, самым непосредственным образом подпадают под требования этого закона. Данные о содержании ТМ в биосредах являются основой для постановки медицинских диагнозов, научных выводов, принятия административно-хозяйственных решений, мероприятий в случае ЧС. В связи с этим аналитикам предъявляются требования точности, достоверности и надежности получаемых результатов измерений.

ТМ являются персистентными экотоксикантами, их воздействию постоянно подвергаются живые организмы. В результате естественных и цивилизационных процессов содержание ТМ в окружающей среде увеличивается год от года, возрастает негативное воздействие этих металлов на организм человека, животных и биоценоз в целом. Особенно критичными в этом отношении становятся различного рода техногенные катастрофы, связанные с выбросом в окружающую среду значительных количеств той же ртути, свинца, кадмия и других ТМ.

Пока существует цивилизация, с этим фактором негативного воздействия на биоту приходится считаться, особенно в таких странах, как Российская Федерация с её хорошо развитым промышленным и химическим производствами, мощной горнодобывающей промышленностью и энергетикой, развитой транспортной системой. Несмотря на принятые ограничения использования таких приоритетных токсичных металлов, как свинец, ртуть, кадмий, например в бензиновых присадках, термометрах и батареях, эти вредные для здоровья металлы наряду с им подобными продолжают использоваться в быту и в промышленном производстве. Плохо отлаженная, а то и вовсе отсутствующая система утилизации ТМ, как и разного рода нарушения технологического режима и чрезвычайные ситуации на производствах ухудшают экологическую ситуацию. В этих условиях мониторинг содержания ТМ в окружающей среде, биосредах человека и животных является одной из актуальных задач соответствующих госструктур, в том числе ФМБА РФ, что предполагает наличие надежных и достаточно оперативных методов идентификации ТМ и их количественного определения в биосредах человека – цельной крови и плазме крови, моче, грудном молоке, мышечной и костной тканях и т.д.

К настоящему моменту хорошо разработаны химические и физические способы анализа ТМ. К ним можно отнести такие достаточно распространенные методы, как атомно-абсорбционная и атомно-эмиссионная спектрометрия, полярометрия, масс-спектрометрия и нейтронно-активационные методы. Слабым местом анализа ТМ в биосредах является процесс пробоподготовки, т.е. адаптации биологического материала к требованиям, предъявляемым условиями эксплуатации анализатора. В большинстве случаев это должны быть водные растворы определенной консистенции, обладающие необходимой гомогенностью и вязкостью, и достаточно определенного химического состава, то есть известного концентрационного диапазона аналита при отсутствии маскирующих или мешающих примесей. Пробоподготовка биоматериала может включать в себя такие операции, как кислотный или щелочной гидролиз, нагревание, ультразвуковое или высокочастотное воздействие, повышенное давление, хроматографическое или седиментационное фракционирование, добавление необходимых реагентов и, наконец, разбавление. Подобная обработка биоматериала может сопровождаться как утратой аналита, например улетучиванием некоторых элементов при так называемом «сухом озолении», так и загрязнением мешающих анализу компонен-

тов или чужеродного аналита, что вносит в результат измерения неопределенную систематическую ошибку. Исключить или учесть эту ошибку помогает использование стандартных материалов, точнее стандартных образцов состава исследуемого биоматериала, содержащих искомые ТМ в известных, регламентированных концентрациях.

Получаемые на анализаторах значения являются относительными, как правило, это показания каких-либо датчиков, отградуированные в искомых величинах, т.е. концентрации, массы и т.д. Градуировка этих анализаторов осуществляется с помощью СО, под которым понимается : «Средство измерений в виде определенного количества вещества или материала, предназначенное для воспроизведения и хранения размеров величин, характеризующих состав или свойства этого вещества (материала), значения которых установлены в результате метрологической аттестации, используемое для передачи размера единицы при поверке, калибровке, градуировке средств измерений, аттестации методик выполнения измерений и утвержденное в качестве стандартного образца в установленном порядке» [1]. Сопоставляя относительное значение, полученное при анализе СО и опытного образца, можно получить искомое абсолютное значение концентрации аналита или его массы в опытном образце.

Примерно с середины прошлого века использование стандартных образцов состава биологических сред, содержащих ТМ, становится повседневной практикой научных исследований и медицинской аналитики. С тех пор в различных странах создан широкий спектр СО состава биологических материалов, содержащих ТМ.

В таблице представлены некоторые продукты, выпускаемые наиболее известными фирмами. Лидерство в этой области принадлежит Американскому Национальному институту стандартов и технологий (NIST). Кроме обозначенных в таблице, на рынке имеется продукция японских, австралийских и канадских производителей – NMIJ, ReCCS, NMIA.

Широкий список биосред, на основе которых изготавливаются СО (см. таблицу), обусловлен потребностью в них различных исследовательских организаций и производственных структур, в научных исследованиях, в практической медицине, ветеринарии, при судебно-медицинской экспертизе, при экологических исследованиях, в пищевой промышленности.

Разработку СО можно разделить на две основные стадии – получение референтного материала (РМ) как материальной основы СО и метрологической оценки полученного референтного материала. В отечественной метрологической практике под референтным материалом понимается «материал [вещество], достаточно однородный и стабильный по отношению к одному или нескольким определенным свойствам, применяемый в соответствии с назначением в измерительном процессе» [2].

Источниками референтного материла, как показывает мировая практика, могут быть ткани и биосреды как животных, так и человека. В открытых источниках относительно мало сообщается о технологиях получения РМ, а иногда и о составе, матрице зарегистрированных стандартных материалов. Подбор человеческих или животных биоматериалов предполагает их обследование, в частности на наличие инфекций, вирусоносительство. Использование человеческого донорского материала сопряжено со значительными ограничениями санитарно-эпидемиологического характера, нормировано рядом инструкций, что суживает или исключает применение таких продуктов в ряде случаев.

Критичным моментом создания СО является получение РМ с нужным содержанием ТМ. Если с биоматериалом животных ситуация достаточно разрешимая, то человеческий биоматериал может иметь или фоновую, естественную концентрацию аналита, или измененную путем добавления в биосреду известного количества ТМ. Во втором случае это возможно, если имеет место жидкая биосреда – кровь, моча, грудное молоко. Костную, мышечную ткань, ткани печени или почек этой процедуре подвергнуть затруднительно. Процедура добавления в жидкую биосреду известного количества ТМ для получения СО известного состава оправдана только в решении первой части задачи, то есть получения нужного валового количества аналита, но считать изготовленный таким образом референтный материал полноценным продуктом

Некоторые разработчики и производители стандартных образцов и их продукция			
Страна	Фирма	Примеры продуктов	
		обозначение	состав биосреды (орган, ткань)
Европейское сообщество (Великобритания, Норвегия, Германия, Бельгия, Австрия и др.)	IRMM	IAEA-H-5	Костная ткань
		BCR-CRM-186	Почки
		BCR-CRM-184	Мышцы
		BCR- 634-636	Кровь человека
		BCR- 304-1VL	Сыворотка крови
	Seronorm™	SERO210105	Цельная кровь
	International Atomic Energy Agency	IAEA-085, 086	Волосы
	LGC Standarts	ERM-CE278K	Мышцы
	Recipe Chemcals+	REC-8841	Моча
	Instruments GmbH-ClinChek®	REC-8842	
	Controls	REC8849	
Китай	NIM	GBW 09101	Волосы человека
		GBW 09103	Моча
	NCS	DC73347a	Волосы
США	NIST	SRM-2670	Моча
		SRM-1577b	Печень
Российская Федерация	ФГБУН ИТ ФМБА России	ГСО 9104-2008*	Цельная кровь
		ГСО 9653-2010*	
		ГСО 10128-2012*	
		ГСО 10129-2012*	
		ГСО 10236-2013*	
	ФГБУН «Институт геохимии им. А.П. Виноградова» СО РАН	СО КООМЕТ 0068-2009-RU	Мышечная ткань байкальского окуня

Примечание. * – образцы, получившие статус межгосударственного уровня сертификации МСО 1822:2013; МСО 1823:2013; МСО 1824:2013; МСО 1825:2013; МСО 2184:2018.

не приходится, поскольку аналит не внедрен в матрицу биосреды естественным образом – в результате метаболических процессов. Подобный подход не гарантирует, что аналит находится в матрице в естественной форме и при пробоподготовке, например хроматографическом или седиментационном разделении, не будет утрачен и будет получена адекватная картина ионного состава биосреды. Более того, подобный подход не позволяет получать РМ состава нежидких биосред – костной и мышечной ткани, печени, почек с нужным содержанием ТМ. По-видимому, более правильным (адекватным), будет тот РМ, в котором ТМ инкорпорирован естественным образом (метаболически) в натуральную матрицу биосреды.

Наработка реферерентного материала состава биологической среды, содержащей ТМ, лишь первая задача изготовления СО. Другая, не менее важная задача, состоит в метрологической аттестации или аттестационном анализе продукта и присвоения ему того или иного квалификационного свидетельства. В странах-производителях СО установлены свои процедуры аттестационного анализа этих продуктов. В Европейском сообществе они являются межгосударственными (см. таблицу). В РФ в соответствии с Межгосударственным стандартом ГОСТ8.315-97 существуют несколько уровней сертификации и признания стандартных образцов – СОП (стандартный образец предприятия), ОСО (отраслевой стандартный образец), ГСО

(стандартные образцы, типы которых утверждает Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии), МСО (межгосударственные стандартные образцы, стандартные образцы, признанные Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации) и СО КООМЕТ (стандартные образцы, признанные Комитетом Евро-Азиатского сотрудничества государственных метрологических учреждений).

Американский Институт стандартных материалов и технологий (NIST) различает СО двух уровней SRM – стандартный референтный материал и СО более высокого уровня аттестации – CRM, сертифицированный референтный материал. Независимо от страны происхождения и аттестации разработка СО предполагает следующие шаги: исследование однородности материала, стабильности, прослеживаемости, сличение и главное – установление значения аттестуемой характеристики. Отечественная практика аттестации СО регламентирует этот процесс рядом нормативных документов: ГОСТ 8.531-2002, МСИ 2838-2003, Р 50.2.031-2002, Р 50.2.058-2007, РМГ 56-2002 и др. Пожалуй, наиболее сложной и неопределенной процедурой является установление значения аттестуемой характеристики, в нашем случае – концентрации аналита. Отсутствие в РФ достаточного количества аналитических лабораторий, а также опыта сертификации подобного рода продуктов создаёт проблемы, тормозит разработку, производство и применение отечественных СО состава биологических сред, содержащих ТМ.

Отечественная метрология, в частности касающаяся СО, базируется на Федеральном Законе № 102-ФЗ [3] и Государственной системе обеспечения единства измерений [4]. Ни тот ни другой документ не нормируют состав СО, используемого при аттестации методики. Эти нормативные документы допускают использование СО состава водных растворов, содержащих ТМ, что и происходит на практике. С другой стороны, трудно требовать применения того, чего нет в стране, то есть СО состава биологических сред.

Метрологической аттестацией стандартных образцов в РФ в основном занимаются две организации – Федеральное государственное унитарное предприятии «Уральский научно-исследовательский институт метрологии», (Екатеринбург) и Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева», (Санкт-Петербург).

В разработке, производстве и использовании СО состава различных биологических материалов с широким спектром ТМ заинтересованы как коммерческие, так и государственные структуры – Росстандарт, Минздрав, Минпромторг, Минсельхоз, Минприроды, Минобразования, РАН, «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора, Научно-исследовательский институт питания РАН и «ГНИИ стандартизации и контроля медицинских и биологических препаратов им. Л.А. Тарасевича» Роспотребнадзора. Несмотря на это в отечественном Государственном реестре средств измерений Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений содержится всего лишь шесть подобных утвержденных типов СО (см. таблицу). Такого количества и качества СО совершенно недостаточно для аналитических исследований в перечисленных выше сферах их применения. К сожалению, в РФ, помимо исключительно ограниченного спектра сертифицированных типов СО, эти продукты в лучшем случае представлены лишь опытными партиями. В то же время в качестве позитивного момента следует отметить, что вновь принимаемые стандарты – ГОСТ 34427-2019 (действует с 01.07.2019) предписывают применение СО состава анализируемого материала [5].

Как показывает практика отечественных и зарубежных исследований необходимы СО состава мочи, мышечной ткани млекопитающих, печени, почек, костной такни, волос, плазмы крови др. Целесообразно иметь в арсенале аналитических лабораторий мультиэлементные СО состава этих тканей.

Насколько известно авторам, зарубежные СО в РФ не поставляются и законность их использования в нашей стране остается под вопросом.

Разработанные во ФГБУН ИТ ФМБА России, типы (см. таблицу) СО включены в Реестр межгосударственных стандартных образцов

(МСО) состава и свойств веществ и материалов государств-участников Соглашения «О проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации» Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации Содружества Независимых Государств со следующими регистрационными номерами и наименованиями:

- МСО 1822:2013 – СО состава крови, содержащей свинец (СО BL-Pb);
- МСО 1823:2013 – СО состава крови, содержащей ртуть (СО BL-Hg);
- МСО 1824:2013 – СО состава крови, содержащей кадмий (СО BL-Cd);
- МСО 1825:2013 – СО состава крови, содержащей бериллий (СО BL-Be);
- МСО 2184:2018 – СО состава крови, содержащей таллий (BL-TI).

Столь ущербный список СО состава биосред, содержащих ТМ, представленных в РФ, ставит под сомнение надежность соответствующих результатов исследования отечественных аналитиков в научных публикациях, в диагнозах обследования пациентов и в других случаях, в том числе при ЧС.

По-видимому, ликвидацию серьезного отставания РФ в обсуждаемой области аналитических исследований от мирового уровня необходимо начинать с создания в рамках Федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации» межведомственной программы, в которой должны быть задействованы перечисленные выше государственные структуры – Минздрав, Росстандарт, Минпромторг и т.д. В рамках этой программы должны быть пересмотрены некоторые нормативные документы, обеспечивающие рынок потребления СО состава биологических сред, содержащих ТМ. Ни один из этих ныне действующих методических регламентирующих документов при аттестации методики в описываемой области исследований не предполагает использование СО состава соответствующих биологических сред, содержащих ТМ. Например, МУК 4.1.030-15 – МУК 4.1.036-15, МВИ 221.123.01.00.288/2010 или МУК 4.1.1470-03 предписывают использовать в качестве СО водные растворы солей соответствующих металлов, например, ГСО 8004-93 – Государственный стандартный образец состава водного раствора ионов ртути.

Согласно сообщениям СМИ, Премьер-министр Дмитрий Медведев, выступая на пленарном заседании Гайдаровского форума 2019 г., указал на проблему избыточной нагрузки со стороны контрольно-надзорных органов на российский бизнес. По его словам, задачу можно решить с помощью механизма «регуляторной гильотины» [6]. Одним из решений этой задачи мог бы стать отказ от несущественных, некритичных требований со стороны Росакредитации. Использование СО государственного уровня аттестации при аккредитации лабораторий позволило бы в рамках «регуляторной гильотины» отказаться от перестраховочных бюрократических требований прежних времен, сосредоточиться на валидности лабораторий при их аккредитации, т.е. на верности, точности результатов анализов образцов, направляемых по государственной системе межлабораторного сличения. Параллельно с ликвидацией устаревших и ненужных нормативных документов необходимо разрабатывать новые типы СО состава биологических сред: мышц, тканей печени и почек, грудного молока, костной ткани, бизидиальных грибов, водорослей и других сред, содержащих такие металлы, как хром, цинк, никель и др. Главным результатом этой активности должно стать производство СО и продвижение этих продуктов на внутрироссийский и международные рынки.

У обсуждаемой проблемы производства и использования СО состава биологических тканей, содержащих ТМ, есть еще один, коммерческий аспект. СО типа ГСО 9104-2008, ГСО 9653-2010, ГСО 10128-2012, ГСО 10129-2012, ГСО 10236-2013, разработанные во ФГБУН ИТ ФМБА России (см. таблицу), защищены патентами, являются инновационными импортозамещающими продуктами. При масштабном производстве они могут быть востребованы не только соответствующими аналитическими лабораториями в РФ, но и за рубежом, в частности в странах Евразийского экономического союза (ЕАЭС). В зарубежных каталогах подобный комплект СО оценивается примерно в €100.

В качестве заключения, по-видимому, следует выразить пожелание, что вышеперечисленные заинтересованные структуры обратят внимание на обсуждаемую проблему и с их участием и содействием будет разработана межведомственная программа создания новых СО состава биологических сред, содержащих ТМ, их производства и внедрения в лабораторную практику страны.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 8.315-97. Межгосударственный стандарт. Государственная система обеспечения единства измерений. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов.
2. Р.50.2.056-2007. Государственная система обеспечения единства измерений. Образцы материалов и веществ стандартные. Термины и определения.
3. Федеральный Закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.08. № 102-ФЗ.
4. ГОСТ Р 8.563-2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений.
5. ГОСТ 34427-2018. Определение ртути методом атомно-абсорбционной спектрометрии на основе эффекта Зеемана. Продукты пищевые и корма для животных.
6. https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2019/01/15/791442-medvedev-gilotinu (Дата обращения: 24.06.2019).

REFERENCES

1. GOST 8.315-97. State standard. GOST 8.315-97. Interstate standard. State system for ensuring the uniformity of measurements. Standard samples of the composition and properties of substances and materials [Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmereniy. Standartnyye obraztsy sostava i svoystv veshchestv i materialov. Osnovnyye polozheniya Mezhgosudarstvennyy standart]. (in Russian)
2. RM. R 50.2.056-2007. State system for ensuring the uniformity of measurements. Certified reference materials. Terms and Definitions [Rekomendatsii po metrologii. Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmereniy. Obraztsy materialov i veshchestv standartnyye. Terminy i opredeleniya].
3. The Federal Law “On ensuring the uniformity of measurements” dated 06/26/08. № 102-FZ [FZ № 102-FZ ot 26.06.2008 «Ob obespechenii edinstva izmereniy»]. (in Russian)
4. State standard. GOST R 8.563-2009. State system for ensuring the uniformity of measurements. Measurement procedures (methods) [GOST R 8.563-2009 Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmereniy (GSI). Metodiki (metody) izmereniy]. (in Russian)
5. State standard. GOST 34427-2018. Determination of mercury by atomic absorption spectrometry based on the Zeeman effect. Food and animal feed GOST 34427-2018 [Opredelenie rtuti metodom atomno-absorbcionnoj spektrometrii na osnove effekta Zeemana. Produkty pishevye i korma dlya zhivotnyh].(in Russian)
6. https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2019/01/15/791442-medvedev-gilotinu (Data obrashcheniya: 24.06.2019).

Поступила 09 сентября 2019
Принята в печать 28 февраля 2020

ХРОНИКА, ИНФОРМАЦИЯ

ЮБИЛЕИ

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Самойлов А.С., Бушманов А.Ю., Грачев М.И., Саленко Ю.А., Фролов Г.П., Богданова Л.С., Метляев Е.Г., Теснов И.К.

АВАРИЙНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ РАДИАЦИОННО-ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ФМБА РОССИИ – 20 ЛЕТ В ГОТОВНОСТИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства», 123182, г. Москва

Введение

Вот уже 20 лет в системе аварийного реагирования ФМБА России функционирует подразделение ФГБУ ГНЦ ФМБЦ имени А.И. Бурназяна – Аварийный медицинский радиационно-дозиметрический центр (АМРДЦ), созданный в 1999 г. по решению ФМБА России и под научным руководством академика РАН Л.А. Ильина.

Уникальный и трудный опыт, полученный учеными и клиницистами ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна (до 2008 г. ГНЦ – Институт биофизики) за более чем 75-летнюю историю, отчетливо показывает неоспоримость использования научных подходов в решении сложных вопросов преодоления медико-санитарных последствий радиационных аварий. При этом важно подчеркнуть, что основная тяжесть первых ответных действий и решений ложится на плечи лечебно-профилактических учреждений, территориальных органов и центров гигиены и эпидемиологии ФМБА России, обслуживающих предприятия атомной энергетики и промышленности, атомного флота и других сфер использования источников ионизирующих излучений. Понимание этой проблемы явилось отправной идеей создания аварийного центра, который должен осуществлять научно-методическую, практическую и экспертно-аналитическую поддержку территориальных организаций ФМБА России, повышать эффективность их работы в случае возникновения чрезвычайных ситуаций радиационного характера.

Методология и принципы организации работы АМРДЦ

До 2008 г. в АМРДЦ на функциональной основе входили лаборатории ГНЦ – Институт биофизики, специализированное приемное отделение Клинической больницы № 6 и Головной центр гигиены и эпидемиологии ФМБА России. Данная организационная структура позволяла успешно решать задачи аварийного медицинского реагирования в сочетании знаний и опыта гигиенистов, физиков и клиницистов, а также специалистов госсанэпиднадзора ФМБА России. В 2008 г. АМРДЦ вошел в состав ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна в статусе отдела.

В настоящее время в состав АМРДЦ входят лаборатории:

- научно-методического и организационного обеспечения аварийного реагирования (лаборатория № 40);
- радиометрических и спектроскопических исследований человека и окружающей среды (лаборатория № 15).

Лаборатория № 40 является ведущим научно-практическим и методическим подразделением системы аварийного реагирования ФМБА России по вопросам противоаварийного планирования и организации медицинского аварийного реагирования в случае радиационных аварий и инцидентов. Приоритетными направлениями деятельности лаборатории №15 являются радиометрическое и дозиметрическое обследование пострадавших, обеспечение клинических и других подразделений ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна дозиметрическими, радиометрическими и спектрометрическими исследованиями.

В состав АМРДЦ кроме штатных сотрудников (рис. 1) на функциональной основе включены специалисты других лабораторий и отделений ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна: радиационно-гигиенического, клинического, физико-дозиметрического и информационно-аналитического профилей. Таким образом, весь процесс аварийного реагирования, начиная с прогноза радиационной обстановки и оценки доз облучения персонала и населения и заканчивая подготовкой рекомендаций по защитным мерам и медицинскому вмешательству, осуществляется по взаимоувязанным схемам и Протоколам.

Основными задачами АМРДЦ на современном этапе являются:

- научно-методическая и экспертная поддержка принятия управленческих решений по организации медико-санитарного обеспечения (медицинского и радиационно-гигиенического) при чрезвычайных ситуациях, вызванных авариями на объектах атомной промышленности и энергетики с радиационными последствиями для персонала и населения;
- участие в ликвидации последствий радиационных аварий и инцидентов силами специализированной радиологической бригады;
- разработка нормативно-методической базы по медико-санитарному обеспечению аварийного реагирования в системе ФМБА России;
- разработка научно-методических основ оценки готовности учреждений ФМБА России к проведению медико-санитарных мероприятий в случае радиационной аварии на объектах и территориях, обслуживаемых ФМБА России;
- обеспечение постоянной готовности группы экспертно-аналитической поддержки и специализированной радиологической бригады к выполнению задач по аварийному медицинскому реагированию.

Рис. 1. Коллектив АМРДЦ (2019 г.)

Основополагающим принципом организации работы АМРДЦ явилось создание и дальнейшее совершенствование системы оперативного оповещения и информационного взаимодействия. В центре обеспечивается круглосуточное дежурство оперативных дежурных и групп экспертов. Налажено взаимодействие и получение оперативной информации от ФМБА России и кризисных центров Госкорпорации «Росатом», центров научно-технической поддержки (ЦНТП) в составе ведущих научных учреждений (ИБРАЭ РАН, НПО «Тайфун», ВНИИАЭС и др.). Большое значение при решении задач аварийного реагирования принадлежит информационному взаимодействию АМРДЦ с АО «Аварийно-технический центр Росатома» – профессиональным аварийно-спасательным формированиям.

Успешно решены технические вопросы обустройства выделенного канала высокоскоростной связи, аппаратного и программного обеспечения. В настоящее время система видеоконференцсвязи АМРДЦ, локальная вычислительная сеть, современные программные средства позволяют в режиме реального времени проводить оценки радиационной обстановки и доз облуче-

Рис. 2. Обсуждение результатов оценки радиационной обстановки экспертами группы ОПАС АО «Концерн Росэнергоатом» и ЦНТП в ходе противоаварийного учения.

ния персонала и населения для различных условий аварийных ситуаций, а также согласовывать полученные результаты с экспертными группами ЦНТП и кризисных центров (рис. 2).

Научно-методическая деятельность

При участии специалистов АМРДЦ разработан ряд методических документов, обеспечивающих поддержку процесса противоаварийного планирования и аварийного реагирования в системе ФМБА России. Внедрены в практику методические документы, определяющие алгоритмы работы учреждений ФМБА России в случае радиационных аварий, регламенты проведения инструментальных и специальных исследований, Протоколы работы медицинских аварийных формирований. Использование разработанных критериев и операционных дозиметрических величин радиоактивного загрязнения пострадавших позволяет проводить их сортировку и осуществлять эффективные медико-санитарные мероприятия. В 2018 г. был издан сборник методических документов «Медико-санитарное обеспечение в случае радиационных аварий», в который включены наиболее важные документы, направленные на обеспечение противоаварийной готовности медицинских организаций ФМБА России.

Одним из основных элементов аварийного реагирования является оценка готовности учреждений ФМБА России к выполнению задач по предназначению в случае радиационной аварии. Были проведены исследования и выработаны организационные решения, направленные на оценку и совершенствование противоаварийной готовности медицинских организаций, обслуживающих предприятия Госкорпорации «Росатом». Разработанные методические рекомендации и требования постоянно отрабатываются на практике в ходе противоаварийных тренировок и учений, что позволяет оперативно устранять выявляемые недостатки и совершенствовать навыки медицинского персонала к работе в условиях осложненной радиационной обстановки.

АМРДЦ является участником выполнения научных исследований и медико-гигиенических мероприятий Федеральных целевых программ «Ядерная и радиационная безопасность России» и «Промышленная утилизация вооружения и военной техники». Результаты научно-исследовательских работ направлены на развитие методологии противоаварийного планирования и дальнейшее совершенствование отечественной нормативно-методической базы.

Специалисты аварийного центра приняли участие в пересмотре документов МАГАТЭ из серии публикаций по аварийной готовности и реагированию EPR-RANET-2013, а также в разработке проектов двух Руководств. К настоящему времени сотрудниками АМРДЦ в соавторстве с ведущими учеными ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна и других учреждений подготовлены три монографии и более 60 научных статей (рис. 3).

АМРДЦ – головной аварийный центр ФМБА России

В соответствии с решением Коллегии ФМБА России, в 2010 г. на базе ведущих научных организаций были созданы региональные аварийные медико-дозиметрические центры (РАМДЦ) ФМБА России: ФГУП «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины» ФМБА России – Северо-Западный региональный аварийный медико-дозиметрический центр (СЗРАМДЦ); ФГУП «Южно-Уральский институт биофизики» ФМБА России – Южно-Уральский региональный аварийный медико-дозиметрический центр (ЮУРАМДЦ). Распорядительными документами ФМБА России на АМРДЦ возложена функция по координации

деятельности РАМДЦ и утверждены зоны их ответственности, нормы обеспечения медицинским имуществом, медикаментами, дозиметрическими приборами и оборудованием, комплектами аварийных укладок. Разработаны единые научно-методические и унифицированные подходы и процедуры по оценке возможных последствий радиационных аварий и проведению лечебно-профилактических и санитарно-гигиенических мероприятий. Силы и средства РАМДЦ позволяют в комплексе решать задачи по оценке медико-санитарных последствий радиационных аварий, проведению специализированного дозиметрического обследования пострадавших и оказанию необходимого объема медицинской помощи.

Аварийное медицинское реагирование

АМРДЦ является рабочим органом Комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций ФМБА России по вопросам медико-санитарного обеспечения в случае радиационных аварий и инцидентов. На базе АМРДЦ сформированы специализированная радиологическая бригада и группа экспертно-аналитической поддержки, играющие ключевую роль в аварийном медицинском реагировании. Специализированная радиологическая бригада является составной частью бригады быстрого реагирования ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна и предназначена для участия в ликвидации медико-санитарных последствий радиационных аварий и инцидентов, осуществления необходимого объема лечебно-профилактических и санитарно-гигиенических мероприятий в районе чрезвычайной ситуации (радиационной аварии). Основной задачей группы экспертно-аналитической поддержки, которая формируется из наиболее опытных специалистов, является проведение прогнозов медико-санитарных последствий, оценка доз облучения персонала и населения в начальный период радиационной аварии (в условиях неясности радиационной обстановки и дефицита времени), а также подготовка предложений и рекомендаций по обследованию и лечению пострадавших.

Постановлением Правительства РФ от 8.11.2013 г. № 1007 АМРДЦ включен в Перечень сил и средств постоянной готовности федерального уровня Единой государственной системы

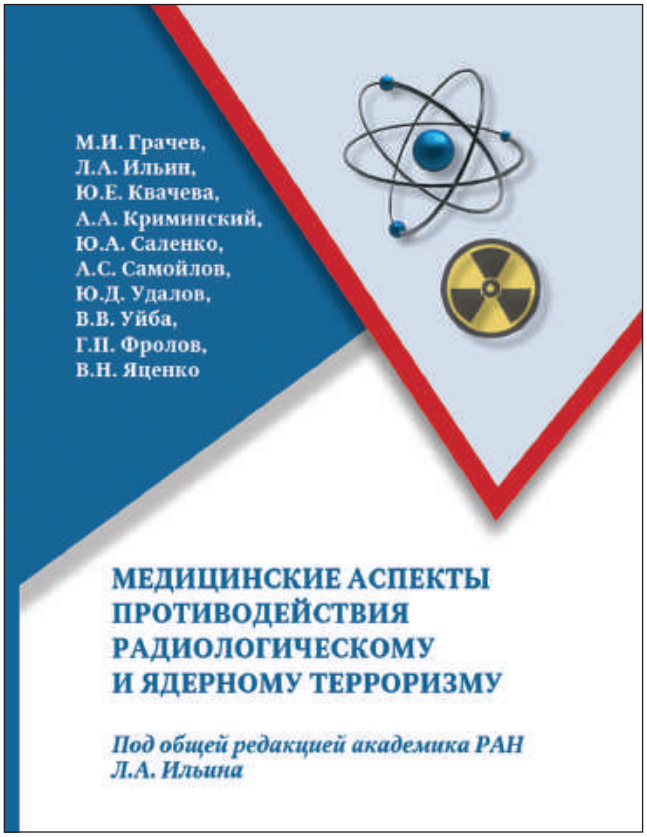


Рис. 3. Монография, подготовленная с участием специалистов АМРДЦ, 2018 г.

предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. АМРДЦ интегрирован в систему аварийного реагирования Госкорпорации «Росатом», являясь ЦНТП Ситуационно-кризисного центра Госкорпорации «Росатом» и Кризисного центра АО «Концерн Росэнергоатом».

АМРДЦ оснащен необходимым дозиметрическим и спектрометрическим оборудованием, комплектами СИЗ, укладками с медицинским и другим вспомогательным имуществом, а также средствами связи и программными продуктами. Для обеспечения работы специализированной радиологической бригады имеется передвижная лаборатория радиационного контроля на базе автомобиля Volkswagen Crafter, оснащенная дозиметрической установкой «Гамма-сенсор-01» с навигационной системой, дальней и ближней связью, приборами дозиметрического контроля, спектрометрическим комплексом, средствами индивидуальной защиты. Она предназначена для автоматической гамма-съемки местности и решения широкого круга задач по оценке радиационной обстановки в

Рис. 4. Дозиметрический контроль пассажиров в аэропорту Шереметьево (г. Москва, 2011 г.).

Рис. 5. Тренировка в Республиканском клиническом онкологическом диспансере МЗ республики Татарстан с участием специализированной радиологической бригады АМРДЦ (г. Казань, 2015 г.).

интересах медико-санитарного обеспечения.

При необходимости выполнения задач по аварийному медицинскому реагированию специализированная радиологическая бригада может быть оперативно укомплектована дополнительным санитарным транспортом ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна.

Ежегодно через оперативную службу АМРДЦ поступает до 10 донесений о радиационных инцидентах, требующих аварийного реагирования или проведения срочных консультаций. Для клинико-дозиметрического обследования лиц, подвергшихся радиационному воздействию, организация работ носит комплексный характер с привлечением специализированных лабораторий ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, специализированного приемного отделения и профильных отделений клиники. С учетом поступившей информации и предварительных результатов оценок используются современные методы гамма- и альфа-спектрометрии, электронного парамагнитного резонанса, кариологии и др.

Большой объем работы был выполнен АМРДЦ по дозиметрическому обследованию пассажиров авиарейсов, прибывающих в Москву из Японии после аварии на АЭС «Фукусима-1» в 2011 г. (рис. 4). Характерной особенностью этой работы явилось тесное взаимодействие с территориальными органами и бригадами Роспотребнадзора. С целью решения задач противодействия радиологическим угрозам эксперты и специализированная радиологическая бригада АМРДЦ были задействованы в мероприятиях по подготовке и обеспечению массовых спортивных мероприятий международного уровня – XXVII Всемирная летняя Универсиада 2013 г. (г. Казань), XXII зимние Олимпийские игры и XI Паралимпийские зимние игры 2014 г. (г. Сочи), XVI Чемпионат мира ФИНА по водным видам спорта 2015 г. (г. Казань), XXI Чемпионат мира по футболу ФИФА 2018 г. (г. Москва) (рис. 5).

Для целей аварийного реагирования разработана и функционирует электронная специализированная база данных (электронный архив) документов по учениям и тренировкам, нештатным и чрезвычайным ситуациям радиационного характера, которая позволяет осуществлять выборку и сортировку документов по заранее определенным признакам, оперативно получать, анализировать и использовать содержащуюся информацию, ускорять подготовку и формирование аналитических справок и рекомендаций.

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна – участник системы международного аварийного реагирования RANET по медико-гигиеническому направлению и по запросу МАГАТЭ может предоставить экспертно-аналитическую поддержку, а также медицинскую помощь и проведение специальных инструментальных ис-

следований (биофизических, биохимических, клинических и др.) и специализированную радиологическую бригаду медико-гигиенического профиля.

Противоаварийные учения и тренировки

Одним из основных и неотъемлемых элементов деятельности АМРДЦ является организация учебно-тренировочного процесса. За последние 10 лет аварийный центр принял участие более чем в 120 учениях и тренировках по линии Госкорпорации «Росатом», АО «Концерн Росэнергоатом», ФМБА России, других министерств и ведомств, а также в международных учениях. Большое внимание в работе АМРДЦ отводится организации и проведению совместных противоаварийных учений учреждений ФМБА России и обслуживаемых ими радиационно-опасных предприятий (рис. 6). Такие учебно-тренировочные мероприятия важны, в первую очередь, для отработки вопросов межведомственного взаимодействия участников аварийного реагирования. При участии специалистов АМРДЦ персоналом аварийно-спасательных формирований предприятия отрабатываются навыки оказания первой (медицинской) помощи пострадавшим. Отдельно выполняются процедуры медицинской сортировки, определения эвакуационных направлений и очерёдности эвакуации, с привлечением персонала специализированных (радиологических) и других медицинских бригад.

Ежегодно проводятся тренировки по оказанию медицинской помощи пострадавшим в специализированном приемном отделении ФГБУ ГНЦ ФМБЦ имени А.И. Бурназяна.

С 2002 г. на постоянной основе АМРДЦ участвует в проведении международных учений и тренировок по линии МАГАТЭ и ВОЗ. В течение 15 лет аварийный центр сотрудничает с Государственным управлением Норвегии по ядерной и радиационной безопасности (DSA) по вопросам аварийной готовности и реагирования. За это время выполнено шесть совместных проектов, в рамках которых

Рис. 6. Отработка методики пешеходной гамма-съемки в совместном противоаварийном учении на Нововоронежской АЭС (г. Нововоронеж, 2014 г.).

развивалась методология управления аварийной готовностью и реагированием со стороны регулирующих органов ФМБА России в случае радиационных аварий на объектах и территориях Северо-Запада России, организовывались и проводились учебно-тренировочные мероприятия. На предприятиях Северо-Западного центра по обращению с радиоактивными отходами «СевРАО» (губа Андреева, п. Гремиха) в разные годы (2006, 2009, 2016 и 2018 гг.) силами АМРДЦ организовано и проведено 4 масштабных международных учения (рис. 7).

На постоянной основе проводятся мероприятия по дооснащению, пополнению, освежению запасов и поддержанию в готовности комплектов аварийных укладок, средств индивидуальной и медицинской защиты, дозиметрических приборов и оборудования.

Рис. 7. Участники российско-норвежского сотрудничества на учениях Docking-2018.

Заключение

Международная и отечественная практика свидетельствуют, что важным современным элементом инфраструктуры аварийного реагирования является создание и постоянное совершенствование специализированных кризисных центров. С момента создания в ФМБА России специализированной службы медико-санитарного обеспечения персонала особо опасных производств и по настоящее время уделяется большое внимание вопросам санитарно-эпидемиологического надзора и оказания медицинской помощи пострадавшим при радиационных авариях и других чрезвычайных ситуациях. В современных условиях созданная система РАМДЦ ФМБА России требует своего дальнейшего развития и совершенствования.

Освоение арктического региона РФ (включая эксплуатацию Северного морского пути) будет осуществляться, в том числе, на основе использования атомного ледокольного флота, размещения и ввода первой плавучей атомной электростанции «Академик Ломоносов», применения других источников ионизирующих излучений в хозяйственных сферах и технологиях. В связи с этим одной из ключевых задач при формировании и реализации государственных программ является дальнейшее комплексное решение вопросов медико-санитарного обеспечения работников радиационно-опасных объектов, в том числе, в случае чрезвычайных ситуаций радиационного характера.

Поступила 23 декабря 2019
Принята в печать 28 февраля 2020

ВЛАДИМИР РОМАНОВИЧ РЕМБОВСКИЙ
(к 75-летию со дня рождения)

22 апреля 2020 года исполнилось 75 лет со дня рождения Владимира Романовича Рембовского – видного ученого в области военной и промышленной токсикологии и гигиены, доктора медицинских наук, профессора, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, лауреата Государственной премии Российской Федерации в области науки и техники, полковника медицинской службы, научного руководителя Федерального государственного унитарного предприятия «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека» Федерального медико-биологического агентства (ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России).

Более 60 лет Владимир Романович посвятил медицинской науке и практике! Он настоящий офицер − верный, честный , благородный, и настоящий врач − отзывчивый и добросердечный.

Владимир Романович родился в год Великой Победы в г. Корец Ровенской области УССР и с детства мечтал о мирной профессии врача. Тягу к медицине привил его родственник − военный врач. Семья, воспитывавшая пятерых детей, не могла обеспечить старшему сыну полную школьную программу, поэтому Владимир поступил в Ровненское медицинское училище, блестяще его окончил, сдал вступительные экзамены в Тернопольский медицинский институт, но после первого курса был призван на срочную службу в ракетные войска. Там окончательно определилась его судьба: в 1966 г., после второго года службы в армии, он поступил в Военно-медицинскую академию им. С.М. Кирова в Ленинграде. В её стенах получили образование многие великие оте-чественные учёные и организаторы здравоохранения. Блестящий уровень преподавания и воспитательной работы приносил прекрасные плоды. Сам Владимир Романович утверждает, что своими лучшими чертами характера обязан наставникам − капитанам и майорам, прошедшим войну, стремившимся воспитать не просто хорошего военного медика, но и настоящего человека.

В.Р. Рембовский завершил обучение в академии с красным дипломом и золотой медалью. Его имя записано на доске почёта Военно-медицинской академии. В 1972 г. в звании лейтенанта медицинской службы он начал свой профессиональный путь в 33 Центральном научно-исследовательском испытательном институте Министерства обороны в Шиханах. Почти тридцать лет было отдано службе Родине. В 1979 г. Владимир Романович успешно защитил кандидатскую диссертацию, в 1990 г. – на соискание доктора медицинских наук. В 1995 г. получил звание профессора, в 1991 г. ему присуждено почетное звание Лауреата Государственной премии СССР в области науки и техники. За высокие профессиональные достижения в области военной науки в 1998 г. присвоено почетное звание – заслуженный деятель науки Российской Федерации. Он создал и возглавил Диссертационный Совет, где за 10 лет прошли защиту более 20 докторов и 100 кандидатов наук.

В 2001 г. Владимир Романович вышел в отставку в звании полковника и должности заместителя начальника института по научно-исследовательской работе.

Научные изыскания, проводившиеся в ЦНИИ с участием и под руководством В.Р. Рембовского, имели большое значение для укрепления обороноспособности Советского Союза и Российской Федерации. Основные научные интересы в области военной токсикологии были связаны с изучением токсических свойств и экспериментальной терапии высокоактивных химических соединений. Результаты его научно-практической деятельности нашли применение в областях фундаментальной и прикладной медицины. Под его руководством разрабатывались основы физиологического нормирования работо- и боеспособности военных специалистов, программы оценки эффективности медицинских средств защиты от ядерного и химического оружия.

Огромный опыт, высокий авторитет в научных и военных кругах, талант руководителя и наставника позволили Владимиру Романовичу в 2002 г. продол-

жить плодотворный труд в государственных интересах в стенах ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России. В.Р. Рембовский начал научную деятельность в институте в должности главного научного сотрудника, а через 5 мес стал его директором. Пятнадцать лет он возглавлял НИИ, в котором проводятся уникальные исследования, создан мощный научный потенциал и вносится значимый вклад в развитие экономики страны, обеспечивая внедрение новых технологий на высокотехнологичных производствах, безопасное для здоровья персонала и населения. Под руководством В.Р. Рембовского проводился большой объём сложных и ответственных комплексных разработок медико-гигиенических мероприятий по обеспечению безопасности на химических объектах, в том числе по уничтожению химического оружия (УХО): от углублённых токсиколого-гигиенических исследований до проведения медико-гигиенического мониторинга здоровья населения, проживающего в зонах размещения объектов УХО, медико-социальной экспертизы пострадавших при воздействии разнообразных химических факторов. Большое внимание уделялось развитию диагностики воздействия отравляющих веществ, других высоко и чрезвычайно опасных веществ, внедрению в практику методов экспресс-диагностики отравлений, в том числе определения маркеров интоксикации химикатами, эстеразного статуса, метаболомики и других современных методов аналитической токсикологии. Под его руководством началось внедрение автоматизированных методов приборного оснащения для проведения мониторинга состояния здоровья работающих на опасных химических производствах.

22 декабря 2017 г. Владимир Романович назначен научным руководителем института. В настоящее время он является ведущим организатором и специалистом ФМБА России по разработке и внедрению в практику новых научных направлений в области обеспечения химической безопасности. Результаты его деятельности характеризуются широтой и глубиной научных изысканий, используются специалистами промышленной токсикологии, гигиены, экологии и профпатологии, в практике медико-биологического сопровождения работ на опасных химических объектах ракетно-космической деятельности, по уничтожению химического оружия, а также списанной с вооружения устаревшей ракетной техники и др.

В.Р. Рембовский − автор и соавтор более 500 научных работ, в том числе 12 монографий («Экспериментальная токсикология», «Анализ риска в системе мониторинга воздействия химического фактора», «Handbook of the Toxicology of Chemical Warfare Agents: Russian VX: monitoring and toxicity», «Процессы детоксикации при воздействии химических веществ на организм» и др.), 5 изобретений, 3 патентов, 20 нормативно-правовых и инструктивно-методических документов (санитарные правила, методические указания и рекомендации). Труды В.Р. Рембовского отличаются глубиной анализа, теоретического обобщения, доскональностью исследований.

Под руководством В.Р. Рембовского защищено 16 диссертаций, в том числе 8 докторских диссертационных исследований.

Владимир Романович Рембовский − действительный член Международной академии наук экологии, безо-пасности человека и природы (секция «Окружающая среда и здоровье»), является членом редакционного совета журналов «Медицина экстремальных ситуаций», «Химическая и биологическая безопасность», «Вестник войск РХБ защиты», председателем Проблемной комиссии № 2 НТС ФМБА России «Медико-санитарные проблемы при работе с высокотоксичными химическими веществами», членом Диссертационного Совета при ФГБУН «Институт токсикологии ФМБА России». Является организатором и соорганизатором многочисленных российских и международных конференций, симпозиумов по различным направлениям охраны здоровья человека и окружающей среды.

Владимиру Романовичу свойственны высокий профессионализм, глубокая эрудиция, интеллигентность, тактичность, верность делу, искренность и порядочность. Личным примером он воспитывает учеников и внуков, один из которых сейчас учится в кадетском корпусе и показывает высокий уровень знаний и умений по всем дисциплинам.

За большой вклад в науку В.Р. Рембовский награждён орденом Почёта, орденом «За службу в Вооружённых Силах СССР» III степени, многочисленными медалями, в том числе медалью ордена «За заслуги перед отечеством» II степени, памятными знаками и грамотами Минздрава РФ и ФМБА России. Удостоен звания заслуженного деятеля науки Российской Федерации и является лауреатом Государственной премии СССР в области науки и техники. Владимир Романович стал лучшим врачом года ФМБА России 2019 г., одержав победу в номинации «трудно переоценить».

Уважаемый Владимир Романович!

От имени руководства и сотрудников ФМБА России и организаций, выполняющих совместные исследования, а также Ваших коллег и учеников от всей души поздравляем Вас с Юбилеем, желаем крепкого здоровья, долголетия, достижения новых вершин в научной деятельности и большого счастья Вам и Вашим близким!

Федеральное медико-биологическое агентство;
ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека» ФМБА России;
Редколлегия журнала «Медицина экстремальных ситуаций»;
ФГУП «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины» ФМБА России

АЛЬБЕРТ АЛЕКСАНДРОВИЧ НОВИЦКИЙ (к 85-летию со дня рождения)

5 января 2020 г. исполнилось 85 лет доктору медицинских наук, профессору, заслуженному работнику высшей школы Российской Федерации, кавалеру ордена Трудового Красного Знамени и ордена Красной Звезды полковнику медицинской службы в отставке Альберту Александровичу Новицкому.

Альберт Александрович родился в Смоленской области. В 1959 г. с золотой медалью закончил морской факультет Военно-медицинской академии, получив разностороннюю подготовку в лучших терапевтических клиниках под руководством академика И.С. Молчанова и профессора З.М. Волынского, академика Ф.И. Комарова. С 1959 г. А.А. Новицкий – ординатор клиник госпитальной терапии и военно-морской госпитальной терапии, а с 1963 г. – адъюнкт кафедры военно-морской и госпитальной терапии Военно-медицинской академии.

После успешного завершения обучения в адъюнктуре А.А. Новицкий с 1966 по 1974 г. проходит службу в должности заместителя начальника кафедры военно-полевой терапии, а с 1974 по 1982 г. – заместителя по научной и учебной работе начальника Военно-медицинского факультета при Куйбышевском медицинском институте. За это время он создал на факультете лабораторию клинической биохимии, которая стала научно-методическим центром изучения влияния на организм вредных военно-профессиональных факторов и факторов окружающей среды (фосфорорганических ядов и других сильнодействующих и ядовитых веществ, ионизирующей радиации, высокоинтенсивного постоянного и переменного магнитного поля, сверхвысокочастотных электромагнитных полей). На основе исследований, проведенных в лаборатории с 1968 по 1975 г. подготовлены 15 кандидатских и 2 докторские диссертации. В 1972 г., спустя всего лишь пять лет после защиты кандидатской, и сам А.А. Новицкий защищает докторскую диссертацию, посвященную поиску механизмов развития атеросклероза при воздействии на организм военно-профессиональных и вредных экологических факторов.

В 1974 г. Альберт Александрович получает звание профессора.

В 1982 г. Альбрт Александрович возвращается в Военно-медицинскую академию, т.к. ему поручено формирование уникального и первого в Советском Союзе научно-исследовательского подразделения – научно-исследовательской испытательной лаборатории боевой терапевтической травмы (НИИЛ БТТ). Тщательно подобранный самим

А.А. Новицким коллектив смог сразу же приступить к проведению целого ряда научно-исследовательских работ по наиболее актуальным проблемам военной терапии. Среди научных исследований, которые выполнялись сотрудниками лаборатории под непосредственным руководством Альберта Александровича можно назвать работы на Семипалатинском атомном полигоне по оценке поражающих факторов новых образцов ядерного оружия и эффективности перспективных радиопротекторов, на химическом полигоне в Шиханах по оценке новых средств профилактики и лечения поражений химическим оружием, по профилактике воздействий на организм высокотоксичных компонентов ракетных топлив, в океанских учебно-боевых походах – по психофизиологическому сопровождению моряков-подводников и разработке средств профилактики нарушений функционального состояния в продолжительном автономном плавании.

На базе НИИЛ БТТ по инициативе и под непосредственным научным руководством профессора Новицкого для работы в экспедиционных условиях был создан Подвижный научный центр Военно-медицинской академии, который с 1983 по 1988 гг. выполнил ряд никем не превзойденных ни по объему

полученной в реальных условиях Афганистана научной информации, ни по числу обследованных военнослужащих Ограниченного контингента советских войск и военнослужащих афганской армии. Всего было проведено 8 экспедиций. Сотрудники Подвижного центра не только занимались научными исследованиями, но и проводили большую лечебную и консультативную работу, оказывая помощь инфекционным и терапевтическим больным, раненым и пострадавшим от минно-взрывных поражений, в том числе с висцеральной патологией. Проведено комплексное обследование более 1000 человек. Использовались самые информативные и высокотехнологичные методы клинико-инструментального, лабораторного, биохимического, иммунологического, электрофизиологического, психофизиологического, психологического обследования, электронно-микроскопического анализа. Полученные данные внесли существенный вклад в науку и практику современной военной медицины. Главным результатом выполненных в Афганистане исследований стала разработка А.А. Новицким концепции о синдроме хронического эколого-профессионального перенапряжения. Были раскрыты механизмы его формирования, определены проявления, предложены и апробированы методы профилактики и коррекции этого нарушения здоровья в условиях экстремального воздействия на организм экологических и профессиональных факторов. А.А. Новицким сформулированы базовые теоретические положения, которые положены в основу разработки целевых программ сохранения здоровья лиц, чья профессиональная деятельность протекает во вредных экологических условиях.

Основные положения Концепции нашли полное подтверждение после выполнения учеными и специалистами Подвижного научного центра Военно-медицинской академии под руководством профессора А.А. Новицкого научных исследований, организованных и проведенных в 1989–1992 гг. и включавших в себя обследование сотрудников Чернобыльской АЭС и лиц, проживавших в Гомельской области в зоне аварии, а также военнослужащих, проходивших военную службу в гарнизонах, дислоцированных на радиоактивно загрязненных после аварии на ЧАЭС территориях. Всего было обследовано более 30 000 человек. Анализ полученных результатов показал универсальность выявленных механизмов доклинических нарушений здоровья под влиянием таких на первый взгляд несхожих причин, как боевая деятельность в горно-пустынной местности и совокупность факторов проживания на радиоактивно загрязненной после аварии на ЧАЭС местности. А.А. Новицкий впервые сумел доказать, что общим в тех условиях был механизм перенапряжения адаптационных систем, что позволило уточнить некоторые положения разработанной Концепции, изменить ее название и ввести в научную литературу новое определение – «Синдром хронического адаптивного перенапряжения»

После увольнения с действительной военной службы Альберт Александрович продолжает активную научную, лечебную и педагогическую деятельность. В настоящее время он профессор-консультант кафедры экстремальной и экологической медицины Института дополнительного профессионального образования «Экстремальная медицина» Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова МЧС России, профессор научно-исследовательской лаборатории военной терапии (так теперь называется созданная в 1982 г. НИИЛ БТТ). Альберт Александрович член редакционного совета и редакционной коллегии двух журналов, индексируемых ВАК. Профессор Новицкий – член диссертационного совета по присуждению ученых степеней кандидата и доктора медицинских и биологических наук. Среди учеников Альберта Александровича 16 кандидатов наук, 15 докторов наук и профессоров, член-корреспондент Российской академии наук. Помимо научной Альберт Александрович ведет большую общественную работу в ветеранских организациях.

А.А. Новицкого отличает высочайшая ответственность и такие качества как решительность, нацеленность на результат, коммуникативные навыки, целеустремленность, организаторские способности, умение принимать решения, ораторское мастерство, тактичность, толерантность. Авторитет профессора А.А. Новицкого высок и непоколебим.

За выдающийся вклад в развитие медицинской науки, личное мужество, проявленное в опасных для жизни ситуациях, связанных с исполнением своего профессионального долга, воинские и трудовые заслуги А.А. Новицкий награжден орденами Трудового Красного Знамени, Красной звезды, российскими и белорусскими медалями, афганскими наградами.

Уважаемый Альберт Александрович!

От имени Ваших коллег и учеников, от имени редакционной коллегии журнала «Медицина экстремальных ситуаций» сердечно поздравляем Вас с Юбилеем, желаем здоровья, профессионального долголетия, новых достижений в научной и педагогической деятельности, счастья и благополучия Вам и Вашим близким!

Научный редактор журнала «Медицина экстремальных ситуаций»
доктор медицинских наук, профессор В.Н. Комаревцев