

# Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях № 2 2021 г.

Научный рецензируемый журнал

Издается ежеквартально с 2007 г.

## Учредитель

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова» МЧС России Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia

Центр сотрудничает со Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ)

## Журнал зарегистрирован

Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-27744 от 30.03.2007 г.

## Индекс для подписки

в агентстве «Роспечать» **80641**

Рефераты статей представлены на сайтах Научной электронной библиотеки <http://www.elibrary.ru> и ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России <http://www.nrcerm.ru>, <http://mchsros.elpub.ru/jour>

## Импакт-фактор (2019) 0,750

Компьютерная верстка С. И. Рожкова, В. И. Евдокимов. Корректор Л. Н. Агапова. Перевод Н. А. Мухина

Отпечатано в РИЦ Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 198107, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149. Подписано в печать 02.06.2021 г. Формат 60x90 1/8. Усл. печ. л. 15,0. Тираж 1000 экз.

## Адрес редакции:

194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 4/2, ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова, редакция журнала, тел.: (812) 702-63-47, факс: (812) 702-63-63, <http://www.nrcerm.ru>; [mchsros.elpub.ru](http://mchsros.elpub.ru) e-mail: 9334616@mail.ru

ISSN 1995-4441 (print)

ISSN 2541-7487 (online)

## СОДЕРЖАНИЕ

### 35 лет аварии на Чернобыльской АЭС

- Алексанин С.С., Рыбников В.Ю., Савельева М.В.* Психологический статус и стресс-преодолевающее поведение у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС в отдаленном периоде . . . . . 5
- Дрыгина Л.Б., Хирманов В.Н.* Кальциноз коронарных артерий и метаболические нарушения у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС . . . . . 11

### Медицинские проблемы

- Авитисов П.В., Гасанов Ш.М.* Комплексная методика расчета возможных санитарных потерь населения и потребности в силах и средствах гражданского здравоохранения в вооруженном конфликте. . . . . 18
- Гуменюк С.А., Шептунов Г.В., Потапов В.И.* Взаимодействие авиамедицинских бригад с бригадами скорой медицинской помощи и стационарами при ведении больных с искусственной вентиляцией легких . . . 27
- Евдокимов В.И., Чернов Д.А., Сивашенко П.П., Ветошкин А.А.* Сравнение показателей травматизма военнослужащих, проходящих службу по призыву в Вооруженных силах России и Республики Беларусь (2003–2020 гг.) . . . . . 36
- Мальцева О.С., Шелухин Д.А., Пшениснов К.В., Александрович Ю.С., Редкокаша А.А., Прозорова М.Н.* Модель и принципы организации скорой специализированной медицинской помощи детям на этапе медицинской эвакуации . . . . . 52
- Харин В.В., Бобринев Е.В., Удавцова Е.Ю., Кондашов А.А., Шавырина Т.А.* Оценка профессионального риска и тяжести нарушений здоровья в подразделениях Федеральной противопожарной службы МЧС России . . . 62
- Шапкин Ю.Г., Селиверстов П.А.* Преимущества и недостатки использования вертолетов для санитарно-авиационной эвакуации пострадавших с травмой (обзор литературы) . . . . . 70
- Щепкина Е.А., Соломин Л.Н., Корчагин К.Л., Сабилов Ф.К.* Сравнительная оценка замещения посттравматических дефектов бедренной и большеберцовой костей по Илизарову и поверх интрамедуллярного стержня . . . . . 80
- Теплов В.М., Алексанин С.С., Комедев С.С., Цебровская Е.А., Бурыкина В.В., Багненко С.Ф.* Проблемы медицинской эвакуации и лечения в стационаре больных и пострадавших с внезапной остановкой кровообращения, развившейся вне медицинской организации. . . . . 89

### Биологические проблемы

- Зиновьев Е.В., Дергунов А.В., Кобиашвили М.Г., Митрейкин В.Ф., Шуленин К.С.* Особенности иммунопатогенеза и критериальная иммунодиагностика сепсиса у тяжелообожженных . . . . . 95
- Ушаков И.Б., Поляков А.В., Усов В.М., Князьков М.М., Мотиенко А.И.* Использование сервисных роботов для противодействия распространению вируса SARS-CoV-2 в закрытых медицинских помещениях . . . . . 104

### Социально-психологические проблемы

- Станченков И.В., Чистяков С.И., Суслов А.Г.* Оценка клинической эффективности организационной модели медико-психологической реабилитации на основе анализа динамики показателей психического статуса военнослужащих, подвергшихся воздействию боевого стресса . . 115

### Главный редактор

Александрин Сергей Сергеевич – д-р мед. наук проф., чл.-кор. РАН, Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России

### Редакционная коллегия

Рыбников Виктор Юрьевич (зам. гл. редактора) – д-р мед. наук, д-р психол. наук проф., Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Санкт-Петербург, Россия);

Евдокимов Владимир Иванович (науч. редактор) – д-р мед. наук проф., Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Санкт-Петербург, Россия);

Григорьев Степан Григорьевич – д-р мед. наук проф., Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (Санкт-Петербург, Россия);

Мухаметжанов Амантай Муқанбаевич – д-р мед. наук доц., Карагандинский государственный медицинский университет (г. Караганда, Казахстан);

Мухина Наталия Александровна – канд. мед. наук доц., Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Санкт-Петербург, Россия);

Ушаков Игорь Борисович – д-р мед. наук проф., академик РАН, Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна (Москва, Россия);

Шабанов Петр Дмитриевич – д-р мед. наук проф., Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (Санкт-Петербург, Россия)

### Редакционный совет

Аклеев Александр Васильевич – д-р мед. наук проф., Уральский научно-практический центр радиационной медицины (г. Челябинск, Россия);

Беленький Игорь Григорьевич – д-р мед. наук, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академик И.П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия);

Благинин Андрей Александрович – д-р мед. наук проф., Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (Санкт-Петербург, Россия);

Гончаров Сергей Федорович – д-р мед. наук проф., академик РАН, Всероссийский центр медицины катастроф «Защита» (Москва, Россия);

Ермаков Павел Николаевич – д-р биол. наук проф., академик РАН, Южный федеральный университет (г. Ростов-на-Дону, Россия);

Зыбина Наталья Николаевна – д-р биол. наук проф., Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Санкт-Петербург, Россия);

Иванов Павел Анатольевич – д-р мед. наук проф., Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского (Москва, Россия);

Ильин Леонид Андреевич – д-р мед. наук проф., академик РАН, Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна (Москва, Россия);

Кочетков Александр Владимирович – д-р мед. наук проф., Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова (Санкт-Петербург, Россия);

Майстренко Дмитрий Николаевич – д-р мед. наук проф., Российский научный центр радиологии и хирургических технологий им. академик А.М. Гранова (Санкт-Петербург);  
Марченко Татьяна Андреевна – д-р мед. наук проф., Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (Москва, Россия);

Миннуллин Ильдар Пулатович – д-р мед. наук проф., Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академик И.П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия);

Новикова Ирина Альбертовна – д-р мед. наук проф., Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова (г. Архангельск, Россия);

Попов Валерий Иванович – д-р мед. наук проф., Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко (г. Воронеж, Россия);

Решетников Михаил Михайлович – д-р психол. наук проф., Восточно-Европейский институт психоанализа (Санкт-Петербург, Россия);

Рожко Александр Валентинович – д-р мед. наук проф., Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека (г. Гомель, Беларусь);

Романович Иван Константинович – д-р мед. наук проф., академик РАН, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены им. проф. П.В. Рамзаева (Санкт-Петербург, Россия);

Романчишен Анатолий Филиппович – д-р мед. наук проф., Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия);

Тихилов Рашид Муртузалиевич – д-р мед. наук проф., Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена (Санкт-Петербург, Россия);

Тулупов Александр Николаевич – д-р мед. наук проф., Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джanelидзе (Санкт-Петербург, Россия);

Фисун Александр Яковлевич – д-р мед. наук проф., чл.-кор. РАН, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (Санкт-Петербург, Россия);

Хоминец Владимир Васильевич – д-р мед. наук проф., Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (Санкт-Петербург, Россия);

Черешнев Валерий Александрович – д-р мед. наук проф., академик РАН, Институт иммунологии и физиологии (г. Екатеринбург, Россия);

Шантырь Игорь Игнатьевич – д-р мед. наук проф., Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Санкт-Петербург, Россия);

Netzer Roland – д-р мед. наук проф., Немецкий сердечный центр (г. Берлин, ФРГ);

Veу Tareg – д-р мед. наук проф., Департамент гражданской защиты (г. Ориндж, США);

Bernini-Carrі Enrico – д-р мед. наук проф., Департамент гражданской обороны (г. Модена, Италия)

© Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России, 2021 г.

Решением Минобрнауки России от 26.12.2018 г. № 90р журнал включен в состав Перечня рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук по научным специальностям и соответствующим им отраслям науки: 05.26.00 «Безопасность деятельности человека» (биологические, медицинские и психологические науки), 14.01.15 «Травматология и ортопедия» (медицинские науки), 14.01.17 «Хирургия» (медицинские науки), 14.02.01 «Гигиена» (медицинские науки), 14.02.03 «Общественное здоровье и здравоохранение» (медицинские науки)

**Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях**

**Founder**

The Federal State Budgetary Institute «The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine», The Ministry of Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (NRCERM, EMERCOM of Russia)

World Health Organization Collaborating Center

**Journal Registration**

Russian Federal Surveillance Service for Compliance with the Law in Mass Communications and Cultural Heritage Protection. Registration certificate ПИ № ФС77-27744 of 30.03.2007.

**Subscribing index**

in the «Rospechat» agency: **80641**

Abstracts of the articles are presented on the website of the Online Research Library: <http://www.elibrary.ru>, and the full-text electronic version of the journal – on the official website of the NRCERM, EMERCOM of Russia: <http://www.nrcerm.ru>, <http://mchsros.elpub.ru/jour>

**Impact factor (2019) 0.750**

Computer makeup S. I. Rozhkova, V. I. Evdokimov. Proofreading L. N. Agapova. Translation N. A. Muhina

Printed in the St. Petersburg University State Fire-Fighting Service, EMERCOM of Russia.

Approved for press 02.06.2021. Format 60x90 1/8. Conventional sheets 15.0. No. of printed copies 1000.

**Address of the Editorial Office:**

Academica Lebedeva Str., 4/2, St. Petersburg, 194044. NRCERM. EMERCOM of Russia, Tel. (812) 541-85-65, fax (812) 541-88-05, <http://www.nrcerm.ru>; [mchsros.elpub.ru](http://mchsros.elpub.ru) e-mail: 9334616@mail.ru

**ISSN 1995-4441** (print)

**ISSN 2541-7487** (online)

**CONTENTS**

**35 years after the Chernobyl NPP disaster**

*Aleksanin S.S., Rybnikov V.Yu., Savelyeva M.V.* Psychological status and coping behavior in liquidators of the consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant in the remote period . . . . . 5

*Drygina L.B., Khirmanov V.N.* Coronary artery calcinosis and metabolic disorders in Chernobyl accident responders . . . . . 11

**Medical Issues**

*Avitsov P.V., Gasanov Sh.M.* Comprehensive methodology for calculating possible sanitary losses of the population and the need for assets and resources of the civilian health care in armed conflicts . . . . . 18

*Gumenyuk S.A., Sheptunov G.V., Potapov V.I.* Interaction of aviation medical teams with ambulance, emergency medical care teams and hospitals in the management of mechanically ventilated patients . . . . . 27

*Evdokimov V.I., Chernov D.A., Sivashchenko P.P., Vetoshkin A.A.* Comparison of indicators of injuries in military personnel serving on conscription in the Armed Forces of Russia and the Republic of Belarus (2003–2020) . . . . . 36

*Maltseva O.S., Shelukhin D.A., Pshenisnov K.V., Aleksandrovich Yu.S., Redkokasha A.A., Prozorova M.N.* Model and principles of organizing emergency specialized medical care for children at the stage of medical evacuation . . . . . 52

*Kharin V.V., Bobrinev E.V., Udavtsova E.Y., Kondashov A.A., Shavyrina T.A.* Assessment of occupational risks and severity of health disorders in the divisions of the Federal Fire Service of EMERCOM of Russia . . . . . 62

*Shapkin Yu.G., Seliverstov P.A.* Advantages and disadvantages of using helicopters for air medical evacuation of victims with traumas (literature review) . . . . . 70

*Shchepkina E.A., Solomin L.N., Korchagin K.L., Sabirov F.K.* Bone transport over the nail vs Ilizarov method in the treatment of posttraumatic defects of the femur and tibia . . . . . 80

*Teplov V.M., Aleksanin S.S., Komedev S.S., Tsebrovskaya E.A., Burykina V.V., Bagnenko S.F.* Problems of medical evacuation and in-patient treatment of patients and injured with sudden arrest of circulation occurred outside medical institution . . . . . 89

**Biological Issues**

*Zinoviev E.V., Dergunov A.V., Kobiashvili M.G., Mitreikin V.F., Shulenin K.S.* The features of immunopathogenesis of sepsis and immunodiagnostics in severely burned patients . . . . . 95

*Ushakov I.B., Polyakov, A.V., Usov V.M., Knyazkov M.M., Motienko A.I.* Using service robots to counter the SARS-CoV-2 virus spread in enclosed medical premises . . . . . 104

**Social and Psychological Issues**

*Stanchenkov I.V., Chistyakov S.I., Suslov A.G.* Assessment of the clinical effectiveness of the organizational model of medical and psychological rehabilitation based on the analysis of the dynamics of the indicators of the mental status in military personnel exposed to combat stress . . . . . 115

### Editor-in-Chief

Sergei S. Aleksanin – Dr. Med. Sci. Prof., Corresponding Member Russian Academy of Sciences, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (St. Petersburg, Russia)

### Editorial Board

Viktor Yu. Rybnikov (Deputy Editor-in-Chief) – Dr. Med. Sci., Dr. Psychol. Sci. Prof., Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (St. Petersburg, Russia);

Vladimir I. Evdokimov (Science Editor) – Dr. Med. Sci. Prof., Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (St. Petersburg, Russia);

Stepan Grigorjevich Grigoriev – Dr. Med. Sci. Prof., Kirov Military Medical Academy (St. Petersburg, Russia);

Amantai Mukanbaevich Mukhametzhano – Dr. Med. Sci. Associate Prof., Karaganda State Medical University (Karaganda, Kazakhstan);

Nataliya A. Mukhina – PhD Med. Sci. Associate Prof., Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (St. Petersburg, Russia);

Igor' B. Ushakov – Dr. Med. Sci. Prof., Member, Russian Academy of Sciences, Federal Medical Biophysical Center named after A.I. Burnazyan (Moscow, Russia);

Petr D. Shabanov – Dr. Med. Sci. Prof., Kirov Military Medical Academy (St. Petersburg, Russia)

### Members of Editorial Council

Aleksandr V. Akleev – Dr. Med. Sci. Prof., Urals Research Center for Radiation Medicine (Chelyabinsk, Russia);

Igor G. Belenkii – Dr. Med. Sci., Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University (St. Petersburg, Russia);

Andrei Aleksandrovich Blagin – Dr. Med. Sci. Prof., Kirov Military Medical Academy (St. Petersburg, Russia);

Sergei F. Goncharov – Dr. Med. Sci. Prof., Member, Russian Academy of Sciences, All Russian Centre for Disaster Medicine "Zaschita" (Moscow, Russia);

Pavel N. Ermakov – Dr. Biol. Sci. Prof., Member, Russian Academy of Education, Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russia);

Natal'ya N. Zybina – Dr. Biol. Sci. Prof., Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (St. Petersburg, Russia);

Pavel A. Ivanov – Dr. Med. Sci. Prof., N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine (Moscow, Russia);

Leonid A. Il'in – Dr. Med. Sci. Prof., Member, Russian Academy of Sciences, Federal Medical Biophysical Center named after A.I. Burnazyan (Moscow, Russia);

Aleksandr V. Kochetkov – Dr. Med. Sci. Prof., Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine EMERCOM of Russia (St. Petersburg, Russia);

Dmitry N. Maystrenko – Dr. Med. Sci. Prof., Russian Research Centre of Radiology and Surgical Technologies named after A.M. Granov (St. Petersburg, Russia);

Tat'yana A. Marchenko – Dr. Med. Sci. Prof., All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies EMERCOM of Russia (Moscow, Russia);

Il'dar P. Minnullin – Dr. Med. Sci. Prof., Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University (St. Petersburg, Russia);

Irina Al'bertovna Novikova – Dr. Med. Sci. Prof., Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia);

Valerii I. Popov – Dr. Med. Sci. Prof., Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko (Voronezh, Russia);

Mikhail M. Reshetnikov – Dr. Psychol. Sci. Prof., East European Institute of Psychoanalysis (St. Petersburg, Russia);

Aleksandr V. Rozhko – Dr. Med. Sci. Prof., Republican Scientific Center for Radiation Medicine and Human Ecology (Gomel, Belarus);

Ivan K. Romanovich – Dr. Med. Sci. Prof., Member, Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Prof. P.V. Ramzaev (St. Petersburg, Russia);

Anatoliy F. Romanchishen – Dr. Med. Sci. Prof., St. Petersburg State Pediatric Medical University (St. Petersburg, Russia);

Rashid M. Tikhilov – Dr. Med. Sci. Prof., Russian Scientific Research Institute of Traumatology and Orthopedics named after R.R. Vreden (St. Petersburg, Russia);

Aleksandr N. Tulupov – Dr. Med. Sci. Prof., I.I. Dzhanelidze St. Petersburg Research Institute of Emergency Medicine (St. Petersburg, Russia);

Aleksandr Y. Fisun – Dr. Med. Sci. Prof., Corresponding Member Russian Academy of Sciences, Kirov Military Medical Academy (St. Petersburg, Russia);

Vladimir V. Khominets – Dr. Med. Sci. Prof., Kirov Military Medical Academy (St. Petersburg, Russia);

Valerii A. Chereshnev – Dr. Med. Sci. Prof., Member, Russian Academy of Sciences, Institute of Immunology and Physiology (Yekaterinburg, Russia);

Igor' I. Shantyr' – Dr. Med. Sci. Prof., Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (St. Petersburg, Russia);

Hetzer Roland – Dr. Med. Sci. Prof., Deutsches Herzzentrum (Berlin, Germany);

Bey Tareg – Dr. Med. Sci. Prof., Civil Defence Department (Orange, California, USA);

Bernini-Carri Enrico – Dr. Med. Sci. Prof., Civil Defence Department (Modena, Italy)

## ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС И СТРЕСС-ПРЕОДОЛЕВАЮЩЕЕ ПОВЕДЕНИЕ У ЛИКВИДАТОРОВ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС В ОТДАЛЕННОМ ПЕРИОДЕ

Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России  
(Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2)

*Актуальность.* Крупномасштабная авария на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) выдвинула проблему преодоления ее экономических, медико-социальных и психологических последствий. Крайне актуально это для ликвидаторов последствий аварии (ЛПА) на ЧАЭС, имеющих более 15 различных соматических заболеваний, которые снижают качество их жизни и стресс-преодолевающие ресурсы, негативно влияют на психологический статус, эффективность лечения и медицинской реабилитации.

*Цель* – оценка психологического статуса и стресс-преодолевающего поведения у ЛПА на ЧАЭС в отдаленном периоде и обоснование необходимости оказания им психологической и психотерапевтической помощи.

*Методология.* С помощью психологических тестов обследовали 101 ЛПА на ЧАЭС, проходивших стационарное лечение в связи с соматической патологией. Оценивали психологический статус (самочувствие, активность, настроение; ситуационная и личностная тревожность, влияние травматического события) и стратегии преодоления стрессовых ситуаций. Полученные результаты сравнивали с данными контрольной группы по t-критерию Стьюдента для разновеликих несвязанных выборок.

*Результаты и их анализ.* Показаны особенности психологического статуса и стресс-преодолевающего поведения у ЛПА на ЧАЭС в отдаленном периоде. Приведены результаты сравнительной оценки показателей самочувствия, активности, настроения; ситуационной и личностной тревожности, влияния травматического события и стратегий преодоления стрессовых ситуаций. Выявлены наиболее информативные маркеры психологических нарушений и дезадаптивные стратегии стресс-преодолевающего поведения.

*Заключение.* Данные, приведенные в статье, являются важной основой для включения психологической и психотерапевтической помощи в программы оказания специализированной медицинской помощи ЛПА на ЧАЭС в условиях стационара в рамках программы государственных гарантий гражданам Российской Федерации бесплатного оказания медицинской помощи.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, радиационная катастрофа, Чернобыльская АЭС, клиническая психология, ликвидатор последствий аварии, психологический статус, стресс-преодолевающее поведение.

### Введение

В результате взрыва четвертого энергоблока Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС) 26 апреля 1986 г. произошла крупномасштабная радиационная авария. Общая площадь радиационного загрязнения в Украине составила 50 тыс. км<sup>2</sup> в 12 областях. Кроме того, от радиоактивного загрязнения пострадали 19 российских регионов с территорией почти 60 тыс. км<sup>2</sup> и населением 2,6 млн человек, а также 46,5 тыс. км<sup>2</sup> территории Беларуси (около 23% от общей площади).

Крупномасштабная радиационная катастрофа выдвинула проблему изучения и преодоления ее экономических, медико-социальных и психологических последствий. Крайне актуально это для ликвидаторов последствий аварии (ЛПА) на ЧАЭС, к числу которых относятся военнослужащие, сотрудники МВД России, работники и инженерно-технический состав предприятий и учреждений, командированных в зону чрезвычайной ситуации и принимавших активное участие в ликвидации ее последствий. Благодаря их героической работе в зоне чрезвычайной ситуации

Алексанин Сергей Сергеевич – д-р мед. наук проф., чл.-кор. РАН, директор, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: medicine@nrcserm.ru;

Рыбников Виктор Юрьевич – д-р мед. наук, д-р психол. наук проф., зам. директора по науч. и учеб. работе, медицине катастроф, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: medicine@nrcserm.ru;

✉ Савельева Мария Владимировна – науч. сотр. науч.-исслед. отд. организации науч. деятельности, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: savelievamaria@gmail.com

удалось значительно снизить ее возможные неблагоприятные последствия [1, 6, 10].

В отношении этих лиц на государственном уровне реализуются меры социальной поддержки: выплаты пособий, денежных компенсаций для возмещения вреда, причиненного здоровью в связи с радиационным воздействием вследствие Чернобыльской катастрофы, улучшение жилищных условий [Федеральный закон «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» от 15.05.1991 г. № 1244-1, в ред. от 22.08.2004 г. № 122-ФЗ], которые также включают мониторинг состояния здоровья, обеспечение доступности специализированной медицинской помощи, в том числе в рамках мероприятий Союзного государства Россия–Беларусь.

По данным С.С. Алексанина и соавт. [1] и Т.Б. Мельницкой [8], одно из лидирующих мест в структуре стресс-факторов радиационной аварии занимает психологический фактор, связанный с неадекватной информацией, возникновением страхов и фобий утраты своего здоровья, детей и внуков, нарушением информационно-психологической безопасности личности и защитно-совладающего (стресс-преодолевающего) поведения. Различные психологические нарушения осложняют жизнедеятельность ЛПА на ЧАЭС, снижают качество их жизни и состояние соматического здоровья, негативно влияют на эффективность лечения и медицинской реабилитации [2, 7, 11].

**Цель** – оценка психологического статуса и стресс-преодолевающего поведения у ЛПА на ЧАЭС в отдаленном периоде для обоснования необходимости проведения им психологической и психотерапевтической помощи, в том числе при оказании специализированной медицинской помощи в условиях стационара.

### Материал и методы

С помощью комплекса психодиагностических тестов обследовали 101 ЛПА на ЧАЭС, проходивших стационарное лечение в многопрофильных клиниках Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Санкт-Петербург) с 2019 по 2020 г. в связи с соматическими заболеваниями терапевтического (кардиологического, неврологического, гастроэнтерологического и пульмонологического) профиля, из них мужчин было 95 (94,1%), женщин – 6 (5,9%), принимавших

участие в ликвидации последствий аварии в 1986–1988 г. Средний возраст ЛПА на ЧАЭС на момент обследования составил 65,2 года.

Обследование провели с помощью комплекса психодиагностических методик:

– теста дифференциальной самооценки функционального состояния (САН) для оценки самочувствия, активности, настроения [4]. В качестве контроля использовали результаты обследования мужчин пожилого возраста В.П. Вишневской [11];

– теста Спилберга–Ханина для оценки ситуационной и личностной тревожности [13]. В качестве контрольных данных использовали результаты, представленные в публикации [5]. Были обследованы мужчины пожилого возраста (61–75 лет);

– шкалы оценки влияния травматического события (ШОТС) – адаптивного варианта методики Impact of Event Scale-R (IES-R). Шкала использовалась Т.Б. Мельницкой и соавт. для изучения психологических последствий влияния на психику человека аварии на Чернобыльской АЭС [9]. С этой целью в вопросы ШОТС были внесены изменения – задано конкретное травматическое событие – радиационная авария, что обеспечивало выявление страха (тревоги) респондентов перед радиацией, а влияние радиации оценивалось как психотравмирующий стресс-фактор. ШОТС включает 22 утверждения, с помощью которых рассчитывали 4 показателя: вторжение, избегание, физиологическая возбудимость и интегральный показатель (общий показатель оценки влияния травмирующего события). Для контроля использовали данные, полученные А.В. Хавыло, при обследовании населения, пострадавшего в результате аварии на ЧАЭС [8];

– методики для оценки стратегий преодоления стрессовых ситуаций (SACS) [3]. Исследовали сознательные механизмы реакции на стресс как основы защитно-совладающего (сознательные и бессознательные механизмы реакции на стресс) поведения. Методика включает 54 утверждения, каждое из которых оценивается по 5-балльной шкале. Опросник содержит 9 субшкал (стратегий преодоления): ассертивные (уверенность, самостоятельность) действия, вступление в социальный контакт, поиск социальной поддержки, осторожные действия, импульсивные действия, избегание, манипулятивные (непрямые) действия, асоциальные и агрессивные действия. В качестве контрольных данных использовали результаты, полученные при

обследовании представителей коммуникативных профессий [3].

Обследуемые лица дали информированное согласие на использование результатов тестирования в научных исследованиях.

Статистическую обработку данных проводили с помощью программ Microsoft Office Excel 2010, SPSS for Windows Version 22.0. Применяли вариационный анализ (вычисление и описание средних значений, M) и ошибок среднего арифметического (m), а также их сравнение по t-критерию Стьюдента для разновеликих несвязанных выборок [12].

### Результаты и их анализ

Результаты психодиагностических тестов приведены в таблице. Как видно из приведенных данных, у ЛПА на ЧАЭС в отдаленном периоде отмечено преобладание личностной тревожности в сравнении с лицами контрольной группы ( $p < 0,001$ ), что, вероятно, связано с эмоциональной неустойчивостью и невротическим конфликтом (см. таблицу). При этом показатель ситуационной тревожности (или тревоги) у ЛПА на ЧАЭС был ниже 30 баллов, что может свидетельствовать о наличии неактивного состояния с низким уровнем мотивации.

У ЛПА на ЧАЭС в отдаленном периоде в сравнении с лицами контрольной группы отмечено статистически достоверное ухудшение по показателям самочувствия и настроения (см. таблицу). По всем трем субшкалам теста также отмечается тенденция к снижению показателей (значение оптимального уровня – 5,5 балла), что является неблагоприятной самооценкой функционального состояния, которое, в свою очередь, оказывает негативное влияние на все сферы жизнедеятельности. Следовательно, по сравнению

с контрольной группой у ЛПА на ЧАЭС в отдаленном периоде отмечена тенденция к ухудшению функционального состояния и психологического статуса в целом.

У ЛПА на ЧАЭС по сравнению с контролем были статистически достоверно больше все показатели теста ШОТС (см. таблицу). Это свидетельствует о наличии тревожно-фобических переживаний об аварии у ЛПА в отдаленном периоде, а также, вероятно, о развитии у них признаков посттравматического стрессового состояния, связанного с радиационной аварией. Необходимо отметить, что в ходе собеседования при упоминании о случившейся аварии на ЧАЭС более 80% ЛПА, проходивших психологическое обследование, проявляли раздражительность, чувство напряженности и настороженности.

У ЛПА на ЧАЭС в сравнении с лицами контрольной группы отмечены статистически достоверные различия по показателям SACS: осторожные действия, избегание, манипулятивные и асоциальные действия (рисунок). При этом у ЛПА на ЧАЭС показатели манипулятивных и асоциальных действий оказались достоверно меньше, чем в контрольной группе, что свидетельствует о снижении у ЛПА на ЧАЭС общей активности, их более прямых (не манипулятивных) реакция в социуме, а также нормативности (низкий показатель асоциальных действий) жизнедеятельности.

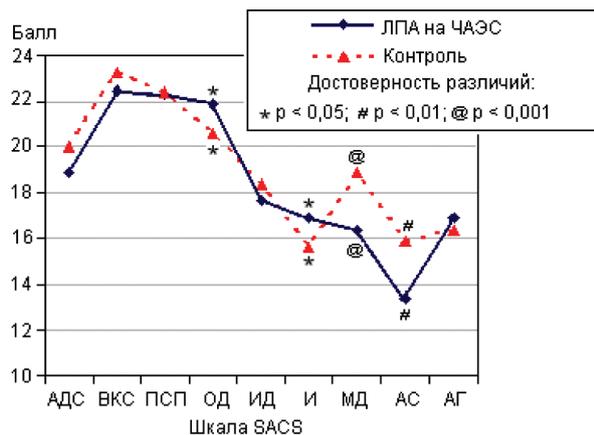
Достоверные различия и более высокие значения показателей осторожных действий и избегания по тесту SACS у ЛПА на ЧАЭС в сравнении с лицами контрольной группы отражают стремление ЛПА уходить от разрешения проблем, избегать конфликтов, проявлять социальную несмелость, накапливать отрицательные эмоции, что создает психическое напряжение и отрицательно сказывается на психологическом состоянии (см. рисунок).

Анализ стратегий стресс-преодолевающего поведения по тесту SACS показал, что доминирующими (имеют среднее значение более 20 баллов) действиями в стрессе и конфликтных ситуациях у ЛПА на ЧАЭС являются три стратегии: вступление в социальный контакт, поиск социальной поддержки и осторожные действия. Тогда как у лиц контрольной группы, кроме этих стратегий, доминируют ассертивные действия.

По сравнению с контрольной группой ЛПА на ЧАЭС проявляют социальную неуверенность, а при возникновении конфликтных ситуаций склонны к их избеганию, они менее импульсивны по отношению к окружающим

Психологический статус и стресс-преодолевающее поведение у ЛПА на ЧАЭС в отдаленном периоде и контрольной группы, (M ± m) балл

| Показатель методики      | ЛПА на ЧАЭС | Контроль   | p <   |
|--------------------------|-------------|------------|-------|
| Тест Спилбергера–Ханина: |             | [5]        |       |
| ситуативная тревожность  | 29,6 ± 0,9  | 34,1 ± 2,0 | 0,001 |
| личностная тревожность   | 46,1 ± 1,1  | 35,2 ± 2,1 |       |
| САН:                     |             | [11]       |       |
| самочувствие             | 4,1 ± 0,1   | 4,52 ± 0,1 | 0,01  |
| активность               | 4,3 ± 0,1   | 4,43 ± 0,1 |       |
| настроение               | 4,2 ± 0,1   | 4,54 ± 0,1 | 0,01  |
| ШОТС:                    |             | [8]        |       |
| вторжение                | 6,2 ± 0,6   | 3,9 ± 0,1  | 0,01  |
| избегание                | 6,8 ± 0,7   | 4,5 ± 0,1  | 0,01  |
| физическая возбудимость  | 7,8 ± 0,6   | 5,3 ± 0,1  | 0,01  |
| интегральный показатель  | 20,9 ± 1,8  | 13,8 ± 0,2 | 0,001 |



Сравнение стратегий копинг-поведения по тесту SACS у ЛПА на ЧАЭС с лицами контрольной группы [3]. АСД – ассертивные действия; ВСК – вступление в социальный контакт; ПСП – поиск социальной поддержки; ОД – осторожные действия; ИД – импульсивные действия; И – избегание; МД – манипулятивные действия; АС – асоциальные действия; АГ – агрессивные действия.

людям, что также может свидетельствовать о компенсаторном механизме преодоления внутреннего дискомфорта и психическом напряжении (см. рисунок).

Результаты оценки защитно-совладающего поведения у ЛПА на ЧАЭС в отдаленном периоде отражают наличие признаков посттравматического стрессового события, тревожно-фобических переживаний, дез-

адаптивных (осторожные действия, избегание) стратегий преодоления стрессовых ситуаций. Такие лица нуждаются в психологическом сопровождении и проведении им психокоррекционных мероприятий.

## Заключение

Результаты психологического обследования ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС в отдаленном периоде после аварии (через 35 лет) отражают их текущее психологическое состояние, которое характеризуется снижением психического и физического тонуса, проявляется в низких значениях показателей самочувствия, активности, настроения, доминировании личностной тревожности, признаков посттравматического стрессового состояния, тревожно-фобических переживаний и дезадаптивных стратегий преодоления стрессовых ситуаций.

Эти данные подтверждают необходимость оказания психологической и психотерапевтической помощи ликвидаторам последствий аварии на Чернобыльской АЭС, в том числе в период их стационарного лечения. Однако такая помощь не включена в программы государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи (обязательное медицинское страхование) и требует дополнительного финансирования или расширения стандартов лечения.

## Литература

- 30 лет после Чернобыля: патогенетические механизмы формирования соматической патологии, опыт медицинского сопровождения участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции : монография / под ред. С.С. Алексанина. СПб. : Политехника-принт, 2016. 506 с.
- Алексанин С.С., Рыбников В.Ю., Санников М.В., Савельева М.В. Качество жизни и смысложизненные ориентации у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС в отдаленном периоде // Вестн. психотерапии. 2020. № 73 (78). С. 59–67.
- Водопьянова Н.Е., Старченкова Е.С. Стратегии и модели преодолевающего поведения // Практикум по психологии менеджмента и профессиональной деятельности / под ред. Г.С. Никифорова [и др.]. СПб., 2001. 240 с.
- Доскин В.А., Лаврентьева Н.А., Мирошников М.П., Шарай В.Б. Тест дифференцированной самооценки функционального состояния // Вопр. психологии. 1973. № 6. С. 141–145.
- Заборовский К.А., Лобейко В.В., Иорданишвили А.К. Психофизиологический статус людей пожилого и старческого возраста, страдающих заболеваниями слюнных желез // Курский науч.-практ. вестн. «Человек и его здоровье». 2014. № 3. С. 30–39.
- Иванов В.К., Кашеев В.В., Карпенко С.В. [и др.]. Заболеваемость и смертность от лейкозов участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС: оценка радиационных рисков за период наблюдения с 1986 по 2014 г. // Радиационная гигиена. 2018. Т. 11, № 4. С. 7–17. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-4-7-17.
- Медицинские радиологические последствия Чернобыля: прогноз и фактические данные спустя 30 лет / под общей ред. В.К. Иванова, А.Д. Каприна. М. : ГЕОС, 2015. 450 с.
- Мельницкая Т.Б., Рыбников В.Ю., Хавыло А.В. Социально-психологические проблемы жизнедеятельности и стрессовые реакции населения в отдаленном периоде после аварии на Чернобыльской АЭС : монография. СПб. : Политехника-сервис, 2015. 148 с.
- Мельницкая Т.Б., Хавыло А.В., Белых Т.В. Шкала оценки влияния травматического события (IES-R) применительно к радиационному фактору // Психол. исслед. 2011. № 5 (19). С. 15–21.

10. Рамзаев В.П., Барковский А.Н. Динамика уменьшения мощности дозы гамма-излучения в воздухе в сельских населенных пунктах Брянской области России в отдаленном периоде после чернобыльской аварии // Радиационная гигиена. 2020. Т. 13, № 1. С. 38–46. DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-1-38-46.

11. Рыбников В.Ю., Вишневская В.П. Образ болезни у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС с психосоматической патологией: концепция, механизмы, психологическая коррекция / Ин-т нац. безопасности Респ. Беларусь. Минск, 2004. 157 с.

12. Сидоренко Е.В. Методы математической обработки в психологии. СПб. : Речь, 2007. 350 с.

13. Ханнин Ю.Л. Краткое руководство к применению шкалы реактивной, личностной тревожности Ч.Д. Спилбергера. Ленинград : ЛНИИФК, 1976. 40 с.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.  
Поступила 25.02.2021 г.

**Участие авторов:** С.С. Алексанин – методическое руководство, редактирование окончательного варианта статьи; В.Ю. Рыбников – организация и дизайн исследования, анализ результатов, редактирование окончательного варианта статьи; М.В. Савельева – сбор первичных данных, их статистическая обработка, анализ результатов, написание первого варианта статьи.

**Для цитирования.** Алексанин С.С., Рыбников В.Ю., Савельева М.В. Психологический статус и стресс-преодолевающее поведение у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС в отдаленном периоде // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 2. С. 5–10. DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-2-05-10

---

## Psychological status and coping behavior in liquidators of the consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant in the remote period

Aleksanin S.S., Rybnikov V.Yu., Savelyeva M.V.

The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine. EMERCOM of Russia  
(4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia)

Sergej Sergeevich Aleksanin – Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Dr. Med. Sci. Prof., Director of The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia); e-mail: medicine@nrccrm.ru;

Viktor Jur'evich Rybnikov – Dr. Med. Sci., Dr. Psychol. Sci. Prof., Deputy Director (Science and Education, Emergency Medicine) of The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: medicine@nrccrm.ru;

✉ Marija Vladimirovna Savelyeva – Research associate, Research Department for Organization of the Scientific Activity, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194004, Russia), e-mail: savelievamariia@gmail.com.

### Abstract

**Relevance.** The large-scale accident at the Chernobyl nuclear power plant raised the problem of overcoming its economic, medical, social and psychological consequences. This is extremely important for liquidators of the Chernobyl accident consequences (LACs) with more than 15 different somatic diseases that reduce their quality of life and coping resources, negatively affect the psychological status, the effectiveness of treatment and medical rehabilitation.

**Intention.** Assessment of psychological status and coping behavior in LACs in the remote period and justification of the need to provide them with psychological and psychotherapeutic assistance.

**Methodology.** Using psychological tests, 101 LACs undergoing inpatient treatment for somatic pathology were examined. The psychological status (health, activity, mood; state and trait anxiety, the impact of a traumatic event) and coping strategies were assessed. The results were compared with a control group using the Student's t-test for different-sized unrelated samples.

**Results and discussion.** The features of the psychological status and coping behavior in LACs in the remote period are shown. Indicators of well-being, activity, mood are presented; state and trait anxiety, the impact of a traumatic event and coping strategies are comparatively assessed. The most significant markers of psychological disorders and maladaptive coping strategies are identified.

**Conclusion.** The data presented in the article are an important basis for including psychological and psychotherapeutic assistance in the programs of specialized medical care for LACs in the inpatient settings within state guarantees of free medical care for citizens of the Russian Federation.

**Keywords:** radiation disaster, the Chernobyl nuclear power plant, liquidator of the disaster aftermath, psychological status, stress coping behavior.

#### References

1. 30 let posle Chernobylya: patogeneticheskie mekhanizmy formirovaniya somaticheskoi patologii, opyt meditsinskogo soprovozhdeniya uchastnikov likvidatsii posledstviy avarii na Chernobył'skoi atomnoi elektrostantsii : monografiya [30 years after Chernobyl: pathogenetic mechanisms of formation of somatic pathology, medical support of participants in elimination of consequences of accident at Chernobyl nuclear power plant: monograph]. Ed. S.S. Aleksanin. Sankt-Peterburg. 2016. 506 p. (In Russ.)
2. Aleksanin S.S., Rybnikov V.Yu., Sannikov M.V., Savel'eva M.V. Kachestvo zhizni i smyslzhiznennye orientatsii u likvidatorov posledstviy avarii na Chernobył'skoi AES v otdalennom periode. [The quality of life and meaningful life orientations in liquidators of the consequences of the Chernobyl accident in the distant period]. *Vestnik psihoterapii* [The Bulletin of Psychotherapy]. 2020. N 73. Pp. 59–67. (In Russ.)
3. Vodop'yanova N.E., Starchenkova E.S. Strategii i modeli preodolevayushchego povedeniya // Praktikum po psikhologii menedzhmenta i professional'noi deyatel'nosti [Practice on the psychology of management and professional activities]. Eds.: G.S. Nikiforov [et al.]. Sankt-Peterburg. 2001. 240 p. (In Russ.)
4. Doskin V.A., Lavrent'eva N.A., Miroshnikov M.P., Sharai V.B. Test differentsirovannoi samootsenki funktsional'nogo sostoyaniya [Differentiated self-assessment of functional state test]. *Voprosy psihologii* [Questions of psychology]. 1973. N 6. Pp. 141–145. (In Russ.)
5. Zaborovskii K.A., Lobeiko V.V., Iordanishvili A.K. Psikhofiziologicheskii status lyudei pozhilogo i starcheskogo vozrasta, stradayushchikh zabolevaniyami slyunnykh zhelez [Psychophysiological status of senile patients suffering from salivary glands diseases]. *Kurskii nauchno-prakticheskii vestnik «Chelovek i ego zdorov'e»* [Kursk Scientific and Practical Bulletin "Man and His Health"]. 2014. N 3. Pp. 47–54. (In Russ.)
6. Ivanov V.K., Kashcheev V.V., Karpenko S.V. [et al.]. Zabolevaemost' i smertnost' ot leukozov uchastnikov likvidatsii posledstviy avarii na Chernobył'skoi AES: otsenka radiatsionnykh riskov za period nablyudeniya s 1986 po 2014 g. [Leukemia incidence and mortality of recovery operation workers of the Chernobyl accident: assessment of radiation risks for the follow-up period of 1986–2014]. *Radiatsionnaya gigiena* [Radiation hygiene]. 2018. Vol. 11, N 4. Pp. 7–17. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-4-7-17. (In Russ.)
7. Meditsinskie radiologicheskie posledstviya Chernobylya: prognoz i fakticheskie dannye spustya 30 let [Medical radiological consequences of Chernobyl: forecast and actual data after 30 years]. Eds. V.K. Ivanov, A.D. Kaprin. Moskva. 2015. 450 p. (In Russ.)
8. Mel'nitskaya T.B., Rybnikov V.Yu., Khavylo A.V. Sotsial'no-psikhologicheskie problemy zhiznedeyatel'nosti i stressovye reaktzii naseleniya v otdalennom periode posle avarii na Chernobył'skoi AES [Social and psychological problems of activity and stress reactions of the population in the remote period after the accident at the Chernobyl nuclear power plant] : monograph. Sankt-Peterburg. 2015. 148 p. (In Russ.)
9. Mel'nitskaya T.B., Khavylo A.V., Belykh T.V. Shkala otsenki vliyaniya travmaticheskogo sobytiya (IES-R) primenitel'no k radiatsionnomu faktoru [The Impact of Event Scale – Revised (IES-R) as applied to the factor of radiation]. *Psihologicheskie issledovaniya* [Psychological Studies]. 2011. N 5. Pp. 15–21. (In Russ.)
10. Ramzaev V.P., Barkovsky A.N. Dinamika umen'sheniya moshchnosti dozy gamma-izlucheniya v vozdukh v sel'skikh naselennykh punktakh Bryanskoi oblasti Rossii v otdalennom periode posle chernobył'skoi avarii [Dynamics of decrease of the gamma dose rate in air in rural settlements of the Bryansk region (Russia) in the remote period after the Chernobyl accident]. *Radiatsionnaya gigiena* [Radiation hygiene]. 2020. Vol. 13, N 1. Pp. 38–46. DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-1-38-46. (In Russ.)
11. Rybnikov V.Yu., Vishnevskaya V.P. Obraz bolezni u likvidatorov posledstviy avarii na Chernobył'skoi AES s psikhosomaticheskoi patologiei: kontseptsiya, mekhanizmy, psikhologicheskaya korrektsiya [The image of the disease among liquidators of the consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant with psychosomatic pathology: concept, mechanisms, psychological correction]. Minsk. 2004. 157 p. (In Russ.)
12. Sidorenko E.V. Metody matematicheskoi obrabotki v psikhologii [Methods of mathematical processing in psychology] [Methods of mathematical processing in psychology]. Sankt-Peterburg. 2007. 350 p. (In Russ.)
13. Hanin Ju.L. Kratkoe rukovodstvo k primeneniyu shkaly reaktivnoi, lichnostnoi trevozhnosti Ch.D. Spilbergera [A short guide to the use of the scale of reactive, personal anxiety]. Leningrad. 1976. 40 p. (In Russ.)

Received 25.02.2021

**For citing:** Aleksanin S.S., Rybnikov V.Yu., Savel'eva M.V. Psikhologicheskiiy status i stress-preodolevayushchee povedenie u likvidatorov posledstviy avarii na Chernobył'skoi AES v otdalennom periode. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2021. N 2. Pp. 5–10. (In Russ.)

Aleksanin S.S., Rybnikov V.Yu., Savelyeva M.V. Psychological status and coping behavior in liquidators of the consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant in the remote period. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2021. N 2. Pp. 5–10. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-05-10

## КАЛЬЦИНОЗ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ И МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ У ЛИКВИДАТОРОВ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова  
МЧС России (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2)

*Актуальность.* Атерокальциноз является прогностически неблагоприятной патологией, которая часто встречается в общей популяции и особенно у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС). Патогенез этой патологии изучен недостаточно, что сказывается в несовершенстве ее лечения.

*Цель* – установить взаимосвязи между выраженностью кальциноза коронарных артерий и биомаркерами воспаления, метаболизма костной ткани и сосудистой кальцификации у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС в отдаленном периоде.

*Методология.* Исследуемую группу составили 90 ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС – мужчин в возрасте от 40 до 78 лет, медиана – 59 лет. На момент участия в аварийно-восстановительных работах им было от 18 до 53 лет. Проводили анализ белков воспаления, остеокальцина, показателей минерального обмена, остеоопонтина, остеопротегерина, фетуина-А в сыворотке крови пациентов. Оценивали выраженности кальциноза коронарных сосудов на основании данных мультиспиральной компьютерной томографии с определением кальциевого индекса по методу Agatston, особенности изменения минеральной плотности костной ткани в зависимости от выраженности коронарного кальциноза у лиц, принимавших участие в ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, страдающих атеросклерозом.

*Результаты и их анализ.* Ликвидаторы последствий аварии на ЧАЭС со сниженной минеральной плотностью кости чаще имели высокую и очень высокую степень кальциноза коронарных артерий (65%), чем пациенты без остеопении (49%). Уровень остеокальцина в сыворотке крови у пациентов со сниженной минеральной плотностью костной ткани был достоверно больше, чем в подгруппе с неизменной минеральной плотностью костной ткани. Установлено, что у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС при воспалении, связанном с высокими значениями С-реактивного белка и лептина в крови, уровень фетуина-А снижен. У ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС с кальциевым индексом более 400 баллов остеопротегерин был достоверно выше, а уровень фетуина-А – достоверно меньше, чем у остальных пациентов.

*Заключение.* Изменения показателей обмена кальция и минерального обмена костной ткани, общего воспаления находятся в тесной связи с изменением кальциевого индекса у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС с ишемической болезнью сердца и, наряду с инструментальными методами диагностики, могут отражать степень и тяжесть поражения сосудистого русла. Кроме того, изучение механизмов формирования коронарного кальциноза крайне важно в связи с тем, что они могут являться мишенями для направленного фармакологического вмешательства, воздействие на которые позволит изменить характер прогрессирования атеросклероза.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, Чернобыльская АЭС, ликвидатор последствий аварии, атеросклероз, кальциноз коронарных артерий, коронарные биомаркеры.

### Введение

Атеросклероз и ишемическая болезнь сердца относятся к многофакторной патологии, информацию о природе которой можно получить при исследовании комплекса сердечно-сосудистых биомаркеров (белков кальцификации, факторов воспаления). В ряде клинических исследований показано, что переход на комплексное исследование биомаркеров сердечно-сосудистой патологии более эффективно в плане прогнозирования тече-

ния ишемической болезни сердца, чем анализ традиционных факторов риска [9].

Специалисты Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (ВЦЭРМ) уже 30 лет занимаются проблемами сердечно-сосудистой патологии у мужчин – ликвидаторов последствий аварии (ЛПА) на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) [1, 2]. Одними из ведущих причин смертности у ЛПА на ЧАЭС являются острые сосудистые события – тромбозы и эмболии.

✉ Дрыгина Лариса Борисовна – д-р биол. наук проф., вед. науч. сотр. науч.-исслед. отд., Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: grygina@arcerm.spb.ru;

Хирманов Владимир Николаевич – д-р мед. наук проф., зав. отд. сердечно-сосуд. патологии, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: vkhirmanov@mail.ru

Важнейшей предпосылкой этого служит кальциноз артерий сердца.

Кальциноз артерий сердца принято рассматривать как пассивный процесс отложения кальция в поврежденных сосудистых гладкомышечных клетках, которые могут трансформироваться в остеообласты, аналогичный тому, который происходит при формировании костной ткани. В последние годы формируется концепция развития кальциноза коронарных артерий, в основе которой лежит системное и локальное воспаление, типичное для пациентов с метаболическим синдромом. В этой связи исследование биомаркеров, отражающих процесс кальцификации, актуально и важно для оценки прогноза клинического течения ишемической болезни сердца.

В работе С. Grossman и соавт. высказывается мнение, что кальциноз сосудистой стенки относится к ранним признакам атеросклеротического поражения [8]. Процесс сосудистой кальцификации часто развивается у пациентов с низким уровнем традиционных факторов риска [7]. Продемонстрирована возможность использования кальциноза (особенно кальциноза венечных артерий) как предиктора коронарного риска у бессимптомных пациентов [10]. Кальциноз коронарных артерий особенно выражен у пациентов с сахарным диабетом [11]. Однако данные о взаимосвязи кальциноза коронарных артерий с биомаркерами кальцификации в крови практически отсутствуют, а механизмы отложения кальция в области атеросклеротической бляшки продолжают изучаться.

Результаты настоящей работы явились продолжением опубликованных нами ранее данных, полученных в соавторстве с Т.В. Го-

рейко по взаимосвязи показателей липидного профиля с изменением кальциевого индекса (КИ) у ЛПА на ЧАЭС [3]. В настоящей статье основное внимание направлено на исследование новых биомаркеров риска атеросклероза коронарных артерий, обследуемая группа пациентов существенно расширена.

**Цель** – оценить взаимосвязи между выраженностью кардиального кальциноза и биомаркерами воспаления, метаболизма костной ткани и сосудистой кальцификации у ЛПА в отдаленном периоде после аварии на ЧАЭС.

### Материал и методы

Исследование проводили в клиниках ВЦЭРМ. В основную группу вошли 90 мужчин – ЛПА на ЧАЭС с атеросклерозом и ишемической болезнью сердца в возрасте от 40 до 78 лет. Средний возраст пациентов составил  $(60,6 \pm 0,9)$  года, медиана – 59 лет. На момент участия в аварийно-восстановительных работах ЛПА на ЧАЭС было от 18 до 53 лет. Клинико-anamnestическая характеристика пациентов представлена в табл. 1.

Общеклиническое обследование пациентов включало сбор жалоб, анамнез заболевания и жизни, общий осмотр пациента, физикальное исследование сердечно-сосудистой системы, измерение артериального давления крови в плечевой артерии.

Для подтверждения коронарного кальциноза у ЛПА выполняли мультиспиральную компьютерную томографию грудной клетки с оценкой кальциноза в программе «Calcium Scoring» и определением КИ по Agatston с оценкой степени поражения коронарных артерий и коронарного риска развития ишемической болезни сердца. При КИ менее 10 бал-

Таблица 1

Характеристика обследуемой группы

| Показатель                                      | n (%); Me [q25; q75] |
|---|----------------------|
| Жалобы на:                                      |                      |
| боли за грудиной сжимающего и жгучего характера | 64 (71)              |
| периодически возникающие головные боли          | 27 (42)              |
| одышку при умеренных физических нагрузках       | 36 (40)              |
| общую слабость                                  | 11 (12,2)            |
| дискомфорт в левой половине грудной клетки      | 7 (8)                |
| отеки в области нижних конечностей              | 11 (12)              |
| Курение   | 36 (40)              |
| Злоупотребление алкоголем                       | 24 (27)              |
| Низкая физическая активность                    | 32 (36)              |
| Психические перегрузки                          | 16 (18)              |
| Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>            | 27,5 [25,4; 32,1]    |
| Систолическое давление крови, мм рт. ст.        | 150,0 [130,0; 175,0] |
| Диастолическое давление крови, мм рт. ст.       | 90,0 [75,0; 105,0]   |

лов коронарный риск считался низким, при показателях КИ от 10 до 100 баллов – умеренным и при КИ от 100 до 400 – высоким, свыше 400 баллов – очень высоким. Исследование минеральной плотности костной ткани у ЛПА на ЧАЭС было проведено методом двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии на денситометре DPX-L фирмы «Lunar» (США).

Комплекс биомаркеров в сыворотке крови ЛПА состоял из показателей: N-MID остеокальцин («IDS», США), фетуин-А («BioVendor», США), остеопонтин («ThermoFisher», Финляндия), остеопротегерин («Invitrogen», США), лептин («Mediagnost», США), высокочувствительный С-реактивный белок («Immylite»), гомоцистеин («Immylite»). Определение проводили методами иммуноферментного анализа и хемилюминесцентным методом на анализаторе «Immylite 2000» («Siemens», Германия).

Были выделены подгруппы ЛПА на ЧАЭС в зависимости от показателей:

А) минеральной плотности костной ткани:

1-я – остеопения – минеральная плотность костной ткани снижена по отношению к средней максимальной величине минеральной плотности костной ткани у молодых и здоровых пациентов мужского пола, Т-критерий изменяется от  $-1,0$  до  $-2,5$  стандартных отклонений ( $n = 63$ );

2-я – норма – минеральная плотность костной ткани соответствует Т-критерию в диапазоне от  $+2,5$  до  $-1,0$  стандартных отклонений ( $n = 27$ );

Б) кальциевого индекса:

3-я – низкий КИ – 0 баллов;

4-я – умеренный и высокий КИ – 1–400 баллов;

5-я – очень высокий КИ – более 400 баллов.

Статистическую обработку результатов исследования проводили с помощью программы Statistica 10.0. Нормальность распределения признаков оценивали по критерию Шапиро–Уилка. В тексте и таблицах представлены медианы (Me), верхние и нижние квартили [q25; q75] значений. Для сравнения медиан применяли ранговый критерий Манна–Уитни. Значимость различий при парных сравнениях оценивали с помощью U-критерия Манна–Уитни. Для обнаружения корреляционной связи использовали непараметрические меры связи Гамма.

### Результаты и их анализ

По результатам мультиспиральной компьютерной томографии грудной клетки у ЛПА

кальциноз коронарных артерий отсутствовал только у 12 (13%) пациентов (3-я подгруппа), тогда как у остальных 78 (87%) выявлен кальциноз коронарных артерий различной степени выраженности.

У обследованных ликвидаторов КИ изменялся от 0 до 2001 балла, Me – 120,7 [12,2; 422,0]. При этом необходимо отметить, что у 23 (26%) человек кальциноз коронарных артерий сочетался с кальцифицирующим поражением других артериальных бассейнов и аорты. По показателям КИ 58 (64%) ЛПА отнесены в 4-ю подгруппу, 20 (22%) – в 5-ю подгруппу. Отмечено также, что высокий и крайне высокий коронарный риск развития неблагоприятных кардиальных событий характеризовался клиническими проявлениями атеросклероза коронарных артерий в виде стенокардии напряжения II функционального класса у 53 (59%) и стенокардией III функционального класса – у 6 (7%) пациентов.

В ходе выполняемого исследования показано прогрессирование коронарного кальциноза, связанного с увеличением возраста. На основании результатов корреляционного анализа нами была выявлена сильная прямая корреляционная зависимость КИ от возраста у ЛПА с атеросклерозом ( $r = 0,45$ ;  $p < 0,05$ ) (рис. 1).

Коронарный кальциноз патогенетически взаимосвязан с изменением минерально-костного обмена у мужчин. Проведенные во ВЦЭРМ исследования показали, что для ЛПА снижение минеральной плотности костной ткани актуально [4]. Нарушение минерально-костного обмена играет ведущую роль не только в развитии остеопороза, но

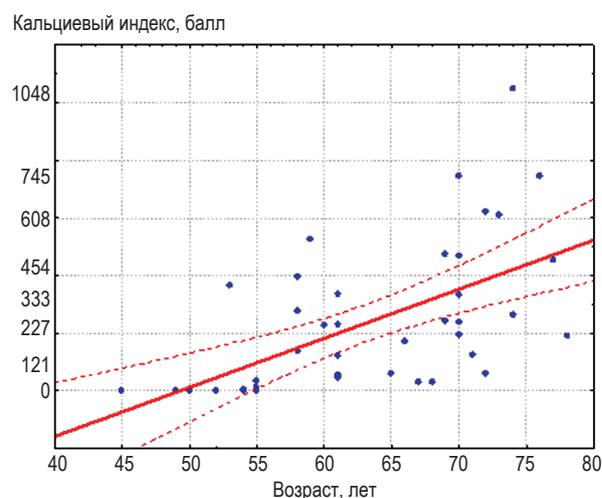


Рис. 1. Взаимосвязь КИ с возрастом обследованных ЛПА на ЧАЭС.

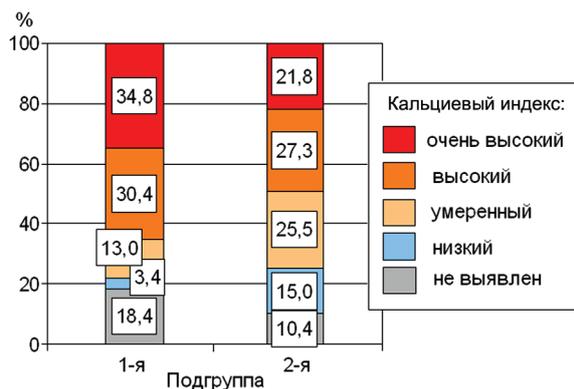


Рис. 2. Степень коронарного риска по результатам КИ.

и таких заболеваний, как атеросклероз, ишемическая болезнь сердца, гипертоническая болезнь сердца, нарушение мозгового кровообращения. В этой связи актуальным является определить частоту коронарного кальциноза и выявить взаимосвязь кальциноза с клинико-лабораторными показателями, связанными с его развитием у мужчин-ликвидаторов.

В 1-й подгруппе ЛПА на ЧАЭС очень высокий и высокий КИ наблюдались у 42 (65%) пациентов, во 2-й подгруппе – у 13 (49%) ЛПА (рис. 2).

Установлена взаимосвязь биомаркеров кальциевого обмена и сосудистой кальцификации от минеральной плотности костной ткани. В 1-й и 2-й подгруппе достоверно различались уровень N-MID-фрагмента остеокальцина в сыворотке крови – 11,9 [9,7; 13,2] и 8,2 [7,5; 8,7] нг/мл ( $p < 0,05$ ) соответственно, сывороточные концентрации остеопротегерина – 87,7 [84,2; 95,1] и 94,0 [92,1; 110,7] пг/мл соответственно ( $p < 0,05$ ).

Была проанализирована взаимосвязь биомаркеров воспаления с показателями

коронарного кальциноза. Универсальными маркерами воспаления являются высокочувствительный С-реактивный белок (hsCRP) и белок жировой ткани лептин, а высокий уровень гомоцистеина (более 11 ммоль/л) рассматривается как один из факторов риска ишемической болезни сердца.

Доля ЛПА на ЧАЭС со значениями hsCRP больше верхнего интервала референтной нормы 2,5 мг/л была у 44 (49%) человек ( $p = 0,02$ ), а лептина – выше 5,6 нг/мл – у 22 (25%).

Из данных табл. 2 следует, что при КИ более 400 баллов у обследованных ЛПА наблюдается достоверное повышение концентрации hsCRP, лептина и гомоцистеина в сыворотке крови по сравнению с ЛПА других подгрупп. Коронарный атеросклероз, по данным КИ, в более выраженной форме (более 400 баллов) отмечается у ЛПА с более высоким общим, в том числе сосудистым, воспалением.

Также установлено, что показатели кальциевого обмена (ионизированный кальций, остеокальцин) и биомаркеры сосудистой кальцификации (фетуин-А, остеопротегерин) изменялись в зависимости от уровня кальциевого индекса (табл. 3).

Как видно из представленных в табл. 3 данных, с увеличением КИ наблюдалась тенденция к снижению ионизированного кальция, остеокальцина. У пациентов с очень высоким КИ (более 400 баллов) уровень фетуина-А был достоверно меньше, чем с высоким, а остеопротегерина, наоборот, достоверно выше.

Полученные данные подтверждают мнение других исследователей о том, что процесс сосудистой кальцификации является регулируем

Таблица 2

Показатели hsCRP, лептина и гомоцистеина в сыворотке крови у ЛПА в зависимости от КИ

| Показатель и референтный интервал | Подгруппа/кальциевый индекс, Ме [q25; q75] балл |                   |                   | p < 0,05 |
|-----------------------------------|---|-------------------|-------------------|----------|
|                                   | 3-я   | 4-я               | 5-я               |          |
| hsCRP, 0–2,5 мг/л                 | 2,0 [1,5; 3,5]                                  | 4,0 [2,0; 5,0]    | 5,5 [4,5; 7,0]    | 3–4; 3–5 |
| Лептин, 2,0–5,6 нг/мл             | 3,7 [2,2; 4,5]                                  | 4,0 [2,0; 5,0]    | 6,0 [4,0; 8,1]    | 3–5      |
| Гомоцистеин, 5–12 ммоль/л         | 12,0 [9,5; 14,]                                 | 15,0 [12,0; 16,0] | 19,0 [16,5; 21,0] | 3–5      |

Таблица 3

Зависимость показателей кальциевого индекса от уровня в сыворотке ионизированного кальция, остеокальцина, фетуина-А и остеопротегерина

| Показатель (референтный интервал)    | Подгруппа/кальциевый индекс, Ме [q25; q75] балл |                   |                    | p < 0,05 |
|--------------------------------------|---|-------------------|--------------------|----------|
|                                      | 3-я   | 4-я               | 5-я                |          |
| Са ионизированный (1,05–1,3 ммоль/л) | 1,07 [1,04; 1,10]                               | 1,07 [1,04; 1,10] | 1,05 [1,04; 1,09]  |          |
| Остеокальцин (2,0–22,0 нг/мл)        | 9,0 [7,0; 12,0]                                 | 9,0 [7,0; 12,0]   | 8,0 [6,0; 9,0]     |          |
| Фетуин-А (данных нет)                | 460 [350; 580]                                  | 340 [320; 380]    | 280 [250; 300]     | 3–5      |
| Остеопротегерин (данных нет)         | 74,0 [72,0; 78,0]                               | 74,0 [72,0; 78,0] | 92,0 [83,0; 100,0] | 3–5      |

мым [6]. Существенную роль в предупреждении сосудистой кальцификации играет фетуин-А. Он связывается с фосфатом кальция и сохраняет его в растворимом состоянии, является самым мощным системным ингибитором образования кальцификатов. Ингибирование фетуином-А процесса сосудистой кальцификации реализуется путем формирования растворимых микросфер, содержащих фетуин-кальций-фосфатные комплексы. При повышении КИ концентрация фетуина-А снижена, его уровня становится недостаточно для предотвращения процесса отложения кальция в сосудистой стенке, что способствует прогрессированию атеросклероза. По данным Т.В. Талаевой и соавт. [6], снижение уровня фетуина-А является следствием воспаления. Аналогичные данные получены в нашем исследовании. Установлено, что при очень высоком КИ (более 400 баллов) и общем воспалении (высокие значения hsCRP и лептина в крови) уровень фетуина-А понижен. Полученные нами результаты согласуются с данными других исследователей. Так, А.Т. Махиева и соавт. [5] показали, что по мере снижения уровня фетуина-А в крови нарастает выраженность сердечно-сосудистой кальцификации ( $r = -0,70$ ;  $p < 0,001$ ) и возрастает сердечно-сосудистая смертность, уровень фетуина-А снижается с возрастом и у лиц с проявлениями белково-энергетической недостаточности.

Остеокальцин (основной неколлагеновый белок) угнетает остеогенную дифференциацию (фенотипическое переключение сосудистых гладкомышечных клеток в остеобластические), уменьшает сосудистое воспаление и кальцификацию, средняя концентрация остеокальцина в сыворотке крови у ЛПА – 7,9 [4,9; 10,7] нг/мл. Его уровень не зависит от КИ и изменяется в пределах референтного интервала для данного показателя.

Остеопротегерин является ингибитором кальцификации подобно фетуину-А, но он обладает только местным свойством. Экс-

прессия остеопротегерина имеет место только в кальцифицированных сосудах. Уровень остеопротегерина у ЛПА с КИ более 400 баллов достоверно выше, чем у остальных пациентов.

### Выводы

1. Ликвидаторы последствий аварии на Чернобыльской АЭС со сниженной минеральной плотностью кости чаще имели высокую и крайне высокую степень кальциноза коронарных артерий (65%), чем пациенты без остеопении, – 49%. Уровень остеокальцина в сыворотке крови у пациентов со сниженной минеральной плотностью костной ткани был достоверно больше, чем в подгруппе с неизменной минеральной плотностью костной ткани.

2. Установлено, что у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС при воспалении, связанном с высокими значениями С-реактивного белка и лептина в крови, уровень фетуина-А снижен.

3. У ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС с кальциевым индексом более 400 баллов остеопротегерин был достоверно выше, а уровень фетуина-А – достоверно меньше, чем у остальных пациентов.

4. Изменения показателей обмена кальция и минерального обмена костной ткани, общего, в том числе сосудистого, воспаления находятся в тесной связи с изменением кальциевого индекса у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС с ишемической болезнью сердца и, наряду с инструментальными методами диагностики, могут отражать степень и тяжесть поражения сосудистого русла. Кроме того, изучение механизмов формирования коронарного кальциноза у ликвидаторов крайне важно в связи с тем, что они могут являться мишенями для направленного фармакологического вмешательства, воздействие на которые позволит изменить характер прогрессирования атеросклероза.

### Литература

1. 25 лет после Чернобыля: состояние здоровья, патогенетические механизмы, опыт медицинского сопровождения ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции (руководство для врачей) / под ред. С.С. Алексанина. СПб. : Медкнига : ЭЛБИ-СПб., 2011. 736 с.
2. 30 лет после Чернобыля: патогенетические механизмы формирования соматической патологии, опыт медицинского сопровождения участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции : монография / под ред. С.С. Алексанина. СПб. : Политехника-принт, 2016. 506 с.
3. Горейко Т.В., Дрыгина Л.Б., Хирманов В.Н. Кальциноз коронарных артерий и нарушения липидного обмена у ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2014. № 4. С. 66–89.

4. Дрыгина Л.Б., Трофимова И.В., Саблин О.А., Никифорова И.Д. Современные методы диагностики, профилактики и лечения остеопороза : метод. пособие. СПб. : ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова, 2011. 86 с.
5. Махиева А.Т., Мамбетова А.М. Роль фетуина А в предотвращении развития сердечно-сосудистого кальциноза при хронической болезни почек С5Д // Трудный пациент. 2020. Т. 18, № 6-7. С. 15–18. DOI: 10.24411/2074-1995-2020-10044.
6. Талаева Т.В., Шумаков В.А., Братусь В.В. Сосудистая кальцификация: значимость в патогенезе, клиническом течении и прогнозе исходов атеросклероза и ишемической болезни сердца // Укр. кардиол. журн. 2017. № 2. С. 85–98.
7. Baber U., Mehran R., Sartori S. [et al.]. Prevalence, impact and predictive value of detecting subclinical coronary and carotid atherosclerosis in asymptomatic adults: the Biolmage Study // J. Am. Coll. Cardiol. 2015. Vol. 65, N 11. P. 1065–1074. DOI: 10.1016/j.jacc.2015.01.017.
8. Grossman C., Shemesh J., Dovrish Z. [et al.]. Coronary Artery Calcification Is Associated With the Development of Hypertension // Am. J. Hypertens. 2013. Vol. 26, N 1. P. 13–19. DOI: 10.1093/ajh/hps028.
9. Hamirani Y.S., Pandey S., Rivera J.J. [et al.]. Markers of inflammation and coronary artery calcification: A systematic review // Atherosclerosis. 2008. Vol. 201, N 1. P. 1–7. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2008.04.045.
10. Mehta A., Patel J., Al Rifai M. [et al.]. Inflammation and coronary artery calcification in South Asians: The Mediators of Atherosclerosis in South Asians Living in America (MASALA) study // Atherosclerosis. 2018. Vol. 270. P. 49–56. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2018.01.033.
11. Polonsky T.S., McClelland R.L., Jorgensen N.W. [et al.]. Coronary artery calcium score and risk classification for coronary heart disease prediction // J. Am. Coll. Cardiol. 2010. Vol. 303, N 16. P. 1610–1616. DOI: 10.1001/jama.2010.461.

Поступила 11.02.2021 г.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

**Участие авторов:** Л.Б. Дрыгина – написание первоначального варианта статьи, анализ лабораторных показателей и обработка данных; В.Н. Хирманов – дизайн исследования, формирование групп пациентов, клиническая характеристика пациентов, редактирование статьи.

**Для цитирования.** Дрыгина Л.Б., Хирманов В.Н. Кальциноз коронарных артерий и метаболические нарушения у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 2. С. 11–17. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-11-17

---

## Coronary artery calcinosis and metabolic disorders in Chernobyl accident responders

**Drygina L.B., Khirmanov V.N.**

The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia  
(4/2, Academica Lebedeva Str., St Petersburg, 194044, Russia)

✉ Larisa Borisovna Drygina – Dr Biol. Sci. Prof., Lead Researcher, Research Department, The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St Petersburg, 194044, Russia), e-mail: grygina@arccerm.spb.ru;

Vladimir Nikolaevich Khirmanov – Dr Med. Sci. Prof., Chief of Department of Cardiovascular Diseases, The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St Petersburg, 194044, Russia), e-mail: vkhirmanov@mail.ru

### Abstract

**Relevance.** Atherocalcinosis is a prognostically unfavorable pathology that is often found in the general population and, especially, in the liquidators of the consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant. Its pathogenesis has not been sufficiently studied, as well as its treatment.

**Intention:** To establish relationship between the severity of coronary artery calcinosis and biomarkers of inflammation, bone metabolism and vascular calcification in liquidators of the consequences of Chernobyl accident at a remote period.

**Methodology.** The study group was made up of 90 liquidators of the consequences of the Chernobyl accident – men aged 40 to 78 years, the median – 59 years, at the time of participation in emergency recovery work they were from 18 to 53 years old. Proteins of inflammation, osteocalcin, mineral metabolism, osteopontin, osteoprotegerin, fetuin A in patients' blood serum were analyzed. Expression of coronary vessel calcinosis was evaluated on the basis of multispiral computed tomography data with determination of calcium index by Agatston method, peculiarities of bone mineral density change depending on cardiac calcinosis severity in persons who participated in the aftermath of Chernobyl accident suffering from atherosclerosis.

**Results and Discussion.** Liquidators of the consequences of the Chernobyl accident with reduced bone mineral density were more likely to have a high and extremely high degree of coronary artery calcinosis (65 %) than patients without osteopenia (49 %). The serum level of osteocalcin in patients with reduced bone mineral density was significantly greater than in the subgroup with unchanged bone mineral density. It has been established that in liquidators of the consequences of the Chernobyl accident, inflammation with high values of C-reactive protein and leptin in the blood was associated with reduced fetuin A levels. In the liquidators of the consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant with a calcium index of more than 400 points, osteoprotegerin was statistically significantly higher, and the level of fetuin was statistically significantly lower than in other patients.

**Conclusion.** Changes in calcium metabolism and bone mineral metabolism as well as systemic inflammation are closely related to the change in the calcium index in liquidators of the consequences of the Chernobyl accident with coronary heart disease and, along with instrumental diagnostic methods, may reflect the degree and severity of vascular injury. In addition, the study of the mechanisms of formation of cardiac calcinosis is extremely important due to the fact that they can be targets for pharmacological intervention, the effects of which will change the nature of atherosclerosis progression.

**Keywords:** emergency situation, Chernobyl nuclear power plant, clean-up worker, atherosclerosis, coronary artery calcinosis, cardiac biomarkers.

#### References

1. 25 let posle Chernobylya: sostoyanie zdorov'ya, patogeneticheskie mekhanizmy, opyt meditsinskogo soprovozhdeniya likvidatorov posledstviy avarii na Chernobyl'skoi atomnoi elektrostantsii [25 years after Chernobyl: the state of health, pathogenetic mechanisms, experience of medical support for liquidators of the consequences of the Chernobyl nuclear power plant accident]. Ed. S.S. Aleksanin. Sankt-Peterburg. 2011. 736 p. (In Russ.)
2. 30 let posle Chernobylya: patogeneticheskie mekhanizmy formirovaniya somaticheskoi patologii, opyt meditsinskogo soprovozhdeniya uchastnikov likvidatsii posledstviy avarii na Chernobyl'skoi atomnoi elektrostantsii: monografiya [30 years after Chernobyl: pathogenetic mechanisms of somatic pathology formation, experience of medical support of participants in the liquidation of the consequences of the Chernobyl nuclear power plant accident: monograph]. Ed. S.S. Aleksanin. Sankt-Peterburg. 2016. 506 p. (In Russ.)
3. Goreiko T.V., Drygina L.B., Khirmanov V.N. Kal'tsinoz koronarnykh arterii i narusheniya lipidnogo obmena u likvidatorov avarii na Chernobyl'skoi AES [Calcification of the coronary arteries and lipid disorders in liquidators of the Chernobyl NPP disaster aftermath]. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2014. N 4. Pp. 66–89. (In Russ.)
4. Drygina L.B., Trofimova I.V., Sablin O.A., Nikiforova I.D. Sovremennye metody diagnostiki, profilaktiki i lecheniya osteoporoza [Modern methods of diagnosis, prevention and treatment of osteoporosis]. Sankt-Peterburg. 2011. 86 p. (In Russ.)
5. Makhieva A.T., Mambetova A.M. Rol' fetuina A v predotvrashchenii razvitiya serdechno-sosudistogo kal'tsinoza pri khronicheskoi bolezni pochek S5D [The role of fetuin-a in preventing the development of cardiovascular calcification in chronic kidney disease C5D]. *Trudnyi patsient* [Difficult Patient]. 2020. Vol. 18, N 6–7. Pp. 15–18. DOI: 10.24411/2074-1995-2020-10044. (In Russ.)
6. Talaieva T.V., Shumakov V.A., Bratus V.V. Sosudistaya kal'tsifikatsiya: znachimost' v patogeneze, klinicheskom techenii i prognoze iskhodov ateroskleroza i ishemicheskoi bolezni serdtsa [Vascular calcification: its meaning in pathogenesis, diagnosis, clinical course and prognosis of atherosclerosis and ischemic heart disease outcome]. *Ukrainskii kardiologicheskii zhurnal* [Ukrainian Cardiology Journal]. 2017. N 2. Pp. 85–98. (In Russ.)
7. Baber U., Mehran R., Sartori S. [et al.]. Prevalence, impact and predictive value of detecting subclinical coronary and carotid atherosclerosis in asymptomatic adults: the Biolmage Study. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2015. Vol. 65, N 11. Pp. 1065–1074. DOI: 10.1016/j.jacc.2015.01.017.
8. Grossman C., Shemesh J., Dovrish Z. [et al.]. Coronary Artery Calcification Is Associated With the Development of Hypertension. *Am. J. Hypertens.* 2013. Vol. 26, N 1. Pp. 13–19. DOI: 10.1093/ajh/hps028.
9. Hamirani Y.S., Pandey S., Rivera J.J. [et al.]. Markers of inflammation and coronary artery calcification: A systematic review. *Atherosclerosis.* 2008. Vol. 201, N 1. Pp. 1–7. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2008.04.045.
10. Mehta A., Patel J., Al Rifai M. [et al.]. Inflammation and coronary artery calcification in South Asians: The Mediators of Atherosclerosis in South Asians Living in America (MASALA) study. *Atherosclerosis.* 2018. Vol. 270. Pp. 49–56. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2018.01.033.
11. Polonsky T.S., McClelland R.L., Jorgensen N.W. [et al.]. Coronary artery calcium score and risk classification for coronary heart disease prediction. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2010. Vol. 303, N 16. Pp. 1610–1616. DOI: 10.1001/jama.2010.461.

Received 11.02.2021

**For citing.** Drygina L.B., Khirmanov V.N. Kal'tsinoz koronarnykh arterii i metabolicheskie narusheniya u likvidatorov posledstviy avarii na Chernobyl'skoi AES. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh.* 2021. N 2. Pp. 11–17. (In Russ.)

Drygina L.B., Khirmanov V.N. Coronary artery calcinosis and metabolic disorders in Chernobyl accident responders. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations.* 2021. N 2. Pp. 11–17. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-11-17

## КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВОЗМОЖНЫХ САНИТАРНЫХ ПОТЕРЬ НАСЕЛЕНИЯ И ПОТРЕБНОСТИ В СИЛАХ И СРЕДСТВАХ ГРАЖДАНСКОГО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ В ВООРУЖЕННОМ КОНФЛИКТЕ

Академия гражданской защиты МЧС России (Россия, Московская область, г. Химки, мкр. Новогорск)

**Актуальность.** В зоне вооруженного конфликта (в зоне риска) люди получают различные ранения и травмы. Характер повреждений и степень их тяжести зависят от совокупного воздействия множества поражающих факторов и условий медицинской обстановки. Определение необходимого числа медицинских формирований и учреждений для оказания медицинской помощи нуждающимся зависит от качества прогноза медицинской обстановки в зоне вооруженного конфликта.

**Цель** – представить методику расчета санитарных потерь населения, возникающих в ходе вооруженного конфликта, и определить возможности гражданского здравоохранения территории, на которой ведутся военные действия.

**Методология.** В работе применяются методы обобщения и систематизации эмпирических, статистических и теоретических данных, традиционный анализ документов и литературы по теме исследования. В основу методики заложены следующие принципы: многофакторность возникновения санитарных потерь; повторяемость, кратность воздействия поражающих факторов; принцип неравномерности и неодновременности возникновения санитарных потерь в зоне вооруженного конфликта.

**Результаты и их анализ.** Выполнен анализ существующих методов прогнозирования и оценки медицинской обстановки в зоне вооруженных конфликтов. Разработан новый алгоритм комплексного анализа и оценки медицинской обстановки.

**Заключение.** Материал статьи может стать важной основой для организации медицинского обеспечения населения в зоне вооруженного конфликта, защиты жизни и здоровья раненых и пораженных.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, вооруженный конфликт, медицинское обеспечение, пораженный, санитарные потери, безвозвратные потери.

### Введение

В военных конфликтах население подвергается воздействию поражающих факторов современных видов оружия и несет потери. На рис. 1 представлена динамика войн и вооруженных конфликтов: межгосударственных, внутригосударственных, в том числе в пределах нескольких регионов (Interstate) или одном регионе (Intrastate), и интернационализированных, при которых столкновение внутренних группировок поддерживают разные государства. Сотрудники Peace Research Institute (PRIO, г. Осло, Норвегия) отмечают, что в 2017 г. в мире были зарегистрированы 49 вооруженных конфликтов [9]. По данным Всемирной организации здравоохранения, в результате вооруженного насилия в мире в час погибают 35 человек [7, 10, 11].

Известно, что в ходе Первой мировой войны показатель жертв мирного населения составлял 5% от всех погибших, а в последующих вооруженных конфликтах и войнах этот показатель многократно увеличился и составлял: во Второй мировой войне (1939–1945 гг.) –

50%, в войнах в Корею (1950–1953 гг.) – 84%, во Вьетнаме (1965–1974 гг.) – 90%, в Югославии (1991–1995 гг.) – 95%, в Сирии (с 2011 г. по настоящее время) – 98% [7, 10, 11].

Основой защиты жизни и здоровья жертв войн и вооруженных конфликтов являются организация и оказание им медицинской помощи. Решение этой задачи во многом будет зависеть от достоверности расчета величины и структуры санитарных потерь среди населения, необходимых для определения потребностей в силах и средствах здравоохранения [2–4].

**Цель** – представить методику расчета санитарных потерь населения, возникающих в ходе вооруженного конфликта, и определить возможности гражданского здравоохранения территории, на которой ведутся военные действия.

### Материал и методы

Медицинская обстановка – совокупность факторов и условий, различных событий, происходящих в зоне вооруженного конфликта,

✉ Авитисов Павел Викторович – д-р мед. наук проф., зав. каф. мед.-биол. и экол. защиты, Акад. гражд. защиты МЧС России (Россия, 141435, Московская обл., г. Химки, мкр. Новогорск), e-mail: p.avitsov@amchs.ru;

Гасанов Шафаят Магомедович – ст. преподаватель каф. мед.-биол. и экол. защиты, Акад. гражд. защиты МЧС России (Россия, 141435, Московская обл., г. Химки, мкр. Новогорск), e-mail: s.gasanov@amchs.ru

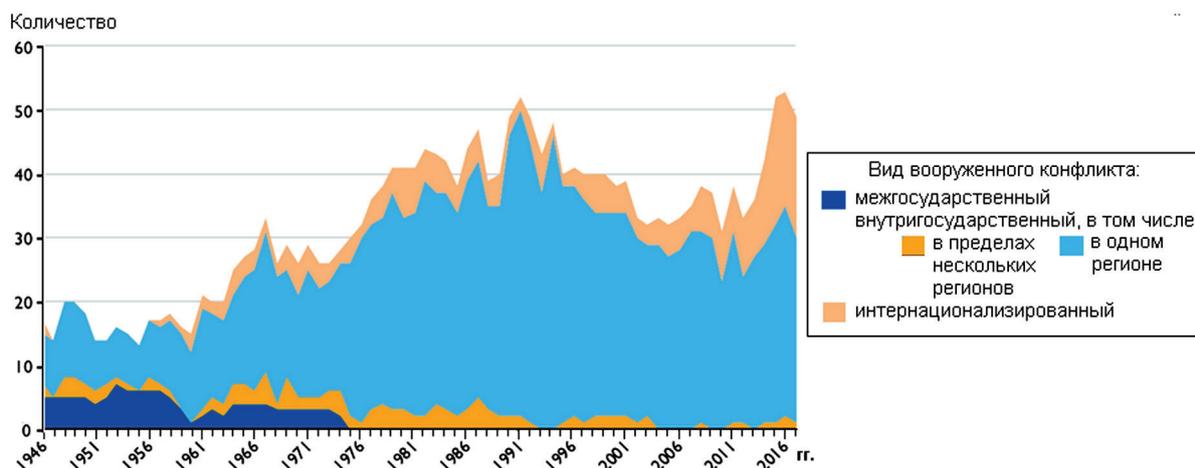


Рис. 1. Динамика локальных войн и вооруженных конфликтов в мире [9].

определяющих содержание, формы и методы организации лечебно-эвакуационных мероприятий, направленных на сохранение жизни и здоровья пострадавших, проводимых мер для предотвращения возникновения и распространения инфекционных болезней, а также медицинского обеспечения населения.

В настоящее время отсутствуют единые общепринятые алгоритмы и математические модели комплексного анализа и оценки медицинской обстановки в зоне вооруженного конфликта. Нами предложена комплексная методика прогнозирования и оценки медицинской обстановки, основанная на современных научных методах. Комплексный подход, заложенный в основу методики, отвечает существу проблемы прогнозирования сложной, изменчивой медицинской обстановки в зоне вооруженного конфликта и позволяет:

- определить явные и скрытые причинно-следственные связи факторов и условий, возникающих в зоне вооруженного конфликта, и предвидеть возможные сценарии развития событий;
- разносторонне и объективно выполнить анализ складывающейся медицинской обстановки;
- обеспечить достоверность определяемых основных показателей медицинской обстановки;
- определить потребности в медицинских силах и средствах, необходимых для организации лечебно-эвакуационного обеспечения населения, пострадавшего от или вследствие военных действий.

Важным элементом в прогнозировании медицинской обстановки является определение величины и структуры санитарных потерь.

Потери мирного населения в зоне конфликта, как известно, носят случайный характер и формируются в результате [2, 3]:

- прямого воздействия поражающих факторов, видов применяемого оружия;
- воздействия вторичных факторов поражения;
- острых заболеваний и состояний.

В настоящее время расчет санитарных потерь среди населения осуществляется в виде зависимости их количественных значений от степени разрушения жилой зоны и объектов экономики, расположенных на территории населенного пункта [3, 4].

Схема комплексного прогнозирования и оценки медицинской обстановки представлена на рис. 2. В качестве исходной информации для расчетов используются следующие данные [3]:

- степень поражения населенного пункта;
  - численность населения;
  - степень защищенности населения и персонала объектов экономики;
  - табличные данные возможных санитарных потерь среди населения в зависимости от степени поражения жилой зоны и объектов экономики рассматриваемого населенного пункта, составленные заблаговременно.
- Однако указанные методики не учитывают ряд важных факторов и условий, влияющих на формирование величины и структуры возможных санитарных потерь:
- продолжительность и характер боевых действий;
  - плотность проживания населения в зоне вооруженного конфликта;
  - суточную и сезонную миграцию населения;

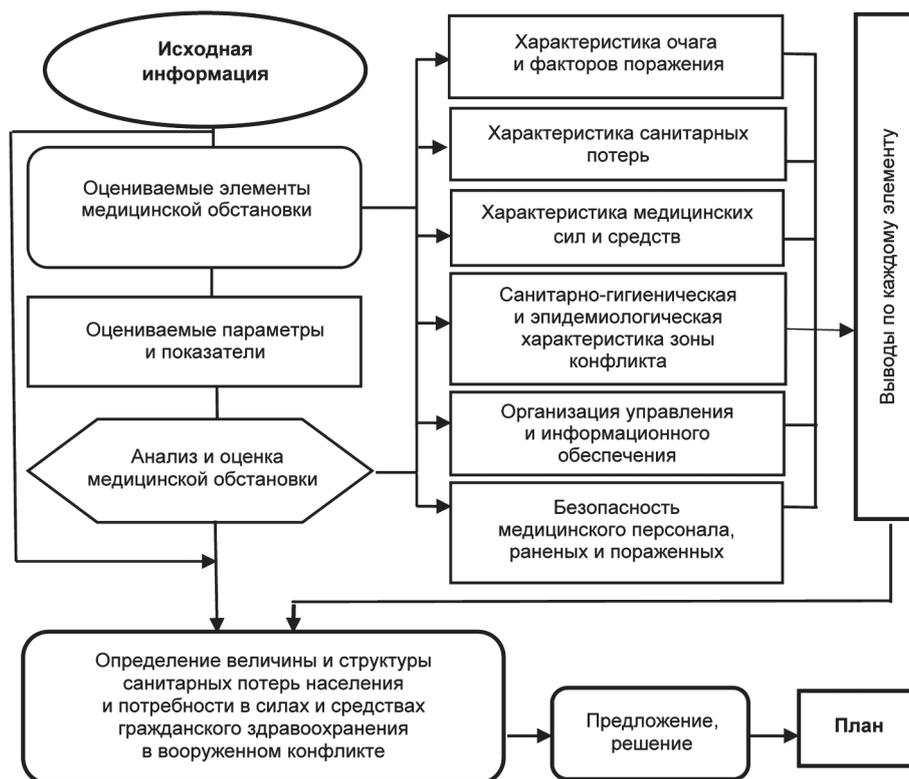


Рис. 2. Схема комплексной оценки медицинской обстановки.

- размеры территории, отнесенной к зоне вооруженного конфликта;
- интенсивность боевых действий;
- интенсивность воздействия поражающих факторов;
- совокупный характер воздействия поражающих факторов.

Методика позволяет расширить область ее применения для определения величины и структуры санитарных потерь при затяжных и слабой интенсивности боевых действий; ведении их на открытых пространствах или на территориях сельских поселений; кратном применении сторонами конфликта различных видов современного оружия.

Прогнозирование и оценку возможной медицинской обстановки в зоне вооруженного конфликта проводили в 3 этапа. Содержание и последовательность выполняемых мероприятий в процессе прогнозирования и оценки медицинской обстановки представлены в табл. 1 [2–4].

В качестве исходной информации в методике использовали следующие данные о:

- поражающих свойствах (факторах) используемых сторонами конфликта современных видов обычного оружия;
- численности населения и плотности его проживания (в том числе и с учетом суточных,

сезонных и других перемещений) в зоне конфликта;

- размерах территории, охваченной непосредственно боевыми действиями и другими силовыми операциями;
- интенсивности и продолжительности боевых действий;
- интенсивности воздействия поражающих факторов;
- плотности застройки в зоне вооруженного конфликта;
- степени уязвимости и защищенности населения;
- количественных и качественных показателей медицинских сил и средств территориального здравоохранения;
- табличных данных, характеризующих структуру санитарных потерь, используемых в расчетах в качестве показателей для экстраполяции (для этого используются среднестатистические данные о людских потерях в произошедших вооруженных конфликтах);
- климатогеографических и метеорологических показателей в районе боевых действий и другая необходимая информация.

В табл. 2 представлены основные элементы и параметры, которые анализировали и оценивали при прогнозировании медицинской обстановки.

**Таблица 1**

Этапы комплексного прогнозирования и оценки медицинской обстановки и содержание проводимых мероприятий

| Этап | Период  | Цель   | Мероприятия   |
|------|---|--|---|
| 1-й  | Осуществляется в мирное время по данным прогноза (прогностический)              | Планирование мероприятий медицинского обеспечения населения с учетом воздействия возможных поражающих факторов современных видов обычного оружия | Подготовка исходных данных.<br>Выбор критериев и показателей комплексной оценки и прогнозирования медицинской обстановки.<br>Выбор метода определения величины и структуры санитарных потерь.   |
| 2-й  | После поступления информации о начале конфликта по расчетным данным (расчетный) | Подготовка предложений для предварительного решения о проведении лечебно-эвакуационного обеспечения раненых и пораженных                         | Определение (расчет) вероятных потерь сил и средств здравоохранения.<br>Определение потребности в медицинских силах и средствах.<br>Оценка состояния путей медицинской эвакуации.<br>Оценка устойчивости функционирования медицинской организации.<br>Оценка безопасности медицинского персонала. |
| 3-й  | В ходе проведения мероприятий лечебно-эвакуационного обеспечения населения      | Коррекция и уточнение предварительного решения с целью повышения эффективности запланированных лечебно-эвакуационных мероприятий                 | Выводы по результатам оценки медицинской обстановки.<br>Принятие решения для медицинского обеспечения населения и составление «Плана медицинского обеспечения населения в зоне вооруженного конфликта» (коррективы вносятся на всех этапах оценки медицинской обстановки)                         |

**Таблица 2**

Основные оцениваемые элементы и параметры медицинской обстановки

| Основной элемент  | Оцениваемый параметр  |
|---|---|
| Вид поражающего фактора и характер очага поражения (вид применяемого оружия, характер и масштабы боевых действий) | Вид оружия: обычные средства поражения (стрелковое оружие, боеприпасы фугасные, осколочные, зажигательные и объемного взрыва); высокоточное оружие (крылатые ракеты, авиационные управляемые ракеты и бомбы, отдельные образцы артиллерийских снарядов).<br>Поражающие факторы: механический, химический, радиационный, термический, биологический, психогенный.<br>Взрывная и воздушная ударная волна, осколочное и огневое воздействие.<br>Площадь поражения населенного пункта, степень разрушения зданий и сооружений |
| Характеристика санитарных потерь населения  | Величина санитарных потерь.<br>Структура санитарных потерь.<br>Показатели нуждаемости раненых и пораженных в медицинской помощи   |
| Медицинские силы и средства   | Наличие и состояние готовности медицинских организаций и формирований.<br>Укомплектованность кадрами и их профессиональный уровень.<br>Обеспеченность медицинским имуществом.<br>Наличие и состояние путей эвакуации.<br>Наличие и состояние транспорта (авто-, авиа-, железнодорожного, водного и бронированного медицинского транспорта)  |
| Санитарно-гигиеническая и эпидемиологическая характеристика зоны конфликта  | Опасность заражения территории радиоактивными, отравляющими веществами и биологическими средствами.<br>Величина, масштабы и степень заражения территории  |

### Результаты и их анализ

Представляем прогнозирование возможных санитарных потерь и определение потребности в медицинских силах и средствах для оказания помощи раненым и пораженным.

1. *Определение величины возможных санитарных потерь.* Для определения величины санитарных потерь среди мирного населения использовали формулу:

$$M_n = \sum_{i=1}^n \alpha \cdot N_i \cdot R_b \cdot K_{sp} \cdot I_i \cdot T_t \cdot Q, \quad (1.0)$$

где  $M_n$  – величина санитарных потерь (средне-суточная), человек/сут;

$\alpha$  – коэффициент (величина безразмерная), показывающий соотношение санитарных потерь среди населения к безвозвратным,  $\alpha = 4-8$  [1];

$N_i$  – численность населения в зоне конфликта, человек;

$R_b$  – вероятность поражения людей (см. формулу 1.0) со смертельным исходом от совокупного воздействия основных поражающих факторов современных видов обычных средств поражения (величина безразмерная), определяется по формуле:

$$R_b = \sum_{i=1}^n \left[ 1 - \prod_{j=1}^k (1 - C_j \cdot y_j) \right], \quad (2.0)$$

где  $R_b$  – вероятность поражения людей со смертельным исходом от совокупного воздействия основных поражающих факторов современного оружия;

$C_j$  – вероятность поражения людей (см. формулу 2.0) со смертельным исходом от определенного вида поражающего фактора обычных средств поражения, величина безразмерная. Рассчитывается методом экстраполяции на основании среднестатистических данных, полученных в результате анализа людских потерь в произошедших вооруженных конфликтах (для удобства расчеты производятся применительно на 10 тыс. человек населения за определенный промежуток времени, например, сут, мес, год). Для этого применяется формула:

$$C_j = 3,65 \cdot 10^{-2} \cdot R \cdot \frac{N_{\text{пор.}}}{N_{\text{нас.}} \cdot T}, \quad (2.1)$$

где  $N_{\text{пор.}}$  – число погибших за период боевых действий, человек;

$N_{\text{нас.}}$  – численность населения, человек;

$R$  – доля пораженных со смертельным исходом от определенного вида поражающего фактора (среди всех пораженных этой категории);

$T$  – продолжительность боевых действий (см. формулу 2.1) – время, в течение которого формировались потери среди населения, сут;

$y_j$  – вероятность воздействия поражающего фактора (см. формулу 2.0) на людей (0 или 1). Для расчетов принимаем значение 1 – событие достоверное.

$K_{\text{сп}}$  – интегральный коэффициент (см. формулу 2.0) зависимости санитарных потерь от плотности населения и размеров территории, отнесенной к зоне вооруженного конфликта, рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{сп}} = \mu \cdot (1 + \sqrt{K_p \cdot K_s}), \quad (3.0)$$

где  $\mu$  – поправочный коэффициент (0,55);

$K_p$  – коэффициент зависимости потерь среди населения от плотности его расселения в зоне конфликта, рассчитывается по формуле:

$$K_p = P_{\text{пзк}} / P_{\text{эп}}, \quad (3.1)$$

$P_{\text{пзк}}$  – плотность населения в зоне предполагаемого вооруженного конфликта, человек/км<sup>2</sup>;

$P_{\text{эп}}$  – плотность населения в зоне произошедшего конфликта, человек/км<sup>2</sup>;

$K_s$  – коэффициент зависимости величины людских потерь от размеров территории (см. формулу 4.0), отнесенной к зоне вооруженного конфликта.

**Таблица 3**

Сравнительные показатели размеров территорий и плотности населения в зонах предполагаемого и произошедшего вооруженных конфликтов

|  |  |       |
|--|--|-------|
| $P_{\text{пзк}} \geq P_{\text{эп}}, S_{\text{пзк}} \geq S_{\text{эп}}$ | $K_s = S_{\text{пзк}} / S_{\text{эп}}$ | (3.2) |
| $P_{\text{пзк}} \leq P_{\text{эп}}, S_{\text{пзк}} \leq S_{\text{эп}}$ |  |       |
| $P_{\text{пзк}} \geq P_{\text{эп}}, S_{\text{пзк}} \leq S_{\text{эп}}$ | $K_s = S_{\text{эп}} / S_{\text{пзк}}$ | (3.3) |
| $P_{\text{пзк}} \leq P_{\text{эп}}, S_{\text{пзк}} \geq S_{\text{эп}}$ |  |       |

$S_{\text{пзк}}$  – размеры территории предполагаемой зоны вооруженного конфликта (см. выше плотность);

$S_{\text{эп}}$  – размеры территории произошедшего (экстраполируемого) конфликта.

Для определения  $K_s$  используются формулы с учетом условий соответствия показателей плотности населения и размеров территорий (табл. 3), отнесенных к зоне вооруженного конфликта (предполагаемого и произошедшего).

$I_i$  – коэффициент плотности (см. формулу 2.0) воздействия поражающих факторов, интегральный показатель (для расчетов на 1-м этапе и при отсутствии необходимой информации коэффициент принимает значение  $I_i = 1$ ):

$$I_i = \sqrt{\frac{N_i^2 + K_{\text{по}}^2 + I_{\text{каф}}^2 + G_{\text{в}}^2}{N_i + I_{\text{фо}} + K_{\text{по}} + G_{\text{в}}}}, \quad (4.0)$$

где  $N_i$  – коэффициент плотности населения (см. формулу 4.0) в зоне боевых действий, связанный с миграционными и другими процессами, рассчитывается по формуле:

$$N_i = N_o / N_{\text{пн}}, \quad (4.1)$$

где  $N_o$  – показатель плотности населения (числовое значение его зависит от суточных, сезонных и других перемещений населения) в зоне непосредственного ведения боевых действий и войсковых и других операций, человек/км<sup>2</sup>;

$N_{\text{пн}}$  – плотность населения в зоне вооруженного конфликта, человек/км<sup>2</sup>;

$K_{\text{по}}$  – коэффициент зависимости величины поражения людей (см. формулу 4.0) от плотности огня (пуль, осколков):

$$K_{\text{по}} = P_p / P_i, \quad (4.2)$$

где  $P_i$  – вероятность поражения человека (смертельного или потери здоровья) в зависимости от плотности поражающих элементов (пуль, осколков) на 1 м фронта воздействия обычных средств поражения, рассчитывается по формуле:

$$P_i = 1 - e^{-m}, \quad (4.3)$$

где  $e$  – математическая константа – число Эйлера ( $e = 2,72$ );

$m$  – математическое ожидание числа попаданий пуль (или осколков) в одну цель (в человека) или в групповую цель (людей), рассчитывается по формуле:

$$m = G \cdot b \cdot K \cdot P_{\text{в}}, \quad (4.4)$$

где  $G$  – предполагаемая плотность поражающих элементов (пуль, осколков);

$b$  – горизонтальный габарит фигуры человека ( $b \sim 0,5$  м);

$K$  – коэффициент фигурности человека (отношение площади проекции фигуры человека стоя к площади прямоугольника с такими же размерами длины и ширины, величина безразмерная):  $K = 0,85$ ;

$P_{\text{в}}$  – процент (доля) пуль, попавших в вертикальный габарит цели (в человека). Для расчетов берется 50% попаданий.

Коэффициент интенсивности боевых действий определяется по формуле:

$$I_{\text{бд}} = I_{\text{пзк}} / I_{\text{пк}}, \quad (5.0)$$

где  $I_{\text{бд}}$  – коэффициент интенсивности боевых действий;

$I_{пвк}$  – интенсивность предполагаемого вооруженного конфликта;

$I_{пк}$  – интенсивность боевых действий в произошедшем вооруженном конфликте.

Интенсивность боевых действий можно рассчитать по формуле:

$$I_{бд} = 1 + \vartheta \cdot \left( \frac{M_{вф} \cdot Q_{бп}}{10 \cdot \rho \cdot \sqrt{4 \cdot \pi \cdot S_{пк}}} \right), \quad (5.1)$$

где  $\vartheta$  – коэффициент, показывающий соотношение сил (показателей численности личного состава) сторон конфликта;

$\rho$  – минимальный эффективный расход патронов из расчета на 1 м фронта обстрела;

$M_{вф}$  – общая численность личного состава вооруженных формирований в зоне конфликта, человек;

$Q_{бп}$  – носимый боекомплект (количество патронов) личного состава вооруженных формирований;

$S_{пк}$  – площадь зоны вооруженного конфликта, м<sup>2</sup>.

$G_{в}$  – коэффициент зависимости поражения населения от степени разрушения населенного пункта (города) в результате воздействия фугасных снарядов (см. формулу 5.0) и других взрывных устройств.

Определяется по формуле:

$$D_{разр.} = \frac{S_{разр.}}{S_{застр.}} \cdot \rho, \quad (5.2)$$

где  $D_{разр.}$  – степень разрушения от обычных средств поражения;

$S_{разр.} = \pi R_{разр.}^2$  – площадь разрушения, м<sup>2</sup>;

$S_{застр.} = S_{жз} + S_{оз}$  – площадь застройки, м<sup>2</sup>;

$\rho$  – коэффициент плотности застройки.

Радиус зоны поражения определяется по формуле:

$$R_{пораж.} = K \cdot \sqrt{\frac{C_{эф.}}{d}}, \quad (5.3)$$

где  $R_{пораж.}$  – радиус фугасного поражения, м;

$K$  – коэффициент зависимости радиуса поражения от применяемого взрывчатого вещества (величина безразмерная) и материала строительной конструкции, при оперативном определении разрушений:  $K = 0,5-0,6$ ;

$C_{эф.}$  – масса заряда взрывчатого вещества в боеприпасе (кг), приведенной к массе тротила, определяется по формуле:

$$C_{эф.} = C \cdot K_{эф.}, \quad (5.4)$$

где  $C$  – масса заряда взрывчатого вещества в боеприпасе, кг [5];

$K_{эф.}$  – коэффициент эффективности взрывчатого вещества (величина безразмерная) [5];

$d$  – толщина стен, для расчетов принимают:  $d = 0,3$  м – для панельных зданий и  $d = 0,5$  м – для кирпичных зданий.

Степень поражения жилой зоны принимает значение от 0,1 до 1,0. Соответственно коэффициент  $G_{в}$  в зависимости от степени поражения жилой зоны и объекта экономики примет значения от 1 до 10 ( $G_{в} = G_{пк}/G_{эп.}$ ).

$T_t$  – коэффициент зависимости величины санитарных потерь от продолжительности боевых действий (сут):

$$T_t = 2,7 \cdot 10^{-3} \cdot T,$$

где  $T$  – продолжительность боевых действий, сут.

Степень уязвимости населения определяется по формуле:

$$Q = N_{нас.} - N_{заш.} / N_{нас.}, \quad (6.0)$$

где  $Q$  – степень уязвимости населения к воздействию поражающих факторов;

$N_{нас.}$  – численность населения, человек;

$N_{заш.}$  – численность защищенного населения, человек.

Для произведения расчетов по определению величины и структуры санитарных потерь среди населения в зоне вооруженного конфликта и количества средств, необходимых для оказания медицинской помощи пострадавшим, в статью предлагаются авторские методики.

## 2. Расчет потребности в медицинских силах и средствах.

2.1. Расчет потребности во врачебно-сестринских бригадах для оказания первичной медико-санитарной помощи производится по формуле:

$$K_{всб} = \frac{m \cdot \Pi_n}{T}, \quad (7.0)$$

где  $K_{всб}$  – количество врачебно-сестринских бригад;

$\Pi_n$  – количество поражённых, нуждающихся в оказании неотложной первой врачебной помощи;

$m$  – время, необходимое для оказания первой врачебной помощи одному поражённому в объеме неотложной (12–15 мин/человек или 0,2–0,25 ч/человек);

$T$  – время, необходимое для оказания первой врачебной помощи всем поражённым в полном объёме (4–6 ч).

2.2. Расчет врачебного персонала для работы на амбулаторно-поликлиническом этапе оказания медицинской помощи поражённым при массовом их возникновении производится по формуле:

$$K_{min} = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{R \cdot (T - T_0) \cdot N_i}, \quad (8.0)$$

где  $K_{min}$  – минимальное число врачебных кадров (абс.);

$i$  – профиль пострадавших (в данном случае – хирургический);

$P_i$  – количество пострадавших, человек;

$R$  – продолжительность смены одной врачебной бригады, 6 ч;

$N_i$  – расчетная нагрузка на одного врача, 4 человека/ч;

$T$  – расчетное время в часах, в течение которого все пострадавшие должны получить амбулатор-

но-поликлиническую помощь (индивидуально для каждой зоны);

$T_0$  – время в часах, необходимое для поступления пострадавшего на этап амбулаторно-поликлинической помощи.

2.3. Расчет потребности в хирургических бригадах. Расчет проводится по формуле:

$$K_{\text{всб}(x)} = \frac{P_x \cdot m \cdot k}{T}, \quad (9.0)$$

где  $K_{\text{всб}(x)}$  – количество врачебно-сестринских бригад, необходимое для оказания медицинской помощи пораженным (в данном случае хирургического профиля);

$P_x$  – количество поражённых хирургического профиля, человек;

$m$  – время, необходимое на одно оперативное вмешательство (для расчетов в среднем 1 ч/человек);

$k$  – коэффициент нуждаемости в неотложных мероприятиях квалифицированной хирургической помощи (от всех санитарных потерь – 0,26 до 0,33);

$T$  – нормативный срок оказания хирургической помощи (8–12 ч).

2.4. Расчет потребности в медицинских средствах для оказания медицинской помощи пораженным на госпитальном этапе (медикаменты, перевязочные средства, растворы для внутривенного и внутриартериального введения, кровезаменители, препараты крови и др.) производится по формуле:

$$M_c = \sum_{q=1}^n (\tau \cdot k \cdot m \cdot N_c - M_n), \quad (10.0)$$

где  $M_c$  – потребность в медицинских средствах (медикаментах, перевязочных средствах и др.);

$\tau$  – предполагаемое время работы медицинского стационара, сут;

$k$  – коэффициент нуждаемости пораженных в стационарном лечении (0,5–0,7);

$m$  – расход медицинских средств (перевязочных средств, антибиотиков, растворов для инфузии и др.) из расчета на одного пораженного (на одно койко-место);

$N_c$  – количество пораженных, человек;

$M_n$  – медицинские средства, имеющиеся в наличии (в единицах измерения рассматриваемого препарата, изделия и другого имущества).

## Заключение

Основой планирования и успешного выполнения медицинскими организациями и формированиями предстоящей работы является всесторонняя оценка медицинской обстановки, которая позволит определить потребность в силах, средствах медицинской эвакуации, резервах имущества, а также рационально и эффективно его использовать для спасения пораженных.

Предлагаемая методика может быть использована для оперативной оценки медицинской обстановки и планирования мероприятий лечебно-эвакуационного обеспечения населения в районе боевых действий.

## Литература

1. Авитисов П.В., Гасанов Ш.М. Анализ возможностей территориального здравоохранения в оказании медицинской помощи пораженным в условиях вооруженного конфликта // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2019. № 3 (42). С. 38–50.
2. Гончаров С.Ф., Бобий Б.В. Медицинское обеспечение населения при вооружённых конфликтах: учеб. пособие для врачей. М.: ВЦМК «Защита», 2017. 123 с.
3. Лобанов А.И. Медико-биологические основы безопасности: учебник. Химки: АГЗ МЧС России, 2014. 352 с.
4. Погодин Ю.И., Лезин А.Л., Медведев В.Р., Каганов В.М. Методические подходы к определению людских потерь в военных конфликтах // Медицина катастроф. 2013. № 4. С. 15–17.
5. Седнев В.А. Основы прогнозирования последствий воздействия обычных средств поражения на жилые зоны города и промышленного объекта // Технологии техносферной безопасности. 2017. Вып. 4 (74). С. 116–125.
6. Сидоров П. И., Мосягин И. Г., Алексеенко В. Д. [и др.]. Медицинское обеспечение в чрезвычайных ситуациях: учеб. для мед. вузов / под ред. П.И. Сидорова. М.: ГЭОТАР-МЕД, 2006. 1040 с.
7. Щербак Е.М. Людские потери в вооружённых конфликтах в мире: 1946–2015 гг. // Демографическое обозрение. 2016. Т. 3, № 2. С. 69–102.
8. Таблицы стрельбы по наземным целям из стрелкового оружия калибров 5,45 и 7,62 мм / Минобороны СССР. М.: Воениздат, 1977. 261 с.
9. Dupuy K., Rustad S.A. Trends in Armed Conflict, 1946–2017. Conflict Trends 05, 2018 / The Peace Research Institute Oslo (PRIO). URL: www.prio.org /ConflictTrends.
10. Pettersson T., Wallensteen P. Armed conflicts, 1946–2014 // Journal of Peace Research. 2015. Vol. 52, N 4. P. 536–550. DOI: 10.1177/0022343315595927.
11. The Decline in Global Violence: Evidence, Explanation, and contestation. The Human Security Report Project: HSRP\_Report\_2013\_140226 / Simon Fraser University's. Vancouver. 2013. 119 p.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи. Поступила 09.04.2021 г.

**Участие авторов:** П.В. Авитисов – подбор литературных источников, написание введения, заключения, редактирование последнего варианта статьи; Ш.М. Гасанов – написание первичного варианта статьи, описание основного метода исследования, обработка данных.

**Для цитирования:** Авитисов П.В., Гасанов Ш.М. Комплексная методика расчета возможных санитарных потерь населения и потребности в силах и средствах гражданского здравоохранения в вооруженном конфликте // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 2. С. 18–26. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-18-26

## Comprehensive methodology for calculating possible sanitary losses of the population and the need for assets and resources of the civilian health care in armed conflicts

**Avitsov P.V., Gasanov Sh.M.**

Civil Defence Academy of EMERCOM of Russia (Novogorsk, Khimki, Moscow region, 141435, Russia)

✉ Pavel Viktorovich Avitsov – Dr. Med. Sci., Prof., Head of the Department of medico-biological and ecological protection of the Civil Defence Academy of EMERCOM of Russia (Novogorsk, Khimki, Moscow region, 141435, Russia), email: p.avitsov@amchs.ru;

Shafayat Magomedovich Gasanov – senior lecturer of the Department of medico-biological and ecological protection of the Civil Defence Academy of EMERCOM of Russia of the Civil Defence Academy of EMERCOM of Russia (Novogorsk, Khimki, Moscow region, 141435, Russia), email: e-mail: s.gasanov@amchs.ru

### Abstract

**Relevance.** In the zone of armed conflict (in the risk zone), people receive various injuries. The nature and severity of injuries depend on the combined impact of many damaging factors and the conditions of the medical situation. The number of medical units and institutions for providing medical assistance to those in need can be determined based on accurate forecast of the medical situation in the zone of armed conflict.

**Intention:** To present the methodology for calculating the sanitary losses of the population in the course of an armed conflict and to determine resources of civilian health care in the territories of military operations.

**Methodology.** Generalization and systematization of empirical, statistical and theoretical data are used, as well as traditional analysis of documents and literature on the topic of the study. The methodology is based on the following principles: multifactorial occurrence of sanitary losses; repeatability, multiple effects of damaging factors; the principle of uneven and non-simultaneous occurrence of sanitary losses in the zone of armed conflict.

**Results and Discussion.** Existing methods of forecasting and assessing the medical situation in the zone of armed conflict have been analyzed. A new algorithm for complex analysis and assessment of the medical situation has been developed.

**Conclusion.** The data obtained can serve an important basis for organizing medical support for the population in the zone of armed conflict, protecting the life and health of those affected.

**Keywords:** emergency, armed conflict, medical support, injured, sanitary losses, irretrievable losses.

### References

1. Avitsov P.V., Gasanov Sh.M. Analiz vozmozhnostei territorial'nogo zdravookhraneniya v okazanii meditsinskoj pomoshchi porazhennym v usloviyakh vooruzhennogo konflikta [The analysis of possibilities of system regional healthcare in the provision of medical care for the affected in situations of armed conflict]. *Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashchity* [Scientific & educational problems of the civil defence]. 2019. N 3. Pp. 38–50. (In Russ.).
2. Goncharov S.F., Bobii B.V. Meditsinskoe obespechenie naseleniya pri vooruzhennykh konfliktakh [Medical support of the population in armed conflicts]. Moskva. 2017. 123 p. (In Russ.).
3. Lobanov A.I. Mediko-biologicheskie osnovy bezopasnosti [Medico-biological bases of safety]. Khimki. 2014. 352 p. (In Russ.).
4. Pogodin Yu.I., Lezin A.L., Medvedev V.R., Kaganov V.M. Metodicheskie podkhody k opredeleniyu lyudskikh poter' v voennykh konfliktakh [Methodological approaches to military conflicts human losses assessment]. *Meditsina katastrof* [Disaster medicine]. 2013. N 4. Pp. 15–17. (In Russ.).
5. Sednev V.A. Osnovy prognozirovaniya posledstviy vozdeistviya obychnykh sredstv porazheniya na zhilye zony goroda i promyshlennogo ob'ekta [Basis of forecasting the effects of conventional weapons on residential areas of the city and industrial facility]. *Tekhnologii tekhnosfernoi bezopasnosti* [Civil Security Technology]. 2017. Iss. 4. Pp. 116–125. (In Russ.).
6. Sidorov P.I., Mosyagin I.G., Alekseenko V.D. [et al.]. Meditsinskoe obespechenie v chrezvychaynykh situatsiyakh [Medical support in emergency situations]. Ed. P.I. Sidorov. Moskva. 2006. 1040 p. (In Russ.).
7. Shcherbakova E.M. Lyudskie poteri v vooruzhennykh konfliktakh v mire: 1946–2015 gg. [Casualties in armed conflicts in the world: 1946–2015]. *Demograficheskoe obozrenie* [Demographic Review]. 2016. Vol. 3, N 2. Pp. 69–102. (In Russ.).
8. Tablitsy strel'by po nazemnym tselyam iz strelkovogo oruzhiya kalibrov 5,45 i 7,62 mm [Tables of shooting at ground targets from small arms of 5.45 and 7.62 mm calibers]. Moskva 1977. 261 p. (In Russ.).
9. Dupuy K., Rustad S.A. Trends in Armed Conflict, 1946–2017. Conflict Trends 05, 2018 / The Peace Research Institute Oslo (PRIO). URL: [www.prio.org/ConflictTrends](http://www.prio.org/ConflictTrends).

10. Pettersson T., Wallensteen P. Armed conflicts, 1946–2014. *Journal of Peace Research*. 2015. Vol. 52, N 4. P. 536–550. DOI: 10.1177/0022343315595927.

11. The Decline in Global Violence: Evidence, Explanation, and contestation. The Human Security Report Project: HSRP\_Report\_2013\_140226 / Simon Fraser University's. Vancouver. 2013. 119 p.

Received 09.04.2021

**For citing.** Avitsov P.V., Gasanov Sh.M. Kompleksnaya metodika rascheta vozmozhnykh sanitarnykh poter' naseleniya i potrebnosti v silakh i sredstvakh grazhdanskogo zdravookhraneniya v vooruzhennom konflikte. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh*. 2021. N 2. Pp. 18–26. (In Russ.)

Avitsov P.V., Gasanov Sh.M. Comprehensive methodology for calculating possible sanitary losses of the population and the need for assets and resources of the civilian health care in armed conflicts. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2021. N 2. Pp. 18–26. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-18-26.



### Вышла в свет книга



Многопрофильная клиника XXI века. Инновации и передовой опыт : материалы X международной научной конференции / под ред. С.С. Алексанина. СПб. : ИПЦ Измайловский, 2021. 398 с.

Составители: М.В. Савельева, О.А. Курсина.

ISBN 978-5-905853-59-3. Тираж 125 экз.

Содержатся тезисы 191 доклада конференции, которая проводилась 22–24 апреля 2021 г. во Всероссийском центре экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Санкт-Петербург).

Тематические направления конференции: интегративная медицина; трудный пациент; проблемы дифференциальной диагностики; осложнения новой коронавирусной инфекции в практике кардиологов и сердечно-сосудистых хирургов; интегративная пластическая хирургия в многопрофильном стационаре; инновационные технологии в травматологии и артроскопии; эндоскопические технологии в гепто-, панкреатодуоденальной хирургии; медицина чрезвычайных ситуаций; полярная медицина; специализированная медицинская помощь пострадавшим в аварии на Чернобыльской АЭС в отдаленном периоде.

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АВИАМЕДИЦИНСКИХ БРИГАД С БРИГАДАМИ СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ И СТАЦИОНАРАМИ ПРИ ВЕДЕНИИ БОЛЬНЫХ С ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ ЛЕГКИХ

Научно-практический центр экстренной медицинской помощи Департамента здравоохранения города Москвы (Россия, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 5/1, стр. 1)

**Актуальность.** Острая дыхательная и острая легочно-сердечная недостаточность являются неизбежными, а часто и ведущими синдромами при любом критическом состоянии, особенно при развитии синдрома полиорганной недостаточности как закономерного этапа в течении прежде инкурабельных состояний. Даже полный комплекс мероприятий интенсивной терапии у этой категории пациентов не всегда даёт желаемый результат. По данным разных авторов, при развитии острого респираторного дистресс-синдрома смертность достигает 80 %.

**Цель** – определить роль авиамедицинских бригад службы экстренной медицинской помощи – медицины катастроф в обеспечении своевременной доступности высокотехнологичных методов для пациентов, нуждающихся в них, независимо от местонахождения больного.

**Методология и методы.** Представлен анализ деятельности авиамедицинских бригад Научно-практического центра экстренной медицинской помощи Департамента здравоохранения Москвы по проведению медицинской эвакуации больных и пострадавших в чрезвычайных ситуациях с острой дыхательной и острой сердечно-легочной недостаточностью.

**Результаты и их анализ.** Представлены особенности взаимодействия авиамедицинских бригад с формированиями скорой медицинской помощи экстренного реагирования территориального центра медицины катастроф и медицинскими организациями при проведении эвакуации больных и пострадавших с острой дыхательной и острой сердечно-легочной недостаточностью. Предложены алгоритм и схема взаимодействия авиамедицинских бригад, позволяющие оптимизировать медицинскую эвакуацию пациентов этой категории.

**Заключение.** Анализ деятельности авиамедицинских бригад позволил выявить преимущества их использования при оказании помощи пациентам с острой дыхательной и острой сердечно-легочной недостаточностью.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, авария, экстренная медицинская помощь, санитарный вертолет, авиамедицинская бригада, санитарно-авиационная эвакуация, Научно-практический центр экстренной медицинской помощи, острая дыхательная недостаточность, острая легочно-сердечная недостаточность.

### Введение

Острая дыхательная и острая легочно-сердечная недостаточность являются неизбежными, а часто – ведущими синдромами при любом критическом состоянии, особенно при развитии синдрома полиорганной недостаточности как закономерного этапа в течении прежде инкурабельных состояний [5, 8, 10, 14]. Пандемия новой коронавирусной инфекции обозначила проблему особенно остро.

При тяжелом течении этой патологии развивается острое поражение легких как по первичному (легочному) типу, когда пора-

жение легочной ткани начинается со стенки альвеол, так и по вторичному (внелегочному), когда в рамках синдрома общего реактивного воспаления первично поражается эндотелий капилляров, в том числе малого круга кровообращения, с дальнейшим диффузным поражением легочной ткани по типу интерстициального воспаления, ведущего к выраженным нарушениям газообмена в результате снижения диффузии газов через воспаленную мембрану, и циркуляторных нарушений, связанных с тромботическими осложнениями (синдром диссеминированного внутри-

Гуменюк Сергей Андреевич – канд. мед. наук, зам. директора по мед. части, Науч.-практ. центр экстрен. мед. помощи Департамента здравоохранения Москвы (Россия, 129010, Москва, Большая Сухаревская пл., д.5/1, стр. 1), e-mail: prsemp@zdrav.mos.ru;

Шептунов Геннадий Вадимович – врач бригады экстренного реагирования, Науч.-практ. центр экстрен. мед. помощи Департамента здравоохранения Москвы (Россия, 129010, Москва, Большая Сухаревская пл., д.5/1, стр. 1), e-mail: prsemp@zdrav.mos.ru;

✉ Потапов Владимир Игоревич – д-р мед. наук, зав. науч. отд. организации экстрен. мед. помощи, Науч.-практ. центр экстрен. мед. помощи Департамента здравоохранения Москвы (Россия, 129010, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 5/1, стр. 1), ORCID 0000-0001-8806-0320, e-mail: potapof48@mail.ru

**Таблица 1**

Структура тяжести состояния больных и пострадавших в чрезвычайных ситуациях на территории Москвы, n (%)

| Тяжесть состояния        | Год          |              |              |               |              | Всего          |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|----------------|
|                          | 2015         | 2016         | 2017         | 2018          | 2019         |                |
| Всего пациентов, из них: | 8350 (100,0) | 8897 (100,0) | 9845 (100,0) | 12522 (100,0) | 9822 (100,0) | 49 436 (100,0) |
| крайне тяжелое           | 41 (0,5)     | 61 (0,7)     | 36 (0,4)     | 37 (0,3)      | 89 (0,9)     | 264 (0,5)      |
| крайне тяжелое на ИВЛ    | 16 (0,2)     | 27 (0,3)     | 34 (0,3)     | 28 (0,2)      | 40 (0,4)     | 145 (0,3)      |
| тяжелое                  | 606 (7,3)    | 596 (6,7)    | 684 (6,9)    | 754 (6,0)     | 1223 (12,4)  | 3863 (7,8)     |
| тяжелое на ИВЛ           | 16 (0,2)     | 14 (0,2)     | 19 (0,2)     | 23 (0,2)      | 35 (0,3)     | 107 (0,2)      |
| средней степени тяжести  | 4178 (50,0)  | 4617 (51,9)  | 4960 (50,4)  | 6242 (49,9)   | 5253 (53,5)  | 25 250 (51,1)  |
| удовлетворительное       | 3493 (41,8)  | 3582(40,2)   | 4112 (41,8)  | 5438 (43,4)   | 3182 (32,5)  | 19 807 (40,1)  |

сосудистого свертывания, тромбоэмболия легочной артерии), и, как следствие, вено-артериальным шунтом легочного кровотока, а в дальнейшем – и падением системной гемодинамики за счет развития миокардиальной недостаточности.

Ведение пациентов с этой патологией требует активной тактики, включающей как неинвазивную и инвазивную респираторную поддержку, так и комплексную нереспираторную терапию, в том числе коррекцию нарушений водно-электролитного баланса, кислотно-щелочного состояния и гемокоагуляции, инотропную поддержку, профилактику и лечение септических состояний, коррекцию иммунного статуса [7, 9, 12]. Даже полный комплекс мероприятий интенсивной терапии у этой категории пациентов не всегда даёт желаемый результат. По данным разных авторов, при развитии острого респираторного дистресс-синдрома смертность достигает 80% [11, 16].

В подобной ситуации при неэффективности общепринятых приемов лечения острой дыхательной и острой легочно-сердечной недостаточности жизнеспасающими методами могут быть экстракорпоральная мембранная оксигенация крови (ЭКМО) и другие методы экстракорпоральной терапии.

**Цель** – определить роль авиамедицинских бригад (АМБр) службы экстренной медицинской помощи – медицины катастроф в обеспечении своевременной доступности высокотехнологичных методов для пациентов, нуждающихся в них, независимо от местонахождения больного.

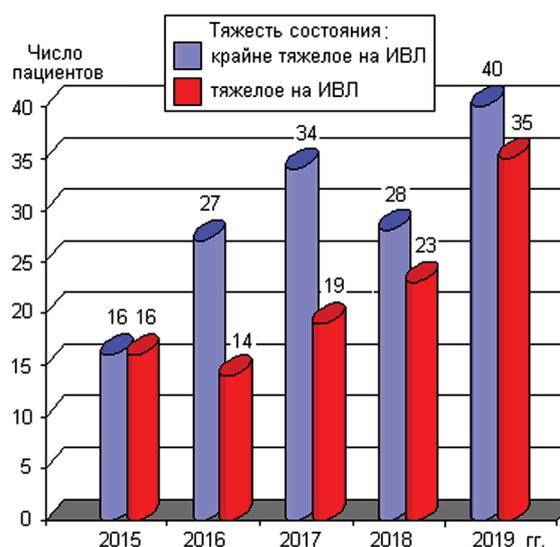
### Материал и методы

Проведен ретроспективный статистический анализ данных, содержащихся в автоматизированной информационно-аналитической системе «Медицина катастроф города Москвы» Научно-практического центра экстренной медицинской помощи Департамен-

та здравоохранения Москвы (ЦЭМП), касающихся структуры больных и пострадавших в чрезвычайных ситуациях.

Из представленных в табл. 1 данных следует, что за последние 5 лет в среднем 8,8% от общего количества пациентов находились в крайне тяжелом и тяжелом состоянии, из них 0,5% – нуждались в проведении искусственной вентиляции легких (ИВЛ), которая не всегда была сопряжена исключительно с дыхательной недостаточностью, а в ряде случаев, например, с общемозговой симптоматикой и рисками аспирации. Пациенты со средней степенью тяжести составляли 51,1%. Из года в год нарастает количество пациентов, находящихся в крайне тяжелом и тяжелом состоянии и нуждающихся в проведении искусственной вентиляции легких. Динамика роста числа пациентов в крайне тяжелом и тяжелом состоянии представлена на рисунке.

Организация экстренной медицинской эвакуации больных и пострадавших в тяжелом и крайне тяжелом состоянии в специа-



Динамика пациентов, нуждавшихся в проведении ИВЛ, за последние 5 лет.

Таблица 2

Критерии оценки необходимости вылета авиамедицинских бригад ЦЭМП к пациентам при оказании скорой специализированной медицинской помощи в экстренной форме

| Критерий   | Балл  |  |   |  |  |
|--|---|--|---|--|--|
|  | 1   | 2  | 3   | 4  | 5  |
| Транспортная доступность населенных пунктов (удаленность от Московской кольцевой автомобильной дороги) | До: поселения Московский, д. Сосенки, поселения Щербинка (до 11 км)       | До: г. Троицка, поселения Кленово (от 11 до 48 км)                                       | За поселением Кленово, г. Зеленоград расположен в 21 км, но имеет неблагоприятную дорожную обстановку (от 48 до 61 км)    | До поселения Роговское (61 км и более)               | При невозможности движения бригады скорой медицинской помощи |
| Возраст пациента с острым коронарным синдромом, лет  | До 20   | От 20 до 30  | Более 70  | От 30 до 40  | От 40 до 70  |
| Пол/возраст пациента с острым коронарным синдромом   | Женщины до 55 лет   | Более 12 ч   | Женщины после 55 лет  | Мужчины любого возраста                              | До 3 ч   |
| Длительность болевого синдрома или его эквивалентов острого коронарного синдрома                       | Более 1 сут   | Более 12 ч   | От 6 до 12 ч  | От 3 до 6 ч  | До 3 ч   |
| Иные осложнения острого коронарного синдрома   | Клиническая смерть, сердечно-легочная реанимация более 10 мин без эффекта | Атриовентрикулярная блокада I степени, тип Мобитц-1, синоаурикулярная блокада II степени | Атриовентрикулярная блокада III степени, тип Мобитц-2, синдром слабости синусового узла, синдром массивной гемотрансфузии | Острая левожелудочковая недостаточность, отек легких | Кардиогенный шок, успешная сердечно-легочная реанимация      |
| Нарушение ритма, в том числе и при остром коронарном синдроме  | Фибрилляция предсердий, постоянная форма                                  | Наджелудочковая тахикардия, пароксизм мерцания до 24 ч                                   | Нарушения ритма нет   | Частая желудочковая экстрасистолия                   | Желудочковая тахикардия, фибрилляция желудочков              |
| Возраст пациента с острым нарушением мозгового кровообращения, лет                                     | Более 90  | От 80 до 90  | От 75 до 80   | От 60 до 74  | До 60  |
| Время от момента возникновения заболевания   | Более 1 сут   | От 12 до 24 ч  | От 6 до 12 ч  | От 2 до 6 ч  | До 2 ч   |
| Лос-Анджелесская шкала моторного дефицита (LAMS), балл   | 1   | 2  | 3   | 4  | 5  |
| Шкала Глазго, балл   | 14–15   | 12–14  | 9–11  | 3–4  | 5–8  |

лизируемые отделения продолжает сохранять свою актуальность [1, 2]. В то же время, в многочисленных работах подчеркивается, что использование воздушного транспорта является одним из наиболее эффективных способов медицинской эвакуации [3, 4, 13]. Указывается, что врачебная бригада, укомплектованная квалифицированными специалистами и современным медицинским оборудованием, способна успешно проводить не только эффективную санитарно-авиационную эвакуацию пострадавших в чрезвычайных ситуациях, но и оказание медицинской помощи тяжелым пациентам [5, 15–17].

Ранее в 2016 г. специалистами ЦЭМП был разработан алгоритм принятия решения о направлении АМБр по вызову от бригад скорой медицинской помощи к пациентам с острыми коронарным синдромом и нарушением мозгового кровообращения в зависимости от тяжести состояния пациентов, перспективности высокотехнологичной помощи, транспортной доступности места вызова. Под острым коронарным синдромом понималось клиническое состояние пациента, отражающее острый период обострения ишемической болезни сердца (I20–I25 по МКБ-10), под острым нарушением мозгового кровообращения – группа клинических симптомов, развивающихся вследствие острого расстройства кровообращения головного мозга (I60–I64 по МКБ-10). Учитывались 6 критериев для острого коронарного синдрома и 5 – для острого нарушения мозгового кровообращения по разработанным нами шкалам (табл. 2).

Критерии, расположенные во 2-й графе (см. табл. 2), оценивались в 1 балл, в 3-й – в 2 балла, в 4-й – в 3 балла, в 5-й – в 4 балла, в 6-й – в 5 баллов. Решение о вылете принималось в зависимости от суммы баллов:

- до 7 баллов – вылет считался нецелесообразным;
- от 8 до 12 – АМБр вылетала к фельдшерским бригадам;
- от 13 до 20 – ко всем линейным бригадам;

– более 20 баллов – ко всем бригадам, включая бригады анестезиологии и реанимации.

В качестве примера представляем суммирование баллов для принятия решения о вылете АМБр по вызову к пациенту с острым коронарным синдромом. Мужчина (4 балла), 50 лет (5 баллов), предъявляет жалобы на интенсивные давящие боли в течение 2 ч (5 баллов). Находится по адресу: пос. Роговское (4 балла) в машине врачебной бригады скорой медицинской помощи. Клиническая картина инфаркта миокарда с подъемом ST-зубца на электрокардиограмме. Частые желудочковые экстрасистолии (4 балла). Клиническая картина острой желудочковой недостаточности (4 балла). Возбужден. Ортопноэ. Итого 26 баллов – целесообразен вылет в любом случае.

Количество медицинских эвакуаций в 2019 г., проводимых бригадами ЦЭМП, в том числе АМБр, бригадами скорой медицинской помощи и прочими, пациентов, находившихся в крайне тяжелом и тяжелом состоянии, представлено в табл. 3.

Как следует из представленных в табл. 3 данных, в 2019 г. в 45,6% случаев медицинская эвакуация пациентов, находившихся в крайне тяжелом и тяжелом состоянии, осуществлялась бригадами скорой медицинской помощи и АМБр ЦЭМП. При этом доля в структуре пациентов с ИВЛ, эвакуированных АМБр, составляла 48%.

Алгоритм для принятия решения о целесообразности и характере взаимодействия АМБр, стационаров, бригад скорой медицинской помощи, наземных служб скорой медицинской помощи, оказываемой в экстренной форме, Территориального центра медицины катастроф и немедицинских подразделений при организации медицинской помощи пациентам с острой дыхательной и острой легочно-сердечной недостаточностью разработан авторским коллективом ЦЭМП совместно с сотрудниками Городской клинической больницы № 52 Департамента здравоохранения

**Таблица 3**

Виды бригад и количество проведенных ими медицинских эвакуаций в Москве в 2019 г., n (%)

| Тяжесть состояния больных и пострадавших | Вид бригады, проводившей медицинскую эвакуацию пациентов |            |                           |         |              |
|--|--|------------|---------------------------|---------|--------------|
|  | ЦЭМП   | АМБр       | скорая медицинская помощь | прочие  | всего        |
| В крайне тяжелом состоянии               | 7 (7,9)  | 11 (12,3)  | 68 (76,4)                 | 3 (3,4) | 89 (100,0)   |
| В крайне тяжелом состоянии на ИВЛ        | 12 (30)  | 16 (40)    | 12 (30)                   |         | 40 (100,0)   |
| В тяжелом состоянии                      | 210 (17,2)   | 344 (28,2) | 667 (54,6)                | 2 (0,1) | 1223 (100,0) |
| В тяжелом состоянии на ИВЛ               | 12 (34,3)  | 20 (57,1)  | 3 (8,6)                   |         | 35 (100,0)   |

Москвы. В настоящее время предлагается следующий алгоритм действий:

– в пределах Московской кольцевой автомобильной дороги и в других случаях, когда время доезда от специализированного центра до пациента не превышает 90 мин, использование АМБр нецелесообразно;

– к пациенту, которому ЭКМО может потребоваться в течение ближайших суток, но в настоящее время он нуждается лишь в неинвазивной респираторной поддержке и не требует инотропной и/или прессорной поддержки, направляется АМБр, а при невозможности вылета – бригада скорой медицинской помощи ЦЭМП на автотранспорте для оказания специализированной (анестезиологии и реанимации) медицинской помощи в экстренной форме;

– к пациенту, нуждающемуся в инвазивной респираторной поддержке и/или инотропной/прессорной поддержке, направляется АМБр с ответственным врачом анестезиологом-реаниматологом; при невозможности вылета – бригада скорой медицинской помощи для оказания специализированной (анестезиологии и реанимации) медицинской помощи;

– в случае, если пациент, вероятно, нуждается в ЭКМО на момент поступления информации в специализированный центр или ЦЭМП, следует АМБр с ответственным врачом-анестезиологом-реаниматологом. Одновременно выдвигается бригада экстренного реагирования ЦЭМП (не обязательно профиля «Анестезиология–реаниматология») за бригадой скорой медицинской помощи, оснащенной необходимой аппаратурой, для оказания специализированной (ЭКМО) медицинской помощи (ЦЭМП+ЭКМО).

Врач АМБр, оценив состояние пациента, решает вопрос о возможности его транспортировки силами АМБр (анестезиологии и реанимации) без проведения ЭКМО.

Если возможна транспортировка пациента без проведения ЭКМО, врач авиамедицинской бригады незамедлительно передает соответствующую информацию старшему врачу смены ЦЭМП, который отменяет вызов бригады экстренного реагирования ЦЭМП + ЭКМО. Медицинская эвакуация пациента производится силами АМБр.

К преимуществам использования АМБр при оказании помощи пациентам с острой дыхательной и острой легочно-сердечной недостаточностью относятся: 1) сокращение времени доставки пациентов в профильные центры и/или квалифицированных специа-

листов к пациенту – тем больше, чем удаленнее непрофильный стационар от профильного центра; 2) относительная безопасность транспортировки.

Вероятность авиационного инцидента в практике малой авиации в разы меньше вероятности дорожно-транспортного происшествия на загруженных и аварийных дорогах. Последнее обстоятельство особенно актуально в силу того, что для пациента в критическом состоянии, ввиду дефицита времени, фатальным может оказаться даже несерьезное по общепринятым меркам дорожно-транспортное происшествие или затор на трассе.

Вместе с тем, существующие в настоящее время проблемы в работе АМБр в ряде случаев нивелируют преимущества санитарно-авиационной эвакуации:

1) отсутствие у большинства врачей АМБр навыков проведения инвазивных процедур (в частности, подключения больных к ЭКМО на месте вызова) и соответствующей сертификации у коллег, владеющих упомянутыми методами лечения;

2) высокая зависимость работы АМБр от немедицинских факторов:

а) погодные условия:

– из соображений безопасности командир воздушного судна имеет право отказаться от вылета в неблагоприятный район по метеоусловиям;

– в случае внезапного ухудшения метеоусловий не исключена возможность возвращения на базу без выполнения задачи (обычно в период с октября по март; чаще всего речь идет о снежных зарядах и тумане, снижающих видимость до нуля в течение нескольких минут. Подобные инциденты особенно неприятны, так как приводят к чувствительным и даже фатальным потерям времени);

б) проблемы взаимодействия АМБр и немедицинских служб – Федеральная служба охраны России, Дорожно-патрульная служба МВД России, администрация аэродромов и объектов, используемых в качестве импровизированных посадочных площадок в экстренных случаях стадионы и т. д.;

3) преимущество при передаче больных из стационаров и от бригад скорой медицинской помощи АМБр. Как несомненное достижение последних лет необходимо отметить отсутствие каких-либо затруднений при передаче больных и пострадавших от АМБр стационарам.

Для применения на практике предлагается разработанная схема организации оказания

экстренной медицинской помощи пациентам, нуждающимся в проведении ЭКМО. В течение ближайшего времени представляется целесообразным рассмотреть и, по возможности, реализовать перечисленные задачи:

1) переподготовка всех врачей АМБр по специальности «Анестезиология и реанимация» с последующей узкой специализацией по ЭКМО и перманентным теоретическим (возможно в режиме on-line) и практическим обучением, включающим суточные дежурства в профильных отделениях стационаров (2–3 смены/мес) и отделении реанимации и интенсивной терапии в удаленных стационарах (1–2 смены/мес);

2) решение вопроса о полномочиях выездных бригад ЦЭМП при выездах в удаленные стационары. Необходимо всегда считать, что вызов бригады экстренного реагирования ЦЭМП (в том числе АМБр) в стационар – это такой же «сигнал бедствия», как и вызов на место чрезвычайной ситуации, поэтому при необходимости врач АМБр должен иметь право взять ответственность за ситуацию на себя, в том числе это должно касаться назначения и осуществления лечебно-диагностических мероприятий по показаниям;

3) предыдущие две задачи могут быть решены в случае обучения и сертификации врачей АМБр по специальности «Медицина катастроф»;

4) модификация оснащения вертолетов с учетом условий, необходимых для проведения ЭКМО в ходе транспортировки пациентов силами АМБр.

Необходимы детальная маршрутизация и хронометраж движения бригад скорой медицинской помощи, территориального центра медицины катастроф и ЦЭМП (включая АМБр) для обеспечения максимально возможной преемственности при передаче пациентов с этапа на этап медицинской эвакуации. Эта работа ведется в настоящее время ЦЭМП совместно с администрацией и летным составом Московского авиационного центра.

Для этого дежурный старший врач ЦЭМП организует встречу АМБр с реанимационной бригадой ЦЭМП для дальнейшей транспортировки пациента в центр ЭКМО.

Если пациент нетранспортабелен, врач АМБр, передав соответствующую информацию в ЦЭМП, совместно с коллегами из вызвавшего стационара принимает меры по стабилизации состояния пациента до прибытия бригады ЭКМО. По прибытии бригады

ЭКМО решение о дальнейшей тактике принимается консилиумом в составе врачей-специалистов ЭКМО (кардиохирурга и/или анестезиолога-реаниматолога), анестезиолога-реаниматолога АМБр, врача вызывающего стационара с учетом немедицинских факторов (метеоусловия и т. д.). Ответственным за процедуру подключения больного к аппарату ЭКМО и транспортировку автотранспортом является врач-специалист ЭКМО; за транспортировку силами АМБр по анестезиологии и реанимации – врач АМБр. Предлагаются следующие пути решения этой проблемы:

1) открытие сети центров ЭКМО и других высокотехнологичных методов интенсивной терапии в районных стационарах. С точки зрения доступности и эффективности высокотехнологичной помощи, это оптимальный путь. Однако для его практического осуществления потребуются значительные финансовые вложения (затраты на реконструкцию и оснащение стационаров) и время для качественной подготовки специалистов;

2) расширение показаний к консультациям случаев острой дыхательной и острой сердечно-легочной недостаточности, развившихся в удаленных от специализированных центров стационарах, специалистами ЭКМО как дистанционно, так и в составе выездных реанимационных бригад. В отсутствие абсолютных противопоказаний к ЭКМО считаем целесообразным ставить вопрос о таких консультациях при:

– нестабильной гемодинамике на фоне корригированной гиповолемии и инотропной поддержке в течение 6 ч;

– оценке тяжести состояния больного по шкале RESP (Respiratory ECMO Survival Prediction Score, широко применяемой при респираторной недостаточности – вено-венозная ЭКМО) < 5 баллов, по шкале Мюррея > 2 баллов;

– отношении насыщения кислородом к фракции вдыхаемого кислорода ( $PaO_2/FiO_2$ ) < 200 при оптимизации параметров ИВЛ в течение 6 ч;

– быстром прогрессировании явлений острой легочно-сердечной недостаточности при оптимизации параметров ИВЛ, проведении адекватной медикаментозной и инфузионной терапии и исключении устранимых причин острой легочно-сердечной недостаточности (например напряженного пневмоторакса). Такой подход позволит осуществлять транспортировку пациентов в специали-

зированные центры до того, как они станут нетранспортабельны в условиях бригады анестезиологии и реанимации и потребуют процедуры подключения к ЭКМО на месте, что существенно снизит риск транспортировки;

3) потребуется увеличение числа выездных реанимационных бригад, в том числе бригад ЭКМО, и повышения их мобильности как с целью скорейшей доставки больных по профилю, так и специалистов к пациентам.

В условиях загруженности дорог и дальности доезда в пределах Москвы, а тем более Московской области и сопредельных областей, где качество дорожного покрытия по-прежнему оставляет желать лучшего, перспективным направлением представляется

использование АМБр, укомплектованных специалистами, имеющими квалификацию по реаниматологии.

### Заключение

Таким образом, решение о целесообразности направления авиамедицинских бригад для медицинской эвакуации больных с острой дыхательной и острой легочно-сердечной недостаточностью требует дифференцированного подхода в зависимости от тяжести состояния пациента, динамики патологического процесса, удаленности места вызова от профильного стационара и возможности взаимодействия авиамедицинских бригад с другими медицинскими подразделениями и немедицинскими службами.

### Литература

1. Баранова Н.Н. Медицинская эвакуация пострадавших: состояние, проблемы. Сообщение 1 // Медицина катастроф. 2018. № 4. С. 37–40. DOI: 10.33266/2070-1004-2018-4-37-40.
2. Баранова Н.Н. Медицинская эвакуация пострадавших: состояние, проблемы. Сообщение 2 // Медицина катастроф. 2019. № 1. С. 42–46. DOI: 10.33266/2070-1004-2019-1-42-46.
3. Баранова Н.Н., Бобий Б.В., Гончаров С.Ф. [и др.]. Медицинская эвакуация в системе ликвидации медико-санитарных последствий кризисных ситуаций // Медицина катастроф. 2018. № 1. С. 5–14. DOI: 10.33266/2070-1004-2018-1-5-14.
4. Гармаш О.А. Санитарно-авиационная помощь в Российской Федерации – перспективы развития // Санитарная авиация Крыма. Совершенствование управления Всероссийской службой медицины катастроф : материалы науч.-практ. конф. М., 2014. С. 35–40.
5. Гесс Д.Р., Качмарек Р.М. Искусственная вентиляция легких. М. : СПб., 2009. 432 с.
6. Гуменюк С.А., Федотов С.А., Потапов В.И. [и др.]. Ретроспективный многофакторный анализ работы авиамедицинских бригад территориального центра медицины катастроф г. Москвы // Медицина катастроф. 2019. № 1. С. 47–49. DOI: 10.33266/2070-1004-2019-1-47-49.
7. Ершов А.Л. Респираторная поддержка в условиях скорой медицинской помощи: современное состояние проблемы и перспективы развития // Скорая мед. помощь. 2017. Т. 18, № 4. С. 53–59.
8. Ершов А.Л., Мирошниченко А.Г., Бойков А.А., Щуров А.Ю. Частота выявления острой дыхательной недостаточности среди пациентов скорой помощи Санкт-Петербурга и результаты выездов к ним // Скорая мед. помощь. 2018. Т. 19, № 1. С. 48–54.
9. Ершов А.Л., Щуров А.Ю. Анализ применения ИВЛ при оказании специализированной скорой медицинской помощи // Врач скорой помощи. 2014. № 7. С. 23–31.
10. Зильбер А.П. Дыхательная недостаточность. М. : Медицина, 1989. 186 с.
11. Зильбер А.П. Этюды респираторной медицины. М. : МЕДпресс-информ, 2007. 792 с.
12. Зислин Б.Д. Высокочастотная струйная искусственная вентиляция легких. Екатеринбург, 2010. 312 с.
13. Исаева И.В. Санитарная авиация регионального уровня в Российской Федерации // Медицина катастроф. 2019. № 2 (106). С. 52–55. DOI: 10.33266/2070-1004-2019-2-52-55.
14. Кассиль В.Л., Выжигина М.А., Лескин Г.С. Искусственная и вспомогательная вентиляция легких. М. : Медицина, 2004. 480 с.
15. Лысенко М.А., Гуменюк С.А., Кецкало М.В., Толстых А.Н. Организация проведения медицинской эвакуации с выполнением экстракорпоральной мембранной оксигенации // Медицина катастроф. 2019. № 2. С. 56–59. DOI: 10.33266/2070-1004-2019-2-56-55-59.
16. Шелухин Д.А., Павлов А.И., Ершов А.Л. Экстракорпоральная мембранная оксигенация у пациентов с тяжелой дыхательной недостаточностью и первый опыт ее применения во время авиационной медицинской эвакуации в России // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2015. № 3. С. 24–34.
17. Ярыгин Н.В., Гуменюк С.А., Бобылев П.С. Сердечно-легочная реанимация с использованием устройства автоматических компрессий в работе авиамедицинских бригад // Вестн. восстановительной медицины. 2019. № 3. С. 78–80.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи. Исследование выполнено в рамках реализации программы Департамента здравоохранения города Москвы «Научное обеспечение медицинской помощи на 2020–2022 гг.» по разделу «Научные основы организации и оказания экстренной медицинской помощи населению Москвы в чрезвычайных ситуациях».

Поступила 03.03.2020 г.

**Участие авторов:** С.А. Гуменюк – формирование актуальности, анализ основных показателей работы авиамедицинских бригад, редактирование последнего варианта статьи; Г.В. Шептунов – проверка и корректировка результатов, формирование заключения, составление первого варианта статьи; В.И. Потапов – сбор и обработка материала, анализ данных, формирование списка литературы, составление первого варианта статьи, перевод реферата на английский язык.

**Для цитирования.** Гуменюк С.А., Шептунов Г.В., Потапов В.И. Взаимодействие авиамедицинских бригад с бригадами скорой медицинской помощи и стационарами при ведении больных с искусственной вентиляцией легких // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 2. С. 27–35. DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-2-27-35

---

## Interaction of aviation medical teams with ambulance, emergency medical care teams and hospitals in the management of mechanically ventilated patients

Gumenyuk S.A., Sheptunov G.V., Potapov V.I.

Scientific and Practical Center for Emergency Medical Care of the Moscow City Health Department  
(Bolshaya Sukharevskaya square, 5/1, p. 1, Moscow, 129010, Russia)

Sergey Andreevich Gumenyuk – PhD Med. Sci., Deputy Director for Medical Affairs, the Scientific and Practical Center of Emergency Medical Care of the Moscow City Health Department (Bolshaya Sukharevskaya square, 5/1, p. 1, Moscow, 129010, Russia), e-mail: npcemp@zdrav.mos.ru;

Gennady Vadimovich Sheptunov – emergency response team doctor, the Scientific and Practical Center of Emergency Medical Care of the Moscow City Health Department (Bolshaya Sukharevskaya square, 5/1, p. 1, Moscow, 129010, Russia), e-mail: npcemp@zdrav.mos.ru;

✉ Vladimir Igorevich Potapov – Dr. Med. Sci., Head of scientific Department of the organization of emergency medical aid of the Scientific and practical center of emergency medical aid of Department of health of the city of Moscow (Bolshaya Sukharevskaya square, 5/1, p. 1, Moscow, 129010, Russia), ORCID 0000-0001-8806-0320, e-mail: potapof48@mail.ru

### Abstract

**Relevance.** Acute respiratory failure (ARF) and acute cardiopulmonary failure (ACPF) are unavoidable, and often – the leading syndromes in any critical condition, especially in case of multiple organ failure syndrome as a regular stage in the course of previously incurable conditions. Even a full range of intensive care measures in this category of patients does not always give the desired result. According to various authors, with the development of acute respiratory distress syndrome, the mortality rate reaches 80 %.

**Intention** is to determine the role of the aviation medical teams of the emergency medical service-disaster medicine in ensuring the timely availability of high-tech methods for patients who need them, regardless of the patient's location.

**Methodology.** Activities of the aviation medical teams of the Scientific and Practical Center for Emergency Medical Care of the Moscow City Health Department for the medical evacuation of patients and victims in emergency situations with ARF and ACPF were analyzed.

**Results and Discussion.** There were analyzed interactions of aviation medical teams with the emergency medical response units of the territorial center for disaster medicine and with medical organizations during the medical evacuation of patients with ARF and ACPF. An algorithm and a scheme of interaction between air medical teams are proposed to optimize medical evacuation of these patients.

**Conclusion.** An analysis of the activities of air medical teams revealed their advantages in providing care for patients with ARF and ACPF.

**Keywords:** emergency situation, accident, emergency medical care, ambulance helicopter, air medical team, sanitary and aviation evacuation, Scientific and Practical Center of Emergency Medical care, acute respiratory failure, acute cardiopulmonary failure.

### References

1. Baranova N.N. Medicinskaya evakuaciya postradavshih: sostoyanie, problemy. Soobshchenie 1 [Medical evacuation of victims: condition, problems. Message 1]. *Meditsina katastrof* [Disaster medicine]. 2018. N 4. Pp. 37–40. DOI: 10.33266/2070-1004-2018-4-37-40 (In Russ)
2. Baranova N.N. Medicinskaya evakuaciya postradavshih: sostoyanie, problemy. Soobshchenie 2 [Medical evacuation of victims: condition, problems. Message 2]. *Meditsina katastrof* [Disaster medicine]. 2019. N 1. Pp. 42–46. DOI: 10.33266/2070-1004-2019-1-42-46 (In Russ)

3. Baranova N.N., Bobiy B.V., Goncharov S.F. [et al] Medicinskaya evakuaciya v sisteme likvidacii mediko-sanitarnyh posledstvij krizisnyh situacij [Medical evacuation in the system of elimination of medical and sanitary consequences of crisis situations]. *Meditsina katastrof* [Disaster medicine]. 2018. N 1. Pp. 5–14. DOI: 10.33266/2070-1004-2018-1-5-14 (In Russ)
4. Garmash O.A. Sanitarno-aviacionnaya pomoshch' v Rossijskoj Federacii – perspektivy razvitiya [Sanitary-aviation assistance in the Russian Federation-prospects for development]. *Sanitarnaya aviaciya Kryma. Sovershenstvovanie upravleniya Vserossijskoj sluzhboj mediciny katastrof* [Sanitary aviation of the Crimea. Improving the management of All-Russian disaster medicine service] : Scientific. Conf. Proceedings. Moskva. 2014. Pp. 35–40. (In Russ.)
5. Hess D.R., Kaczmarek R.M. Iskusstvennaya ventilyaciya legkih [Artificial ventilation of the lungs]. Moskva : Sankt-Peterburg. 2009. 432 p.
6. Gumenyuk S.A., Fedotov S.A., Potapov V.I. [et al]. Retrospektivnyi mnogofaktornyj analiz raboty aviameditsinskih brigad territorial'nogo tsentra meditsiny katastrof g. Moskvy [Retrospective multifactor analysis of activity of aeromedical teams of territorial center for disaster medicine of Moscow]. *Meditsina katastrof* [Disaster medicine]. 2019. N 1. Pp. 47–49. DOI: 10.33266/2070-1004-2019-1-47-49 (In Russ)
7. Ershov A.L. Respiratornaya podderzhka v usloviyah skoroy medicinskoj pomoshchi: sovremennoe sostoyanie problemy i perspektivy razvitiya [Respiratory support at prehospital stage of emergency medical care: current status, problems and prospects of development]. *Skoraya medicinskaya pomoshch.* [Emergency medical care] 2017. Vol. 18, N 4. Pp. 53–59. DOI: 10.24884/2072-6716-2017-18-4-53-59 (In Russ)
8. Ershov A.L., Miroshnichenko A.G., Bojkov A.A., Schurov A.Yu. Chastota vyyavleniya ostroj dyhatel'noj nedostatochnosti sredi pacientov skoroy pomoshchi Sankt-Peterburga i rezul'taty vyezdov k nim [Epidemiology and outcomes of acute respiratory failure at the stage of emergency medical care in St. Petersburg]. *Skoraya medicinskaya pomoshch.* [Emergency medical care]. 2018. Vol. 19, N 1. Pp. 48–54. (In Russ.)
9. Yershov A.L., Schurov A.J. Analiz primeneniya IVL pri okazanii specializirovannoj skoroy medicinskoj pomoshchi [Evaluation of mechanical ventilation performed by prehospital cardiologist brigades]. *Vrach skoroy pomoshchi* [Emergency Doctor]. 2014. N 7. Pp. 23–31. (In Russ)
10. Silber A.P. Dyhatel'naya nedostatochnost' [Respiratory failure]. Moskva. 1989. 186 p. (In Russ.)
11. Silber A.P. Etyudy respiratornoj mediciny [Studies of respiratory medicine]. Moskva. 2007. 792 p. (In Russ.)
12. Zislin B.D. Vysokochastotnaya strujnaya iskusstvennaya ventilyaciya legkih [High-frequency jet artificial lung ventilation]. Ekaterinburg. 2010. 312 p. (In Russ.)
13. Isaeva I.V. Sanitarnaya aviatsiya regional'nogo urovnya v Rossijskoj Federatsii [Sanitary aviation at regional level in Russian Federation]. *Meditsina katastrof* [Disaster medicine]. 2019. N 2. Pp. 52–55. DOI: 10.33266/2070-1004-2019-2-52-55 (In Russ)
14. Kassil V.L., Vyzhigina M.A., Leskin G.S. Iskusstvennaya i vspomogatel'naya ventilyaciya legkih [Artificial and auxiliary ventilation of the lungs]. Moskva. 2004. 480 p. (In Russ)
15. Lysenko M.A., Gumenyuk S.A., Ketskalo M.V., Tolstykh A.N. Organizaciya provedeniya medicinskoj evakuacii s vypolnieniem ekstrakorporal'noj membrannoj oksigenacii [Organization of medical evacuation with implementation of extracorporeal membrane oxygenation]. *Meditsina katastrof* [Disaster medicine] 2019. N 2. Pp. 56–59. DOI: 10.33266/2070-1004-2019-2-56-55-59 (In Russ)
16. Shelukhin D.A., Pavlov A.I., Ershov A.L. Ekstrakorporal'naya membrannaya oksigenaciya u pacientov s tyazhelej dyhatel'noj ionnoj medicinskoj evakuacii v Rossii [Extracorporeal membrane oxygenation for patients with severe respiratory failure. Case report: first time in Russia inter-hospital aeromedical transportation of the patient with severe acute respiratory failure on extracorporeal membrane oxygenation] *Mediko-biologicheskie i social'no-psihologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychajnyh situacijah* [Medico-biological and socio-psychological problems of safety in emergency situations]. 2015. N 3. Pp. 24–34. (In Russ.)
17. Yarygin N.V., Gumenyuk S.A., Bobylev P.S. Serdechno-legochnaya reanimaciya s ispol'zovaniem ustrojstva avtomaticheskikh kompressij v rabote aviameditsinskih brigad [Cardiopulmonary resuscitation with use of the device for automatic compressions in work of air medical crews]. *Vestnik vosstanovitel'noi meditsiny* [Journal of restorative medicine & rehabilitation]. 2019. N 3. Pp. 78–80. (In Russ.)

Received 03.03.2020

**For citing.** Gumenyuk S.A., Sheptunov G.V., Potapov V.I. Vzaimodeistvie aviameditsinskih brigad s brigadami skoroi meditsinskoj pomoshchi i stacionarami pri vedenii bol'nykh s iskusstvennoj ventilyatsiej legkikh. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psihologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychajnyh situatsiyakh*. 2021. N 2. Pp. 27–35. (In Russ.)

Gumenyuk S.A., Sheptunov G.V., Potapov V.I. Interaction of aviation medical teams with ambulance, emergency medical care teams and hospitals in the management of mechanically ventilated patients. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2021. N 2. Pp. 27–35. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-27-35

## СРАВНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАВМАТИЗМА ВОЕННОСЛУЖАЩИХ, ПРОХОДЯЩИХ СЛУЖБУ ПО ПРИЗЫВУ В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ РОССИИ И РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ (2003–2020 ГГ.)

<sup>1</sup> Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6);

<sup>2</sup> Гомельский государственный медицинский университет  
(Республика Беларусь, г. Гомель, ул. Ланге, д. 5);

<sup>3</sup> Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России  
(Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2)

*Актуальность.* Травматизм военнослужащих – показатели травм и их последствий, возникающих в определенный период времени, как правило, за год. Травматизм в вооруженных силах (ВС) – важный показатель безопасности профессиональной деятельности.

*Цель* – провести сравнение показателей травматизма военнослужащих по призыву ВС России и Республики Беларусь за 18 лет с 2003 по 2020 г.

*Методология.* Провели выборочный статистический анализ медицинских отчетов о состоянии здоровья личного состава и деятельности медицинской службы по форме З/МЕД воинских частей, в которых проходили службу не менее 80% от общего числа военнослужащих по призыву ВС России и Беларуси. Группы (блоки) травм в XIX классе «Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин» согласовали с Международной статистической классификацией болезней и проблем, связанных со здоровьем, 10-го пересмотра (МКБ-10). Данные о травмах рассчитали на 1000 военнослужащих или в ‰, смертность – на 100 тыс. военнослужащих.

*Результаты и их анализ.* Среднегодовой показатель травматизма (первичной заболеваемости) военнослужащих по призыву ВС России составил  $(15,91 \pm 1,65) ‰$ , ВС Беларуси –  $(20,23 \pm 1,96) ‰$ , госпитализации с травмами –  $(14,16 \pm 1,29)$  и  $(14,50 \pm 0,96) ‰$  соответственно, дней трудопотерь –  $(303,4 \pm 27,0)$  и  $(320,8 \pm 16,9) ‰$  соответственно, увольняемости по причине травм –  $(0,552 \pm 0,066)$  и  $(0,550 \pm 0,051) ‰$  соответственно, смертности от травм –  $(21,96 \pm 4,26)$  и  $(24,18 \pm 4,29)$  на 100 тыс. соответственно. Как правило, полиномиальные тренды при высоких коэффициентах детерминации демонстрировали уменьшение уровней травматизма, госпитализации, дней трудопотерь и смертности. Динамика уровня увольняемости в ВС России показывала тенденцию уменьшения данных, в ВС Беларуси – увеличение. У военнослужащих по призыву ВС России и Беларуси отмечается положительная статистически достоверная конгруэнтность показателей травматизма, госпитализации, дней трудопотерь и смертности, что может указывать на влияние в формировании годовых показателей одинаковых (однонаправленных) факторов. Высокую военно-эпидемиологическую значимость для военнослужащих по призыву в ВС России и Беларуси представляют травмы головы (1-я группа XIX класса по МКБ-10), плечевого пояса и верхних конечностей (5–7-я группа), области тазобедренного сустава и нижних конечностей (8–10-я группа), травмы, захватывающие несколько областей тела (11-я группа), и последствия травм, отравлений и других воздействий внешних причин (22-я группа) У военнослужащих по призыву ВС России эти травмы в сумме образовали 78,7% от обобщенной оценки, ВС Беларуси – 82,8%.

*Заключение.* Учет показателей травматизма позволит медицинской службе оптимизировать расчет сил и средств для лечения и реабилитации военнослужащих с травмами. Травматизм – это не только медицинская проблема, необходимо шире привлекать военных специалистов различных служб для анализа причинно-следственных связей получения травм и разрабатывать мероприятия по их профилактике.

**Ключевые слова:** военная медицина, травма, травматизм, вооруженные силы, военнослужащий по призыву, медицинская статистика, заболеваемость, госпитализация, трудопотери, увольняемость, смертность, военно-эпидемиологическая значимость.

---

✉ Евдокимов Владимир Иванович – д-р мед. наук проф., гл. науч. сотр., Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), препод. Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6), ORCID: 0000-0002-0771-2102, e-mail: 9334616@mail.ru;

Чернов Денис Анатольевич – нач. воен. каф., Гомельский гос. мед. ун-т (Республика Беларусь, 246000, г. Гомель, ул. Ланге, д. 5), e-mail: chernov\_denis78@mail.ru;

Сиващенко Павел Павлович – канд. мед. наук доц., Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6), ORCID: 0000-0001-6286-6967;

Ветошкин Александр Александрович – канд. мед. наук доц., врач-травматолог-ортопед отд. травматологии и ортопедии, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), ORCID 0000-0003-3258-2220, e-mail: totoalex5@gmail.com

### Введение

Травматизм военнослужащих – показатели травм и их последствий, возникающих в определенный период времени, как правило, за год. Травматизм в вооруженных силах (ВС) – важный показатель безопасности профессиональной деятельности [3].

Травматизм – это не только медицинская проблема. Медицинской службе следует шире привлекать военных специалистов различных служб для анализа причинно-следственных связей получения травм и разрабатывать мероприятия по их профилактике [1].

Травматизм – это управляемый процесс. Факторы риска травматизма могут быть отнесены к управляемым, характеризующим как самого военнослужащего, так и средства выполнения задачи, и малоуправляемым факторам, которые определяются состоянием среды [7–9, 13, 16]. Показатели травматизма военнослужащих Северного флота России исследованы авторским коллективом под руководством И.Л. Мызникова [11].

В армиях зарубежных стран травмы являются также единственной ведущей причиной обращаемости, госпитализаций, инвалидности и смертности среди военнослужащих [12, 14, 15].

В предыдущих наших публикациях представлены медико-статистические показатели травм в ВС России по категориям военнослужащих, в том числе по призыву, в 2003–2019 гг. [4–6].

Сравнительный анализ данных травматизма военнослужащих, проходящих службу по призыву в ВС России и Республики Беларусь, не проводился.

**Цель** – провести сравнение показателей травматизма военнослужащих по призыву в ВС России и Республики Беларусь за 18 лет с 2003 по 2020 г.

### Материал и методы

Провели выборочный статистический анализ медицинских отчетов о состоянии здоровья личного состава и деятельности медицинской службы по форме 3/МЕД воинских частей, в которых проходили службу не менее 80 % от общего числа военнослужащих по призыву ВС России [10] и Республики Беларусь с 2003 по 2020 г. В России военнослужащие-призывники проходят службу в течение 1 года, в Республике Беларусь – в течение 1,5 лет, а лица с высшим образованием – в течение 1 года.

Единицей учета травм было первичное обращение – первое обращение военнослужащего за медицинской помощью к врачу во время пребывания его на военной службе по поводу каждой травмы. Все случаи первого обращения по поводу острых заболеваний и травм являлись первичными.

Унификацию учета и анализа травматизма военнослужащих достигали использованием Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем, 10-го пересмотра (МКБ-10). В табл. 1

**Таблица 1**

Группы (блоки) травм, представленные в XIX классе «Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин», по МКБ-10

| Группа  | Название группы   | Таксон  |
|---------|---|---------|
| 1-я     | Травмы головы   | S00–S09 |
| 2-я     | Травмы шеи  | S10–S19 |
| 3-я     | Травмы грудной клетки   | S20–S29 |
| 4-я     | Травмы живота, нижней части спины, поясничного отдела позвоночника и таза | S30–S39 |
| 5-я     | Травмы плечевого пояса и плеча  | S40–S49 |
| 6-я     | Травмы локтя и предплечья   | S50–S59 |
| 7-я     | Травмы запястья и кисти   | S60–S69 |
| 5–7-я   | Травмы плечевого пояса и верхних конечностей                              | S40–S69 |
| 8-я     | Травмы области тазобедренного сустава и бедра                             | S70–S79 |
| 9-я     | Травмы колена и голени  | S80–S89 |
| 10-я    | Травмы области голеностопного сустава и стопы                             | S90–S99 |
| 8–10-я  | Травмы области тазобедренного сустава и нижних конечностей                | S70–S99 |
| 11-я    | Травмы, захватывающие несколько областей тела                             | T00–T07 |
| 12-я    | Травмы неуточненной части туловища, конечности или области тела           | T08–T14 |
| 13-я    | Последствия проникновения инородного тела через естественные отверстия    | T15–T19 |
| 14–16-я | Термические и химические ожоги  | T20–T32 |
| 17-я    | Отморожение   | T33–T35 |
| 22-я    | Последствия травм, отравлений и других воздействий внешних причин         | T90–T98 |

представлены группы (блоки) травм XIX класса «Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин» по МКБ-10. Для подробной классификации конкретных болезней использовали электронный ресурс [http://мкб-10.com/]. В структуре медико-статистических показателей XIX класса присутствуют сведения о травмах (1–17-я и 22-я группа), отравлениях (18–19-я группа) и других последствиях внешних причин (20–21-я группа). В нашем исследовании анализировались только сведения о травмах.

В отличие от показателей травматизма в ВС России [5] у военнослужащих ВС Беларуси в отчетах травмы по 5–7-й и 8–10-й группам представлены суммарно. Аналогичным образом по указанным группам были объединены данные по травмам и у военнослужащих по призыву ВС России.

Показатели о травмах рассчитали на 1000 военнослужащих или в ‰, смертность – на 100 тыс. военнослужащих. По сложившейся традиции [4] при расчете обобщенной оценки военно-эпидемиологической значимости травм для военнослужащих долю группы в классе в структуре смертности умножали на коэффициент 3, увольняемости – на коэффициент 2, остальные показатели имели коэффициент 1. На основе полученной суммы структурных долей определяли оценку военно-эпидемиологической значимости травм.

Формирование массивов данных и статистическую обработку полученных сведений проводили с использованием программы Microsoft Excel, 2007 и пакета программ Statistica 10.0 компании «StatSoft». Указаны средние арифметические данные и ошибки средней величины ( $M \pm m$ ). В ряде случаев показатели травм не отвечали нормальному распределению признаков.

Динамику показателей исследовали с помощью анализа динамических рядов и расчета полиномиального тренда второго порядка [2]. Коэффициент детерминации ( $R^2$ ) показывал связь исследуемых данных с построенной кривой (трендом). Чем больше был коэффициент детерминации (максимально 1,0), тем более объективно построен тренд, показывающий тенденции развития исследуемых явлений. Значок  $\uparrow$  в таблицах указывает на тенденцию увеличения данных,  $\downarrow$  – уменьшение,  $\rightarrow$  – стабильности,  $U$  – U-кривую,  $\cap$  – инвертируемую U-кривую. Иногда левый край U-кривой был ниже, чем правый (или наоборот), в этом случае указывали два значка  $\cap \uparrow$  ( $\cap \downarrow$ ): полиномиальный тренд демонстрировал тен-

денцию увеличения (уменьшения) сведений в последний период наблюдения.

Согласованность данных тренда исследовали при помощи коэффициента корреляции ( $r$ ) Пирсона. При  $r \geq 0,70$  силу связи считали сильной, при  $r \geq 0,30$ – $0,69$  – умеренной, при  $r \leq 0,29$  – слабой. Достоверность корреляционной связи оценивалась с помощью t-критерия Стьюдента. Корреляционная связь считалась достоверной при  $p \leq 0,05$ .

## Результаты и их анализ

**Травматизм (первичная заболеваемость).** Среднегодовой уровень травматизма военнослужащих по призыву в ВС России в 2003–2020 гг. составил ( $15,91 \pm 1,65$ )‰, в ВС Беларуси этот показатель был больше на уровне тенденций – ( $20,23 \pm 1,96$ )‰ ( $p > 0,05$ ). Конгруэнтность уровней травматизма – положительная и сильная ( $r = 0,837$ ;  $p < 0,001$ ), что может указывать на влияние в формировании показателей одинаковых (однонаправленных) факторов.

Полиномиальные тренды динамики уровня травматизма военнослужащих по призыву в ВС России и Беларуси при высоких коэффициентах детерминации ( $R^2 = 0,85$  и  $R^2 = 0,87$  соответственно) показывают уменьшение данных (рис. 1).

Среднегодовая доля травматизма военнослужащих по призыву в ВС России составила ( $1,7 \pm 0,2$ )% от структуры первичной заболеваемости по всем классам, в ВС Беларуси была статистически достоверно меньше – ( $1,2 \pm 0,1$ )% ( $p < 0,05$ ). Конгруэнтность динамики долей травматизма – также положительная и сильная ( $r = 0,781$ ;  $p < 0,001$ ). Полиномиальные тренды долей травматизма при высоких коэффициентах детерминации ( $R^2 = 0,90$  и  $R^2 = 0,84$  соответственно) показывают уменьшение данных (рис. 2).

Обобщенные данные травматизма сведены в табл. 2. Как правило, в динамике показателей в группах травм отмечается уменьшение данных. Как и следовало ожидать, наибольшие показатели травматизма (1–3-й ранг) были у военнослужащих по призыву с травмами плечевого пояса и верхних конечностей (5–7-я группа), в области тазобедренного сустава и нижних конечностей (8–10-я группа) и с травмами головы (1-я группа). В сумме у военнослужащих ВС России они составили 82,3%, в ВС Беларуси – 86,7% от структуры травматизма (см. табл. 2).

Оказалось также, что у военнослужащих по призыву ВС России по сравнению с ВС Бе-

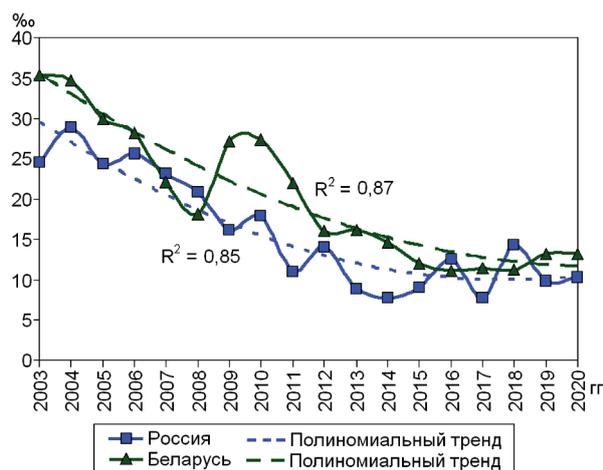


Рис. 1. Динамика уровня травматизма военнослужащих по призыву ВС России и Беларуси.

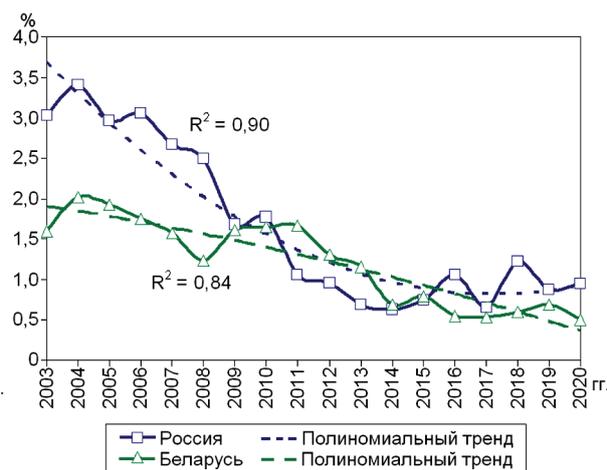


Рис. 2. Динамика доли травматизма в структуре первичной заболеваемости военнослужащих по призыву ВС России и Беларуси.

Таблица 2

Обобщенные показатели травматизма военнослужащих по призыву ВС России и Беларуси в 2003–2020 гг.

| Группа травм | Россия         |              |            |                |          | Беларусь       |              |            |                |          | P <sub>1-2</sub> < |
|--------------|----------------|--------------|------------|----------------|----------|----------------|--------------|------------|----------------|----------|--------------------|
|              | уровень, ‰ (1) | структура, % | ранг       | R <sup>2</sup> | динамика | уровень, ‰ (2) | структура, % | ранг       | R <sup>2</sup> | динамика |                    |
| 1-я          | 3,27 ± 0,45    | 20,5         | <b>3-й</b> | 0,90           | ↓        | 3,71 ± 0,32    | 18,3         | <b>3-й</b> | 0,82           | ↓        | 0,05               |
| 2-я          | 0,15 ± 0,05    | 0,9          | 10-й       | 0,01           | →        | 0,07 ± 0,02    | 0,3          | 11-й       | 0,39           | ∩↓       |                    |
| 3-я          | 0,39 ± 0,06    | 2,5          | 7-й        | 0,93           | ↓        | 0,45 ± 0,06    | 2,2          | <b>5-й</b> | 0,84           | ↓        |                    |
| 4-я          | 0,54 ± 0,07    | 3,4          | <b>4-й</b> | 0,94           | ↓        | 0,37 ± 0,06    | 1,8          | 8-й        | 0,87           | ↓        |                    |
| 5–7-я        | 4,98 ± 0,47    | 31,3         | <b>1-й</b> | 0,71           | ↓        | 6,73 ± 0,64    | 33,4         | <b>2-й</b> | 0,75           | ↓        |                    |
| 8–10-я       | 4,84 ± 0,44    | 30,4         | <b>2-й</b> | 0,73           | ↓        | 7,06 ± 0,79    | 35,0         | <b>1-й</b> | 0,83           | ↓        | 0,05               |
| 11-я         | 0,39 ± 0,10    | 2,4          | 8-й        | 0,71           | ↓        | 0,41 ± 0,08    | 2,0          | 6-й        | 0,47           | ↓        | 0,01               |
| 12-я         | 0,10 ± 0,02    | 0,6          | 11-й       | 0,73           | ↓        | 0,39 ± 0,10    | 1,9          | 7-й        | 0,17           | ∪        |                    |
| 13-я         | 0,21 ± 0,03    | 1,3          | 9-й        | 0,73           | ↓        | 0,12 ± 0,03    | 0,6          | 10-й       | 0,22           | ∩        | 0,05               |
| 14–16-я      | 0,47 ± 0,08    | 2,9          | 6-й        | 0,94           | ↓        | 0,61 ± 0,11    | 3,0          | <b>4-й</b> | 0,23           | ↓        | 0,001              |
| 17-я         | 0,07 ± 0,02    | 0,5          | 12-й       | 0,87           | ↓        | 0,04 ± 0,01    | 0,2          | 12-й       | 0,02           | ∩↓       |                    |
| 22-я         | 0,51 ± 0,03    | 3,2          | <b>5-й</b> | 0,30           | ↑        | 0,27 ± 0,04    | 1,3          | 9-й        | 0,34           | ↑        |                    |
| Общая        | 15,91 ± 1,65   | 100,0        |            | 0,85           | ↓        | 20,23 ± 1,96   | 100,0        |            | 0,87           | ↓        |                    |

\*Здесь и в табл. 4–8: полужирным шрифтом выделен 1–5-й ранг.

ларуси был статистически достоверно выше уровень последствий проникновения инородных тел через естественные отверстия (случайные или преднамеренные заглатывания предметов и пр.) (13-я группа) и последствий травм, отравлений и других воздействий внешних причин (22-я группа) и меньше – травм плечевого пояса и верхних конечностей (5–7-я группа), в области тазобедренного сустава и бедра (8–10-я группа) и неуточненной части туловища, конечности или области тела (12-я группа) (см. табл. 2).

Выяснено, что конгруэнтность уровней травматизма военнослужащих по призыву ВС России и Беларуси с 1-, 3-, 4-, 5–7-й и 8–10-й группой была положительная и сильная, с 11-й и 14–16-й группой – положительная и умеренная (табл. 3), что может указывать на участие

в их формировании в ВС России и Беларуси одинаковых (однаправленных) факторов.

В структуре травматизма военнослужащих по призыву ВС России 1–5-й ранг составили (представлены по значимости) 5–7-, 8–10-, 1-, 4-я и 22-я группы травм, в сумме – 88,9%, военнослужащих ВС Беларуси – 8–10-, 5–7-, 1-, 14–16-я и 3-я группы, в сумме – 91,9% (см. табл. 2).

Динамика доли ведущих травм у военнослужащих по призыву в структуре травматизма показана на рис. 3. Отмечается увеличение доли военнослужащих ВС России с травмами 5–7-, 8–10-й и 22-й группы, уменьшение – с травмами 1-й и 4-й группы (см. рис. 3, слева). В динамике структуры у военнослужащих ВС Беларуси выявлено увеличение доли травм с 1-й группой, умень-

Таблица 3

Конгруэнтность уровней травматизма военнослужащих по призыву ВС России и Беларуси

| Группа  | Название группы   | r     | p <   |
|---------|---|-------|-------|
| 1-я     | Травмы головы   | 0,803 | 0,001 |
| 3-я     | Травмы грудной клетки   | 0,880 | 0,001 |
| 4-я     | Травмы живота, нижней части спины, поясничного отдела позвоночника и таза | 0,902 | 0,001 |
| 5–7-я   | Травмы плечевого пояса и верхних конечностей                              | 0,734 | 0,001 |
| 8–10-я  | Травмы области тазобедренного сустава и нижних конечностей                | 0,757 | 0,001 |
| 11-я    | Травмы, захватывающие несколько областей тела                             | 0,544 | 0,01  |
| 14–16-я | Термические и химические ожоги  | 0,484 | 0,01  |

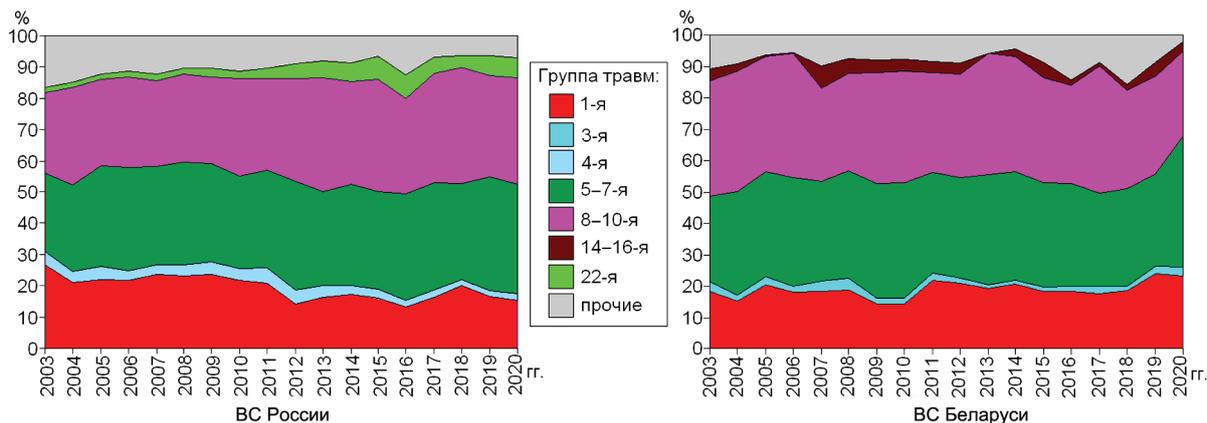


Рис. 3. Динамика долей групп травм, образовавших 1–5-й ранг в структуре травматизма в ВС России и Беларуси.

шение – с 3-, 8–10-й и 14–16-й группой и определенная стабильность доли – с 5–7-й группой (см. рис. 3, справа).

**Госпитализация.** Среднегодовой уровень госпитализации военнослужащих по призыву с травмами в ВС России составил  $(14,16 \pm 1,29)\%$ , в ВС Беларуси этот показатель был практически аналогичным –  $(14,50 \pm 0,96)\%$ . Конгруэнтность уровней госпитализации – положительная и умеренная ( $r = 0,623$ ;  $p < 0,01$ ), что может указывать на влияние в формировании годовых пока-

зателей одинаковых (однонаправленных) факторов.

Полиномиальные тренды динамики уровня госпитализации военнослужащих по призыву в ВС России и Беларуси при высоких коэффициентах детерминации ( $R^2 = 0,78$  и  $R^2 = 0,74$  соответственно) показывают уменьшение данных (рис. 4).

Среднегодовая доля госпитализации военнослужащих по призыву в ВС России и Беларуси составила по  $(1,6 \pm 0,2)\%$  от структуры госпитализации по всем классам по МКБ-10.

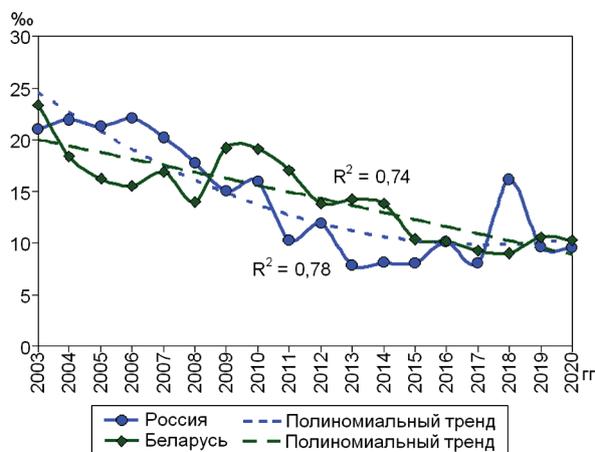


Рис. 4. Динамика уровня госпитализации военнослужащих по призыву с травмами ВС России и Беларуси.

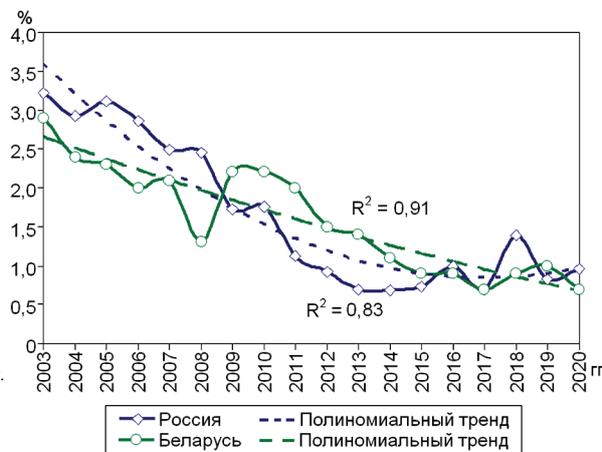


Рис. 5. Динамика доли госпитализации с травмами в структуре госпитализации всех военнослужащих по призыву ВС России и Беларуси.

Таблица 4

Обобщенные показатели госпитализации военнослужащих по призыву ВС России и Беларуси, обусловленные травмами, в 2003–2020 гг.

| Группа травм | Россия         |              |            |                |          | Беларусь       |              |            |                |          | P <sub>1-2</sub> < |
|--------------|----------------|--------------|------------|----------------|----------|----------------|--------------|------------|----------------|----------|--------------------|
|              | уровень, ‰ (1) | структура, % | ранг       | R <sup>2</sup> | динамика | уровень, ‰ (2) | структура, % | ранг       | R <sup>2</sup> | динамика |                    |
| 1-я          | 3,11 ± 0,41    | 22,0         | <b>3-й</b> | 0,88           | ↓        | 2,70 ± 0,18    | 18,6         | <b>3-й</b> | 0,82           | ↓        | 0,05               |
| 2-я          | 0,10 ± 0,02    | 0,7          | 10-й       | 0,03           | ↓        | 0,06 ± 0,01    | 0,4          | 11-й       | 0,38           | ↓        |                    |
| 3-я          | 0,34 ± 0,05    | 2,4          | 7-й        | 0,92           | ↓        | 0,31 ± 0,04    | 2,1          | 7-й        | 0,84           | ↓        |                    |
| 4-я          | 0,51 ± 0,07    | 3,6          | <b>5-й</b> | 0,94           | ↓        | 0,33 ± 0,05    | 2,3          | <b>5-й</b> | 0,79           | ↓        |                    |
| 5–7-я        | 4,28 ± 0,33    | 30,2         | <b>1-й</b> | 0,56           | ↓        | 4,45 ± 0,27    | 30,7         | <b>2-й</b> | 0,41           | ↓        |                    |
| 8–10-я       | 4,12 ± 0,31    | 29,1         | <b>2-й</b> | 0,55           | ↓        | 5,17 ± 0,39    | 35,8         | <b>1-й</b> | 0,70           | ↓        | 0,05               |
| 11-я         | 0,29 ± 0,06    | 2,0          | 8-й        | 0,77           | ↓        | 0,32 ± 0,05    | 2,2          | 6-й        | 0,43           | ↓        | 0,01               |
| 12-я         | 0,08 ± 0,02    | 0,6          | 11-й       | 0,83           | ↓        | 0,26 ± 0,05    | 1,8          | 9-й        | 0,08           | ↓        |                    |
| 13-я         | 0,20 ± 0,03    | 1,4          | 9-й        | 0,71           | ↓        | 0,10 ± 0,02    | 0,7          | 10-й       | 0,11           | ↗        | 0,01               |
| 14–16-я      | 0,43 ± 0,07    | 3,0          | 6-й        | 0,94           | ↓        | 0,47 ± 0,08    | 3,2          | <b>4-й</b> | 0,08           | ↘        | 0,001              |
| 17-я         | 0,06 ± 0,01    | 0,5          | 12-й       | 0,87           | ↓        | 0,04 ± 0,01    | 0,3          | 12-й       | 0,02           | ↘        |                    |
| 22-я         | 0,63 ± 0,04    | 4,5          | <b>4-й</b> | 0,05           | ↑        | 0,27 ± 0,04    | 1,9          | 8-й        | 0,16           | ↓        |                    |
| Общая        | 14,16 ± 1,29   | 100,0        |            | 0,78           | ↓        | 14,50 ± 0,96   | 100,0        |            | 0,74           | ↓        |                    |

Конгруэнтность динамики долей госпитализации – также положительная и сильная ( $r = 0,789$ ;  $p < 0,001$ ). Полиномиальные тренды динамики уровня госпитализации военнослужащих по призыву с травмами в ВС России и Беларуси при высоких коэффициентах детерминации ( $R^2 = 0,83$  и  $R^2 = 0,91$  соответственно) показывают уменьшение данных (рис. 5).

Обобщенные данные госпитализации сведены в табл. 4. В динамике показателей практически во всех группах травм отмечается уменьшение данных. Как правило, военнослужащие по призыву с травмами в ВС России и Беларуси лечатся стационарно, поэтому и уровни их госпитализаций были практически аналогичными с показателями травматизма (см. табл. 2). Именно поэтому не представлена динамика структуры госпитализации военнослужащих по призыву по группам травм. В сумме госпитализации военнослужащих ВС России с 1-, 5–7-й и 8–10-й группой травм (1–3-й ранг) составили 81,3%, ВС Беларуси – 85,1% от структуры госпитализации (см. табл. 4).

У военнослужащих по призыву в ВС России по сравнению с ВС Беларуси был статистически достоверно больше уровень госпитализаций с травмами живота, нижней части спины, поясничного отдела позвоночника и таза (4-я группа), с последствиями проникновения инородных тел через естественные отверстия (13-я группа), последствиями травм, отравлений и других воздействий внешних причин (22-я группа) и меньше – с травмами области тазобедренного сустава и бедра (8–10-я группа) и неуточненной части туловища, ко-

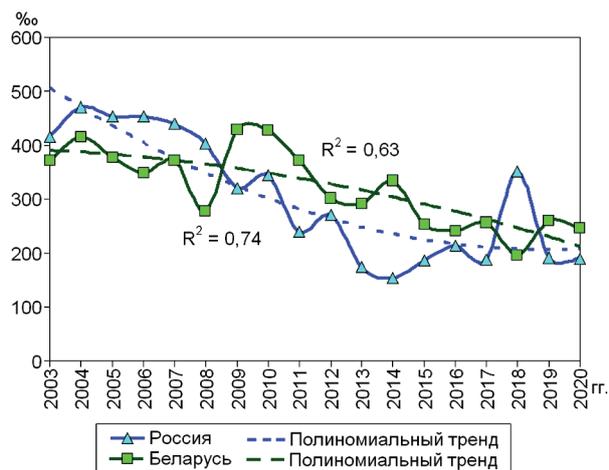
нечности или области тела (12-я группа) (см. табл. 4).

Конгруэнтность уровней госпитализации военнослужащих по призыву ВС России и Беларуси с 1-, 3-й и 4-й группой была положительная и сильная ( $rr = 0,781, 0,958$  и  $0,853$  при  $p < 0,001$ ), с 11-й группой – положительная и умеренная ( $r = 0,513$  при  $p < 0,05$ ), что может указывать на участие в их формировании в ВС России и Беларуси одинаковых (однаправленных) факторов.

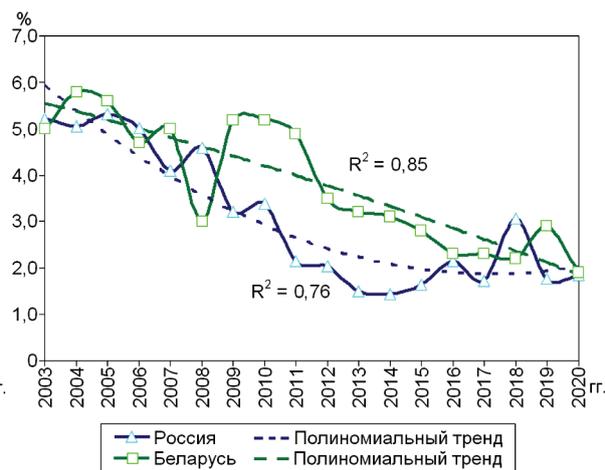
**Трудопотери.** Среднегодовой уровень дней трудопотерь у военнослужащих по призыву с травмами в ВС России составил  $(303,4 \pm 27,0)\%$ , в ВС Беларуси этот показатель был практически аналогичным –  $(320,8 \pm 16,9)\%$ . Конгруэнтность уровней трудопотерь – положительная и умеренная ( $r = 0,529$ ;  $p < 0,01$ ), что может указывать на влияние в формировании годовых показателей одинаковых (однаправленных) факторов.

Полиномиальные тренды динамики уровня дней трудопотерь у военнослужащих по призыву с травмами в ВС России и Беларуси при высоких коэффициентах детерминации ( $R^2 = 0,74$  и  $R^2 = 0,63$  соответственно) показывают уменьшение данных (рис. 6).

Среднегодовая доля дней трудопотерь у военнослужащих по призыву ВС России составила  $(3,1 \pm 0,3)\%$  от структуры трудопотерь по всем классам болезней по МКБ-10, ВС Беларуси – была незначительно больше –  $(3,8 \pm 0,3)\%$ . Конгруэнтность динамики уровней трудопотерь – также положительная и умеренная ( $r = 0,692$ ;  $p < 0,01$ ). Полиномиальные тренды долей трудопотерь у военно-



**Рис. 6.** Динамика уровня дней трудопотерь у военнослужащих по призыву с травмами ВС России и Беларуси.



**Рис. 7.** Динамика доли трудопотерь с травмами в структуре трудопотерь у всех военнослужащих по призыву ВС России и Беларуси.

служащих с травмами при высоких коэффициентах детерминации ( $R^2 = 0,76$  и  $R^2 = 0,85$  соответственно) показывают уменьшение данных (рис. 7).

Обобщенные данные трудопотерь сведены в табл. 5. Как правило, в динамике показателей в группах травм отмечается уменьшение данных. Наибольшие показатели трудопотерь (1–3-й ранг) были у военнослужащих по призыву с травмами в области тазобедренного сустава и нижних конечностей (8–10-я группа), плечевого пояса и верхних конечностей (5–7-я группа) и с травмами головы (1-я группа). В сумме у военнослужащих ВС России они составили 80,9%, ВС Беларуси – 84,5% от структуры трудопотерь (см. табл. 5).

У военнослужащих по призыву ВС России по сравнению с ВС Беларуси был статистиче-

ски достоверно больше уровень трудопотерь с травмами живота, нижней части спины, поясничного отдела позвоночника и таза (4-я группа) и последствиями травм, отравлений и других воздействий внешних причин (22-я группа) и меньше – с травмами области тазобедренного сустава и бедра (8–10-я группа) и неуточненной части туловища, конечности или области тела (12-я группа) (см. табл. 5).

Конгруэнтность уровней трудопотерь у военнослужащих по призыву ВС России и Беларуси с 3-й и 4-й группой – положительная и сильная ( $r = 0,914$  и  $r = 0,816$  соответственно при  $p < 0,001$ ), с 12-й группой – положительная и умеренная ( $r = 0,484$  при  $p < 0,05$ ), что может указывать на участие в их формировании в ВС России и Беларуси одинаковых (однаправленных) факторов.

**Таблица 5**

Обобщенные показатели дней трудопотерь у военнослужащих по призыву ВС России и Беларуси, обусловленные травмами, в 2003–2020 гг.

| Группа травм | Россия         |              |            |       |          | Беларусь       |              |            |       |          | $P_{1-2} <$ |       |
|--------------|----------------|--------------|------------|-------|----------|----------------|--------------|------------|-------|----------|-------------|-------|
|              | уровень, ‰ (1) | структура, % | ранг       | $R^2$ | динамика | уровень, ‰ (2) | структура, % | ранг       | $R^2$ | динамика |             |       |
| 1-я          | 61,3 ± 8,2     | 20,1         | <b>3-й</b> | 0,85  | ↓        | 44,6 ± 3,4     | 13,9         | <b>3-й</b> | 0,45  | ↓        | 0,05        |       |
| 2-я          | 2,1 ± 0,5      | 0,7          | 10-й       | 0,03  | ↓        | 1,6 ± 0,5      | 0,5          | 11-й       | 0,25  | ↓        |             |       |
| 3-я          | 6,6 ± 1,0      | 2,2          | 8-й        | 0,91  | ↓        | 6,2 ± 1,0      | 1,9          | 8-й        | 0,89  | ↓        |             |       |
| 4-я          | 12,3 ± 1,5     | 4,1          | <b>5-й</b> | 0,92  | ↓        | 7,8 ± 1,2      | 2,4          | <b>5-й</b> | 0,75  | ↓        |             |       |
| 5–7-я        | 90,6 ± 6,6     | 29,9         | <b>2-й</b> | 0,50  | ↓        | 100,6 ± 5,4    | 31,4         | <b>2-й</b> | 0,21  | ↓        |             |       |
| 8–10-я       | 93,8 ± 7,3     | 30,9         | <b>1-й</b> | 0,56  | ↓        | 125,9 ± 6,8    | 39,2         | <b>1-й</b> | 0,57  | ∩↓       |             | 0,01  |
| 11-я         | 7,8 ± 1,4      | 2,6          | 7-й        | 0,59  | ↓        | 7,0 ± 1,1      | 2,2          | 7-й        | 0,41  | ↓        |             |       |
| 12-я         | 1,3 ± 0,2      | 0,4          | 11–12-й    | 0,77  | ↓        | 7,4 ± 1,6      | 2,3          | 6-й        | 0,37  | ∪↑       |             | 0,01  |
| 13-я         | 2,9 ± 0,3      | 1,0          | 9-й        | 0,61  | ↓        | 1,9 ± 0,4      | 0,6          | 10-й       | 0,09  | ∩↑       |             |       |
| 14–16-я      | 8,2 ± 1,3      | 2,7          | 6-й        | 0,92  | ↓        | 12,6 ± 1,7     | 3,9          | <b>4-й</b> | 0,06  | ∪        |             | 0,001 |
| 17-я         | 1,3 ± 0,3      | 0,4          | 11–12-й    | 0,89  | ↓        | 0,6 ± 0,2      | 0,2          | 12-й       | 0,02  | ∩↑       |             |       |
| 22-я         | 15,3 ± 0,8     | 5,0          | <b>4-й</b> | 0,01  | →        | 4,7 ± 0,8      | 1,5          | 9-й        | 0,13  | ∩↑       |             |       |
| Общая        | 303,4 ± 27,0   | 100,0        |            | 0,74  | ↓        | 320,8 ± 16,9   | 100,0        |            | 0,63  | ↓        |             |       |

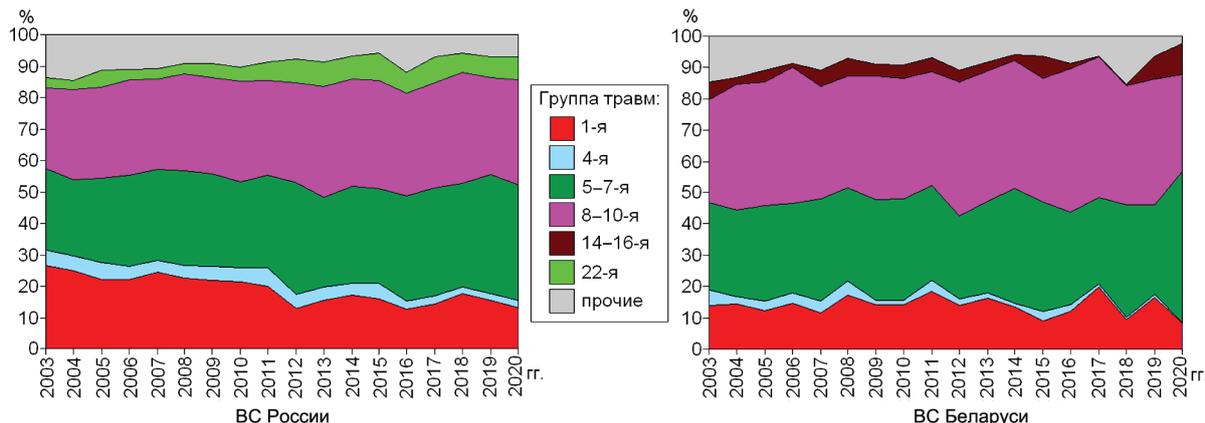


Рис. 8. Динамика долей групп травм, образовавших 1–5-й ранг в структуре дней трудопотерь у военнослужащих ВС России и Беларуси.

В структуре дней трудопотерь у военнослужащих по призыву ВС России 1–5-й ранг составили (представлены по значимости) 8–10-, 5–7-, 1-, 22-я и 4-я группы травм, в сумме – 90%, у военнослужащих ВС Беларуси – 8–10-, 5–7-, 1-, 14–16-я и 4-я группы, в сумме – 90,8% (см. табл. 5).

Динамика доли ведущих травм у военнослужащих по призыву в структуре трудопотерь показана на рис. 8. Отмечается увеличение доли военнослужащих ВС России с травмами 5–7-, 8–10-й и 22-й группы, уменьшение – с травмами 1-й и 4-й группы (см. рис. 8, слева). В динамике структуры у военнослужащих ВС Беларуси выявлено увеличение доли травм с 5–7-, 8–10-й и 14–16-й группой, уменьшение – с травмами 1-й и 4-й группы (см. рис. 8, справа).

**Увольняемость.** Среднегодовой уровень увольняемости военнослужащих по

призыву с травмами в ВС России составил  $(0,552 \pm 0,066)\%$ , в ВС Беларуси этот показатель был аналогичным –  $(0,550 \pm 0,051)\%$ . Конгруэнтность уровней трудопотерь – низкая и статистически недостоверная ( $r = 0,184$ ;  $p > 0,05$ ).

При высокой вариабельности показателей полиномиальный тренд динамики уровня увольняемости военнослужащих по призыву с травмами в ВС России при низком коэффициенте детерминации ( $R^2 = 0,39$ ) демонстрирует тенденцию уменьшения данных, военнослужащих ВС Беларуси при очень низком коэффициенте детерминации ( $R^2 = 0,01$ ) – тенденцию незначительного увеличения показателей (рис. 9)

Среднегодовая доля увольнений военнослужащих по призыву с травмами в ВС России составила  $(3,13 \pm 0,27)\%$  от структуры увольняемости по всем классам болезней по

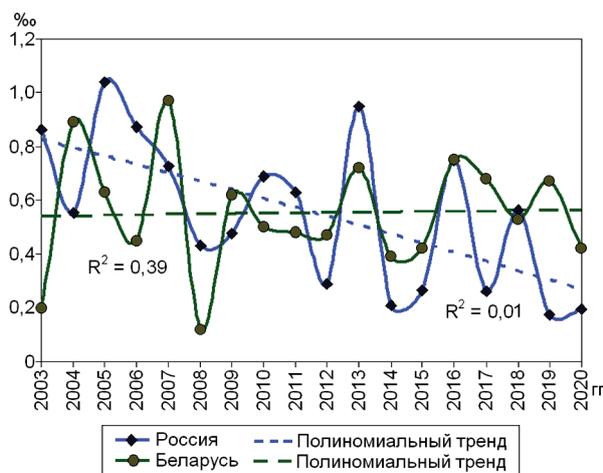


Рис. 9. Динамика уровня увольняемости военнослужащих по призыву с травмами ВС России и Беларуси.



Рис. 10. Динамика доли увольнений по причине травм в структуре всей увольняемости военнослужащих по призыву ВС России и Беларуси.

Таблица 6

Обобщенные показатели увольняемости военнослужащих по призыву ВС России и Беларуси, обусловленные травмами, в 2003–2020 гг.

| Группа травм | Россия         |              |            |                |          | Беларусь       |              |            |                |          | P <sub>1-2</sub> <    |
|--------------|----------------|--------------|------------|----------------|----------|----------------|--------------|------------|----------------|----------|-----------------------|
|              | уровень, ‰ (1) | структура, % | ранг       | R <sup>2</sup> | динамика | уровень, ‰ (2) | структура, % | ранг       | R <sup>2</sup> | динамика |                       |
| 1-я          | 0,115 ± 0,019  | 20,9         | <b>2-й</b> | 0,39           | ↓        | 0,121 ± 0,021  | 22,0         | <b>2-й</b> | 0,01           | U↑       | 0,05<br>0,05<br>0,001 |
| 2-я          | 0,009 ± 0,002  | 1,7          | 9-й        | 0,41           | ∩        | 0,012 ± 0,005  | 2,2          | 10-й       | 0,18           | ↓        |                       |
| 3-я          | 0,014 ± 0,004  | 2,5          | 7-й        | 0,66           | ↓        | 0,019 ± 0,006  | 3,5          | 8-й        | 0,14           | U↑       |                       |
| 4-я          | 0,092 ± 0,017  | 16,6         | <b>3-й</b> | 0,76           | ↓        | 0,055 ± 0,012  | 10,0         | <b>4-й</b> | 0,17           | ↓        |                       |
| 5–7-я        | 0,063 ± 0,016  | 11,4         | <b>5-й</b> | 0,05           | ∩        | 0,097 ± 0,026  | 17,6         | <b>3-й</b> | 0,01           | →        |                       |
| 8–10-я       | 0,079 ± 0,017  | 14,3         | <b>4-й</b> | 0,08           | ∩↑       | 0,131 ± 0,029  | 23,8         | <b>1-й</b> | 0,07           | ∩↓       |                       |
| 11-я         | 0,019 ± 0,004  | 3,5          | 6-й        | 0,42           | ↓        | 0,041 ± 0,012  | 7,5          | <b>5-й</b> | 0,42           | ↑        |                       |
| 12-я         | 0,002 ± 0,001  | 0,4          | 12-й       | 0,14           | ↓        | 0,015 ± 0,007  | 2,7          | 9-й        | 0,28           | ↓        |                       |
| 13-я         | 0,007 ± 0,003  | 1,3          | 10-й       | 0,23           | ↓        | 0,002 ± 0,002  | 0,4          | 11-й       | 0,07           | ∩        |                       |
| 14–16-я      | 0,010 ± 0,003  | 1,8          | 8-й        | 0,43           | ↓        | 0,026 ± 0,007  | 4,7          | 7-й        | 0,07           | U        |                       |
| 17-я         | 0,003 ± 0,001  | 0,6          | 11-й       | 0,38           | ↓        | 0,000 ± 0,000  | 0,0          |            |                |          |                       |
| 22-я         | 0,138 ± 0,020  | 25,0         | <b>1-й</b> | 0,16           | ∩↓       | 0,031 ± 0,011  | 5,6          | 6-й        | 0,10           | ∩↑       |                       |
| Общая        | 0,552 ± 0,066  | 100,0        |            | 0,39           | ↓        | 0,550 ± 0,051  | 100,0        |            | 0,01           | ↑        |                       |

МКБ-10, в ВС Беларуси была незначительно больше – (3,52 ± 0,32)%. Конгруэнтность динамики уровней увольняемости – также низкая и статистически недостоверная (r = 0,214; p > 0,05). Полиномиальные тренды долей увольняемости военнослужащих с травмами в структуре увольнений по всем классам по МКБ-10 (рис. 10) напоминают тенденции трендов уровней увольняемости (см. рис. 9).

Обобщенные данные увольняемости сведены в табл. 6. У военнослужащих по призыву ВС России уменьшение отмечается в 72,6% травм, увеличение – в 14,3%, иная динамика наблюдается в 13,1%, у военнослужащих ВС Беларуси – в 38,7, 38,6 и 22,7% соответственно (см. табл. 6).

Наибольшие показатели увольняемости (1–3-й ранг) были у военнослужащих по призыву ВС России с последствиями травм, отравлений и других воздействий внешних причин (22-я группа), с травмами головы (2-я группа) и живота, нижней части спины, поясничного отдела позвоночника и таза (4-я группа), у военнослужащих ВС Беларуси – с травмами области тазобедренного сустава и нижних конечностей (8–10-я группа), головы (2-я группа) и плечевого пояса и верхних конечностей (5–7-я группа). В сумме указанные травмы составили 62,3% увольнений военнослужащих по призыву в ВС России и 63,4% – военнослужащих в ВС Беларуси (см. табл. 6).

У военнослужащих по призыву ВС России было статистически больше увольнений, чем в ВС Беларуси, по причине отморожений (17-я группа) и последствий травм, отравлений и других воздействий внешних причин (22-я группа) и меньше – с термическими

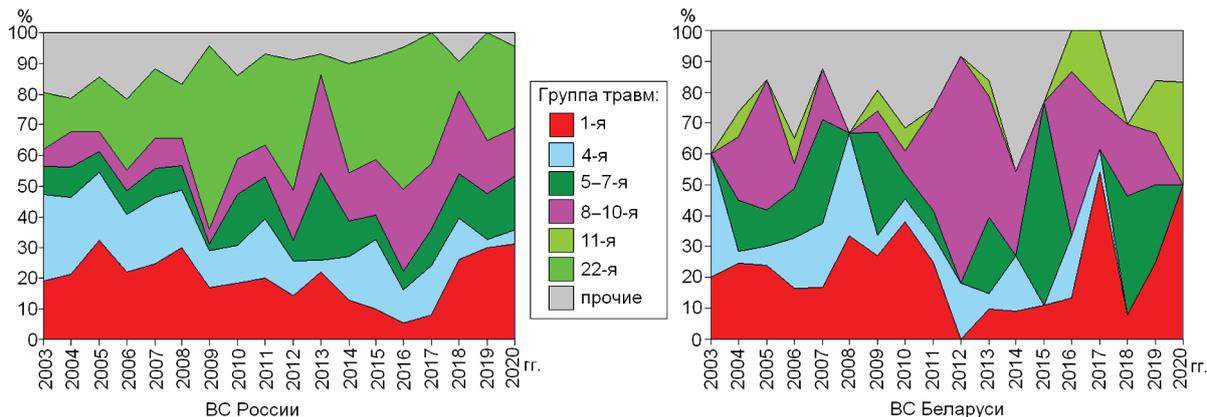
и химическими ожогами (14–16-я группа) (см. табл. 6).

Статистически достоверная сопряженность уровня увольняемости наблюдалась у военнослужащих с травмами области тазобедренного сустава и нижних конечностей (r = 0,588; p < 0,05), что свидетельствовало об участии в развитии одинаковых (однонаправленных) факторов у военнослужащих ВС России и Беларуси, и травмами, захватывающими несколько областей тела (r = –0,497; p < 0,05), что указывало на обратную динамику – о влиянии разных (разнонаправленных) факторов.

В структуре увольняемости военнослужащих по призыву ВС России 1–5-й ранг составили (указаны по значимости) 22-, 1-, 4-, 8–10-я и 5–7-я группы травм, в сумме – 88,2%, военнослужащих ВС Беларуси – 8–10-, 1-, 5–7-, 4-я и 11-я группы, в сумме – 80,9% (см. табл. 6).

Динамика доли ведущих травм у военнослужащих по призыву в структуре увольнений показана на рис. 11. Отмечается увеличение доли военнослужащих ВС России с травмами 1-, 5–7-, 8–10-й и 22-й группы, уменьшение – с травмами 4-й группы (см. рис. 11, слева). В динамике структуры у военнослужащих ВС Беларуси выявлено увеличение доли травм 1-, 5–7-й и 11-й группы, уменьшение – с травмами 4-й и 8–10-й группы (см. рис. 11, справа).

**Смертность.** Среднегодовой уровень смертности военнослужащих по призыву с травмами в ВС России составил (21,96 ± 4,26) на 100 тыс., в ВС Беларуси этот показатель был немного больше – (24,18 ± 4,29) на



**Рис. 11.** Динамика долей групп травм, образовавших 1–5-й ранг в структуре увольнения военнослужащих: а – ВС России; б – ВС Беларуси.

100 тыс. Конгруэнтность уровней смертности – умеренная и статистически достоверная ( $r = 0,618$ ;  $p < 0,01$ ), что может указывать на влияние в формировании годовых показателей смертности одинаковых (однонаправленных) факторов.

Полиномиальные тренды динамики уровня смертности военнослужащих по призыву с травмами ВС России и Беларуси при значимых коэффициентах детерминации ( $R^2 = 0,86$  и  $R^2 = 0,57$  соответственно) показывают уменьшение данных (рис. 12).

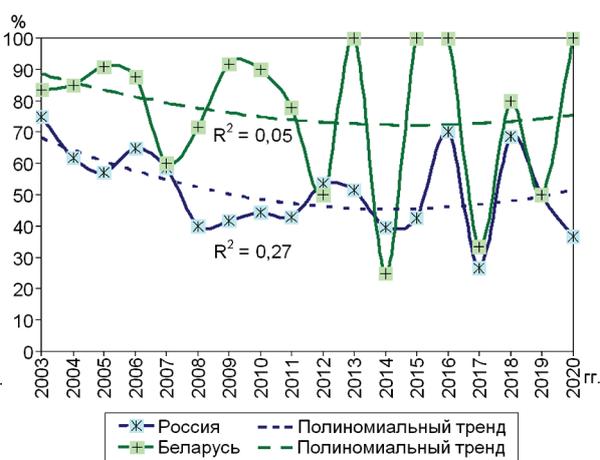
Среднегодовая доля смертности военнослужащих по призыву в ВС России составила ( $51,4 \pm 3,1$ )% от структуры смертности по всем классам болезней по МКБ-10, в ВС Беларуси была статистически достоверно больше – ( $76,4 \pm 5,5$ )% ( $p < 0,001$ ). Конгруэнтность динамики уровней смертности – положительная, но статистически недостоверная ( $r = 0,335$ ;  $p > 0,05$ ). Полиномиальные тренды

доли смертности военнослужащих с травмами при низких коэффициентах детерминации ( $R^2 = 0,27$  и  $R^2 = 0,05$  соответственно) напоминают тенденции пологих U-кривых с уменьшением данных (рис. 13).

Обобщенные данные смертности сведены в табл. 7. Как правило, в динамике показателей в группах травм отмечается уменьшение данных. Наибольшие показатели смертности (1–3-й ранг) были у военнослужащих по призыву ВС России с травмами головы (1-я группа), с травмами, захватывающими несколько областей тела (11-я группа), и с травмами шеи (2-я группа). В сумме доля указанных травм составила 78,4% от структуры. У военнослужащих по призыву ВС Беларуси наибольшие показатели смертности были с травмами, захватывающими несколько областей тела (11-я группа), с последствиями травм, отравлений и других воздействий внешних причин (22-я группа) и с травмами головы



**Рис. 12.** Динамика уровня смертности военнослужащих по призыву с травмами ВС России и Беларуси.



**Рис. 13.** Динамика доли смертности по причине травм в структуре всей смертности военнослужащих по призыву ВС России и Беларуси.

Таблица 7

Обобщенные показатели смертности военнослужащих по призыву ВС России и Беларуси, обусловленные травмами, в 2003–2020 гг.

| Группа травм | Россия         |              |            |                |          | Беларусь       |              |            |                |          | P <sub>1-2</sub> < |
|--------------|----------------|--------------|------------|----------------|----------|----------------|--------------|------------|----------------|----------|--------------------|
|              | уровень, ‰ (1) | структура, % | ранг       | R <sup>2</sup> | динамика | уровень, ‰ (2) | структура, % | ранг       | R <sup>2</sup> | динамика |                    |
| 1-я          | 8,04 ± 1,74    | 36,5         | <b>1-й</b> | 0,89           | ↓        | 4,19 ± 0,78    | 17,3         | <b>3-й</b> | 0,12           | U↓       |                    |
| 2-я          | 2,28 ± 0,67    | 10,4         | <b>3-й</b> | 0,71           | ↓        | 1,45 ± 0,60    | 6,0          | <b>5-й</b> | 0,25           | ↓        |                    |
| 3-я          | 1,93 ± 0,46    | 8,8          | <b>4-й</b> | 0,80           | ↓        | 2,29 ± 0,69    | 9,5          | <b>4-й</b> | 0,28           | ∩↓       |                    |
| 4-я          | 1,21 ± 0,30    | 5,5          | <b>5-й</b> | 0,70           | ↓        | 0,67 ± 0,36    | 2,8          | 6-й        | 0,51           | U        |                    |
| 5–7-я        | 0,04 ± 0,02    | 0,2          | 12-й       | 0,19           | ↓        | 0,00 ± 0,00    |              |            |                |          | 0,01               |
| 8–10-я       | 0,25 ± 0,07    | 1,2          | 8-й        | 0,06           | ↓        | 0,00 ± 0,00    |              |            |                |          |                    |
| 11-я         | 6,93 ± 1,32    | 31,5         | <b>2-й</b> | 0,50           | U↓       | 8,01 ± 2,09    | 33,1         | <b>1-й</b> | 0,33           | ↓        | 0,05               |
| 12-я         | 0,18 ± 0,08    | 0,8          | 9-й        | 0,01           | ↓        | 0,00 ± 0,00    |              |            |                |          | 0,01               |
| 13-я         | 0,06 ± 0,04    | 0,3          | 11-й       | 0,24           | U        | 0,00 ± 0,00    |              |            |                |          |                    |
| 14–16-я      | 0,47 ± 0,09    | 2,1          | 7-й        | 0,30           | U        | 0,22 ± 0,22    | 0,9          | 7-й        | 0,05           | ↓        |                    |
| 17-я         | 0,09 ± 0,06    | 0,4          | 10-й       | 0,47           | ↓        | 0,00 ± 0,00    |              |            |                |          |                    |
| 22-я         | 0,50 ± 0,12    | 2,3          | 6-й        | 0,44           | U↓       | 7,35 ± 1,93    | 30,4         | <b>2-й</b> | 0,27           | ↓        | 0,01               |
| Общая        | 21,96 ± 4,26   | 100,0        |            | 0,86           | ↓        | 24,18 ± 4,29   |              |            | 0,57           | ↓        |                    |

(1-я группа), их доля в сумме была 80,8 % от структуры (см. табл. 7).

У военнослужащих по призыву ВС России было статистически больше смертей, чем в ВС Беларуси, от травм в области тазобедренного сустава и нижних конечностей (8–10-я группа) и травм неуточненной части туловища, конечности или области тела (12-я группа), которые в ВС Беларуси не были зафиксированы, и меньше – с последствиями травм, отравлений и других воздействий внешних причин (22-я группа) (см. табл. 7).

В структуре смертности по причине травм у военнослужащих по призыву ВС России 1–5-й ранг составили (указаны по значимости) 1-, 11-, 2-, 3-я и 4-я группы травм, в сумме – 92,7%, у военнослужащих ВС Беларуси – 11-, 22-, 1-, 3-я и 2-я группы, в сумме – 96,3% (см. табл. 7).

Динамика доли ведущих травм у военнослужащих по призыву в структуре смертности показана на рис. 14. Отмечается увеличение

доли военнослужащих ВС России с травмами 11-й группы, уменьшение – с травмами 1-, 2-, 3-й и 4-й группы (см. рис. 14, слева). В динамике структуры у военнослужащих ВС Беларуси выявлено увеличение доли травм с 1-й и 22-й группой, уменьшение – с травмами 2-, 3-й и 11-й группы (см. рис. 14, справа).

**Обобщенная оценка.** По представленному ранее алгоритму сконструировали оценку военно-эпидемиологической значимости травм для военнослужащих по призыву (табл. 8). При разной доли значимости группы травм, составившие 1–5-й ранг, совпали. Наиболее значимыми оказались травмы головы (1-я группа), плечевого пояса и верхних конечностей (5–7-я группа), области тазобедренного сустава и нижних конечностей (8–10-я группа), травмы, захватывающие несколько областей тела (11-я группа), и последствия травм, отравлений и других воздействий внешних причин (22-я группа). У во-

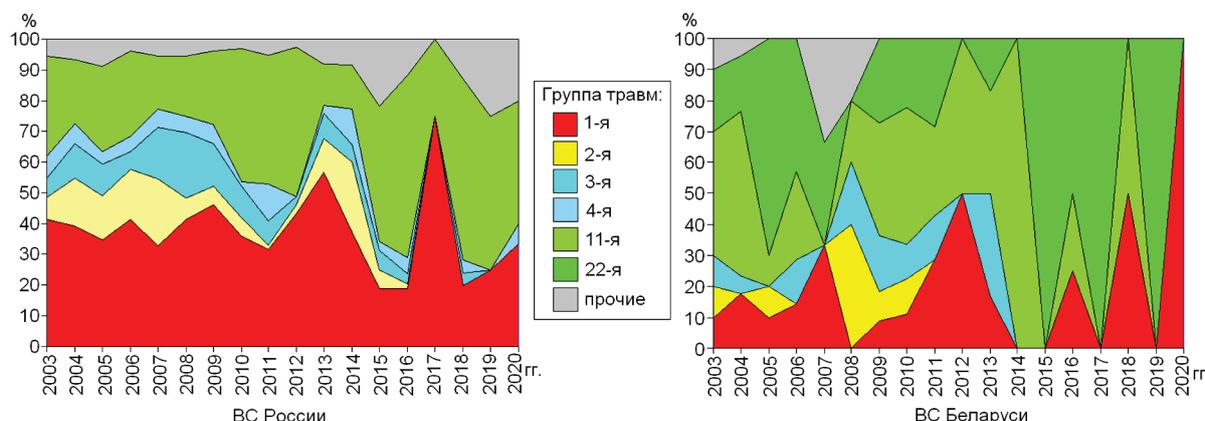


Рис. 14. Динамика долей групп травм, образовавших 1–5-й ранг в структуре смертности военнослужащих ВС России и Беларуси.

Таблица 8

Оценка военно-эпидемиологической значимости травм для военнослужащих по призыву

| Группа  | Название группы   | Россия |            | Беларусь |            |
|---------|---|--------|------------|----------|------------|
|         |   | %      | ранг       | %        | ранг       |
| 1-я     | Травмы головы   | 26,7   | <b>1-й</b> | 18,3     | <b>2-й</b> |
| 2-я     | Травмы шеи  | 4,6    | 8-й        | 3,0      | 8-й        |
| 3-я     | Травмы грудной клетки   | 4,8    | 7-й        | 5,2      | 6-й        |
| 4-я     | Травмы живота, нижней части спины, поясничного отдела позвоночника и таза | 7,6    | 6-й        | 4,4      | 7-й        |
| 5–7-я   | Травмы плечевого пояса и верхних конечностей                              | 14,4   | <b>3-й</b> | 16,3     | <b>3-й</b> |
| 8–10-я  | Травмы области тазобедренного сустава и нижних конечностей                | 15,3   | <b>2-й</b> | 19,6     | <b>1-й</b> |
| 11-я    | Травмы, захватывающие несколько областей тела                             | 13,6   | <b>4-й</b> | 15,1     | <b>4-й</b> |
| 12-я    | Травмы неуточненной части туловища, конечности или области тела           | 0,6    | 11-й       | 1,5      | 10-й       |
| 13-я    | Последствия проникновения инородного тела через естественные отверстия    | 0,9    | 10-й       | 0,3      | 11-й       |
| 14–16-я | Термические и химические ожоги  | 2,3    | 9-й        | 2,8      | 9-й        |
| 17-я    | Отморожение   | 0,5    | 12-й       | 0,1      | 12-й       |
| 22-я    | Последствия травм, отравлений и других воздействий внешних причин         | 8,7    | <b>5-й</b> | 13,4     | <b>5-й</b> |

еннослужащих по призыву ВС России в сумме эти травмы образовали 78,7% от обобщенной оценки, ВС Беларуси – 82,7%.

#### Обстоятельства получения травм.

В проанализированных отчетах ВС России и Беларуси представлены отличающиеся обстоятельства, при которых возникали травмы. В ряде случаев эти обстоятельства сравнить не представляется возможным. Например, военнослужащие по призыву ВС России в 3,1% получали травмы на боевом дежурстве, в 19,2% – при боевой подготовке, в 9,5% – при несении службы, в 5,9% – при эксплуатации вооружения и военной техники

(табл. 9). Выявлен достаточно высокий уровень травматизма при занятиях по физической подготовке и спортом, его предупреждение – решаемая задача [7].

На рис. 15 показана структура и динамика вклада в структуру обобщенных обстоятельств возникновения травм у военнослужащих по призыву ВС России. Отмечается увеличение травм во время учений, боевой подготовки, обслуживания вооружения и военной техники, несения нарядов по службе и во внеслужебное время; уменьшение доли – при выполнении прочих обязанностей повседневной службы (хозяйственные

Таблица 9

Обстоятельства травм, полученные военнослужащими по призыву ВС России в 2003–2019 гг.

| Обстоятельство получения травмы                         | %     |
|---|-------|
| Боевое дежурство  | 3,1   |
| Боевая подготовка, в том числе:                         | 19,2  |
| учения  | 1,9   |
| занятия   | 3,2   |
| физическая подготовка и спорт                           | 10,8  |
| другие мероприятия                                      | 3,3   |
| Несение службы, в том числе:                            | 9,5   |
| гарнизонной   | 0,7   |
| караульной  | 1,2   |
| внутренней  | 7,6   |
| Эксплуатация вооружения и военной техники, в том числе: | 5,9   |
| на территории военной части                             | 4,5   |
| за пределами военной части                              | 1,4   |
| Хозяйственные работы                                    | 14,2  |
| Строительные работы                                     | 2,7   |
| Во внеслужебное время                                   | 13,0  |
| Прочие  | 32,4  |
| Всего   | 100,0 |

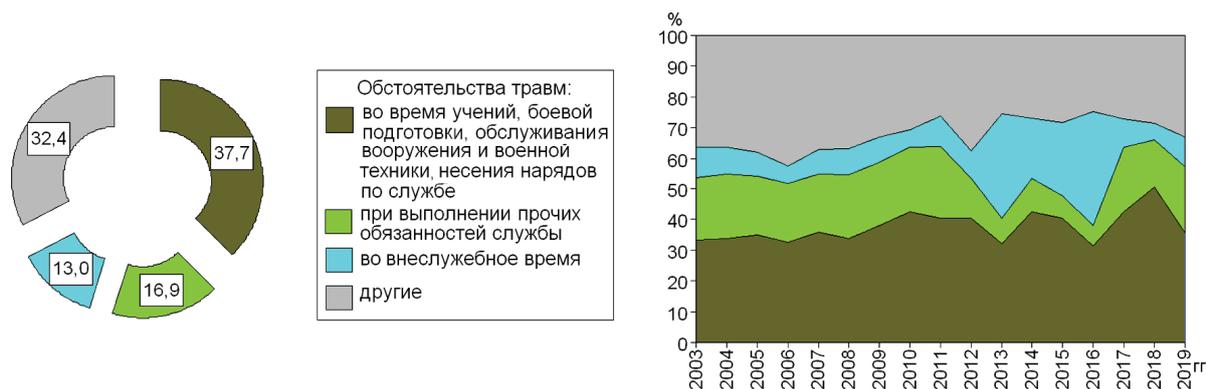


Рис. 15. Структура и динамика вклада в структуру обобщенных обстоятельств возникновения травм у военнослужащих по призыву ВС России (%).

Таблица 10

Обстоятельства травм, полученные военнослужащими по призыву ВС Беларуси в 2003–2019 гг.

| Обстоятельство получения травмы  | %     |
|--|-------|
| Травмы, полученные при исполнении обязанностей военной службы, в том числе:    | 91,0  |
| участие в учениях, несение боевого дежурства, боевой службы, наряда            | 9,4   |
| физическая подготовка и спорт  | 9,3   |
| выполнение возложенных обязанностей повседневной деятельности                  | 43,3  |
| нахождение в командировках, на лечении, следование к месту службы и обратно    | 4,0   |
| прочие обстоятельства  | 25,0  |
| Травмы, не связанные с исполнением обязанностей военной службы, в том числе:   | 9,0   |
| нахождение вне расположения воинской части на отдыхе, в увольнении или отпуске | 7,7   |
| самовольное нахождение вне расположения воинской части                         | 0,5   |
| травмы, полученные при совершении правонарушения                               | 0,8   |
| Всего  | 100,0 |

и строительные работы) и при других обстоятельствах.

В отчетах по травматизму военнослужащих по призыву ВС Беларуси представлены несколько иные обстоятельства возникновения травм. Например, в 91% травмы были получены при исполнении обязанностей военной службы, в 9% – при других обстоятельствах, например, не связанных с исполнением обязанностей военной службы (табл. 10).

На рис. 16 показана структура и динамика вклада в структуру обобщенных обстоятельств возникновения травм у военнослужащих по призыву ВС Беларуси. Выявлено увеличение доли травм, не связанных с исполнением обязанностей военной службы, и уменьшение доли – травм, полученных при исполнении обязанностей военной службы.

Травматизм – это не только медицинская проблема. Необходимо шире привлекать раз-

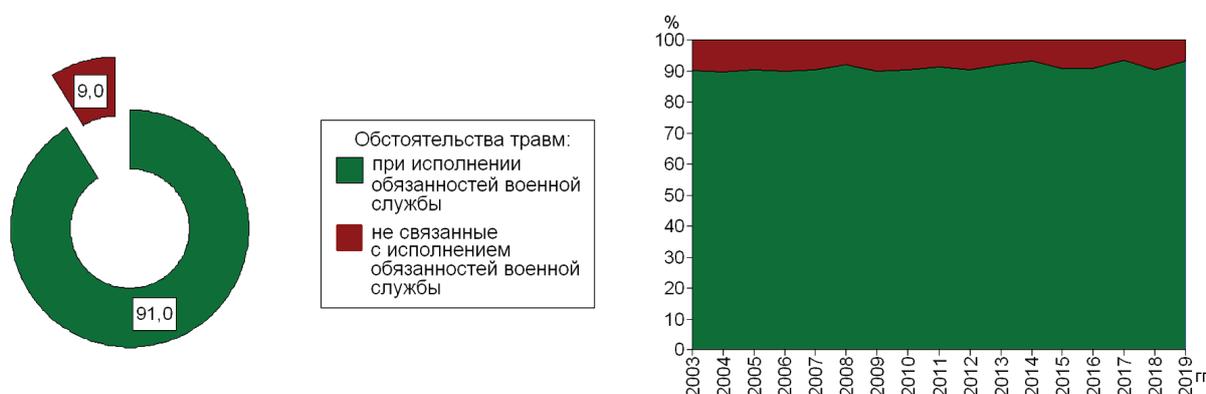


Рис. 16. Структура и динамика вклада в структуру обобщенных обстоятельств возникновения травм у военнослужащих по призыву ВС Беларуси (%).

ных военных специалистов для анализа причинно-следственных связей возникновения травм и их профилактики.

### Заключение

В 2003–2020 гг. среднегодовой показатель травматизма (первичной заболеваемости) военнослужащих по призыву Вооруженных сил России составил  $(15,91 \pm 1,65)\%$ , Вооруженных сил Беларуси –  $(20,23 \pm 1,96)\%$ , госпитализации с травмами –  $(14,16 \pm 1,29)$  и  $(14,50 \pm 0,96)\%$  соответственно, дней трудопотерь –  $(303,4 \pm 27,0)$  и  $(320,8 \pm 16,9)\%$  соответственно, увольняемости по причине травм –  $(0,552 \pm 0,066)$  и  $(0,550 \pm 0,051)\%$  соответственно, смертности от травм –  $(21,96 \pm 4,26)$  и  $(24,18 \pm 4,29)$  на 100 тыс. соответственно.

Как правило, полиномиальные тренды при высоких коэффициентах детерминации демонстрировали уменьшение уровня травматизма, госпитализации, дней трудопотерь и смертности. Динамика уровня увольняемости в Вооруженных силах России показывала тенденцию

уменьшения данных, в Вооруженных силах Беларуси – незначительное увеличение.

У военнослужащих по призыву Вооруженных сил России и Беларуси отмечается положительная статистически достоверная конгруэнтность показателей травматизма, госпитализации, дней трудопотерь и смертности, что может указывать на влияние в формировании годовых показателей одинаковых (однаправленных) факторов, например военно-профессиональных.

Высокую военно-эпидемиологическую значимость для военнослужащих по призыву представляют травмы головы (1-я группа), плечевого пояса и верхних конечностей (5–7-я группа), области тазобедренного сустава и нижних конечностей (8–10-я группа), травмы, захватывающие несколько областей тела (11-я группа), и последствия травм, отравлений и других воздействий внешних причин (22-я группа) У военнослужащих по призыву Вооруженных сил России эти травмы в сумме образовали 78,7% от обобщенной оценки, Вооруженных сил Беларуси – 82,8%.

### Литература

1. Ананьин, С.А., Дмитроченков А.В., Подушкина И.В. Травматизм у военнослужащих и пути его предупреждения : монография. Н. Новгород : Пламя, 2007. 124 с.
2. Афанасьев, В.Н., Юзбашев М.М. Анализ временных рядов и прогнозирование. М. : Финансы и статистика, 2001. 228 с.
3. Военная травматология и ортопедия / под ред. В.М. Шаповалова. СПб. : Морсар, 2004. 672 с.
4. Евдокимов В.И., Сивашенко П.П. Показатели заболеваемости военнослужащих по призыву Вооруженных сил Российской Федерации (2003–2016 гг.) : монография. СПб. : Политехника-принт, 2018. 76 с. (Серия «Заболеваемость военнослужащих» ; вып. 4).
5. Евдокимов В.И., Сивашенко П.П., Иванов В.В., Хоминец В.В. Медико-статистические показатели травм у военнослужащих контрактной службы (рядовых, сержантов и старшин) Вооруженных сил Российской Федерации (2003–2019 гг.) // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2020. № 4. С. 87–104. DOI: 10.25016/2541-7487-2020-0-4-87-104.
6. Евдокимов В.И., Чернов Д.А., Сивашенко П.П., Еськов А.С. Медико-статистические показатели заболеваемости военнослужащих по призыву Вооруженных сил Республики Беларусь и Российской Федерации (2003–2016 гг.) // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2018. № 2. С. 26–50. DOI: 10.25016/2541-7487-2018-0-2-26-50.
7. Кравцов А.И. Динамика травматизма у курсантов военно-физкультурного вуза // Теория и практика физической подготовки в Вооруженных силах РФ: опыт и перспективы: науч.-практ. конф., посвященная 180-летию со дня рождения П.Ф. Лесгафта. СПб., 2017. С. 69–75.
8. Рубашов А.В. Психологические условия предупреждения травматизма военнослужащих по призыву : автореф. дис. ... канд. психол. наук. М., 2002. 23 с.
9. Семенов А.В. Комплексное медико-социальное исследование травматизма у военнослужащих и пути его предупреждения : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Рязань, 2006. 25 с.
10. Сушильников С.И., Азаров И.И., Яковлев С.В. [и др.]. Показатели состояния здоровья военнослужащих Вооруженных сил Российской Федерации, а также деятельности военно-медицинских подразделений, частей и организаций в 2018 году / под общ. ред. Д.В. Тришкина ; Гл. Воен.-мед. упр. Минобороны Рос. Федерации. М., 2019. 195 с.
11. Ханкевич Ю.Р. Мызников И.Л. Аскерко Н.В. [и др.]. Травматизм у военнослужащих Северного флота // Воен.-мед. журн. 2012. № 7. С. 32–40.
12. Absolute and relative morbidity burdens attributable to various illnesses and injuries, active component, U.S. armed forces, 2018 // Medical Surveillance Monthly Report. 2019. Vol. 26, N 5. P. 2–10.

13. Canham-Chervak M., Steelman R.A., Schuh A., Jones B.H. Importance of external cause coding for injury surveillance: lessons from assessment of overexertion injuries among U.S. Army soldiers in 2014 // *Medical Surveillance Monthly Report*. 2016. Vol. 23, N 11. P. 10–15.

14. Jones B.H., Perrotta D.M., Canham-Chervak M.L. [et al.]. Injuries in the military: A review and commentary focused on prevention // *American Journal of Preventive Medicine*. 2000. Vol. 18, Suppl. 3. P. 71–84. DOI: 10.1016/S0749-3797(99)00169-5.

15. Schweizer M.A., Janak J.C., Stockinger Z.T., Monchal T. Description of trauma among French service members in the Department of Defense Trauma Registry: understanding the nature of trauma and the care provided // *Military Medical Research*. 2019. Vol. 6, N 1. Art. 7. DOI: 10.1186/s40779-019-0197-6.

16. Taanila H., Suni J., Pihlajamäki H. [et al.]. Musculoskeletal disorders in physically active conscripts: a one-year follow-up study in the Finnish Defence Forces // *BMC Musculoskelet Disord*. 2009. Vol. 10. Art. 89. DOI: 10.1186/1471-2474-10-89.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи. Поступила 11.04.2021 г.

**Участие авторов:** В.И. Евдокимов – разработка концепции и дизайна исследования, анализ полученных данных, подготовка иллюстраций и написание первого варианта статьи; Д.А. Чернов – сбор и обработка материала, анализ полученных данных, редактирование окончательного варианта статьи; П.П. Сивашченко – сбор и обработка материала, анализ полученных данных, написание первого варианта статьи; А.А. Ветошкин – методическое сопровождение, перевод реферата, транслитерация списка литературы, редактирование окончательного варианта статьи.

**Для цитирования.** Евдокимов В.И., Чернов Д.А., Сивашченко П.П., Ветошкин А.А. Сравнение показателей травматизма военнослужащих, проходящих службу по призыву в Вооруженных силах России и Республики Беларусь (2003–2020 гг.) // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2021. № 2. С. 36–51. DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-2-36-51

## Comparison of indicators of injuries in military personnel serving on conscription in the Armed Forces of Russia and the Republic of Belarus (2003–2020)

Evdokimov V.I.<sup>1,3</sup>, Chernov D.A.<sup>2</sup>, Sivashchenko P.P.<sup>1</sup>, Vetoshkin A.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Kirov Military Medical Academy (6, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia);

<sup>2</sup> Gomel State Medical University (5, Lange Str., Gomel, 246000, Republic of Belarus)

<sup>3</sup> Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia)

✉ Vladimir Ivanovich Evdokimov – Dr. Med. Sci. Prof., Principal Research Associate, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia); teacher, Kirov Military Medical Academy (6, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), ORCID: 0000-0002-0771-2102, e-mail: 9334616@mail.ru;

Denis Anatol'evich Chernov – Chief of the Military Department, Gomel State Medical University (5, Lange Str., Gomel, 246000, Republic of Belarus), e-mail: chernov\_denis78@mail.ru;

Pavel Pavlovich Sivashchenko – PhD Med. Sci. Associate Prof., Kirov Military Medical Academy (6, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), ORCID: 0000-0001-6286-6967;

Aleksandr Aleksandrovich Vetoshkin – PhD Med. Sci. Associate Prof., orthopedic trauma surgeon, traumatology and orthopedics department, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), ORCID 0000-0003-3258-2220, e-mail: totoalex5@gmail.com

### Abstract

**Relevance.** Injury indicators in military personnel reflect injuries and their consequences that occur in a certain period, as a rule, over a year. Injury indicators in the Armed Forces (AF) are important for assessing occupational safety.

**Intention:** To compare injury indicators in military conscripts between the Russian Armed Forces and the Republic of Belarus for 18 years from 2003 to 2020.

**Methodology.** We carried out a selective statistical analysis of medical reports on the health status of personnel and the activities of the medical service according to 3/MED form in military units where at least 80 % of the total number of conscripts of the Armed Forces of Russia and Belarus served. Groups (blocks) of injuries in Chapter XIX "Injuries, poisoning and certain other consequences of exposure to external causes" were agreed with the International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, 10th revision (ICD-10). Injury data were calculated per 1000 military personnel or ‰, mortality rates – per 100 000 military personnel.

**Results and their Discussion.** In the Russian Armed Forces compared to the Belarusian Armed Forces, the average annual injury rates (primary morbidity) of conscripts were (15.91 ± 1.65) ‰ vs (20.23 ± 1.96) ‰, hospitalizations with injuries (14.16 ± 1.29) vs (14.50 ± 0.96) ‰, work days lost (303.4 ± 27.0) vs (303.4 ± 27.0) ‰, dismissal due to injuries (0.552 ± 0.066) vs (0.551 ± 0.051) ‰, injury-related mortality (21.96 ± 4.26) vs (24.18 ± 4.29) per 100 000, respectively. As a rule, polynomial trends with high determination coefficients showed a decrease in the levels of injury, hospitalization, work days lost and mortality. Dismissal trends showed decrease in the Russian Armed Forces and increase in the Belarusian Armed Forces. The conscripts of the Armed Forces of Russia and Belarus have a positive statistically significant congruence in indicators of

injuries, hospitalizations, work days lost and mortality, which may indicate the influence of the same (unidirectional) factors in the formation of annual indicators. Injuries of the head (Group 1, Chapter XIX by ICD-10), shoulder girdle and upper limbs (Groups 5–7), the area of the hip joint and lower extremities (Groups 8–10), injuries, affecting several areas of the body (Group 11), and the consequences of injuries, poisoning and other external causes (Group 22) are of high military-epidemiological significance for conscripts in the Russian Armed Forces and the Belarusian Armed Forces. These injuries accounted for 78.7 % and 82.8 % of the generalized estimate in the Russian Armed Forces and the Armed Forces of Belarus, respectively.

**Conclusion.** Taking into account the indicators of injuries will allow the medical service to optimize the calculation of forces and assets for treatment and rehabilitation of servicemen with injuries. Injuries are not only a medical problem; it is necessary to involve more extensively military professionals from various services to analyze the cause-and-effect relationships of injuries and develop measures for their prevention.

**Keywords:** military medicine, injury, traumatism, Armed Forces, conscript, medical statistics, morbidity, hospitalization, work days lost, dismissal, mortality, military epidemiological significance.

#### References

- Anan'in, S.A., Dmitrochenkov A.V., Podushkina I.V. *Travmatizm u voennosluzhashchikh i puti ego preduprezhdeniya* : monografiya [Injuries among military personnel and ways to their prevention]. Nizhnii Novgorod. 2007. 124 p. (In Russ.)
- Afanas'ev, V.N., Yuzbashev M.M. *Analiz vremennykh ryadov i prognozirovaniye* [Time Series Analysis and Forecasting]. Moskva. 2001. 228 p. (In Russ.)
- Voennaya travmatologiya i ortopediya [Military traumatology and orthopedics]. Ed. V.M. Shapovalov. Sankt-Peterburg. 2004. 672 p. (In Russ.)
- Evdokimov V.I., Sivashchenko P.P. *Pokazateli zabolevaemosti voennosluzhashchikh po prizyvu Vooruzhennykh sil Rossiiskoi Federatsii (2003–2016 gg.)* : monografiya [Indicators of morbidity among conscripts of the armed forces of the Russian Federation (2003–2016) monograph]. Sankt-Peterburg. 2018. 76 p. (Seriya «Zabolevaemost' voennosluzhashchikh» [Series "Morbidity in military personnel"]; Iss. 4). (In Russ.)
- Evdokimov V.I., Sivashchenko P.P., Ivanov V.V. *Khominets V.V. Mediko-statisticheskie pokazateli travm u voennosluzhashchikh kontraktnoi sluzhby (ryadovykh, serzhantov i starshin) Vooruzhennykh sil Rossiiskoi Federatsii (2003–2019 gg.)* [Medical and statistical indicators of injuries among contract military personnel (privates, sergeants and foreman) in the Armed Forces of the Russian Federation (2003–2019)]. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2020. N 4. Pp. 87–104. DOI: 10.25016/2541-7487-2020-0-4-87-104. (In Russ.)
- Evdokimov V.I., Chernov D.A., Sivashchenko P.P., Es'kov A.S. *Mediko-statisticheskie pokazateli zabolevaemosti voennosluzhashchikh po prizyvu Vooruzhennykh sil Respubliki Belarus' i Rossiiskoi Federatsii (2003–2016 gg.)* [Medical and statistical indicators of morbidity among conscripts in armed forces of the Republic of Belarus and Russian Federation (2003–2016)]. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2018. N 2. Pp. 26–50. DOI: 10.25016/2541-7487-2018-0-2-26-50. (In Russ.)
- Kravtsov A.I. *Dynamics of traumatism among cadets of the military sport institution. Teoriya i praktika fizicheskoi podgotovki v Vooruzhennykh silakh RF: opyt i perspektivy* [Theory and practice of physical training in the Armed Forces: Experience and Prospects] : Scientific. Conf. Proceedings. Sankt-Peterburg. 2017. Pp. 69–75. (In Russ.)
- Rubashov A.V. *Psikhologicheskie usloviya preduprezhdeniya travmatizma voennosluzhashchikh po prizyvu* [Psychological conditions for preventing injuries in conscripts] : Abstract dissertation PhD Psychol. Sci. Moskva. 2002. 23 p. (In Russ.)
- Semenov A.V. *Kompleksnoe mediko-sotsial'noe issledovanie travmatizma u voennosluzhashchikh i puti ego preduprezhdeniya* [Comprehensive medical and social study of injuries among military personnel and ways to prevent them]: Abstract dissertation PhD Psychol. Sci. Ryazan'. 2006. 25 p. (In Russ.)
- Sushil'nikov S.I., Azarov I.I., Yakovlev S.V. [et al.]. *Pokazateli sostoyaniya zdorov'ya voennosluzhashchikh Vooruzhennykh sil Rossiiskoi Federatsii, a takzhe deyatel'nosti voenno-meditsinskikh podrazdelenii, chastei i organizatsii v 2018 godu* [Health indicators of military men in the Russian Federation Armed Forces, as well as the activities of military medical units, departments and institutions in the 2018]. Ed. D.V. Trishkin. Moskva 2019. 195 p. (In Russ.)
- Khankevich Yu.R. Myznikov I.L. Askerko N.V. [et al.]. *Travmatizm u voennosluzhashchikh Severnogo flota* [Rate of injuries in military men of the North fleet]. *Voенно-meditsinskii zhurnal* [Military medical journal]. 2012. N 7. Pp. 32–40. (In Russ.)
- Absolute and relative morbidity burdens attributable to various illnesses and injuries, active component, U.S. armed forces, 2018. *Medical Surveillance Monthly Report*. 2019. Vol. 26, N 5. Pp. 2–10.
- Canham-Chervak M., Steelman R.A., Schuh A., Jones B.H. Importance of external cause coding for injury surveillance: lessons from assessment of overexertion injuries among U.S. Army soldiers in 2014. *Medical Surveillance Monthly Report*. 2016. Vol. 23, N 11. Pp. 10–15.
- Jones B.H., Perrotta D.M. Canham-Chervak M.L. [et al.]. Injuries in the military: A review and commentary focused on prevention. *American Journal of Preventive Medicine*. 2000. Vol. 18, Suppl. 3. Pp. 71–84. DOI: 10.1016/S0749-3797(99)00169-5.
- Schweizer M.A., Janak J.C., Stockinger Z.T., Monchal T. Description of trauma among French service members in the Department of Defense Trauma Registry: understanding the nature of trauma and the care provided. *Military Medical Research*. 2019. Vol. 6, N 1. Art. 7. DOI: 10.1186/s40779-019-0197-6.
- Taanila H., Suni J., Pihlajamäki H. [et al.]. Musculoskeletal disorders in physically active conscripts: a one-year follow-up study in the Finnish Defence Forces. *BMC Musculoskelet Disord*. 2009. Vol. 10. Art. 89. DOI: 10.1186/1471-2474-10-89.

Received 11.04.2021

**For citing.** Evdokimov V.I., Chernov D.A., Sivashchenko P.P., Vetoshkin A.A. *Sravnienie pokazatelei travmatizma voennosluzhashchikh, prokhodyashchikh sluzhbu po prizyvu v Vooruzhennykh silakh Rossii i Respubliki Belarus' (2003–2020 gg.)*. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh*. 2021. N 2. Pp. 36–51. (In Russ.)

Evdokimov V.I., Chernov D.A., Sivashchenko P.P., Vetoshkin A.A. Comparison of indicators of injuries in military personnel serving on conscription in the Armed Forces of Russia and the Republic of Belarus (2003–2020). *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2021. N 2. Pp. 36–51. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-36-51

## МОДЕЛЬ И ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ СКОРОЙ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ДЕТЯМ НА ЭТАПЕ МЕДИЦИНСКОЙ ЭВАКУАЦИИ

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Россия, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2);

<sup>2</sup> Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2);

<sup>3</sup> Институт экспериментальной медицины (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Павлова, д. 12)

**Актуальность.** Организация медицинской эвакуации детей тесно сопрягается с оказанием специализированной (в том числе высокотехнологичной) и скорой (в том числе скорой специализированной) медицинской помощи в экстренной форме. Сложность проблемы медицинской эвакуации детей обусловлена тремя группами причин: нахождением на стыке нескольких взрослых и педиатрических врачебных специальностей, медико-географическими особенностями страны и отсутствием единой нормативно-правовой базы.

С целью повышения доступности медицинской помощи и уменьшения регионального неравенства при ее распределении предложены модель федеральной оперативной службы специализированной медицинской помощи в экстренной форме детям и основные принципы ее функционирования на территории России.

**Методология.** Проанализированы статистические данные, особенности законодательства, пути решения проблемы в отдельных регионах и наработки инициативных групп специалистов.

**Результаты и их анализ.** С 2000 г. уменьшилось число коек для детей в стационарах, число станций скорой медицинской помощи и выросло количество заболеваний и состояний, требующих оказания скорой (в том числе скорой специализированной) медицинской помощи, а также специализированной (в том числе высокотехнологичной) медицинской помощи в экстренной форме у детей. Показатели младенческой смертности в отдаленных и труднодоступных регионах превышают средние по стране в 1,5–2,6 раза. При этом актуальная статистика медицинских эвакуаций детей точно не отражена ни в одном из официальных источников. Нормативно-правовая база медицинской эвакуации детей включает в себя три «Порядка оказания медицинской помощи» по профилю «скорая помощь», «неонатология» и «акушерство и гинекология» и Федеральный закон от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» (статьи 32, 35). Помимо бригад скорой медицинской помощи и медицины катастроф, законодательно подразумевается наличие выездных бригад, осуществляющих медицинскую эвакуацию детей в стационары и подразделения разного профиля, не связанных друг с другом. Кроме того, существуют 140 федеральных медицинских организаций, которые вправе осуществлять медицинскую эвакуацию (приказа Минздрава России от 05.05.2012 г. № 500н), однако правила ее проведения не регламентированы. Стоит отметить отсутствие структуры, объединяющей различные подразделения и анализирующей результаты работы на федеральном уровне.

**Заключение.** Для решения проблемы необходимо создать федеральную оперативную службу и «горячую линию», на которую может обратиться любой житель страны, сформировать федеральный медицинский регистр критических состояний у детей, разработать и внедрить единые принципы диагностики и лечения. Представленная модель и принципы способствуют развитию трехуровневой системы оказания медицинской помощи в экстренной форме и соответствуют цели и задачам Минздрава России, изложенным в письме № 14-3/н/2-2339 от 20.03.2019 г.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, экстренная медицина, организация здравоохранения, дети, медицинская эвакуация, скорая помощь, неотложная помощь, специализированная помощь.

✉ Мальцева Ольга Сергеевна – врач-анестезиолог-реаниматолог, отд. анестезиологии и реанимации для детей с кардиохирургической патологией, С.-Петерб. гос. педиатрич. мед. ун-т (Россия, 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2), ORCID: 0000-0001-8653-0915, e-mail: olga\_maltzeva@mail.ru;

Шелухин Даниил Александрович – канд. мед. наук, зав. отд. анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, 4/2), ORCID: 0000-0002-2510-002X, e-mail: shelldan@mail.ru;

Пшениснов Константин Викторович – канд. мед. наук, доц. каф. анестезиологии, реаниматологии и неотложной педиатрии, С.-Петерб. гос. педиатрич. мед. ун-т (Россия, 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2), ORCID: 0000-0003-1113-5296, e-mail: Psh\_K@mail.ru;

Александрович Юрий Станиславович – д-р мед. наук проф., зав. каф. анестезиологии, реаниматологии и неотложной педиатрии, С.-Петерб. гос. педиатрич. мед. ун-т (Россия, 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2), ORCID: 0000-0002-2131-4813, e-mail: jalex1963@mail.ru;

Редкокаша Александр Алексеевич – ведущий методист музея, Ин-т эксперим. медицины (Россия, 197022, Санкт-Петербург, Каменноостровский пр., д. 71), e-mail: redkokasha@mail.ru;

Прозорова Мира Николаевна – спасатель, Санкт-Петерб. регион. обществ. организация «Объединение добровольных спасателей “Экстремум”» (Россия, 191119, Санкт-Петербург, ул. Марата, д. 82, лит. Ч), e-mail: odinochka2107@gmail.com

Медицинская эвакуация детей – транспортировка для спасения жизни и сохранения здоровья, находится на стыке лечебных и педиатрических специальностей и имеет ряд нерешенных проблем в сфере организации здравоохранения. В то же время, потребность в медицинской эвакуации детей непрерывно растет, с одной стороны, за счет увеличения числа критических состояний, с другой – за счет развития специализированной, в том числе и высокотехнологичной медицинской помощи (СпецМП и ВМП) [1, 4, 7, 12, 14, 20]. Число травм, отравлений и других последствий воздействия внешних причин (XIX класс «Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин» по МКБ-10) с 2000 г. выросло на 1472 случая на 100 тыс. детского населения в возрасте до 14 лет и на 7713 случаев – для детей в возрасте 15–17 лет. В 2018 г. каждый десятый ребенок до 14 лет и каждый шестой ребенок от 15 до 17 лет в России обратились за медицинской помощью в связи с последствиями травм и несчастных случаев. За тот же период времени в 1,6 раза увеличилась первичная заболеваемость по XVII классу «Врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения» по МКБ-10 [9, 17]. С 2005 г. по 2018 г. на 20,4 тыс. выросло число недоношенных новорожденных, из них – на 2,9 и 3,6 тыс. соответственно – детей с экстремально низкой и очень низкой массой тела. Меньшими темпами, но неуклонно растет число детей-инвалидов (с 201,7 до 221,7 на 10 тыс. детского населения в 2001–2019 гг.). Несмотря на трехкратное снижение младенческой смертности в стране за этот же период времени, показатели существенно различаются по регионам. При этом максимальные значения, превышающие средние по стране в 1,5–2,6 раза, регистрируются в отдаленных и труднодоступных территориях России: Чукотский автономный округ, Республика Алтай, Еврейская автономная область, Камчатский край, Республика Дагестан. В то же время, с 2000 г. по настоящее время в 1,7 раза уменьшилось число коек для детей в стационарах и сократилось число станций (отделений) скорой медицинской помощи (СМП) [3, 9, 17].

Сложность проблемы организации медицинской эвакуации детей обусловлена тремя группами причин: во-первых, нахождением на стыке взрослых и педиатрических врачебных специальностей; во-вторых, медико-географическими особенностями страны и, в-третьих, отсутствием единой норматив-

но-правовой базы, учитывающей как особенности работы с детьми, так и организационные аспекты.

Большинство тяжелых травм возникают вдали от крупных населенных пунктов и специализированных центров [18, 23], экстренная медицинская помощь детям, как правило, оказывается общепрофильными бригадами СМП и в ближайших стационарах, ориентированных на работу с взрослым населением [21, 30]. Данная проблема актуальна для многих стран мира [28, 29, 31], а качество оказания медицинской помощи детям во многом зависит от педиатрического опыта сотрудников и профильности стационара [11, 23, 26, 32]. Одним из вариантов решения проблемы является постоянное повышение квалификации медицинского персонала бригад СМП и стационаров общего профиля с оценкой эффективности их деятельности и коррекцией в режиме реального времени [27, 33].

Вторая группа проблем связана с медико-географическими особенностями нашей страны [15]. Несмотря на огромную площадь, 90% территории России характеризуется наличием экстремальных географических районов, около половины населения страны проживают в районах с неблагоприятной экологической обстановкой. Неоднородность медико-географических условий, отсутствие постоянного мониторинга и специальных программ по улучшению ситуации приводят к региональному неравенству при распределении медицинских услуг [5, 10, 13, 16]. Закономерным решением данной группы проблем является организация и совершенствование медицинской эвакуации и экстренной консультативной медицинской помощи [6, 7].

Третья группа проблем связана с особенностями нормативной базы, регулирующей оказание помощи детям в критическом состоянии на этапе медицинской эвакуации. В ст. 32 Федерального закона (ФЗ) № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21.11.2011 г. указано, что медицинская помощь классифицируется по видам, условиям и форме оказания. К двум разным видам медицинской помощи относятся специализированная (в том числе высокотехнологичная) и скорая (в том числе скорая специализированная) медицинская помощь. СпецМП и ВМП оказывают врачи-специалисты с применением специальных методов и сложных технологий (ст. 34 ФЗ № 323-ФЗ). СМП оказывают при состояниях, требующих срочного медицинского вмешательства (ст. 35 ФЗ

№ 323-ФЗ). И тот, и другой вид медицинской помощи может оказываться в экстренной (при угрожающих жизни внезапных острых заболеваниях или обострении хронических) и неотложной форме (в аналогичных случаях, но без явных признаков угрозы жизни пациента). Для получения СпецМПивМП в экстренной форме пациент самостоятельно обращается в медицинскую организацию или доставляется выездной бригадой скорой медицинской помощи (приказ Минздрава России № 796н от 02.12.2014 г.). Следует отметить, что в неонатальной и педиатрической практике для оказания СпецМПивМП в экстренной форме зачастую требуется межрегиональная медицинская эвакуация с участием специалистов разных ведомств [14], что никак не укладывается в указанные выше нормы законодательства. В то же время, согласно ст. 35 п. 6 ФЗ № 323-ФЗ, при оказании скорой медицинской помощи в случае необходимости осуществляется медицинская эвакуация.

В соответствии со ст. 37 ФЗ № 323-ФЗ утверждены порядки, регулирующие оказание медицинской помощи по отдельным профилям и видам. Однако организация СМП детям не регламентируется отдельным порядком, а входит в состав нормативного акта, устанавливающего правила для взрослых (приказ Минздрава России № 388н от 20.06.2013 г. «Об утверждении Порядка оказания скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи»), в то время как лечение детей в критическом состоянии, так и отбор пациентов для стационарного лечения осуществляются в соответствии с отдельным, «детским» порядком (приказ Минздрава России № 909н от 12.11.2012 г. «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи детям по профилю “анестезиология и реаниматология”»).

Правила медицинской эвакуации пациентов любого возраста (включая межгоспитальную и санитарно-авиационную эвакуацию) установлены приказом Минздрава России № 388н от 20.06.2013 г. «Порядок оказания скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи». В данном документе указано, что медицинская эвакуация осуществляется выездными бригадами СМП, которые по своему профилю могут быть специализированными педиатрическими, анестезиологии–реанимации, педиатрическими анестезиологии–реанимации. Прописан стандарт оснащения таких бригад. Однако, в соответствии со ст. 35 п. 7 ФЗ № 323-ФЗ,

существуют ряд медицинских организаций, которые имеют право проводить медицинскую эвакуацию и на них не распространяется действие правил, установленных в «Порядке оказания скорой медицинской помощи». Перечень 140 федеральных медицинских организаций, осуществляющих медицинскую эвакуацию, утвержден приказом Минздрава России от 05.05.2012 г. № 500н, однако правила ее проведения не регламентированы и кто конкретно осуществляет – не указано.

Приказ Минздрава России № 921н от 15.11.2012 г. «Порядок оказания медицинской помощи по профилю “неонатология”» определяет маршрутизацию новорожденных с инфекционными, хирургическими и другими заболеваниями. Исключение составляют врожденные пороки развития, маршрутизация при которых детально описана в других приказах Минздрава России: № 572н от 01.11.2012 г. и № 1130н от 20.10.2020 г. «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи по профилю “акушерство и гинекология”». Кроме того, во всех трех документах регламентировано наличие выездных неонатальных реанимационных бригад в структуре перинатальных центров, т. е. предписывается оказывать скорую специализированную медицинскую помощь учреждениям, предназначенным для оказания СпецМПивМП, и делать это вне медицинской организации, что противоречит статьям 32, 34 и 35 ФЗ № 323-ФЗ. Также прописаны штатные нормативы и оснащение реанимобиля, которые существенно отличаются от аналогичных, указанных в приказе Минздрава России № 388н для специализированных бригад СМП.

Таким образом, исходя из законодательной базы, скорая помощь детям оказывается по «взрослым» правилам (приказ Минздрава России № 388н от 20.06.2013 г.), лечение критических состояний – по «детским» (приказ Минздрава России № 909н от 12.11.2012 г.), а медицинская эвакуация, особенно межгоспитальная, – по разным (приказы Минздрава России № 388н от 20.06.2013 г., № 1130н от 20.10.2020 г., № 572н от 01.11.2012 г., № 921н от 15.11.2012 г., ФЗ № 323-ФЗ от 21.11.2011 г. [6]). Следует заметить, что необходимость совершенствования нормативно-правовой базы медицинской эвакуации отмечают не только гражданские специалисты [4, 7, 8], но и организаторы медицинского обеспечения вооруженных сил [12].

Очевидно, что существующая система медицинской эвакуации и тесно связанные с ней

принципы оказания СпецМП и ВМП и СМП в экстренной форме детям далеко не всегда эффективны и необходима их оптимизация [2, 11]. В связи с этим в ряде регионов России инициативные группы специалистов выполнили научно-практические работы, направленные на совершенствование оказания данных видов медицинской помощи [1, 10, 21, 24, 26].

Апологетами службы дистанционного консультирования и медицинской эвакуации детей в критическом состоянии в нашей стране являются Д.П. Казаков, Э.К. Цыбулькин и А.Н. Шмаков [22, 25, 26]. В 1983 г. в Ленинграде была создана первая выездная бригада детских анестезиологов-реаниматологов под руководством М.Д. Иванеева. В течение нескольких десятилетий сформировались четкие принципы организации работы всех участников лечебного процесса и преемственности терапии на всех этапах оказания медицинской помощи. В результате этого в настоящее время в реанимационно-консультативном центре Ленинградской областной детской клинической больницы оказывают дистанционную и выездную круглосуточную помощь детям от 0 до 18 лет, до 1000 человек в год. Функционирует регистр, в который включены все дети в критическом состоянии, находящиеся на лечении в стационарах области, при этом показатель летальности среди наблюдаемых пациентов в 2018 г. составил 1,44%. Показатель младенческой смертности в регионе стабильно является одним из самых низких в стране. В 2019 г. он составил 2,9 на 1000 родившихся, что на 41% меньше по сравнению со средним показателем в РФ [9, 17].

В Новосибирской области два главных специалиста по анестезиологии и реаниматологии (взрослого и детского профиля) провели анализ 16-летнего опыта работы отделения консультативной помощи областной больницы (3234 новорожденных, 9961 протокол дистанционных консультаций, 1427 протоколов выездов реанимационно-консультативных бригад, 870 эвакуационных карт), разработали и внедрили в практику методы безопасных транспортировок, дистанционного консультирования, протоколы диагностики и интенсивной терапии критических состояний у новорожденных. В результате максимальной стандартизации эффективность лечения в центральных районных больницах стала сравнима с результатами специализированных отделений. Кроме того, был обоснован запрет эвакуации новорожденных

в тяжелом и критическом состоянии силами неспециализированных бригад [26].

В Ростовской области в 2011 г. группой специалистов [19, 20, 23, 24] была создана и внедрена в практику организационная модель оказания экстренной медицинской помощи детям с тяжелой политравмой, разработаны программы обучения выездного персонала СМП, алгоритмы и протоколы консультативного ведения детей в реанимационных отделениях, двухуровневая система контроля качества с текущим и итоговым анализом результатов.

Несмотря на положительный научно-практический опыт отдельных регионов, вопрос доступности и качества СпецМП и ВМП и СМП в экстренной форме в отношении детей нельзя считать решенным. Это связано с отсутствием структуры, объединяющей на федеральном уровне, координирующей и анализирующей деятельность разрозненных подразделений. Об этом свидетельствует и письмо Минздрава России № 14-3/н/2-2339 от 20.03.2019 г., в котором обозначены необходимость стратегического планирования с формированием медицинских округов, единой диспетчерской службы СМП субъекта России, создание единой региональной информационной системы управления службой СМП для обеспечения доступности и качества СпецМП и ВМП в экстренной или неотложной форме.

### **Принципы оказания детям скорой специализированной медицинской помощи в экстренной форме**

Оптимальная концепция всероссийской службы оказания СпецМП и ВМП и СМП детям в экстренной форме, по нашему мнению, должна быть создана с учетом 5 основополагающих принципов:

- 1) доступность и высокое качество медицинской помощи;
- 2) централизация и информационный контроль;
- 3) этапность, преемственность и последовательность;
- 4) экономическая эффективность и дифференцированный подход;
- 5) профессионализм.

Согласно предлагаемой концепции, необходимо:

- 1) создать федеральную оперативную службу специализированной медицинской помощи в экстренной форме детям (ФОССпецМП) и «горячую линию», на которую может обратиться любой человек (житель

страны, врач медицинской организации), столкнувшийся с проблемой оказания помощи ребенку в критическом состоянии;

2) сформировать федеральный медицинский регистр критических состояний у детей и проводить его анализ, экстраполировать передовой опыт на всю страну с учетом медико-географических особенностей отдельно взятых регионов и полученных результатов;

3) разработать и внедрить единые подходы и принципы ранжированной оценки тяжести состояния пациентов, диагностики и интенсивной терапии критических состояний у детей;

4) соблюдать единые принципы диагностики и лечения, что позволит оценить эффективность преемственности на этапах лечения и уменьшить себестоимость всего лечебного процесса отдельно взятого пациента;

5) обучить население и медицинских работников России навыкам оказания первой помощи детям при состояниях, угрожающих жизни, соответственно уровню базового образования и ранее полученным знаниям.

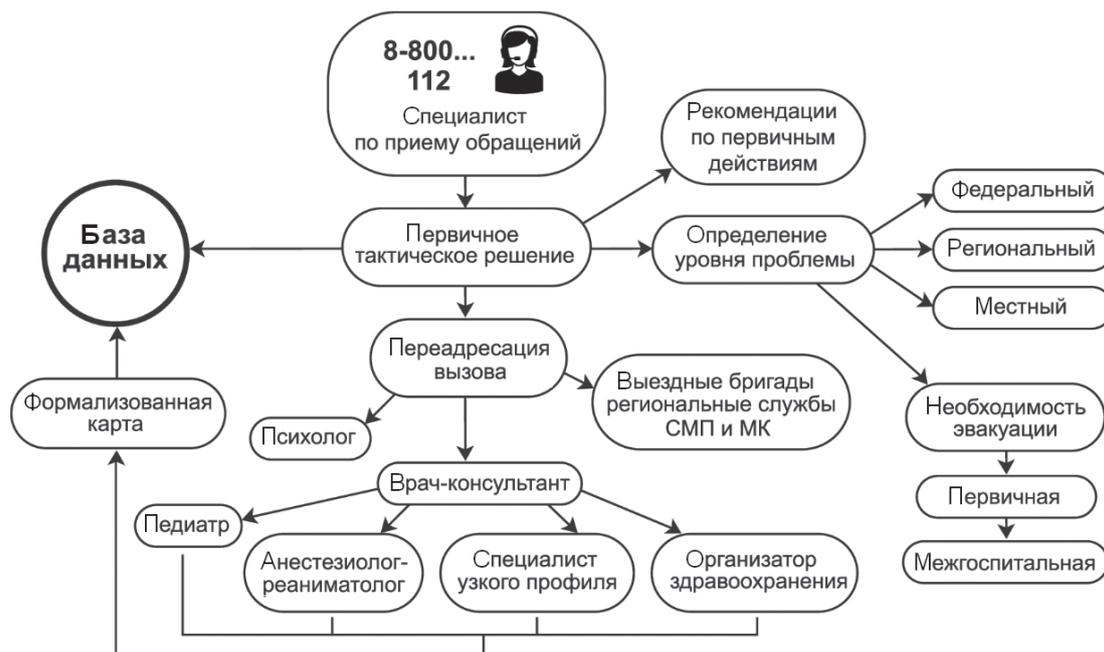
### Структурно-функциональная модель организации оказания ФОССпецМП детям

Усовершенствованная модель работы ФОССпецМП и «горячей линии» представлена на рисунке, которая разработана на основе действующих схем оказания СпецМП и ВМП и СМП детям в различных регионах России.

Предлагается объединить опыт специалистов отдельных регионов и создать единую информационную систему и интегрирующее подразделение по вопросам медицинской эвакуации и оказания медицинской помощи детям в экстренной или неотложной форме, которые должны стать одной из составных частей Единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения.

Обращение в оперативную службу по телефону «горячей линии» доступно для любого жителя страны, поводом для обращения могут быть следующие ситуации: 1) остро возникшее критическое состояние у ребенка в возрасте до 18 лет; 2) отсутствие эффекта от проводимого лечения в условиях стационара, где находится ребенок; 3) необходимость межгоспитальной эвакуации ребенка, в том числе – на межрегиональном уровне; 4) отсутствие в регионе необходимых специалистов; 5) ребенок в тяжелом или крайне тяжелом состоянии находится за рубежом, ему необходима медицинская помощь и/или эвакуация в медицинские организации России; 6) дорожно-транспортное происшествие с участием детей, особенно вне крупных населенных пунктов.

Специалист по приему обращений ведет беседу по определенному алгоритму, заполняет формализованную карту, дает рекомендации по проведению неотложных мероприятий и принимает первичное тактическое решение: передача вызова региональной службе



Усовершенствованная схема работы ФОССпецМП и «горячей линии».

СМП и медицины катастроф, психологу, врачу-консультанту; определяет уровень проблемы и необходимость медицинской эвакуации, степень участия организаторов здравоохранения и консультантов из Федеральных специализированных центров. Одной из функций «горячей линии» ФОССпецМП является взаимодействие с населением страны и координация его действий при дорожно-транспортных происшествиях. При обращении по поводу дорожно-транспортного происшествия с участием детей специалист ФОССпецМП дает рекомендации по оценке количества пострадавших, тяжести состояния и мероприятиям первой помощи [27]. Вся полученная информация заносится в электронную базу данных (регистр), на основании которой выполняется анализ тяжести состояния пациента и принимается тактическое решение о проведении дальнейших лечебных мероприятий. Данные включаются в этапную систему контроля качества лечения пациента [24].

В оперативную службу ФОССпецМП может обратиться также любой врач, столкнувшийся с трудностями при оказании помощи ребенку. Основанием для обращения может быть жизнеугрожающее состояние пациента, отсутствие возможностей для диагностики и адекватного лечения, отсутствие опыта работы с данной категорией пациентов, необходимость межгоспитальной эвакуации, в том числе – межрегиональной. Для получения максимально достоверной информации о ребенке сотрудником ФОССпецМП в процессе контакта используется схема диалога, предложенная А.Н. Шмаковым и соавт. [25, 26]. В этом случае оценку тяжести состояния и принятие тактического решения проводит ответственный дежурный врач смены, который имеет сертификат специалиста в области медицины критических состояний. Тактическое решение подразумевает: продолжение терапии на месте с оценкой динамики состояния ребенка каждые 12 ч или экстренный выезд специализированной бригады регионального или Федерального центра для оказания помощи на месте или межгоспитальной эвакуации. При необходимости межгоспитальной эвакуации

на уровне, выше регионального, и/или комбинированной эвакуации привлекается специалист – организатор здравоохранения, который координирует взаимодействие между лечебными учреждениями и маршрутизацию пациента.

Таким образом, основными функциями специалистов оперативной службы ФОССпецМП являются: оптимизация логистических медицинских решений, информационное взаимодействие между стационарами на федеральном уровне и работа с населением. Все сведения, полученные в результате работы службы, в виде формализованных протоколов заносятся в электронную базу данных и составляют основу Федерального регистра, куда также заносятся сведения обо всех детях в критическом состоянии, находящихся в реанимационных отделениях медицинских организаций страны. Данные Федерального регистра постоянно анализируются как на уровне регионов, так и страны в целом. Полученные результаты могут использоваться для повышения экономической эффективности при формировании штата и оснащения региональных реанимационно-консультативных центров, отделений экстренной консультативной медицинской помощи, служб СМП, а также создания эффективной системы обучения специалистов и внедрения передового опыта отдельных регионов.

### **Заключение**

Внедрение представленной концепции на всей территории России будет способствовать повышению доступности и качества медицинской помощи детям за счет создания трехуровневой системы оказания медицинской помощи в экстренной форме, что позволит достичь цели Минздрава России, изложенной в письме № 14–3/н/2–2339 от 20.03.2019 г. Основными отличиями представленной модели являются ее федеральный уровень, универсальность и неограниченная доступность для любого гражданина России, столкнувшегося с необходимостью оказания помощи ребенку в экстренной ситуации.

### **Литература**

1. Александрович Ю.С., Гвак Г.В., Кузнецова И.В. [и др.]. Проблемные вопросы оказания реаниматологической помощи новорожденным // Вестн. анестезиологии и реаниматологии. 2009. № 2. С. 23–28.
2. Багненко С.Ф., Лобжанидзе А.А., Разумный Н.В. Изучение мнения медицинских работников центральных районных больниц Ленинградской области об организации работы догоспитального этапа скорой медицинской помощи и приемных отделений больниц // Скорая мед. помощь. 2014. № 2. С. 13–18.

3. Багненко С.Ф., Мирошниченко А.Г., Шляфер С.И. [и др.]. Результаты работы скорой медицинской помощи вне медицинских организаций и в стационарных условиях в Российской Федерации // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2020. № 1. С. 5–11. DOI: 10.25016/2541-7487-2020-0-1-05-11.
4. Баранова Н.Н. Медицинская эвакуация пострадавших: состояние, проблемы. Сообщение 1 // Медицина катастроф. 2018. № 4 (104). С. 37–40.
5. Беляева Л.А. Региональная разнородность уровня жизни населения // Мир России. Социология. Этнология. 2006. № 2. С. 42–61.
6. Гармаш О.А., Банин И.Н., Попов В.П. [и др.]. Организация оказания экстренной консультативной медицинской помощи и проведения медицинской эвакуации: метод. рекомендации. М. : ВЦМК «Защита», 2014. 174 с.
7. Гончаров С.Ф., Бобий Б.В., Акиншин А.В. Служба медицины катастроф Минздрава России: основные итоги деятельности в 2019 г. и задачи на 2020 г. // Медицина катастроф. 2020. № 1. С. 15–27. DOI: 10.33266/2070-1004-2020-1-15-27.
8. Гончаров С.Ф., Бобий Б.В., Быстров М.В. [и др.] Основные итоги деятельности Службы медицины катастроф Минздрава России в 2015 г. и задачи на 2016 г. // Медицина катастроф. 2016. № 1. С. 5–13.
9. Здравоохранение в России. 2019 : стат. сб. М. : Росстат, 2019. 170 с.
10. Капинов А.А. Совершенствование модели оказания реанимационной помощи детям, нуждающимся в межгоспитальной транспортировке (на примере Мурманской области) : автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2009. 20 с.
11. Кешишян Р.А. Детский дорожно-транспортный травматизм (проблемы и пути решения) // Вopr. современной педиатрии. 2009. Т. 8, № 4. С. 18–22.
12. Кувшинов К.Э., Сушильников С.И., Яковлев С.В. [и др.] Организация санитарно-авиационной эвакуации в Вооруженных силах // Воен.-мед. журн. 2017. № 4. С. 4–11.
13. Медик В.А., Юрьев В.К. Общественное здоровье и здравоохранение : 2-е изд. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012. 214 с.
14. Морозова Н.Я., Якиревич И.А., Попов А.С. [и др.] Санитарно-авиационная скорая медицинская помощь новорожденным // Неонатология : новости, мнения, обучение. 2017. № 1. С. 39–44.
15. Назарова И.Б. Здоровье и качество жизни жителей России // Социол. исслед. 2014. № 9. С. 139–145.
16. Прохоров Б.Б. Медико-демографическое прогнозирование. М. : МАКС Пресс, 2011. 360 с.
17. Российский статистический ежегодник : стат. сб. М. : Росстат, 2019. 708 с.
18. Румянцев С.А., Спиридонова Е.А., Шаршов Ф.Г. [и др.]. Особенности догоспитального этапа оказания медицинской помощи детям с тяжелыми травмами // Рос. вест. перинатологии и педиатрии. 2011. № 2. С. 99–105
19. Спиридонова Е.А., Павленко В.Л., Румянцев С.А. [и др.]. Эффективность системы консультативного обеспечения стационаров квалифицированного этапа оказания экстренной медицинской помощи по направлению тяжелой педиатрической травмы // Мед. вестн. Сев. Кавказа. 2011. № 1. С. 58–61.
20. Спиридонова Е.А., Румянцев С.А., Шаршов Ф.Г. [и др.]. Совершенствование системы оказания экстренной медицинской помощи детям с тяжелой травмой // Вестн. интенсивной терапии. 2012. № 1. С. 74–80.
21. Суворов С.Г., Езельская Л.В., Розин В.М. [и др.]. Организация специализированной медицинской помощи детям, пострадавшим в результате дорожно-транспортных происшествий на территории Московской области // Анестезиология и реаниматология. 2009. № 1. С. 34–36.
22. Шабалов Н.П., Александрович Ю.С. Эдуард Кузьмич Цыбулькин – основоположник детской реаниматологии в Ленинграде–Санкт-Петербурге: 80 лет со дня рождения // Педиатр. 2018. Т. 9, № 5. С. 131–138. DOI: 10.17816/PED95131-138.
23. Шаршов Ф.Г., Павленко В.Л., Спиридонова Е.А. [и др.]. Анализ направлений госпитализации детей с травматическими повреждениями на территории Ростовской области // Мед. вестн. Сев. Кавказа. 2011. № 2. С. 75–78.
24. Шаршов Ф.Г. Совершенствование оказания экстренной медицинской помощи детям с тяжелыми травматическими повреждениями : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 2011. 62 с.
25. Шмаков А.Н., Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. [и др.]. Оказание реанимационной помощи детям, нуждающимся в межгоспитальной транспортировке: проект клинических рекомендаций // Альманах клинич. медицины. 2018. Т. 46, № 2. С. 94–108. DOI: 10.18786/2072-0505-2018-46-2-94-108.
26. Шмаков А.Н., Кохно В.Н. Критические состояния новорожденных (технология дистанционного консультирования и эвакуации). Новосибирск, 2007. 168 с.
27. International Trauma Life Support: догоспитальная помощь при травмах / под ред. Дж.Э. Кэмпбелл, Р.Л. Алсон. Краков : Практ. медицина, 2018. 446 с.
28. Coakes J., Gain C., Craig G. Critical care for children in a district general hospital: a review of the caseload and outcomes // Journal of the Intensive Care Society. 2011. Vol. 12, N 4. P. 313–315.
29. Harmsen A.M., Giannakopoulos G.F., Moerbeek P.R. [et al.]. The influence of prehospital time on trauma patients outcome: a systematic review // Injury. 2015. Vol. 46, N 4. P. 602–609. DOI: 10.1016/j.injury.2015.01.008.

30. Hebb M.O., Clarke D.B., Tallon J.M. Development of a provincial guideline for the acute assessment and management of adult and pediatric patients with head injuries // *Can. J. Surg.* 2007. Vol. 50, N 3. P. 187–194.
31. Hindocha R., Beringer R., Handel J. District general hospital's experience of critically ill children // *Journal of the Intensive Care Society.* 2008. Vol. 9, N 1. P. 63–65.
32. Mtaweh H., Bell M.J. Management of pediatric traumatic brain injury // *Curr. Treat. Options Neurol.* 2015. Vol. 17, N 5. P. 348. DOI: 10.1007/s11940-015-0348-3.
33. Paul R., Melendez E., Stack A. [et al.]. Improving adherence to PALS septic shock guidelines // *Pediatrics.* 2014. Vol. 133, N 5. P. 1358–1366. DOI: 10.1542/peds.2013-3871.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи и выражают благодарность Л.В. Безбородовой за помощь в оформлении усовершенствованной схемы Федеральной оперативной службы скорой специализированной медицинской помощи в экстренной форме детям.  
Поступила 12.02.2021 г.

**Участие авторов:** О.С. Мальцева – концепция исследования, сбор первичных данных, обзор нормативно-правовой базы, подготовка предварительного и окончательного вариантов статьи, формирование списка литературы; Д.А. Шелухин – подготовка и редактирование предварительного и окончательного вариантов статьи, перевод, транслитерация списка литературы, подготовка иллюстраций; К.В. Пшениснов – подготовка предварительного варианта статьи и раздела, посвященного работе реанимационно-консультативного центра Ленинградской областной детской больницы, обзор публикаций по теме статьи, редактирование статьи; Ю.С. Александрович – структурирование материала, формирование предложений по дальнейшему развитию направления работы; А.А. Редкокаша – участие в подготовке исторической справки; М.Н. Прозорова – анализ данных литературы.

**Для цитирования.** Мальцева О.С., Шелухин Д.А., Пшениснов К.В., Александрович Ю.С., Редкокаша А.А., Прозорова М.Н. Модель и принципы организации скорой специализированной медицинской помощи детям на этапе медицинской эвакуации // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях.* 2021. № 2. С. 52–61. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-52-61

## Model and principles of organizing emergency specialized medical care for children at the stage of medical evacuation

Maltseva O.S.<sup>1</sup>, Shelukhin D.A.<sup>2</sup>, Pshenisnov K.V.<sup>1</sup>, Aleksandrovich Yu.S.<sup>1</sup>, Redkokasha A.A.<sup>3</sup>, Prozorova M.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Saint-Petersburg State Pediatric Medical University (2, Litovskaya Str., St. Petersburg, 194100, Russia);

<sup>2</sup>Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia);

<sup>3</sup>Institute of Experimental Medicine (12, Academica Pavlova Str., St. Petersburg, 197376, Russia)

✉ Olga Sergeevna Maltseva – anesthesiologist and intensivist, department of anesthesiology and intensive care for children with heart surgery pathology, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University (2, Litovskaya Str., St. Petersburg, 194100, Russia), ORCID: 0000-0001-8653-0915, e-mail: olga\_maltseva@mail.ru;

Daniil Aleksandrovich Shelukhin – PhD Med. Sci., chief of the department of anesthesiology and ICU, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), ORCID: 0000-0002-2510-002X, e-mail: shelldan@mail.ru;

Konstantin Viktorovich Pshenisnov – PhD Med. Sci., associate professor of anesthesiology, intensive care and emergency pediatrics, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University (2, Litovskaya Str., St. Petersburg, 194100, Russia), ORCID: 0000-0003-1113-5296, e-mail: Psh\_K@mail.ru;

Yurii Stanislavovich Aleksandrovich – Dr. Med. Sci. prof., head of the department of anesthesiology and intensive care and emergency pediatrics, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University (2, Litovskaya Str., St. Petersburg, 194100, Russia), ORCID: 0000-0002-2131-4813, e-mail: jalex1963@mail.ru;

Aleksandr Alekseevich Redkokasha – leading methodologist of the museum, Institute of Experimental Medicine (71, Kamennooostrovskij ave., St. Petersburg, 197022, Russia), e-mail: redkokasha@mail.ru;

Mira Nikolaevna Prozorova – rescuer, St. Petersburg Regional Non-Profit Organization “VRA Extremum” (82, Marata Str., St. Petersburg, 191119, Russia), e-mail: odinochka2107@gmail.com

### Abstract

**Relevance.** The problem of organizing specialized medical care in emergency forms for children is caused by three groups of reasons: the presence at the junction of several adult and pediatric medical specialties, the medical and geographical features of the country and the lack of a unified regulatory framework.

**Intention.** To increase the availability of medical services and reduce regional inequality in their distribution. A model of organizing a single operational service of specialized medical care for children and the basic principles of its functioning on the territory of the Russian Federation are proposed.

*Methodology.* Statistical data, features of legislation, ways of solving the problem in certain regions and the achievements of initiative groups of specialists are analyzed.

*Results and Discussion.* Since 2000, the number of hospital beds for children, the number of emergency medical stations has decreased, and the number of diseases and conditions requiring specialized emergency care for children has increased. Infant mortality rates in remote and hard-to-reach regions exceed the national average by 1.5–2.6 times. At the same time, the current statistics of medical evacuations of children are not accurately reflected in any of the official sources. The regulatory framework for medical evacuation of children includes three “Procedures for providing medical care” in the profile “ambulance”, “neonatology” and “obstetrics and gynecology” and Federal Law N 323. The law implies the presence of mobile teams in hospitals and departments of different profiles that are not related to each other, but there is no structure that unites them and analyzes the results of work at the federal level.

*Conclusion.* To solve the problem, it is necessary to create a federal operational service and a “hotline” that can be contacted by any resident of the country, to form a federal medical register of critical conditions in children, to develop and implement common principles of diagnosis and treatment. The presented model and principles contribute to the development of a three-level system of emergency medical care and correspond to the goals and objectives of the Ministry of Health of the Russian Federation set out in Letter N 14-3/n/2-2339 of 20.03.2019.

**Keywords:** emergency situation, emergency medicine, health organization, children, medical evacuation, ambulance, emergency care, specialized care.

#### References

1. Aleksandrovich Ju.S., Gvak G.V., Kuznecova I.V. [et al.]. Problemnye voprosy okazaniya reanimatologicheskoy pomoshhi novorozhdennym [Problematic issues of providing resuscitation care to newborns]. *Vestnik anesteziologii i reanimatologii* [Messenger of Anesthesiology and Resuscitation]. 2009. N 2. Pp. 23–28. (In Russ.)
2. Bagnenko S.F., Lobzhanidze A.A., Razumnyj N.V. Izuchenie mneniya medicinskih rabotnikov central'nyh rajonnyh bol'nits Leningradskoj oblasti ob organizacii raboty dogospital'nogo jetapa skoroy medicinskoj pomoshhi i priemnyh otdelenij bol'nits [Sociological poll of medical employees working in central regional hospitals of Leningrad area about the organization prehospital emergency care and reception departments of hospitals]. *Skoraya meditsinskaya pomoshch'* [Emergency medical care]. 2014. N 2. Pp. 13–18. (In Russ.)
3. Bagnenko S.F., Miroshnichenko A.G., Shlyufer S.I. [et al.]. Rezul'taty raboty skoroi meditsinskoj pomoshchi vne meditsinskih organizatsii i v stacionarnykh usloviyakh v Rossijskoi Federatsii [Results of inpatient and outpatient emergency care in the Russian Federation]. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2020. N 1. Pp. 5–11. DOI: 10.25016/2541-7487-2020-0-1-05-11. (In Russ.)
4. Baranova N.N. Meditsinskaya evakuatsiya postradavshikh: sostoyanie, problemy. Soobshchenie 1 [Medical evacuation of victims: their State, Problems. Report 1.]. *Meditsina katastrof* [Disaster Medicine]. 2018. N 4. Pp. 37–40. (In Russ.)
5. Belyaeva L.A. Regional'naja raznorodnost' urovnja zhizni naseleniya [Regional differentiation of living standards]. *Mir Rossii. Sotsiologiya. Etnologiya* [Universe of Russia. Sociology. Ethnology]. 2006. N 2. Pp. 42–61. (In Russ.)
6. Garmash O.A., Banin I.N., Popov V.P. [et al.]. Organizatsiya okazaniya jekstrennoj konsul'tativnoj medicinskoj pomoshhi i provedeniya meditsinskoj jevakucii [Provision of emergency counselling medical care and medical evacuation]. Moskva. 2014. 174 p. (In Russ.)
7. Goncharov S.F., Bobii B.V., Akin'shin A.V. Sluzhba meditsiny katastrof Minzdrava Rossii: osnovnye itogi deyatel'nosti v 2019 g. i zadachi na 2020g. [Service for Disaster Medicine of Ministry of Health of Russian Federation: Main Results of Activities in 2019 and Tasks for 2020.]. *Meditsina katastrof* [Disaster Medicine]. 2020. № 1. Pp. 15–27. DOI: 10.33266/2070-1004-2020-1-15-27 (In Russ.)
8. Goncharov S.F., Bobii B.V., Bystrov M.V. [et al.]. Osnovnye itogi deyatel'nosti Sluzhby meditsiny katastrof Minzdrava Rossii v 2015 g. i zadachi na 2016g. [Main Results of Activities Service for Disaster Medicine of Ministry of Health of Russian Federation in 2015 and Tasks for 2016]. *Meditsina katastrof* [Disaster Medicine]. 2016. N 1. Pp. 5–13.
9. Zdravoohranenie v Rossii [The health care in Russia]. Moskva. 2019. 170 p. (In Russ.)
10. Kapinosov A.A. Sovershenstvovanie modeli okazaniya reanimacionnoj pomoshhi detjam, nuzhdajushimsja v mezhgospital'noj transportirovke (na primere Murmanskoy oblasti) [Improvement of the model of resuscitation care for children in need of inter-state transportation (using the example of Murmansk region)]: Abstract dissertation PhD Med. Sci. Sankt-Peterburg. 2009. 20 p. (In Russ.)
11. Keshishyan R.A. Detskij dorozhno-transportnyj travmatizm (problemy i puti resheniya). *Voprosy sovremennoj pediatrii* [Current pediatrics]. 2009. Vol. 8, N 4. Pp. 18–22. (In Russ.)
12. Kuvshinov K.E., Sushil'nikov S.I., Yakovlev S.V. [et al.]. Organizatsiya sanitarno-aviatsionnoi evakuatsii v Vooruzhennykh Silakh [Organization of sanitary and aviation evacuation in the Armed Forces]. *Voенно-meditsinskii zhurnal* [Military Medical Journal]. 2017. N 4. Pp. 4–11.
13. Medik V.A., Jur'ev V.K. Obshestvennoe zdorov'e i zdavoohranenie [Public health and health care]. Moskva. 2012. 214 p. (In Russ.)
14. Morozova N.Ya., Yakirevich I.A., Popov A.S. [et al.]. Sanitarno-aviatsionnaya skoraya meditsinskaya pomoshch' novorozhdennym [Sanitary aviation emergency medical care for children in the neonatal period]. *Neonatologiya: novosti, mneniya, obuchenie* [Neonatology: News, Opinions, Training.]. 2017. N 1. Pp. 39–44.
15. Nazarova I.B. Zdorov'e i kachestvo zhizni zhitelei Rossii [Health and quality of life of residents of Russia]. *Sotsiologicheskie issledovaniya* [Sociological Studies] 2014. N 9. Pp. 139–145.
16. Prokhorov B.B. Mediko-demograficheskoe prognozirovanie [Medical and demographic forecasting] Moskva. 2011. 360 p. (In Russ.)
17. Rossiiskii statisticheskii ezhegodnik [Russian Statistical Yearbook]. Moskva. 2019. 708 p. (In Russ.)
18. Rumyantsev S.A., Spiridonova E.A., Sharshov F.G. [et al.]. Osobennosti dogospital'nogo etapa okazaniya meditsinskoj pomoshchi detyam s tyazhelymi travmami [The specific features of prehospital medical care to children with severe injuries] *Rossiiskii vestnik perinatologii i pediatrii* [Russian Bulletin of perinatology and pediatrics]. 2011. N 2. Pp. 99–105. (In Russ.)

19. Spiridonova E.A., Pavlenko V.L., Rumyantsev S.A. [et al.]. Effektivnost' sistemy konsul'tativnogo obespecheniya stacionarov kvalifitsirovannogo etapa okazaniya ekstremnoi meditsinskoj pomoshchi po napravleniyu tyazheloi pediatricheskoj travmy [Effectiveness of the system of the consultative medical aid at qualified stage for children with severe traumatic injuries in the hospitals]. *Meditsinskii vestnik Severnogo Kavkaza* [Medical news of the North Caucasus]. 2011. N 1. Pp. 58–61. (In Russ.)
20. Spiridonova E.A., Rumyantsev S.A., Sharshov F.G. [et al.]. Sovershenstvovanie sistemy okazaniya ekstremnoi meditsinskoj pomoshchi detyam s tyazheloi travmoy [Improvement of emergency medical care for children with severe trauma]. *Vestnik intensivnoi terapii* [Annals of critical care]. 2012. N 1. Pp. 74–80. (In Russ.)
21. Suvorov S.G., Ezel'skaya L.V., Rozinov V.M. [et al.]. Organizatsiya spetsializirovannoi meditsinskoj pomoshchi detyam, postradavshim v rezul'tate dorozhno-transportnykh proisshествii na territorii Moskovskoi oblasti [Organization of specialized medical care for children affected by traffic accidents in the Moscow region]. *Anesteziologiya i reanimatologiya* [Russian Journal of Anaesthesiology and Reanimatology]. 2009. N 1. Pp. 34–36. (In Russ.)
22. Shabalov N.P., Aleksandrovich Yu.S. Eduard Kuz'mich Tsybul'kin – osnovopolozhnik detskoj reanimatologii v Leningrade–Sankt-Peterburge: 80 let so dnya rozhdeniya [Eduard Kuzmich Tsybul'kin the founder of critical and emergency care for children in Leningrad–Saint-Petersburg (the 80th anniversary of his birth)]. *[Pediatr]*. 2018. Vol. 9, N 5. Pp. 131–138. DOI: 10.17816/PED95131-138 (In Russ.)
23. Sharshov F.G., Pavlenko V.L., Spiridonova E.A. [et al.]. Analiz napravlenii gositalizatsii detei s travmaticheskimi povrezhdeniyami na territorii Rostovskoi oblasti [Analysis of admissions to the hospitals of children with traumatic injuries in the Rostov region]. *Meditsinskii vestnik Severnogo Kavkaza* [Medical news of the North Caucasus]. 2011. N 2. Pp. 75–78. (In Russ.)
24. Sharshov F.G. Sovershenstvovanie okazaniya ekstremnoi meditsinskoj pomoshchi detyam s tyazhelymi travmaticheskimi povrezhdeniyami [improving emergency medical care for children with severe traumatic injuries] : Abstract dissertation Dr. Med. Sci. Moskva. 2011. 62 p. (In Russ.)
25. Shmakov A.N., Aleksandrovich Yu.S., Pshenishnov K.V. [et al.]. Okazanie reanimatsionnoi pomoshchi detyam, nuzhdayushchimsya v mezhgospital'noi transportirovke: proekt klinicheskikh rekomendatsii [Intensive care of children who require interhospital transport (a clinical guideline draft) ]. *Al'manakh klinicheskoi meditsiny* [Almanac of Clinical Medicine] 2018. Vol. 46, N 2. Pp. 94–108. DOI: 10.18786/2072-0505-2018-46-2-94-108 (In Russ.)
26. Shmakov A.N., Kokhno V.N. Kriticheskie sostoyaniya novorozhdennykh (tehnologiya distantsionnogo konsul'tirovaniya i evakuatsii) [Critical neonatal conditions (remote counseling and evacuation technology)]. Novosibirsk. 2007. 168 p. (In Russ.)
27. International Trauma Life Support: prehospital care for injuries. Eds.: D.E. Campbell, R.L. Alson. Krakow. 2018. 446 p. (In Russ.)
28. Coakes J., Gain C., Craig G. Critical care for children in a district general hospital: a review of the caseload and outcomes. *Journal of the Intensive Care Society*. 2011. Vol. 12, N 4. Pp. 313–315.
29. Harmsen A.M., Giannakopoulos G.F., Moerbeek P.R. [et al.]. The influence of prehospital time on trauma patients outcome: a systematic review. *Injury*. 2015. Vol. 46, N 4. Pp. 602–609. DOI: 10.1016/j.injury.2015.01.008.
30. Hebb M.O., Clarke D.B., Tallon J.M. Development of a provincial guideline for the acute assessment and management of adult and pediatric patients with head injuries. *Can. J. Surg.* 2007. Vol. 50, N 3. Pp. 187–194.
31. Hindocha R., Beringer R., Handel J. District general hospital's experience of critically ill children. *Journal of the Intensive Care Society*. 2008. Vol. 9, N 1. Pp. 63–65.
32. Mtaweh H., Bell M.J. Management of pediatric traumatic brain injury. *Curr. Treat. Options Neurol.* 2015. Vol. 17, N 5. Pp. 348. DOI: 10.1007/s11940-015-0348-3.
33. Paul R., Melendez E., Stack A. [et al.]. Improving adherence to PALS septic shock guidelines. *Pediatrics*. 2014. Vol. 133, N 5. Pp. 1358–1366. DOI: 10.1542/peds.2013-3871.

Received 12.01.2021

**For citing.** Maltseva O.S., Shelukhin D.A., Pshenishnov K.V., Aleksandrovich Yu.S., Redkokasha A.A., Prozorova M.N. Model' i principy organizatsii skoroi spetsializirovannoj medicinskoj pomoshchi detjam na jetape medicinskoj jevakuatsii. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh*. 2021. N 2. Pp. 52–61. (In Russ.)

Maltseva O.S., Shelukhin D.A., Pshenishnov K.V., Aleksandrovich Yu.S., Redkokasha A.A., Prozorova M.N. Model and principles of organizing emergency specialized medical care for children at the stage of medical evacuation. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2021. N 2. Pp. 52–61. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-52-61

## ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА И ТЯЖЕСТИ НАРУШЕНИЙ ЗДОРОВЬЯ В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ФЕДЕРАЛЬНОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МЧС РОССИИ

Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России (Россия, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12)

**Актуальность.** В настоящее время в научной, нормативной и правовой литературе представлено значительное количество подходов к оценке профессиональных рисков в результате воздействия вредных и опасных факторов производственной деятельности. С целью оценки профессиональных рисков для личного состава пожарной охраны производится расчет показателей рисков травматизма, заболеваемости, инвалидности и смертности, однако не разработана единая методика расчета интегрального показателя для окончательной оценки профессионального риска здоровья личного состава подразделений Федеральной противопожарной службы (ФПС) МЧС России.

**Цель** – разработка математической модели оценки профессиональных рисков для подразделений пожарной охраны, позволяющей учитывать трудовые потери личного состава в зависимости от тяжести нарушений здоровья.

**Методология.** При разработке математической модели оценки профессиональных рисков для личного состава подразделений ФПС МЧС России, позволяющей учитывать трудовые потери личного состава в зависимости от тяжести нарушений здоровья, использован прямой метод оценки риска для здоровья и жизни сотрудников. За основу принята статистическая информация за 2015–2019 гг., отражающая 2 показателя: вероятность наступления опасностей, причиняющих вред здоровью работника, и величина ущерба здоровью работника, выраженная через трудовые потери. Приведено обоснование коэффициентов тяжести ущерба здоровью сотрудника, использованных при разработке математической модели. Для оценки профессиональных рисков для редких идентифицированных опасностей, а также для небольших по численности подразделений предложено использовать поправку на непрерывность функции оценки рисков гибели и травматизма.

**Результаты и их анализ.** Рассмотрены различные методы оценки профессионального риска от вредных и опасных факторов производственной деятельности. Разработана математическая модель оценки профессионального риска в подразделениях ФПС МЧС России по трудовым потерям личного состава в зависимости от тяжести нарушений здоровья, позволяющая проводить объективную оценку профессионального риска для жизни и здоровья пожарного. Рассчитаны значения профессионального риска по трудовым потерям в зависимости от тяжести нарушений здоровья для сотрудников ФПС МЧС России за 2015–2019 гг.

**Заключение.** На основании математической модели оценки профессиональных рисков для ФПС МЧС России, позволяющей учитывать трудовые потери личного состава в зависимости от тяжести нарушений здоровья, можно проводить эту оценку в подразделениях пожарной охраны отдельно для каждой идентифицированной опасности, рабочего места (должности) и субъекта России.

**Ключевые слова:** профессиональный риск, охрана труда, пожарный, здоровье, трудовые потери, производственный травматизм, МЧС России.

### Введение

Оценка рисков, связанных со здоровьем или даже смертью работников в результате воздействия вредных и опасных факторов

производственной деятельности, является основой разработки определенных мер по их снижению. Однако законодательно до сих пор не установлены единые понятия и критерии

---

Харин Владимир Владимирович – нач. отд. 1.3 науч.-исслед. центра, Всерос. ордена «Знак Почета» науч.-исслед. ин-т противопожар. обороны МЧС России (Россия, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12), e-mail: otdel\_1\_3@mail.ru;

✉ Бобринев Евгений Васильевич – канд. биол. наук, вед. науч. сотр. отд. 1.3, Всерос. ордена «Знак Почета» науч.-исслед. ин-т противопожар. обороны МЧС России (Россия, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12), e-mail: otdel\_1\_3@mail.ru;

Удавцова Елена Юрьевна – канд. техн. наук, ст. науч. сотр. отд. 1.3, Всерос. ордена «Знак Почета» науч.-исслед. ин-т противопожар. обороны МЧС России (Россия, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12), e-mail: otdel\_1\_3@mail.ru;

Кондашов Андрей Александрович – канд. физ.-математ. наук, вед. науч. сотр. отд. 1.3, Всерос. ордена «Знак Почета» науч.-исслед. ин-т противопожар. обороны МЧС России (Россия, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12), e-mail: akond2008@mail.ru;

Шавырина Татьяна Александровна – канд. техн. наук, вед. науч. сотр. отд. 1.3, Всерос. ордена «Знак Почета» науч.-исслед. ин-т противопожар. обороны МЧС России (Россия, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12), e-mail: shavyrina@list.ru

оценки профессионального риска. Поэтому подходы к их оценке значительно отличаются.

Одним из самых первых и самых простых, но связанных с вычислениями, методов оценки риска для защиты от аварий и несчастных случаев является метод Файна–Кинни [3, 8]. Этот метод с различными модификациями применяется во всем мире для оценки профессионального риска. В данном методе используется следующий подход: в основе лежит сочетание уровня подверженности работника влиянию вредного фактора на рабочем месте, возможности угрозы на рабочем месте и влияние на здоровье сотрудников, если угроза будет осуществлена. Оценка профессионального риска производится на основе статистической информации по выбранным показателям риска смерти или нанесенных нарушений здоровью [8]. Последующие разработки в этом направлении связаны в основном с уточнением матрицы рисков – таблиц, отображающих «частоту» и «серьезность» рейтингов с соответствующими уровнями приоритета рисков [12, 13].

В некоторых методиках повреждения здоровья рассчитываются в стоимостной оценке по соответствующей формуле с использованием данных о суммах затрат на различные виды компенсации [2].

В международной практике нашла применение также другая группа методов оценки профессионального риска: с использованием косвенных методов, анализируя показатели отклонения имеющихся контролируемых условий трудовой деятельности от нормативных значений [2].

Недостатки подходов, основанных на матрицах риска, связаны с тем, что они могут присваивать одинаковые рейтинги очень разным в количественном отношении рискам, также ошибочно давать более высокие качественные рейтинги количественно меньшим рискам.

Использование косвенных методов оценки профессионального риска целесообразно применять для аттестации рабочих мест, так как в этом подходе исследуется потенциальный риск, а не фактический.

Таким образом, в настоящее время остается еще много нерешенных вопросов в области оценки профессионального риска повреждения здоровья, поэтому актуальность этой проблемы для здоровья работающих сохраняется.

В ст. 209 Трудового кодекса России от 30.12.2001 г. № 197-ФЗ (ред. от 09.11.2020 г.)

дано следующее определение профессионального риска – «... вероятность причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных и(или) опасных производственных факторов при исполнении работником обязанностей по трудовому договору или в иных случаях, установленных настоящим Кодексом, другими федеральными законами».

По Федеральному закону от 24.07.1998 г. № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» профессиональный риск – вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти застрахованного, связанная с исполнением им обязанностей по трудовому договору (контракту) и в иных установленных данным законом случаях.

В соответствии с Федеральным законом от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» термин риск трактуется как «... вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда».

Национальным стандартом – ГОСТом Р 12.0.010–2009 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков» риск определен как «... сочетание (произведение) вероятности (или частоты) нанесения ущерба и тяжести этого ущерба».

Отметим, что первые два определения риска не учитывают показатель тяжести ущерба работнику в результате несчастного случая или профессионального заболевания. Однако отрицательные последствия для здоровья работника в результате несчастного случая могут иметь различную степень тяжести от легкого вреда здоровью до смертельного исхода. Кроме того, ущерб здоровью работника может иметь характер «отложенного вреда» и проявиться по истечении некоторого времени, т. е., по мнению авторов, при расчете величины профессионального риска для личного состава пожарной охраны целесообразно учитывать показатель «тяжесть ущерба».

Приняв за основу определение риска, закрепленное национальным стандартом (ГОСТ Р 12.0.010–2009), задача оценки риска заключается в определении двух составляющих:

– вероятность (частота) причинения вреда здоровью работникам в результате воздейст-

вия вредных и(или) опасных производственных факторов;

– тяжесть нарушения здоровья.

Для оценки первой составляющей применяются следующие показатели рисков:

– коэффициент частоты несчастных случаев – количество несчастных случаев, происшедших за один год на 1000 работников или в ‰;

– коэффициент частоты наступления несчастного случая со смертельным исходом – количество несчастных случаев со смертельным исходом, происшедших за один год в ‰ и другие показатели.

Оценка второй составляющей в ГОСТе Р 12.0.010–2009 дается в общем виде: «В общем случае при оценке риска на рабочем месте может быть использована n-уровневая шкала ущерба, каждому уровню которой путем экспертной оценки ставят в соответствие определенный весовой коэффициент». В качестве примера дается трехуровневая шкала тяжести ущерба: малый, средний и большой.

Более четкие указания приводятся в Р 2.2.1766–03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки». При оценке тяжести нарушений здоровья рекомендовано руководствоваться приказом Минздравсоцразвития России от 24.02.2005 г. № 160 «Об определении степени тяжести повреждения здоровья при несчастных случаях на производстве», согласно которому несчастные случаи на производстве подразделяют на две категории: тяжелые и легкие. Признаками тяжелого несчастного случая являются повреждения, угрожающие жизни пострадавшего.

В научной литературе также предлагается использовать различное количество категорий тяжести ущерба здоровью, а также имеются предложения о замене частоты несчастных случаев рангами вероятности (например: низкий, средний и высокий) [7, 10]. Некоторые авторы [4] предлагают ввести 3 категории тяжести несчастного случая:

– смертельные или приводящие к смерти в течение непродолжительного периода времени после несчастного случая;

– несчастные случаи, приводящие к постоянной нетрудоспособности;

– травмы, вызывающие временную нетрудоспособность.

В других работах [7] предлагают ввести 5 категорий тяжести несчастного случая, выделяя дополнительно травмы без потери трудоспособности.

## Материал и методы

Использовали математическую модель оценки профессиональных рисков в подразделениях Федеральной противопожарной службы (ФПС) МЧС России, в которой заложен принцип зависимости трудопотерь от повреждений здоровья различных видов.

Учитывали следующие категории повреждений здоровья:

– смертельные или приводящие к смерти в течение 1 года после несчастного случая при выполнении служебных обязанностей или вследствие заболевания, входящего в группу производственно-обусловленных заболеваний для пожарных [5], во время прохождения службы или в течение 1 года после увольнения со службы – 100% трудопотери (247 рабочих дней в году);

– несчастные случаи, приводящие к постоянной нетрудоспособности (выход на инвалидность) после несчастного случая при выполнении служебных обязанностей или вследствие заболевания, входящего в группу производственно-обусловленных заболеваний для пожарных, в течение 1 года после увольнения со службы – 100% трудопотери из-за невозможности выполнять служебные или трудовые обязанности (247 рабочих дней в году);

– травмы при выполнении служебных обязанностей, вызывающие временную нетрудоспособность, оценивались средние трудопотери – число дней временной утраты трудоспособности после травм – примерно 22 дня [9].

Микротравмы без потери трудоспособности не учитывались.

С использованием банка статистических данных по травматизму, инвалидности и гибели личного состава подразделений МЧС России при выполнении служебных обязанностей проанализированы случаи травматизма и гибели личного состава ФПС МЧС России при выполнении служебных обязанностей за период 2015–2019 гг.

Статистическую обработку результатов провели при помощи программы Microsoft Excel.

## Результаты и их анализ

В соответствии с представленной математической моделью предлагается оценивать профессиональные риски в подразделениях ФПС МЧС России ( $R$ , год<sup>-1</sup>) как сумму рисков (в год или в среднем за 5 лет) повреждения здоровья, умноженных на соответствующие коэффициенты тяжести ущерба, рассчитанные для каждого вида повреждения здоровья:

**Таблица 1**

Основные показатели травматизма и гибели сотрудников ФПС МЧС России во время служебной деятельности в 2015–2019 гг.

| Год  | Количество сотрудников ФПС МЧС России | Количество травмированных | Количество травм со смертельным исходом | Количество умерших вследствие заболевания, входящего в группу профессионально-обусловленных заболеваний |
|------|---------------------------------------|---------------------------|---|---|
| 2015 | 98 585                                | 103                       | 7                                       | 22  |
| 2016 | 113 690                               | 108                       | 17                                      | 12  |
| 2017 | 107 746                               | 88                        | 5                                       | 8   |
| 2018 | 105 255                               | 73                        | 6                                       | 5   |
| 2019 | 105 292                               | 106                       | 8                                       | 4   |

$$R = k_t \cdot P_t + k_g \cdot P_g + k_i \cdot P_i, \quad (1.0)$$

где  $k_t$  – коэффициент тяжести ущерба травматизма, принимали равным  $22/247 = 0,089$ ;

$P_t$  – частота травматизма при выполнении служебных обязанностей, ‰.

$$P_t = \frac{N_t \cdot 1000}{N_{лс}}, \quad (2.0)$$

где  $N_t$  – количество травмированных людей при выполнении служебных обязанностей за отчетный год;  $N_{лс}$  – среднесписочная численность личного состава за отчетный год;

$k_g$  – коэффициент тяжести гибели принимали равным 1;

$P_g$  – частота гибели от травм или вследствие заболевания, входящего в группу производственно-обусловленных заболеваний для пожарных, ‰.

$$P_g = \frac{N_g \cdot 1000}{N_{лс}}, \quad (3.0)$$

где  $N_g$  – количество погибших от травм или вследствие заболевания, входящего в группу профессионально-обусловленных заболеваний для пожарных, за отчетный год;

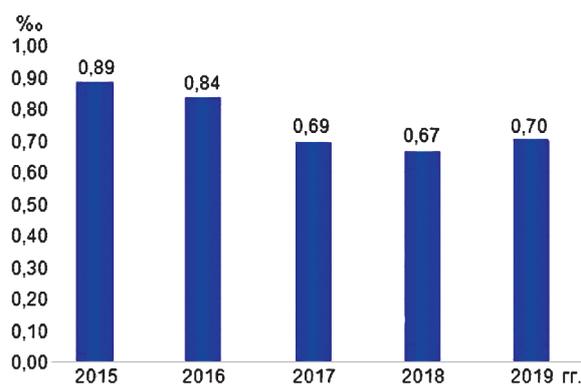
$k_i$  – коэффициент тяжести ущерба от выхода на инвалидность принимали равным 1;

$P_i$  – частота выхода на инвалидность вследствие травмы или заболевания, входящего в группу производственно-обусловленных заболеваний для пожарных, ‰.

$$P_i = \frac{N_i \cdot 1000}{N_{лс}}, \quad (4.0)$$

где  $N_i$  – количество впервые признанных инвалидами вследствие травмы или заболевания, входящего в группу профессионально-обусловленных заболеваний для пожарных, за отчетный год.

Основные показатели травматизма и гибели сотрудников пожарной охраны во время служебной деятельности за период с 2015 по 2019 г. представлены в табл. 1. В связи с отсутствием репрезентативных данных по инвалидности сотрудников ФПС МЧС России за 2016–2019 гг. для оценки риска в качестве составляющих  $P_i$  использованы усредненные значения частот выхода на инвалидность



**Рис. 1.** Результаты оценки профессионального риска травм в подразделениях ФПС МЧС России в 2015–2019 гг.

вследствие травмы или заболевания, входящего в группу профессионально-обусловленных заболеваний для пожарных (0,5), полученные в предыдущие годы [1].

На рис. 1 представлены результаты оценки профессионального риска по принципу трудопотерь от повреждений здоровья различных видов в подразделениях ФПС МЧС России за 2015–2019 гг. В последние 3 года намечилось стабильное снижение профессионального риска у сотрудников пожарной охраны по сравнению с предыдущими годами.

В работе [4] приведены порядок и примеры расчета «индекса вреда» для различных профессий. Этот подход наиболее близок к предложенному в настоящей статье. В табл. 2 приведены сравнительные данные

**Таблица 2**

Уровни профессионального травматизма и гибели сотрудников во время служебной деятельности в 2015–2019 гг. (‰)

| Профессия                      | Уровень травм   | Уровень гибели    |
|--------------------------------|-----------------|-------------------|
| Вальщик леса                   | 4,01            | 1,84              |
| Бурильщик скважин нефти и газа | 1,71            | 0,16              |
| Электрогазосварщик             | 0,87            | 0,062             |
| Сотрудник ФПС МЧС России       | $0,85 \pm 0,06$ | $0,079 \pm 0,002$ |

по некоторым показателям оценки профессионального риска повреждения здоровья у сотрудников ФПС МЧС России и отдельным рабочим профессиям.

Как видно из табл. 2, профессиональные риски у сотрудников ФПС МЧС России меньше, чем у отдельных рабочих профессий. Необходимо отметить, что приведенные данные по сотрудникам ФПС усреднены по всем должностям и субъектам России. Целесообразно в дальнейшем сгруппировать должности сотрудников ФПС МЧС России по

направлениям деятельности (оперативная деятельность по тушению пожаров, профилактическая, техническая, административная и другие виды деятельности) и провести расчеты профессионального риска повреждения здоровья по каждому направлению деятельности отдельно.

На рис. 2 приведены сравнительные данные по частоте травматизма и гибели от травм в ряде стран по данным Международной ассоциации пожарно-спасательных служб (СИФ) [11]. Данные по России приведены только по

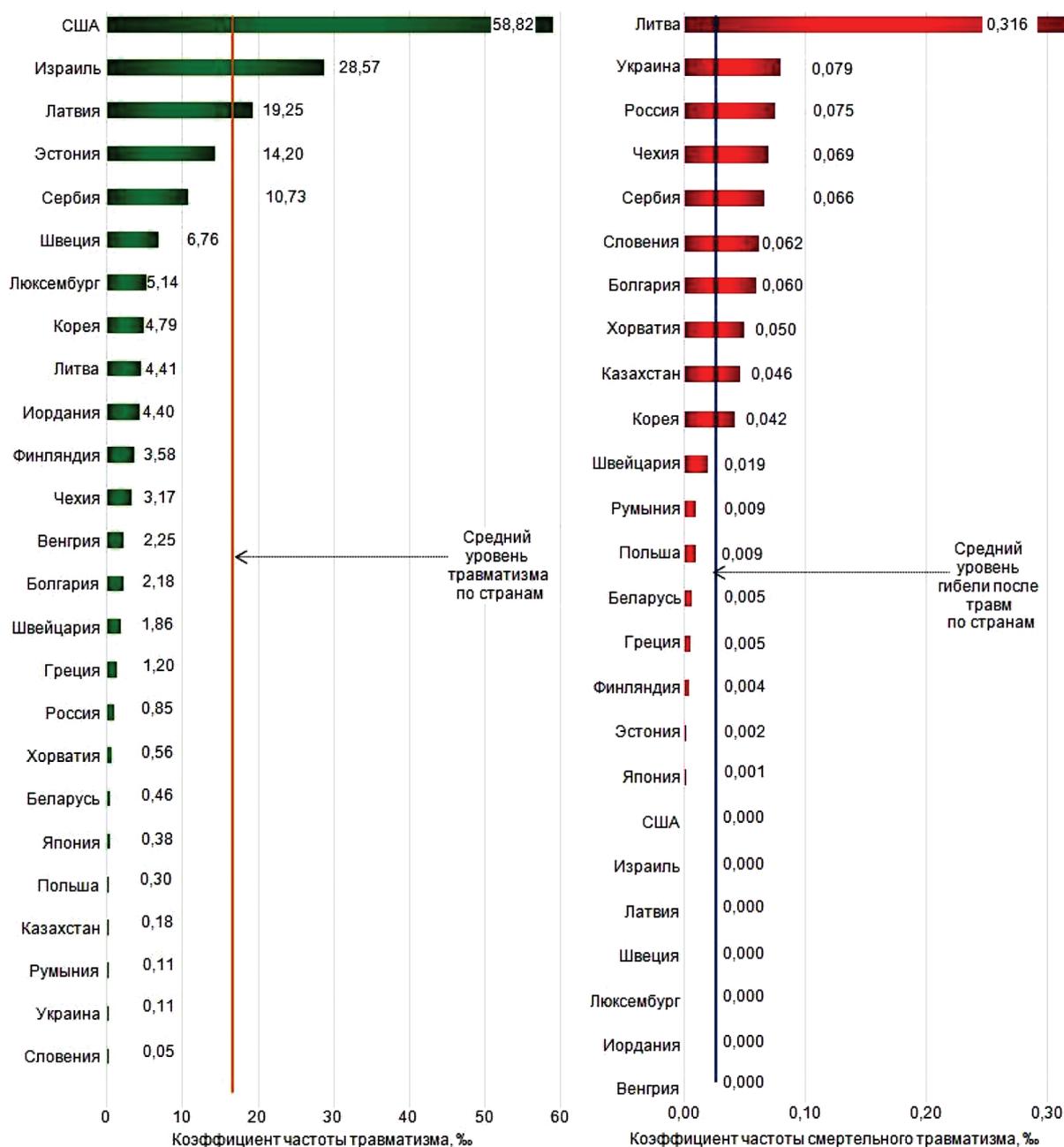


Рис. 2. Уровни травматизма личного состава пожарной охраны в некоторых странах мира.

ФПС МЧС России за 2015–2019 гг. Данные по остальным странам представлены за 2014–2018 гг. Вертикальная линия соответствует среднему уровню травматизма по всем приведенным странам.

Следует обратить внимание на высокий уровень гибели после травм (см. рис. 2) сотрудников ФПС МЧС России по сравнению с другими странами (больше только в Украине и Литве), тогда как по уровню травматизма (0,85‰) сотрудники ФПС МЧС России занимают место в низу ранжированного списка (см. рис. 2). Наибольший коэффициент частоты травматизма зафиксирован в США и Израиле (58,8 и 28,6‰ соответственно).

### Заключение

Предложенный подход к оценке профессионального риска в подразделениях пожарной охраны представляется более адекватным, чем нередко используемый индексный подход, при котором профессиональные риски от микротравм (вероятность высокая, ранг – 5, тяжесть ущерба низкая, ранг – 1) равны профессиональным рискам от летального исхода (вероятность низкая, ранг – 1, тяжесть ущерба высокая, ранг – 5). Перемножение весовых коэффициентов дает одну и ту же величину 5. Очевидными недостатками индексных методов являются их субъективность и специфичность по отношению к отдельным

факторам, что проявляется при оценке риска по отдельным идентифицированным опасностям. Имеется многочисленная группа редких опасностей, различающихся по своей частоте на порядки, но всем им присваивается один и тот же ранг по вероятности проявления – 1.

Следует отметить, что для редких идентифицированных опасностей или небольших по численности подразделений, в которых повреждений здоровья может не быть в отчетном году, следует использовать поправки на непрерывность функции оценки рисков гибели и травматизма в подразделениях Федеральной противопожарной службы МЧС России [6].

Подобные оценки профессионального риска в подразделениях Федеральной противопожарной службы МЧС России следует провести отдельно для каждой идентифицированной опасности, а также для каждого рабочего места (должности) и субъекта России. Также следует подчеркнуть, что только оценка профессиональных рисков не принесет результата. Задача заключается в идентификации опасных событий, которые могут произойти во время прохождения службы, определении наиболее опасных из них и разработке правильных, сбалансированных, эффективных мероприятий, призванных обеспечить безопасность личного состава с целью нейтрализации этих опасностей.

### Литература

1. Алексанин С.С., Евдокимов В.И., Бобринев Е.В., Мухина Н.А. Анализ показателей первичной инвалидности сотрудников Федеральной противопожарной службы МЧС России и населения России в возрасте 18–44 года с 2006 по 2015 год // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2019. № 1. С. 5–28. DOI: 10.25016/2541-7487-2019-0-1-05-28.
2. Карпенко Ю.В. Исследование отечественного и зарубежного опыта оценки профессиональных рисков, влияющих на здоровье работников // Научный руководитель. 2018. № 1 (25). С. 125–137.
3. Латыпова Р.Р., Хаит Д.Д., Кандыбко А.П. Зарубежный опыт оценки рисков // Актуальные проблемы экономики и управления. 2018. № 3 (19). С. 75–77.
4. Малышев Д.В. Метод комплексной оценки профессионального риска // Проблемы анализа риска. 2008. Т. 5, № 3. С. 40–59.
5. Марьин М.И., Студеникин Е.И., Бобринев Е.В. [и др.]. Производственно-обусловленные заболевания сотрудников ГПС // Пожарное дело. 1999. № 1. С. 52–54.
6. Матюшин А.В., Порошин А.А., Шишков М.В. [и др.]. Оценка профессионального риска и обоснование необходимого резерва численности пожарных // Проблемы анализа риска. 2009. Т. 6, № 2. С. 6–13.
7. Тимофеева С.С. Современные методы оценки профессиональных рисков и их значение в системе управления охраной труда // XXI век. Техносферная безопасность. 2016. № 1. С. 14–24.
8. Файнбург Г.З. Методы оценки профессионального риска и их практическое применение (от метода Файна–Кинни до наших дней) // Безопасность и охрана труда. 2020. № 2 (83). С. 25–41.
9. Харин В.В., Бобринев Е.В., Удавцова Е.Ю. Оценка интегрального показателя нарушений состояния здоровья личного состава МЧС России // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2018. № 1. С. 49–56. DOI: 10.25016/2541-7487-2018-0-1-49-56.
10. Шаяхметов С.Ф., Дьякович М.П. Методические аспекты оценки профессионального риска работающих // Медицина труда и промышленная экология. 2007. № 6. С. 21–26.

11. Brushlinsky N.N., Ahrens M., Sokolov S.V., Wagner P. World of Fire Statistics: Report [Electronic resource] / Center for Fire Statistics of CTIF. 2020. N 25. 31 p. URL: [https://ctif.org/sites/default/files/2020-06/CTIF\\_Report25.pdf](https://ctif.org/sites/default/files/2020-06/CTIF_Report25.pdf).

12 Cox L.A. What is wrong with Risk Matrices? // Risk analysis. 2008. Vol. 28, N 2. P. 497–512. DOI: 10.1111/j.1539-6924.2008.01030.x.

13. Vincent T.C., Milley W.M. Risk assessment methods: approaches for assessing health and environmental risks. New York : Plenum Press, 1993. 267 p.

Поступила 01.02.2021 г.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

**Участие авторов:** В.В. Харин – дизайн и руководство проведением исследования, анализ и интерпретация полученных данных, написание статьи; Е.В. Бобринев – разработка идеи и концепции исследования, руководство проведением исследования, поиск публикаций по теме статьи, анализ и интерпретация полученных данных, редактирование окончательного варианта статьи; Е.Ю. Удавцова – разработка дизайна исследования, поиск публикаций по теме статьи, участие в сборе и обработке материала, анализ и интерпретация полученных данных, участие в написании статьи; А.А. Кондашов – обзор публикаций по теме статьи, статистическая обработка и анализ полученных данных, участие в написании статьи, написание реферата и заключения, методическое сопровождение; Т.А. Шавырина – подготовка литературы, участие в сборе и обработке материала, в написании статьи, транслитерация списка литературы, перевод реферата.

**Для цитирования.** Харин В.В., Бобринев Е.В., Удавцова Е.Ю., Кондашов А.А., Шавырина Т.А. Оценка профессионального риска и тяжести нарушений здоровья в подразделениях Федеральной противопожарной службы МЧС России // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 2. С. 62–69. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-62-69

---

## Assessment of occupational risks and severity of health disorders in the divisions of the Federal Fire Service of EMERCOM of Russia

**Kharin V.V., Bobrinev E.V., Udavtsova E.Yu., Kondashov A.A., Shavyrina T.A.**

All-Russian Research Institute for Fire Protection, EMERCOM of Russia  
(mkr. VNIPO, 12, Balashikha, Moscow region, 143903, Russia)

Vladimir Vladimirovich Kharin – Head of the Department, All-Russian Research Institute for Fire Protection, EMERCOM of Russia (mkr. VNIPO, 12, Balashikha, Moscow region, 143903, Russia), e-mail: [otdel\\_1\\_3@mail.ru](mailto:otdel_1_3@mail.ru);

✉ Evgenii Vasil'evich Bobrinev – PhD Biol. Sci., Leading Research Associate, All-Russian Research Institute for Fire Protection, EMERCOM of Russia (mkr. VNIPO, 12, Balashikha, Moscow region, 143903, Russia), e-mail: [otdel\\_1\\_3@mail.ru](mailto:otdel_1_3@mail.ru);

Elena Yur'evna Udavtsova – PhD Techn. Sci., Senior Researcher, All-Russian Research Institute for Fire Protection, EMERCOM of Russia (mkr. VNIPO, 12, Balashikha, Moscow region, 143903, Russia), e-mail: [otdel\\_1\\_3@mail.ru](mailto:otdel_1_3@mail.ru);

Andrei Aleksandrovich Kondashov – PhD Phys.-Mathemat. Sci., Leading Researcher, All-Russian Research Institute for Fire Protection, EMERCOM of Russia (mkr. VNIPO, 12, Balashikha, Moscow region, 143903, Russia), e-mail: [akond2008@mail.ru](mailto:akond2008@mail.ru);

Tatiana Aleksandrovna Shavyrina – PhD Techn. Sci., Leading Researcher Associate, All-Russian Research Institute for Fire Protection, EMERCOM of Russia (mkr. VNIPO, 12, Balashikha, Moscow region, 143903, Russia), e-mail: [shavyrina@list.ru](mailto:shavyrina@list.ru)

### Abstract

**Relevance.** Currently, a significant number of approaches to the assessment of occupational risks as a result of exposure to harmful and dangerous factors of industrial activity are presented in the scientific, regulatory and legal literature. To assess occupational risks for the personnel of fire protection, risks of injury, morbidity, disability and mortality are calculated. However, no single method exists for calculating the integral index for final assessment of occupational health risk in personnel of Federal Fire Service (FFS) of EMERCOM of Russia.

**Intention:** To develop a mathematical model for assessing occupational risks for fire protection units including workdays lost related to health disorders severity.

**Methodology.** When developing a mathematical model for assessing occupational risks for the FPS of EMERCOM of Russia including workdays lost related to health disorders severity, risks to health and life of employees were directly assessed based on the following statistics (2015–2019): a) probability of hazardous situations; and b) the amount of health damage expressed as workdays lost. Coefficients of the health damage severity in the mathematical model are justified. For assessing rare occupational risks as well as in small groups, the continuity correction is proposed for injury and death risks.

*Results and Discussion.* Various methods of assessing occupational risks for industrial activity are considered. The mathematical model for occupational risk assessment in the divisions of the FPS of EMERCOM of Russia based on workdays lost related to health disorders severity helps predict occupational risks to life and health. Occupational risks are calculated in terms of workdays lost related to health damage severity for employees of the FPS of EMERCOM of Russia for 2015–2019.

*Conclusion.* Based on the mathematical model of occupational risks for the FPS of EMERCOM of Russia including workdays lost related to health disorders severity, specific occupational risks can be predicted for every specific workplace (position) in various regions of the Russian Federation.

**Keywords:** occupational risk, occupational safety and health, firefighter, health, workdays lost, occupational injuries, EMERCOM of Russia.

#### References

1. Aleksanin S.S., Evdokimov V.I., Bobrinev E.V., Mukhina N.A. Analiz pokazatelei pervichnoi invalidnosti sotrudnikov federal'noi protivopozharnoi sluzhby MChS Rossii i naseleniya Rossii v vozraste 18–44 goda s 2006 po 2015 god [Analysis of indicators of primary disability in employees of the federal fire service of EMERCOM of Russia and the population of Russia aged 18–44 from 2006 to 2015]. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2019. N 1. Pp. 5–28. DOI: 10.25016/2541-7487-2019-0-1-05-28 (In Russ).
2. Karpenko Yu.V. Issledovanie otechestvennogo i zarubezhnogo opyta otsenki professional'nykh riskov, vliyayushchikh na zdorov'e rabotnikov [Research of domestic and foreign experience in assessing occupational risks affecting the health of employees]. *Nauchnyi rukovoditel'* [Scientific Supervisor]. 2018. N 1. Pp. 125–137. (In Russ).
3. Latypova R.R., Hait D.D., Kandybko A.P. Zarubezhnyi opyt otsenki riskov [Foreign experience of assessment of risks]. *Aktual'nye problemy ekonomiki i upravleniya* [Current problems of economics and management]. 2018. N 3. Pp. 75–77. (In Russ).
4. Malyshev D.V. Metod kompleksnoi otsenki professional'nogo riska [A Method for Integrated Assessment of Occupational Risk]. *Problemy analiza riska* [Issues of risk analysis]. 2008. Vol. 5, N 3. Pp. 40–59. (In Russ).
5. Mar'in M.I., Studenikin E.I., Bobrinev E.V., Radionov I.Yu., Sushkina E.Yu. Proizvodstvenno-obuslovlennyye zabolevaniya sotrudnikov SPS [Occupational diseases of the staff of the State Fire Service]. *Pozharnoe delo* 1999. N 1. Pp. 52–54. (In Russ).
6. Matyushin A.V., Poroshin A.A., Shishkov M.V., Bobrinev E.V., Galkina E.Yu. Otsenka professional'nogo riska i obosnovanie neobkhodimogo rezerva chislennosti pozharnykh [Evaluation of Occupational Risk and Rationale for Necessary Reserve of Fire-Fighting Strength]. *Problemy analiza riska* [Issues of Risk Analysis]. 2009. Vol. 6, N 2. Pp. 6–13. (In Russ).
7. Timofeeva S.S. Sovremennyye metody otsenki professional'nykh riskov i ikh znachenie v sisteme upravleniya okhranoi truda [Modern professional risk assessment methods and their role in labor protection management system]. *XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost'* [Technosphere Safety. XXI Century]. 2016. N 1. Pp. 14–24. (In Russ).
8. Fainburg G.Z. Metody otsenki professional'nogo riska i ikh prakticheskoe primeneniye (ot metoda Faina-Kinni do nashikh dnei) [Methods of occupational risks evaluation and their practical application (from the Fine–Kinney's method up to nowadays)]. *Bezopasnost' i okhrana truda* [Occupational safety and health] 2020. N 2. Pp. 25–41. (In Russ).
9. Kharin V.V., Bobrinev E.V., Udavtsova E.Yu. Otsenka integral'nogo pokazatelya narusheniya sostoyaniya zdorov'ya lichnogo sostava MChS Rossii [Assessment of the integral index of health disorders in Russia EMERCOM personnel]. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2018. N 1. Pp. 49–56. DOI: 10.25016/2541-7487-2018-0-1-49-56. (In Russ).
10. Shayakhmetov S.F., D'yakovich M.P. Metodicheskie aspekty otsenki professional'nogo riska rabotayushchikh [Methodic aspects of evaluating occupational risk in workers]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya* [Occupational Health and Industrial Ecology]. 2007. N 6. Pp. 21–26. (In Russ).
11. Brushlinsky N.N., Ahrens M., Sokolov S.V., Wagner P. World of Fire Statistics: Report [Electronic resource] / Center for Fire Statistics of CTIF. 2020. N 25. 31 p. URL: [https://ctif.org/sites/default/files/2020-06/CTIF\\_Report25.pdf](https://ctif.org/sites/default/files/2020-06/CTIF_Report25.pdf).
12. Cox L.A. What is wrong with Risk Matrices. *Risk analysis*. 2008. N 28. Pp. 497–512.
13. Vincent T.C., Milley W.M. Risk assessment methods: approaches for assessing health and environmental risks. New York : Plenum Press. 1993. 267 p.

Received 01.02.2021

**For citing.** Kharin V.V., Bobrinev E.V., Udavtsova E.Y., Kondashov A.A., Shavyrina T.A. Ocenka professional'nogo riska i tjazhesti naryshenij zdorov'ya v podrazdeleniyakh Federal'noj protivopozharnoi sluzhby MChS Rossii. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh*. 2021. N 2. Pp. 62–69. (In Russ.)

Kharin V.V., Bobrinev E.V., Udavtsova E.Y., Kondashov A.A., Shavyrina T.A. Assessment of occupational risks and severity of health disorders in the divisions of the Federal Fire Service of EMERCOM of Russia. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2021. N 2. Pp. 62–69. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-62-69

## ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕРТОЛЕТОВ ДЛЯ САНИТАРНО-АВИАЦИОННОЙ ЭВАКУАЦИИ ПОСТРАДАВШИХ С ТРАВМОЙ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского  
(Россия, г. Саратов, ул. Б. Казачья, д. 112)

**Актуальность.** К настоящему времени не определены четкие критерии и оптимальные логистические условия применения вертолетов для санитарно-авиационной эвакуации травмированных пострадавших с места происшествия и из зоны чрезвычайных ситуаций.

**Цель** – рассмотреть современные научные взгляды на проблему использования вертолетов для санитарно-авиационной эвакуации пострадавших с места получения травмы.

**Методология.** Проведен поиск литературных источников в базе данных PubMed и на платформе Научной электронной библиотеки (eLIBRARY.ru), опубликованных за период с 2015 по 2020 г.

**Результаты и их анализ.** Преимуществами санитарно-авиационной эвакуации вертолетами являются возможность сократить догоспитальный период, доставить пострадавших из труднодоступных районов напрямую в травмоцентры высокого уровня, оказать расширенную догоспитальную помощь силами высококвалифицированных авиамедицинских бригад. Использование вертолетов сопряжено с рисками для жизни экипажа, требует значительных финансовых затрат и специального оборудования, ограничивается отсутствием посадочных площадок, погодными условиями и в ночное время. Эффективность использования вертолетов санитарной авиации зависит от географических и демографических факторов, уровня травматизма, состояния дорожной сети в регионе, удаленности станций скорой помощи, баз вертолетов и травмоцентров, степени взаимодействия служб спасения и специалистов стационаров.

**Заключение.** Эвакуация пострадавших с места происшествия вертолетами санитарной авиации может значительно снизить летальность при тяжелых травмах.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, травма, вертолет, скорая медицинская помощь, санитарно-авиационная эвакуация, догоспитальный период, сортировка, авиамедицинская бригада.

### Введение

Санитарная авиация является неотъемлемой частью современного здравоохранения. В последние десятилетия во многих странах Европы, Северной Америки и Азии созданы или формируются общенациональные вертолетные экстренные медицинские службы (Helicopter emergency medical services – HEMS) [19, 26]. Недавно выполненный мета-анализ показал, что HEMS – важный компонент травматологических систем, позволяющий значительно снизить летальность при травмах [32]. Вместе с тем, санитарная авиация является дорогостоящей, и ее использование требует серьезного обоснования. Средняя стоимость вертолетной транспортировки пострадавшего с места происшествия в травмоцентр I уровня составляет 10,5–28,0 тыс. долларов США против 1 тыс. долларов за доставку автомобилем скорой помощи [29]. Между тем, не определены четкие критерии и оптимальные логистические условия применения вер-

толетов для санитарно-авиационной эвакуации травмированных пострадавших с места происшествия и из зоны чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Зарубежные национальные исследования последних лет показывают снижение использования вертолетов для транспортировки пациентов с травмами, что объясняют проведением научно обоснованной сортировки с отбором пострадавших, получающих наибольшую выгоду от воздушной эвакуации, рациональным распределением ресурсов травматологических систем, увеличением количества травмоцентров. Так, в США с 2010 по 2016 г. доля пациентов с травмой, эвакуируемых HEMS, снизилась почти на 40% без существенного изменения летальности, с 23 до 14% от всех транспортировок службами скорой помощи, в среднем – на 17% в год [19]. В России с 2012 по 2018 г. доля пациентов, эвакуированных с применением санитарной авиации, составила 20–25% от всех эвакуа-

Шапкин Юрий Григорьевич – д-р мед. наук проф., зав. каф. общ. хирургии, Саратовский гос. мед. ун-т им. В.И. Разумовского (Россия, 410012, г. Саратов, ул. Б. Казачья, д. 112), e-mail: shapkin Yuri@mail.ru;

✉ Селиверстов Павел Андреевич – канд. мед. наук, ассистент каф. общ. хирургии, Саратовский гос. мед. ун-т им. В.И. Разумовского (Россия, 410012, г. Саратов, ул. Б. Казачья, д. 112), e-mail: seliwerstov.pl@yandex.ru

ций или 16–25 тыс. случаев в год, и отмечен рост числа воздушных эвакуаций в среднем на 20–23 % в год, особенно – в догоспитальном периоде.

По расчетам специалистов Всероссийского центра медицины катастроф «Защита» в России к 2024 г. среднее количество санитарно-авиационных эвакуаций должно составить 26 на 100 тыс. человек населения в год. Совершенствование отечественной системы санитарной авиации с расширением использования вертолетов имеет объективные предпосылки: 34 субъекта России относятся к труднодоступным территориям; около 10 % населения проживают в регионах, где отсутствуют круглогодично эксплуатируемые автодороги; многие населенные пункты и автотрассы значительно удалены от травмоцентров; отмечается рост случаев ЧС и дорожно-транспортного травматизма с увеличением доли тяжелых травм [1].

**Цель** обзора – рассмотреть современные научные взгляды на проблему использования вертолетов для санитарно-авиационной эвакуации пострадавших с места получения травмы.

## Материал и методы

Проведен поиск статей в научных журналах, представленных в базе данных PubMed и на платформе Научной электронной библиотеки (eLIBRARY.ru), опубликованных в основном за период с 2015 по 2020 г. и содержащих результаты научных исследований преимуществ, недостатков и эффективности применения вертолетов санитарной авиации для эвакуации травмированных пострадавших с места происшествия.

## Результаты и их анализ

### 1. Преимущества использования вертолетов

**1.1. Влияние на летальность при травмах.** Общая госпитальная летальность среди пациентов, эвакуированных с места получения травмы вертолетом, составляет 3,8–15,6% и значимо в 2–3 раза больше, чем летальность в группе пострадавших, доставленных наземным санитарным транспортом, у которых она не превышает 1,3–8,4% [6, 10, 21, 31]. Однако пациенты, эвакуированные вертолетом, имели более тяжелые повреждения по шкале AIS (Abbreviated Injury Scale) и большую тяжесть травмы по шкале ISS (Injury Severity Scale) [6–8, 20, 55]. У 19–30% из них были

признаки шока, угнетение сознания по шкале GCS (Glasgow Coma Scale)  $\leq 13$  баллов, снижение систолического артериального давления (САД)  $< 90$  мм рт. ст. или критические нарушения дыхания (частота дыхания  $< 10$  или  $> 29$  в 1 мин) [8, 27, 42]. У 28% пострадавших происходило ухудшение состояния во время транспортировки, чаще всего проявляющееся в виде снижения уровня сознания по шкале GCS [27]. Пациенты, доставленные вертолетом, в 1,7–2,8 раза чаще нуждались в интубации трахеи и искусственной вентиляции легких, в 1,2–1,5 раза чаще – в экстренных оперативных вмешательствах [15, 42, 55].

Ряд авторов изучили влияние эвакуации вертолетом санитарной авиации на госпитальную летальность, сравнивая группы пострадавших, сопоставимые по возрасту, механизму, виду, тяжести травмы, функциональным нарушениям. В одних исследованиях достоверного снижения летальности среди эвакуированных вертолетом не выявлено [6, 10, 21, 29], в других работах, наоборот, было установлено, что транспортировка вертолетом значимо в 2,7 раза повышает шансы на выживание [55], снижает риск летального исхода на 30–57% [19, 31, 42]. Использование HEMS достоверно снизило госпитальную летальность при травмах средней / тяжелой степени (ISS  $\geq 9$  баллов) по данным Немецкого общества травматологии [8] и при тяжелых травмах (ISS  $\geq 16$  баллов) по результатам анализа Японского банка данных о травмах [53]. Для пациентов с тяжелыми травмами помощь HEMS оказалась независимым предиктором их выживаемости [7]. У детей, эвакуированных HEMS, уменьшилась летальность в группе пострадавших с тяжестью травмы по шкале ISS  $\geq 9$  баллов, были спасены две жизни на 100 полетов [20], по другим данным – достоверно снижала летальность только при тяжелых травмах (ISS  $\geq 16$  баллов) [39].

**1.2. Критерии применения вертолетов.** Повышение точности идентификации на догоспитальном этапе пострадавших с тяжелой травмой, которые получают наибольшую пользу от эвакуации вертолетом, может привести к экономии средств, исчисляющейся миллионами долларов. Между тем, 35–80% пациентов, доставленных вертолетом с места происшествия в травмоцентр I уровня, не имеют тяжелой травмы (ISS  $\geq 16$  баллов) и не нуждаются в госпитализации в травмоцентр такого уровня [29].

В Руководстве по воздушной медицинской транспортировке США рекомендуется

использовать для отбора пациентов, нуждающихся в помощи HEMS, критерии из Руководства по полевой сортировке пациентов с травмой (Guidelines for Field Triage of Injured Patients) [50]: физиологические показатели (оценка по шкале GCS  $\leq 13$  баллов, САД  $< 90$  мм рт. ст., частота дыхания  $< 10$  или  $> 29$  в 1 мин) и анатомические критерии (проникающие ранения головы, груди или живота, глубокие ранения шеи, нестабильная грудная клетка, разрушение, отрыв конечности проксимальнее лучезапястного или голеностопного суставов, перелом  $\geq 2$  плечевых или бедренных костей, отсутствие пульса на конечности, перелом костей таза, черепа, признаки повреждения спинного мозга, ингаляционная травма). Данные критерии указывают на высокую вероятность тяжелой травмы и определяют необходимость доставки пострадавших в травмоцентр I–II уровня. Использование HEMS рекомендовано в случаях, если пациент отвечает любому из этих критериев, и доставка вертолетом дает возможность значительно сократить догоспитальное время или если место происшествия недоступно для наземного транспорта, удалено от ближайшего травмоцентра на расстояние более 60 мин наземной транспортировки, или время прибытия на место происшествия автомобиля скорой помощи занимает более 20 мин. Помощь HEMS оказалась независимым предиктором выживаемости травмированных пациентов, имеющих оценку по шкале GCS  $< 14$  баллов, частоту дыхания  $< 10$  или  $> 29$  в 1 мин или сочетание САД  $< 90$  мм рт. ст. с любым из анатомических критериев [12]. По другим данным, транспортировка вертолетом значимо не снизила вероятность летального исхода у пациентов, отвечающих физиологическим критериям Руководства по полевой сортировке [10]. Применение HEMS достоверно снижало летальность у травмированных детей с оценкой по шкале GCS  $\leq 8$  баллов, у пострадавших старше 55 лет [8], при проникающих и огнестрельных ранениях [20, 37].

Шкала воздушной медицинской догоспитальной сортировки AMPT (Air Medical Prehospital Triage) разработана для отбора травмированных пострадавших, которым показана помощь HEMS. Шкала включает 6 критериев: оценку по шкале GCS  $< 14$  баллов, частоту дыхания  $< 10$  или  $> 29$  в 1 мин, нестабильность грудной клетки, гемо/пневмоторакс, паралич, наличие повреждений в трех анатомических областях тела и более. У па-

циентов с оценкой по шкале AMPT  $\geq 2$  баллов транспортировка вертолетом повышала шансы на выживание на 6,7% [13].

По данным P. Udekwi и соавт. (2019), транспортировка автомобилем скорой помощи вместо использования санитарного вертолета приведет к значительной экономии затрат без увеличения летальности, если пострадавший отвечает следующим критериям: возраст 16–70 лет, травма закрытая, отсутствуют моторные нарушения по шкале GCS, САД  $> 90$  мм рт. ст., пульс 60–120 уд/мин, частота дыхания 10–29 в 1 мин [54].

Решение об отправке вертолета санитарной авиации во многом зависит от содержания и правильной оценки информации, поступающей в диспетчерский центр с места происшествия от бригад скорой помощи или абонентов, вызывающих службы спасения. В Нидерландах достигнут Национальный консенсус в отношении десяти параметров данных о пациенте (пол, возраст, механизм, вид травмы, показатели дыхания, гемодинамики и неврологического статуса), которые должны передаваться службой скорой помощи в диспетчерский центр с целью идентификации тяжелотравмированных и определения необходимости отправки вертолета [23]. В Англии для диспетчеров, не имеющих клинической подготовки, разработан алгоритм принятия решения об отправке на место происшествия врачебной бригады HEMS на основе критериев механизма и вида травмы, клинического состояния пациента, удаленности места происшествия и его доступности для наземного транспорта. Использование алгоритма повысило точность выявления пострадавших, которым требовалась догоспитальная помощь с участием врачей HEMS [35]. В Великобритании тестируется платформа GoodSAM Instant-on-Scene™, которая предоставляет диспетчеру возможность активировать у абонента, вызывающего службу спасения, видеокамеру на мобильном телефоне и передавать видеозапись с места происшествия в диспетчерскую в режиме реального времени, что может помочь диспетчеру в принятии решения об отправке бригады HEMS на основании видеoinформации о месте происшествия, механизме и виде полученных травм, клиническом состоянии пострадавшего [49].

До 20–60% пациентов, эвакуированных вертолетом, получают травмы в дорожно-транспортных происшествиях [2, 8, 42]. Использование телеметрических систем раннего оповещения о дорожно-транспортных

происшествиях позволяет ускорить вызов и отправку вертолета санитарной авиации на место дорожно-транспортных происшествий, что было доказано в краш-тесте с автомобилем, оснащенный системой AACN (Advanced automatic collision notification) [30]. Системы телеметрии (GPS), устанавливаемые на транспортных средствах, регистрируют данные о месте происшествия, изменении скорости (показатель Delta-V), направлении силы основного удара, использовании ремня безопасности, срабатывании подушек безопасности, местонахождении пассажиров и другие данные. В 2015 г. Япония внедрила систему D-Call Net (DCN), которая первая в мире использует технологию AACN для отправки вертолета с врачом на место дорожно-транспортных происшествий. Информация об аварии автоматически направляется на сервер оперативного центра, на котором проводится расчет вероятности тяжелой травмы водителя и пассажиров по данным телеметрии. Для вызова вертолета принят порог вероятности тяжелой травмы  $\geq 5\%$ . Данные о месте происшествия и вероятности получения тяжелой травмы автоматически отправляются с сервера по электронной почте на смартфоны врачей санитарной авиации, тем самым сокращается время от момента получения травмы до вызова вертолета, примерно, на 17 мин [34].

*1.3. Геопространственные и логистические факторы.* Ключевым преимуществом вертолетов является возможность доставлять пострадавших с тяжелой травмой из отдаленных и труднодоступных районов за более короткое время напрямую в травмоцентры высокого уровня. Так, использование вертолетов в травматологической системе северных французских Альп позволило эвакуировать большее количество пациентов с тяжелыми травмами из отдаленных горных районов напрямую в травмоцентр I уровня и снизить на  $\frac{1}{3}$  летальность среди них [4]. Транспортировка вертолетом значительно увеличивает выживаемость пострадавших в сельской местности [19, 55]. В сельских районах Западной Австралии шансы на выживание у тяжелотравмированных пациентов, эвакуированных HEMS с расстояния 50–250 км напрямую в травмоцентр, на 51% были выше, чем у пострадавших, которых доставляли автомобилем скорой помощи в ближайшую сельскую больницу, а затем переводили в травмоцентр [22].

С другой стороны – наземные службы скорой помощи могут находиться ближе к месту происшествия, чем вертолетные базы, и на-

чать транспортировку в травмоцентр без задержек, связанных с ожиданием прибытия вертолета, его приземлением и взлетом. Во многих зарубежных исследованиях выявлено, что время прибытия на место происшествия наземных бригад EMS было в 1,3–3 раза (на 5–13 мин) меньше, чем бригад HEMS [4, 37, 55]. Ретроспективный анализ показал, что в штате Алабама (США) 33% пациентов, доставленных на вертолете в травмоцентр I уровня, достигли бы его быстрее при транспортировке наземной службой скорой помощи, которая прибывала к месту происшествия первой [43].

Дорожный трафик, погода и географический регион значительно влияют на путь (время) эвакуации пострадавших бригадами скорой помощи. Так, в Пенсильвании (США) это расстояние сокращалось в час пик до 10,5 км и увеличивалось при неблагоприятной погоде до 27,4 км [17]. На юге Франции время доставки пациентов в травмоцентр вертолетом и наземным транспортом не различалось на расстоянии от места происшествия до стационара менее 35 км, но при увеличении данного расстояния выявлялось скоростное преимущество воздушной эвакуации перед наземной [46]. Анализ Национального банка данных о травмах в США показал, что эвакуация пациентов вертолетом занимала в 2 раза больше времени, чем автомобилем, когда место происшествия находилось на расстоянии от травмоцентра менее 45 мин при наземной доставке [48]. Возможность сократить догоспитальный период и снизить риск смерти пострадавших за счет воздушной транспортировки утрачивалась из-за затраты времени на вызов и прибытие вертолета к месту происшествия [42]. Более того, длительная воздушная эвакуация приводила к задержке госпитального лечения и значимому увеличению летальности у гемодинамически нестабильных пациентов с закрытой травмой [48].

В условиях мегаполиса (Москва, Санкт-Петербург) использование вертолетов легкого класса обеспечивает прибытие специализированных авиамедицинских бригад к месту происшествия в течение 7–10 мин, что значительно сокращает время доставки пострадавших в стационар и, по прогнозу исследователей, может спасать в год не менее 250 жизней пациентов с травмами и заболеваниями на 300–350 полетов [2, 3].

В последнее время метод геопространственного анализа (картографирования) и моделирования широко применяется для

оптимального распределения ресурсов травматологической системы в регионе. Географические информационные системы с программным обеспечением Google Earth™ и ArcGIS™ позволяют рассчитать время эвакуации воздушными и наземными службами скорой помощи с учетом режима полета вертолета и дорожной инфраструктуры, определить процент пострадавших, которых можно доставить автомобилем или вертолетом от места жительства или возможных мест происшествий до всех травмоцентров и больниц в регионе в пределах 45 или 60 мин. Реалистичную оценку потенциала санитарной авиации в регионе дают «эллиптические» модели расчета площади территории, жители которой могут быть доставлены вертолетами в травмоцентры за 60 мин с учетом времени прибытия вертолета из места базирования к месту происшествия, оказания помощи на месте и полета с места происшествия в травмоцентр [45]. Модели геопространственного анализа с картографированием частоты случаев травм, травмоопасных «горячих точек» (зимние спортивные курорты, высокогорные трассы) и расчетом времени прибытия служб скорой помощи в зоны повышенного травматизма полезны для определения районов, в которых более выгодно использовать наземную или воздушную эвакуацию [16]. Геопространственный анализ показал, что использование HEMS в США повышает шансы на выживание у пострадавших с травмами, однако величина этого эффекта варьирует и значительно зависит от количества и распределения травмоцентров, вертолетов и вертолетных баз в регионе [15]. Расчет числа баз вертолетов и оптимальное их размещение на основе геопространственного моделирования позволяет сократить сроки прибытия вертолета на место происшествия и время транспортировки в травмоцентр, увеличить в регионе число жителей, которые потенциально имеют доступ к помощи в травмоцентрах I и II уровня в течение 60 мин, что может значительно снизить уровень смертности от травм [16, 41].

Сотрудники Всероссийского центра медицины катастроф «Защита» разработали методику расчета годовой потребности субъекта России в количестве санитарно-авиационных эвакуаций на 100 тыс. человек населения на основе показателей общей смертности, среднего возраста, плотности населения, протяженности автомобильных дорог с твердым покрытием, доли сельского населения,

рельефа местности (горная, равнинная). В зависимости от расчетного количества санитарно-авиационных эвакуаций в год выделены 4 группы субъектов: до 20 (4 субъекта), до 100 (41 субъект), до 300 (16 субъектов) и свыше 300 (19 субъектов) [1].

Вертолеты признаны важным компонентом в системе ликвидации медико-санитарных последствий ЧС, особенно в труднодоступных и удаленных регионах [1, 51]. Сообщения об использовании HEMS при ЧС многочисленны, но разнородны и не систематизированы. Вертолеты полезны не только для санитарно-авиационной эвакуации пациентов, но также для перевозки оборудования, предметов снабжения и персонала спасательных служб, поиска и спасения пострадавших [25]. Европейский комитет здравоохранения и санитарной авиации (European HEMS and Air Ambulance Committee – EHAC) [51] и Международная комиссия по горной медицине (International Commission for Mountain Emergency Medicine – ICAR MEDCOM) [11] представили научно обоснованные, но общие рекомендации по использованию HEMS при ЧС и в горноспасательных операциях. В горных районах следует учитывать необходимость специального оборудования для подъема травмированных на вертолет; важность раннего оказания помощи пострадавшим от схода лавин, гипотермии, удара молнии; владение медперсонала навыками реанимационной помощи, так как до 53% эвакуируемых с тяжелыми травмами имеют критические нарушения жизненно важных функций [9]. Значимо сократить время вызова и прибытия вертолета на место происшествия в горных районах альпийских стран позволили следующие условия: служба HEMS интегрирована в травматологическую систему, имеет более одной базы вертолетов и по 1 команде на базу, выполняет более 650 вылетов/год, использует современные модели вертолетов и только для оказания скорой медицинской помощи; все члены экипажа находятся в одном месте; ближайшая соседняя вертолетная база – на удалении 90 км; зона обслуживания составляет около 10 тыс. км<sup>2</sup> [52].

*1.4. Роль состава авиамедицинских бригад.* В группах пострадавших, сопоставимых по времени догоспитального периода, шансы на выживание были значительно выше у пациентов, доставленных вертолетными, а не наземными службами скорой помощи. Эта закономерность наиболее выражена у пациентов с тяжелыми травмами и может быть объяс-

нена качеством оказанной им догоспитальной помощи [28]. В состав бригад HEMS европейских стран, Японии, авиамедицинских бригад России входят врачи, которые в отличие от наземных бригад скорой медицинской помощи имеют более высокую квалификацию и выполняют в среднем на 20% больше расширенных мероприятий поддержки жизнеобеспечения (Advanced Life Support – ALS), в том числе в 1,7–4,5 раза чаще производят интубацию трахеи и искусственную вентиляцию легких, в 3,1 раза – дренирование плевральной полости при напряженном пневмотораксе [7, 10]. В восточной Дании после внедрения службы HEMS, укомплектованной врачами, доля спасенных пациентов с тяжелой черепно-мозговой травмой (GCS  $\leq$  8 баллов, AIS головы  $\geq$  3 баллов), которым выполнена интубация трахеи на догоспитальном этапе, увеличилась с 28 до 48,6%; доля эвакуированных пострадавших с тяжелыми повреждениями (AIS  $\geq$  3 баллов), получавших опиоидные анальгетики, повысилась с 11 до 21,8% [44]. В Нидерландах использование врачебных бригад HEMS увеличивает число спасенных детей с тяжелыми травмами (ISS  $\geq$  16 баллов) на 2,5 жизни на 100 полетов [33]. Помощь врачей HEMS определена предиктором выживаемости пациентов с тяжелой черепно-мозговой травмой независимо от длительности транспортировки. Интубация трахеи, выполняемая врачами HEMS, имеет решающее значение для выживания таких пострадавших, снижает число пациентов с гипоксией (сатурация крови  $<$  90%) на момент госпитализации и способствует улучшению неврологических исходов [5, 38].

Оказанием расширенной догоспитальной помощи специалистами HEMS можно объяснить тот факт, что эвакуация вертолетом снижала летальность только среди пострадавших, доставляемых в интервале времени от 6 до 30 мин [14]. При очень коротком времени транспортировки маловероятно, что у медиков было достаточно времени для проведения каких-либо вмешательств, которые существенно повлияли бы на выживаемость пациентов. Спасение пациентов, выживших после длительной транспортировки, возможно, не зависело от оказанной им догоспитальной помощи.

## 2. Недостатки использования вертолетов

Одним из существенных недостатков вертолетного транспорта является то, что он бо-

лее опасен, чем наземный и самолетный. До 88% аварийных случаев в санитарной авиации связаны с использованием вертолетов, а не самолетов. Частота аварий вертолетов санитарной авиации с получением травм экипажем составляет 0,57–0,75 на 10 тыс. вылетов, частота аварий с гибелью членов экипажа – 0,04–0,23 на 10 тыс. полетов, что значительно выше, чем при полетах общего назначения. Несмотря на то, что количество аварий с получением травм экипажем с 2003 г. в мире значительно снизилось, число инцидентов со смертельными исходами в год увеличилось. Независимым фактором риска гибели членов экипажа оказалось время полета с 19:00 до 6:00 ч [24]. Между тем, случаи получения тяжелых травм по статистике чаще происходят ночью. Так, в Юго-Восточной Англии в ночное время выполняются 27% полетов HEMS, транспортируются в среднем 1,3 пациента за ночь и значительно больше пациентов с тяжелыми травмами в крупный травмоцентр, чем днем [18].

Отсутствие посадочных площадок, неблагоприятные погодные условия (сильный ветер, снегопад, плохая видимость) повышают риск полета и ограничивают использование вертолетов [24]. Например, в Северной Финляндии 20% вылетов вертолетов санитарной авиации отменены из-за погодных условий, в 36% из них – из-за угрозы обледенения [40].

Полет на вертолете обычно происходит на высоте менее 600 м и поэтому не вызывает значительных физиологических изменений, связанных с понижением атмосферного давления. Между тем, шум, вибрация, низкая температура воздуха и ограниченный объем кабины вертолета затрудняют оказание помощи и неблагоприятно влияют на пострадавших. Гипотермия – известный фактор риска летального исхода при травмах, который необходимо учитывать при оказании догоспитальной помощи, особенно в субарктических регионах. В Норвегии во время транспортировки пациентов температура воздуха в кабине санитарного вертолета бывает значительно ниже, чем в салоне автомобиля скорой помощи, и чаще снижается ниже 18 °C [47]. В Японии в зимнее время температура тела пострадавших значительно понижалась за время полета вертолета независимо от его продолжительности. У пациентов, температура тела которых после полета снижалась ниже 36 °C, а перед эвакуацией была нормальной или повышенной, летальность была достоверно выше [36].

### Заключение

Эвакуация пострадавших с места происшествия вертолетами санитарной авиации может значимо снизить летальность при тяжелых травмах (ISS  $\geq$  16 баллов) за счет сокращения догоспитального периода и доставки пациентов напрямую в травмоцентры высокого уровня, возможности оказания расширенной догоспитальной помощи специалистами авиамедицинских бригад.

Использование вертолетов санитарной авиации сопряжено с рисками для жизни экипажа, требует значительных финансовых затрат и специального оборудования, ограничивается отсутствием посадочных площадок, погодными условиями и в ночное время. Шум, вибрация, низкие температуры воздуха в кабине вертолета затрудняют оказание помощи и неблагоприятно воздействуют на пациента во время полета.

Основными критериями применения вертолетов для санитарно-авиационной эвакуации являются:

выявление у пострадавшего физиологических и анатомических маркеров тяжелой травмы, недоступность места происшествия для наземного транспорта или невозможность доставить пациента в травмоцентр в течение 45–60 мин автомобилем скорой помощи.

Эффективность использования вертолетов санитарной авиации зависит от географических и демографических факторов, уровня травматизма, состояния дорожной сети в регионе, удаленности станций скорой помощи, баз вертолетов и травмоцентров, степени взаимодействия служб спасения и специалистов стационаров. Современные информационные технологии (геопространственный анализ и математическое моделирование, телеметрические системы раннего оповещения о столкновениях автомобилей, системы видеосвязи) могут повысить эффективность использования вертолетов для санитарно-авиационной эвакуации пострадавших с травмой.

Поступила 29.03.2021 г.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

**Участие авторов:** Ю.Г. Шапкин – концепция и дизайн исследования, редактирование статьи; П.А. Селиверстов – поиск и анализ литературы, написание статьи.

**Для цитирования:** Шапкин Ю.Г., Селиверстов П.А. Преимущества и недостатки использования вертолетов для санитарно-авиационной эвакуации пострадавших с травмой (обзор литературы) // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 2. С. 70–79. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-70-79

---

### Advantages and disadvantages of using helicopters for air medical evacuation of victims with traumas (literature review)

Shapkin Yu.G., Seliverstov P.A.

Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky (112, B. Kazach'ya Str., Saratov, 410012, Russia)

Yuriy Grigor'evich Shapkin – Dr. Med. Sci., Prof., chief of the General Surgery Department of the Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky (112, B. Kazach'ya Str., Saratov, 410012, Russia), e-mail: shapkinyurii@mail.ru;

✉ Pavel Andreevich Seliverstov – PhD. Med. Sci., assistant professor, General Surgery Department of the Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky (112, B. Kazach'ya Str., Saratov, 410012, Russia), e-mail: seliverstov.pl@yandex.ru

#### Abstract

**Relevance.** To date, there are no clear criteria and optimal logistic conditions for the use of helicopters for the air medical evacuation of injured victims from the scene and from the emergency zone.

**Intention.** To consider modern scientific views on the problem of using helicopters for air medical evacuation of victims from the place of injury.

**Methodology.** PubMed database and eLIBRARY.ru platform were searched for publications from 2015 to 2020.

**Results and Discussion.** The advantages of air ambulance evacuation by helicopters include shorter prehospital time, delivering victims from hard-to-reach areas directly to high-level trauma centers, and provision of extended prehospital care by highly qualified air medical teams. The use of helicopters is associated with risks to the life of the crew, requires significant financial costs and special equipment, and is limited by the lack of landing sites, weather conditions and at night. The effectiveness of the use of air ambulance helicopters depends on geographic and demographic factors, the level of injuries,

the state of the road network in the region, the remoteness of ambulance stations, helicopter bases and trauma centers, the degree of interaction between rescue services and hospital specialists.

**Conclusion.** The evacuation of casualties from the scene of the accident by helicopters of medical aviation can significantly reduce mortality in case of severe injuries.

**Keywords:** emergency, trauma, helicopter, emergency medical service, air medical evacuation, prehospital time, triage, air medical teams.

#### Литература / References

1. Баранова Н.Н., Исаева И.В., Качанова Н.А. Методические подходы к определению объема годовой потребности в санитарно-авиационных эвакуациях в субъекте Российской Федерации // Медицина катастроф. 2020. № 1. С. 43–53. DOI: 10.33266/2070-1004-2020-1-43-53.
1. Baranova N.N., Isaeva I.V., Kachanova N.A. Metodicheskie podkhody k opredeleniyu ob»ema godovoi potrebnosti v sanitarno-aviatsionnykh evakuatsiyakh v sub»ekte Rossiiskoi Federatsii [Methodological approaches to determining scope of annual demand for sanitary aviation evacuation in subjects of Russian Federation]. *Meditsina katastrof* [Disaster Medicine]. 2020. N 1. Pp. 43–53. DOI: 10.33266/2070-1004-2020-1-43-53. (In Russ.)
2. Гуменюк С.А., Федотов С.А., Потапов В.И. Ретроспективный многофакторный анализ работы авиамедицинских бригад территориального центра медицины катастроф г. Москвы // Медицина катастроф. 2019. № 1. С. 47–49. DOI: 10.33266/2070-1004-2019-1-47-49.
2. Gumenyuk S.A., Fedotov S.A., Potapov V.I. [et al.]. Retrospektivnyi mnogofaktornyi analiz raboty aviameditsinskikh brigad territorial'nogo tsentra meditsiny katastrof g. Moskvy [Retrospective Multifactor Analysis of Activity of Aeromedical Teams of Territorial Center for Disaster Medicine of Moscow]. *Meditsina katastrof* [Disaster Medicine]. 2019. N 1. Pp. 47–49. DOI: 10.33266/2070-1004-2019-1-47-49. (In Russ.)
3. Козырев Д.В., Хупов М.Т. Санитарно-авиационная эвакуация с использованием лёгких вертолётов в условиях мегаполиса // Медицина катастроф. 2017. № 1. С. 31–33.
3. Kozyrev D.V., Khupov M.T. Sanitarno-aviatsionnaya evakuatsiya s ispol'zovaniem legkikh vertoletov v usloviyakh megapolisa [Sanitary Aviation Evacuation with Use of Light Helicopters in Megapolis Environment]. *Meditsina katastrof* [Disaster Medicine]. 2017. N 1. Pp. 31–33. (In Russ.)
4. Ageron F.X., Debaty G., Savary D. [et al.]. Association of helicopter transportation and improved mortality for patients with major trauma in the northern French Alps trauma system: an observational study based on the TRENAU registry. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2020. Vol. 28, N 35. Pp. 1–9. DOI: 10.1186/s13049-020-00730-z.
5. Aiolfi A., Benjamin E., Recinos G. [et al.]. Air Versus Ground Transportation in Isolated Severe Head Trauma: A National Trauma Data Bank Study. *J. Emerg. Med.* 2018. Vol. 54, N 3. Pp. 328–334. DOI: 10.1016/j.jemermed.2017.11.019.
6. Al-Thani H., El-Menyar A., Pillay Y. [et al.]. Hospital Mortality Based on the Mode of Emergency Medical Services Transportation. *Air Med. J.* 2017. Vol. 36, N 4. Pp. 188–192. DOI: 10.1016/j.amj.2017.03.003.
7. Andruszkow H., Hildebrand F., Lefering R. [et al.]. Ten years of helicopter emergency medical services in Germany: do we still need the helicopter rescue in multiple traumatised patients? *Injury.* 2014. Vol. 45. Pp. 53–58. DOI: 10.1016/j.injury.2014.08.018.
8. Andruszkow H., Schweigkofler U, Lefering R. [et al.]. Impact of Helicopter Emergency Medical Service in Traumatized Patients: Which Patient Benefits Most? *PLoS One.* 2016. Vol. 11, N 1. Art. e0146897. DOI: 10.1371/journal.pone.0146897.
9. Ausserer J., Moritz E., Stroehle M. [et al.]. Physician staffed helicopter emergency medical systems can provide advanced trauma life support in mountainous and remote areas. *Injury.* 2017. Vol. 48, N 1. Pp. 20–25. DOI: 10.1016/j.injury.2016.09.005.
10. Beaumont O., Lecky F., Bouamra O. [et al.]. Helicopter and ground emergency medical services transportation to hospital after major trauma in England: a comparative cohort study. *Trauma Surg. Acute Care Open.* 2020. Vol. 5, N 1. Art. e000508. DOI: 10.1136/tsaco-2020-000508.
11. Blancher M., Albasini F., Elsensohn F. [et al.]. Management of Multi-Casualty Incidents in Mountain Rescue: Evidence-Based Guidelines of the International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR MEDCOM). *High. Alt Med. Biol.* 2018. Vol. 19, N 2. Pp. 131–140. DOI: 10.1089/ham.2017.0143.
12. Brown J.B., Forsythe R.M., Stassen N.A., Gestring M.L. The National Trauma Triage Protocol: can this tool predict which patients with trauma will benefit from helicopter transport? *J. Trauma Acute Care Surg.* 2012. Vol. 73, N 2. Pp. 319–325. DOI: 10.1097/TA.0b013e3182572bee.
13. Brown J.B., Gestring M.L., Guyette F.X. [et al.]. External validation of the Air Medical Prehospital Triage score for identifying trauma patients likely to benefit from scene helicopter transport. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2017. Vol. 82, N 2. Pp. 270–279. DOI: 10.1097/TA.0000000000001326.
14. Brown J.B., Gestring M.L., Guyette F.X. [et al.]. Helicopter transport improves survival following injury in the absence of a time-saving advantage. *Surgery.* 2016. Vol. 159, N 3. Pp. 947–959. DOI: 10.1016/j.surg.2015.09.015.
15. Brown J.B., Gestring M.L., Stassen N.A. [et al.]. Geographic Variation in Outcome Benefits of Helicopter Transport for Trauma in the United States: A Retrospective Cohort Study. *Ann. Surg.* 2016. Vol. 263, N 2. Pp. 406–412. DOI: 10.1097/SLA.0000000000001047.
16. Brown J.B., Rosengart M.R., Billiar T.R. [et al.]. Distance matters: Effect of geographic trauma system resource organization on fatal motor vehicle collisions. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2017. Vol. 83, N 1. Pp. 111–118. DOI: 10.1097/TA.0000000000001508.
17. Chen X., Gestring M.L., Rosengart M.R. [et al.]. Logistics of air medical transport: When and where does helicopter transport reduce prehospital time for trauma? *J. Trauma Acute Care Surg.* 2018. Vol. 85, N 1. Pp. 174–181. DOI: 10.1097/TA.0000000000001935.
18. Curtis L., Salmon M., Lyon R.M. The Impact of Helicopter Emergency Medical Service Night Operations in South East England. *Air Med. J.* 2017. Vol. 36, N 6. Pp. 307–310. DOI: 10.1016/j.amj.2017.06.005.
19. Dominguez O.H., Grigorian A., Lekawa M. [et al.]. Helicopter Transport Has Decreased Over Time and Transport From Scene or Hospital Matters. *Air Med. J.* 2020. Vol. 39, N 4. Pp. 283–290. DOI: 10.1016/j.amj.2020.04.006.

20. Englum B.R., Rialon K.L., Kim J. [et al.]. Current use and outcomes of helicopter transport in pediatric trauma: a review of 18,291 transports. *J. Pediatr. Surg.* 2017. Vol. 52, N 1. Pp. 140–144. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2016.10.030.
21. Enomoto Y., Tsuchiya A., Tsutsumi Y. [et al.]. Association between physician-staffed helicopter versus ground emergency medical services and mortality for pediatric trauma patients: A retrospective nationwide cohort study. *PLoS One.* 2020. Vol. 15, N 8. Art. e0237192. DOI: 10.1371/journal.pone.0237192.
22. Ford D., Mills B, Ciccone N., Beatty S. Does Direct Helicopter Retrieval Improve Survival of Severely Injured Trauma Patients From Rural Western Australia? *Air Med. J.* 2020. Vol. 39, N 3. Pp. 183–188. DOI: 10.1016/j.amj.2020.01.005. (op634-20)
23. Harmsen A.M.K., Geeraedts L.M.G. Jr., Giannakopoulos G.F. [et al.]. National consensus on communication in prehospital trauma care, the DENIM study. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2017. Vol. 25, N 67. Pp. 1–11. DOI: 10.1186/s13049-017-0414-9.
24. Hon H.H., Wojda T.R., Barry N. [et al.]. Injury and fatality risks in aeromedical transport: focus on prevention. *J. Surg. Res.* 2016. Vol. 204, N 2. Pp. 297–303. DOI: 10.1016/j.jss.2016.05.003.
25. Johnsen A.S., Fattah S., Sollid S.J., Rehn M. Utilisation of helicopter emergency medical services in the early medical response to major incidents: a systematic literature review. *BMJ Open.* 2016. Vol. 6, N 2. Art. e010307. DOI: 10.1136/bmjopen-2015-010307.
26. Jones A., Donald M.J., Jansen J.O. Evaluation of the provision of helicopter emergency medical services in Europ. *Emerg. Med. J.* 2018. Vol. 35, N 12. Pp. 720–725. DOI: 10.1136/emmermed-2018-207553.
27. Kai T.R., Broady M.J., Davenport D.L., Bernard A.C. The effect of emergency medical system transport time on in route clinical decline in a rural system // *J. Trauma Acute Care Surg.* 2020. Vol. 88, N 6. Pp. 734–741. DOI: 10.1097/TA.0000000000002675.
28. Lavery C., Tien H., Beckett A. [et al.]. Primary aeromedical retrieval crew composition: Do different teams impact clinical outcomes? A descriptive systematic review. *CJEM.* 2020. Vol. 22, N 2. Pp. 89–103. DOI: 10.1017/cem.2020.404.
29. Madiraju S.K., Catino J., Kokaram C., [et al.]. In by helicopter out by cab: the financial cost of aeromedical overtriage of trauma patients. *J. Surg. Res.* 2017. Vol. 218. Pp. 261–270. DOI: 10.1016/j.jss.2017.05.102.
30. Matsumoto H., Mashiko K., Hara Y. [et al.]. Dispatch of Helicopter Emergency Medical Services Via Advanced Automatic Collision Notification. *J. Emerg. Med.* 2016. Vol. 50, N 3. Pp. 437–443. DOI: 10.1016/j.jemermed.2015.11.001.
31. Michaels D., Pham H., Puckett Y., Dissanaik S. Helicopter versus ground ambulance: review of national database for outcomes in survival in transferred trauma patients in the USA. *Trauma Surg. Acute Care Open.* 2019. Vol. 4, N 1. Art. e000211. DOI: 10.1136/tsaco-2018-000211.
32. Moore L., Champion H., Tardif P.A. [et al.]. Impact of Trauma System Structure on Injury Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *World J. Surg.* 2018. Vol. 42, N 5. Pp. 1327–1339. DOI: 10.1007/s00268-017-4292-0.
33. Moors X.R.J., Van Lieshout E.M.M., Verhofstad M.H.J. [et al.]. A Physician-Based Helicopter Emergency Medical Services Was Associated With an Additional 2.5 Lives Saved per 100 Dispatches of Severely Injured Pediatric Patients. *Air Med. J.* 2019. Vol. 38, N 4. Pp. 289–293. DOI: 10.1016/j.amj.2019.04.003.
34. Motomura T., Matsumoto H., Mashiko K. [et al.]. A System That Uses Advanced Automatic Collision Notification Technology to Dispatch Doctors to Traffic Accidents by Helicopter: The First 4 Cases. *J. Nippon Med. Sch.* 2020. Vol. 87, N 4. Pp. 220–226. DOI: 10.1272/jnms.JNMS.2020\_87-406.
35. Munro S., Joy M., de Coverly R. [et al.]. A novel method of non-clinical dispatch is associated with a higher rate of critical Helicopter Emergency Medical Service intervention. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2018. Vol. 26, N 84. Pp. 1–7. DOI: 10.1186/s13049-018-0551-9.
36. Nakajima M., Aso S., Yasunaga H. [et al.]. Body temperature change and outcomes in patients undergoing long-distance air medical transport. *Am. J. Emerg. Med.* 2019. Vol. 37, N 1. Pp. 89–93. DOI: 10.1016/j.ajem.2018.04.064.
37. Nasser A.A.H., Khouli Y. The Impact of Prehospital Transport Mode on Mortality of Penetrating Trauma Patients // *Air Med. J.* 2020. Vol. 39, N 6. P. 502–505. DOI: 10.1016/j.amj.2020.07.005.
38. Pakkanen T., Кдмдгдinen A., Huhtala H. [et al.]. Physician-staffed helicopter emergency medical service has a beneficial impact on the incidence of prehospital hypoxia and secured airways on patients with severe traumatic brain injury. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2017. Vol. 25, N 94. Pp. 1–7. DOI: 10.1186/s13049-017-0438-1.
39. Polites S.F., Zielinski M.D., Fahy A.S. [et al.]. Mortality following helicopter versus ground transport of injured children. *Injury.* 2017. Vol. 48, N 5. Pp. 1000–1005. DOI: 10.1016/j.injury.2016.12.010.
40. Pulkkinen I., Pirnes J., Rissanen A., Laukkanen-Nevala P. Impact of icing weather conditions on the patients in helicopter emergency medical service: a prospective study from Northern Finland. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2019. Vol. 27, N 13. Pp. 1–10. DOI: 10.1186/s13049-019-0592-8.
41. Sborov K.D., Gallagher K.C., Medvecz A.J. [et al.]. Impact of a New Helicopter Base on Transport Time and Survival in a Rural Adult Trauma Population. *J. Surg. Res.* 2020. Vol. 254. Pp. 135–141. DOI: 10.1016/j.jss.2020.04.020.
42. Shaw J.J., Psoinos C.M., Santry H.P. It's All About Location, Location, Location: A New Perspective on Trauma Transport. *Ann. Surg.* 2016. Vol. 263, N 2. Pp. 413–418. DOI: 10.1097/SLA.0000000000001265.
43. Smedley W.A., Stone K.L., Brown A. [et al.]. Use of helicopters for retrieval of trauma patients: A geospatial analysis. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2019. Vol. 87, N 1. Pp. 168–172. DOI: 10.1097/TA.0000000000002318.
44. Sonne A., Wulffeld S., Steinmetz J. [et al.]. Prehospital interventions before and after implementation of a physician-staffed helicopter. *Dan. Med. J.* 2017. Vol. 64, N 10. Art. A5408.
45. Stone K.L., Smedley W.A., Killian J. [et al.]. Aeromedical retrieval of trauma patients: Impact of flight path model on estimates of population coverage. *Am. J. Surg.* 2020. Vol. 220, N 3. Pp. 765–772. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2020.01.056.
46. Stowell A., Bobbia X., Cheret J. [et al.]. Out-of-hospital Times Using Helicopters Versus Ground Services for Emergency Patients. *Air Med. J.* 2019. Vol. 38, N 2. Pp. 100–105. DOI: 10.1016/j.amj.2018.11.017.
47. Svendsen T., Lund-Kordahl I., Fredriksen K. Cabin temperature during prehospital patient transport – a prospective observational study. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2020. Vol. 28, N 64. Pp. 1–8. DOI: 10.1186/s13049-020-00759-0.
48. Taylor B.N., Zaslack N., McNutt K. [et al.]. Rapid Ground Transport of Trauma Patients: A Moderate Distance From Trauma Center Improves Survival. *J. Surg. Res.* 2018. Vol. 232. Pp. 318–324. DOI: 10.1016/j.jss.2018.06.055.

49. Ter Avest E., Lambert E., de Coverly R. [et al.]. Live video footage from scene to aid helicopter emergency medical service dispatch: a feasibility study. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2019. Vol. 27, N 55. Pp. 1–6. DOI: 10.1186/s13049-019-0632-4.

50. Thomas S.H., Brown K.M., Oliver Z.J. [et al.]. An Evidence-based Guideline for the air medical transportation of prehospital trauma patients. *Prehosp. Emerg. Care.* 2014. Vol. 18, Suppl 1. Pp. 35–44. DOI: 10.3109/10903127.2013.844872.

51. Thompson J., Rehn M., Sollid S.J.M. EHAC medical working group best practice advice on the role of air rescue and pre hospital critical care at major incidents. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2018. Vol. 26, N 65. Pp. 1–5. DOI: 10.1186/s13049-018-0522-1.

52. Tomazin I., Vegnuti M., Ellerton J. [et al.]. Factors impacting on the activation and approach times of helicopter emergency medical services in four Alpine countries. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2012. Vol. 20, N 56. Pp. 1–11. DOI: 10.1186/1757-7241-20-56.

53. Tsuchiya A, Tsutsumi Y, Yasunaga H. Outcomes after helicopter versus ground emergency medical services for major trauma-propensity score and instrumental variable analyses: a retrospective nationwide cohort study. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2016. Vol. 24, N 140. Pp. 1–11. DOI: 10.1186/s13049-016-0335-z.

54. Udekwi P., Schiro S., Toschlog E. [et al.]. Trauma system resource preservation: A simple scene triage tool can reduce helicopter emergency medical services overutilization in a state trauma system. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2019. Vol. 87, N 2. Pp. 315–321. DOI: 10.1097/TA.0000000000002309.

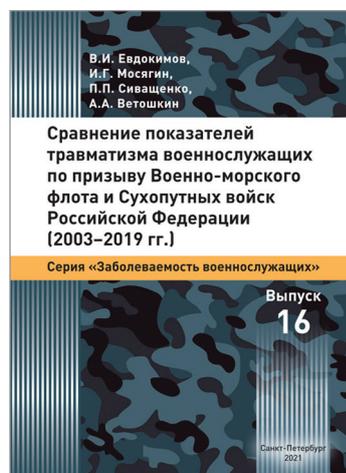
55. Zhu T.H., Hollister L., Opoku D., Galvagno S.M. Jr. Improved Survival for Rural Trauma Patients Transported by Helicopter to a Verified Trauma Center: A Propensity Score Analysis. *Acad. Emerg. Med.* 2018. Vol. 25, N 1. Pp. 44–53. DOI: 10.1111/acem.13307.

Received 29.03.2021

**For citing.** Shapkin Yu.G., Seliverstov P.A. Preimushchestva i nedostatki ispol'zovaniya vertoletov dlya sanitarno-aviatsionnoi evakuatsii postradavshikh s travmoy (obzor literatury). *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh.* 2021. N 2. Pp. 70–79. (In Russ.)

Shapkin Yu.G., Seliverstov P.A. Advantages and disadvantages of using helicopters for air medical evacuation of victims with traumas (literature review). *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations.* 2021. N 2. Pp. 70–79. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-70-79

## Вышла в свет монография



Евдокимов В.И., Мосягин И.Г., Сивашченко П.П., Ветошкин А.А. Сравнение показателей травматизма военнослужащих по призыву Военно-морского флота и Сухопутных войск Российской Федерации (2003–2019 гг.) : монография / Медицинская служба Главного командования Военно-морского флота Российской Федерации, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России. СПб. : Политехника-принт, 2021. 76 с. (Серия «Заболеемость военнослужащих» ; вып. 16).

ISBN 978-5-907223-74-5. Тираж 500 экз.

Проведен анализ медицинских отчетов о состоянии здоровья личного состава по форме З/МЕД воинских частей, в которых проходили службу не менее 80% от общего числа военнослужащих по призыву Военно-морского флота (ВМФ) и Сухопутных войск Вооруженных сил России в 2003–2019 гг.

Сравнили уровень, структуру и динамику основных медико-статистических показателей заболеваемости военнослужащих по призыву ВМФ и Сухопутных войск с травмами (первичной заболеваемости или травматизма, госпитализации, дней нетрудоспособности, увольняемости и смертности) по группам (блокам) травм XIX класса «Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин» Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем (МКБ-10).

Например, среднегодовой уровень травматизма (первичная заболеваемость) военнослужащих по призыву ВМФ был  $(23,54 \pm 2,75) \%$ , Сухопутных войск –  $(11,23 \pm 0,96) \%$ , среднегодовая доля травматизма в структуре первичной заболеваемости по всем классам по МКБ-10 – 2,54 и 1,13% соответственно. Травматизм военнослужащих по призыву в ВМФ был статистически достоверно больше, чем в Сухопутных войсках ( $p < 0,001$ ). В то же время, среднегодовой уровень смертности военнослужащих по призыву в ВМФ по причине травм составил  $(10,29 \pm 2,65)$  на 100 тыс. военнослужащих, в Сухопутных войсках –  $(29,69 \pm 6,23)$  на 100 тыс. военнослужащих, среднегодовая доля военнослужащих с травмами в структуре всей смертности – 32,9 и 58,2% соответственно. Уровень смертности военнослужащих по призыву ВМФ по причине травм был меньше по сравнению с показателями в Сухопутных войсках ( $p < 0,05$ ). Полиномиальные тренды смертности военнослужащих по призыву ВМФ и Сухопутных войск от травм при значимых коэффициентах детерминации ( $R^2 = 0,69$  и  $R^2 = 0,84$  соответственно) показывают уменьшение данных. Согласованность трендов смертности – сильная и статистически достоверная ( $r = 0,858$ ;  $p < 0,05$ ), что может указывать на участие в ее развитии одинаковых (однаправленных) факторов.

Исследовано влияние сконструированной оценки военно-эпидемиологической значимости показателей групп травм и ведущих нозологий в развитии нарушений здоровья военнослужащих по призыву.

В структуре обстоятельств получения травм отмечается более высокий уровень травматизма военнослужащих по призыву ВМФ во внеслужебное время, при несении внутренней службы и хозяйственных работах, Сухопутных войск – при боевом дежурстве и прочих обстоятельствах. Необходимо шире привлекать военных специалистов для изучения причинно-следственных связей возникновения травм и разработки мероприятий по их профилактике.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЗАМЕЩЕНИЯ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ БЕДРЕННОЙ И БОЛЬШЕБЕРЦОВОЙ КОСТЕЙ ПО ИЛИЗАРОВУ И ПОВЕРХ ИНТРАМЕДУЛЛЯРНОГО СТЕРЖНЯ

<sup>1</sup> Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Байкова, д. 8);

<sup>2</sup> Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова (Россия, Санкт-Петербург, ул. Л. Толстого, д. 6–8);

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский государственный университет (Россия, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9)

*Введение.* С точки зрения использования преимуществ как чрескостного остеосинтеза, так и внутренней фиксации, заслуживает внимания методика «Замещение дефекта поверх гвоздя» (ЗДПГ).

*Цель* – сравнить эффективность применения ЗДПГ и замещения дефекта по Илизарову при лечении пациентов с посттравматическими дефектами длинных костей нижних конечностей.

*Методология.* Проанализированы 24 случая ЗДПГ и 47 случаев замещения дефектов по Илизарову. В анализ включены пациенты с сегментарными дефектами большеберцовой, бедренной костей и области коленного сустава, осложненными хроническим остеомиелитом.

*Результаты и их обсуждение.* Период чрескостного остеосинтеза при ЗДПГ был в 3 раза меньше, чем в группе сравнения, как и индекс чрескостного остеосинтеза. При монолокальном замещении дефекта период и индекс чрескостного остеосинтеза снижались в 4 раза, при билочальном замещении дефекта период чрескостного остеосинтеза был в 2,5 раза меньше, а индекс чрескостного остеосинтеза – в 2 раза меньше, чем в группе замещения дефекта по Илизарову. Осложнения при ЗДПГ были в 31 случае (129,2%), в группе замещения дефекта по Илизарову – в 82 (174,5%). Наибольшее снижение (в 3 раза) отмечается для воспалений чрескостных элементов.

*Заключение.* Методика ЗДПГ позволяет уменьшить период чрескостного остеосинтеза в среднем в 3 раза. Это облегчает ведение амбулаторного этапа и уменьшает количество осложнений, особенно воспаления мягких тканей вокруг чрескостных элементов. Применение комбинации тросовой техники и ортопедического гексапода позволяет билочально замещать протяженные дефекты дистального отдела бедренной кости и в области коленного сустава, накладывая аппарат только на голень. Опасность заклинивания перемещаемых костных фрагментов интрамедуллярным стержнем при этом исключается. Для исключения обрыва тросовых тяг следует использовать только предназначенные для этого устройства.

**Ключевые слова:** травма, перелом, нижняя конечность, дефект костей, остеомиелит, чрескостный остеосинтез, интрамедуллярный стержень.

### Введение

В этиологии дефектов длинных костей нижних конечностей 1-е место занимают последствия переломов, осложненных остеомиелитом [8]. Рост высокоэнергетических травм при дорожно-транспортных происшествиях, техногенных катастрофах и террористических

актах [2, 3] обуславливает увеличение количества открытых повреждений с первичным дефектом костной ткани, которые часто осложняются остеомиелитическим процессом и характеризуются сниженным репаративным потенциалом [4, 5]. На настоящий момент преимущественной тактикой является

✉ Щепкина Елена Андреевна – канд. мед. наук доц., ст. науч. сотр. науч. отд-ния лечения травм и их последствий, Нац. мед. исслед. центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена (Россия, 195427, Санкт-Петербург, ул. Акад. Байкова, д. 8); доц. каф. травматологии и ортопедии, Первый С.-Петерб. гос. мед. ун-т им. акад. И.П. Павлова (Россия, 197022, Санкт-Петербург, ул. Л. Толстого, д. 6–8), ORCID: 0000-0001-6132-0305, e-mail: shchepkina\_elena@mail.ru;

Соломин Леонид Николаевич – д-р мед. наук проф., вед. науч. сотр. науч. отд-ния лечения травм и их последствий, Нац. мед. исслед. центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена (Россия, 195427, Санкт-Петербург, ул. Акад. Байкова, д. 8); проф. каф. общей хирургии С.-Петерб. гос. ун-та (Россия, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9), ORCID: 0000-0003-3705-3280, e-mail: solomin.leonid@gmail.com;

Корчагин Константин Леонидович – врач-травматолог-ортопед травматолого-ортопедич. отд-ния № 7, Нац. мед. исслед. центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена (Россия, 195427, Санкт-Петербург, ул. Акад. Байкова, д. 8), ORCID: 0000-0001-8354-1950, e-mail: korchagin.konstantin@gmail.com;

Сабиров Фаниль Камилжанович – доц. каф. травматологии и ортопедии, Нац. мед. исслед. центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена (Россия, 195427, Санкт-Петербург, ул. Акад. Байкова, д. 8), ORCID: 0000-0002-0307-0771, e-mail: sabirov\_fanil@mail.ru

2-этапное лечение, включающее радикальную санацию очага остеомиелита с установкой антибактериального спейсера и пластическим закрытием дефекта мягких тканей, с последующими реконструктивными вмешательствами на костях [14, 16]. При протяженных дефектах длинных костей основным методом остается замещение дефекта по Илизарову [4, 9, 16]. Однако метод сопровождается специфическими осложнениями и длительным использованием внешних конструкций, что значительно усложняет динамическое наблюдение за пациентом [12, 16]. С точки зрения использования преимуществ как чрескостного остеосинтеза, так и внутренней фиксации, заслуживает внимания методика «Замещение дефекта поверх гвоздя» (ЗДПГ) [1, 6, 13].

**Цель** – сравнить эффективность применения методики ЗДПГ и замещение дефекта по Илизарову при лечении пациентов с посттравматическими дефектами длинных костей нижних конечностей.

### Материал и методы

Дизайн исследования: ретроспективное когортное нерандомизированное.

**Пациенты.** Проанализировали 24 случая с ЗДПГ (1-я группа) и 47 – замещения дефектов по Илизарову (2-я группа) с применением только чрескостного остеосинтеза. Пациенты проходили лечение в Национальном медицинском исследовательском центре травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена в 2001–2019 гг. по поводу посттравматических сегментарных дефектов длинных костей нижних конечностей, осложненных хроническим остеомиелитом.

По локализации выделены: дефекты большеберцовой, бедренной костей и области коленного сустава (ДОКС). В 1-й группе преобладали пациенты с ДОКС, во 2-й – с дефектами большеберцовой кости (табл. 1). Так как оптимальное время перестройки дистракционного регенерата на бедренной и большеберцовой костях совпадает, эти группы являются сравнимыми. Средняя величина

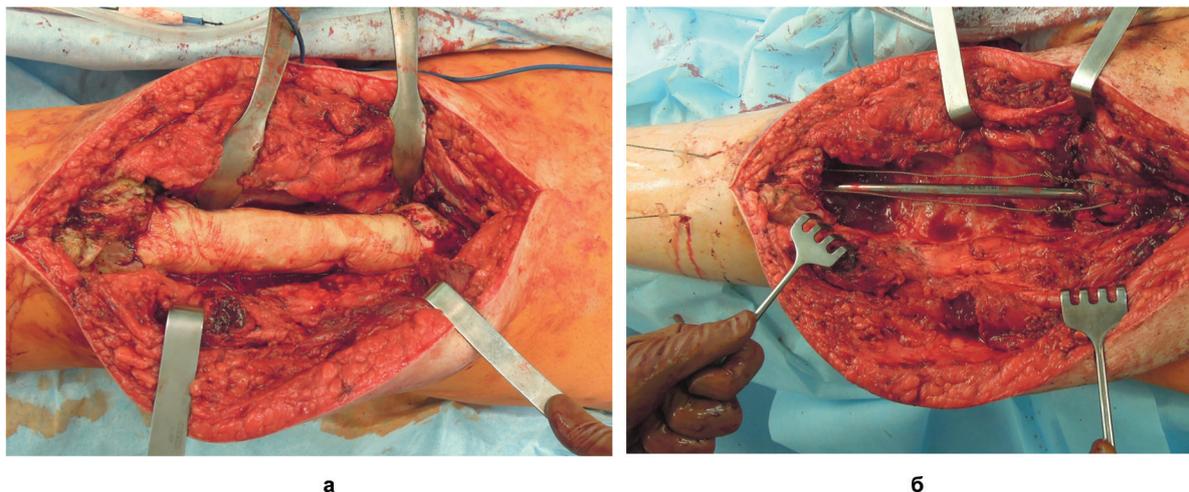
дефекта у пациентов 1-й группы была больше в 1,7 раза. Но с целью восстановления опороспособности конечности на первом этапе замещалась часть дефекта, величина которой определялась возможностью сблизить костные фрагменты, не создавая проблемы с закрытием их мягкими тканями. Группы являются сравнимыми ( $p > 0,05$ ) по полу, возрасту и величине регенератов.

**Хирургическая техника.** Во 2-й группе после удаления спейсера и обработки костных фрагментов до жизнеспособной кости монтировали аппарат. Затем диастаз между фрагментами уменьшали до расстояния, позволяющего ушить рану. Выполняли остеотомию по Де Бастиани на одном или двух уровнях. Дистракцию начинали с 5–7-х суток после операции в темпе 1 мм/сут за 4 приема до 3 см, далее темп уменьшали до 0,75–0,50 мм/сут. Для профилактики инфекционных осложнений при формировании больших регенератов у 7 пациентов переходили на перемещение фрагментов на дистракционно-направляющих спицах, у 8 пациентов – тросовыми тягами. Компрессию на уровне дефекта начинали с 5-х суток в темпе 2 мм/сут за 4 приема. После открытой адаптации и костной аутопластики продолжали формирование регенератов до 4–8 см при монолокальном (34 пациента) и до 4–6 см при билокальном (13 пациентов) замещении дефекта. При формировании кортикальных пластинок на  $\frac{2}{3}$  окружности на всем протяжении регенерата и наличии рентгенологических признаков сращения на уровне адаптации фрагментов аппарат демонтировали. ЗДПГ большеберцовой и бедренной костей производили монолокально, фрагмент перемещали на тросовых тягах [10]. Для ЗДПГ дистального отдела бедренной кости и ДОКС использовали индивидуально изготовленные стержни необходимой длины и диаметра на основе бедренного стержня Meta-DiaFixF («ЦИТО», Россия). Дефект замещали моно- или билокально. От уровня проксимальной остеотомии фрагмент перемещали на тросовых тягах, от уровня дистальной – преимущественно в ап-

Таблица 1

Общая характеристика групп пациентов,  $M \pm m$

| Показатель       | 1-я группа |            |             |             | 2-я группа  |            |             |             |
|------------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
|                  | Голень     | Бедро      | ДОКС        | Всего       | Голень      | Бедро      | ДОКС        | Всего       |
| Область          |            |            |             |             |             |            |             |             |
| Число случаев    | 4          | 5          | 15          | 24          | 37          | 4          | 6           | 47          |
| Пол, М/Ж         | 4/0        | 2/3        | 9/6         | 15/9        | 30/7        | 2/2        | 2/4         | 34/13       |
| Возраст, лет     | 32,0 ± 1,5 | 42,2 ± 7,8 | 39,7 ± 12,5 | 38,9 ± 10,7 | 37,8 ± 10,3 | 30,8 ± 5,8 | 53,8 ± 13,8 | 38,6 ± 10,8 |
| Дефект кости, см | 6,8 ± 2,3  | 15,8 ± 3,9 | 19,6 ± 2,9  | 16,7 ± 4,5  | 9,3 ± 3,2   | 10,5 ± 3,5 | 10,0 ± 5,0  | 9,5 ± 3,4   |
| Регенерат, см    | 4,3 ± 1,3  | 5,4 ± 1,5  | 7,2 ± 3,0   | 6,3 ± 2,6   | 6,7 ± 2,2   | 6,8 ± 2,3  | 7,0 ± 1,0   | 6,7 ± 2,1   |



**Рис. 1.** Этапы первого хирургического вмешательства:

а – удаление спейсера; б – проведение тракционных тросов и интрамедуллярный остеосинтез.

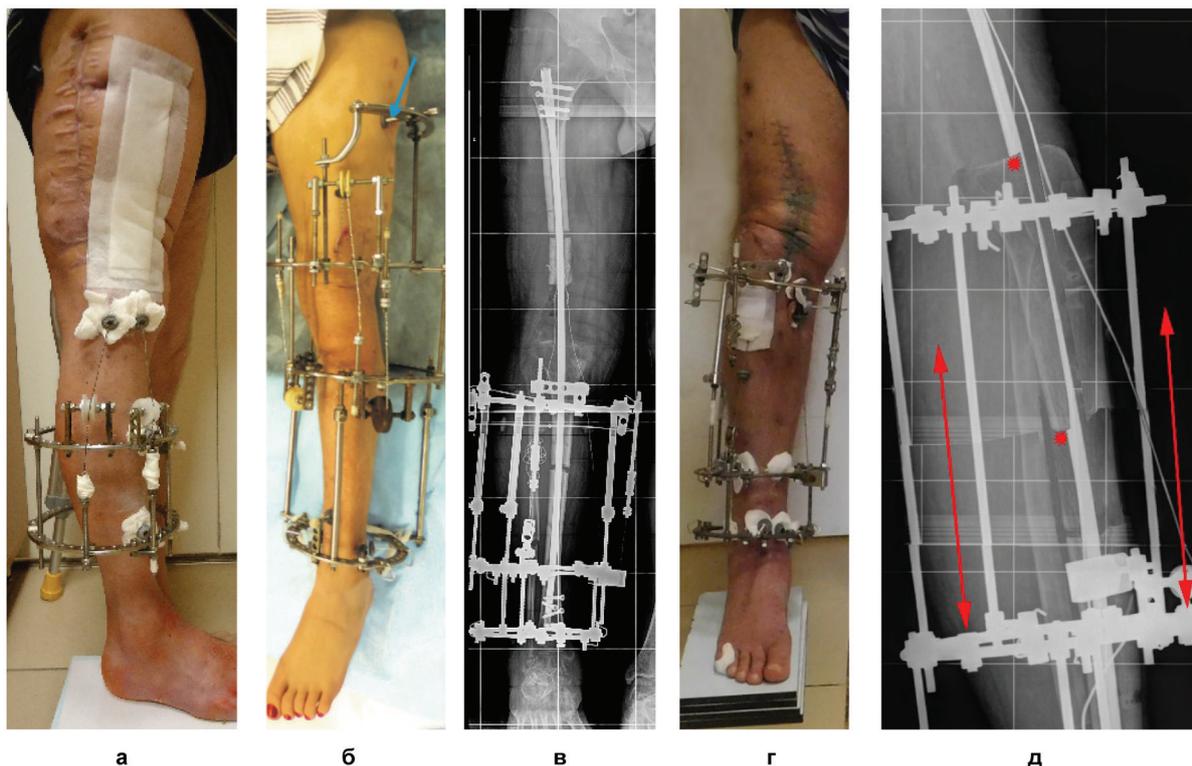
парате. После удаления спейсера (рис. 1а) и обработки фрагментов производили рими-рование канала до размера, превышающего диаметр стержня на 2 мм. Затем проводили тракционные тросы, антеградно вводили стержень, блокировали по статической схеме (см. рис. 1б). При введении длинных стержней использовали методику, применяемую при артродезе коленного сустава [7].

На голени аппарат компоновали на основе 3 опор, чрескостные элементы проводили тангенциально, при ЗДПГ бедренной кости – на основе 1 опоры в дистальном отделе бедра или 2–3 опор с фиксацией коленного сустава. В случаях, когда интрамедуллярный стержень был установлен на предшествующем этапе лечения или произошел обрыв тракционного троса, использовали дистракционно-направляющие спицы. При монолокальном ЗДПГ дистального отдела бедренной кости и ДОКС у 6 пациентов на голени компоновали аппарат на основе 2 опор, к которому через блоки фиксировали тросы на дистракционных зажимах (рис. 2а). У 3 пациентов при биллокальном замещении аналогичных дефектов применили полную компоновку аппарата на основе 4 опор с использованием экстракортикальных фиксаторов [6], фрагменты с уровня проксимальной и дистальной остеотомии перемещали на тросовых тягах (см. рис. 2б). У 5 пациентов применили минимизированную компоновку аппарата из 3 опор на голени. Тросовые тяги от фрагмента бедренной кости проводились через блоки на дистальном модуле и крепились с помощью дистракционных зажимов к проксимальной опоре аппарата (см. рис. 2 в, г). При выполнении дистракции одновременно на-

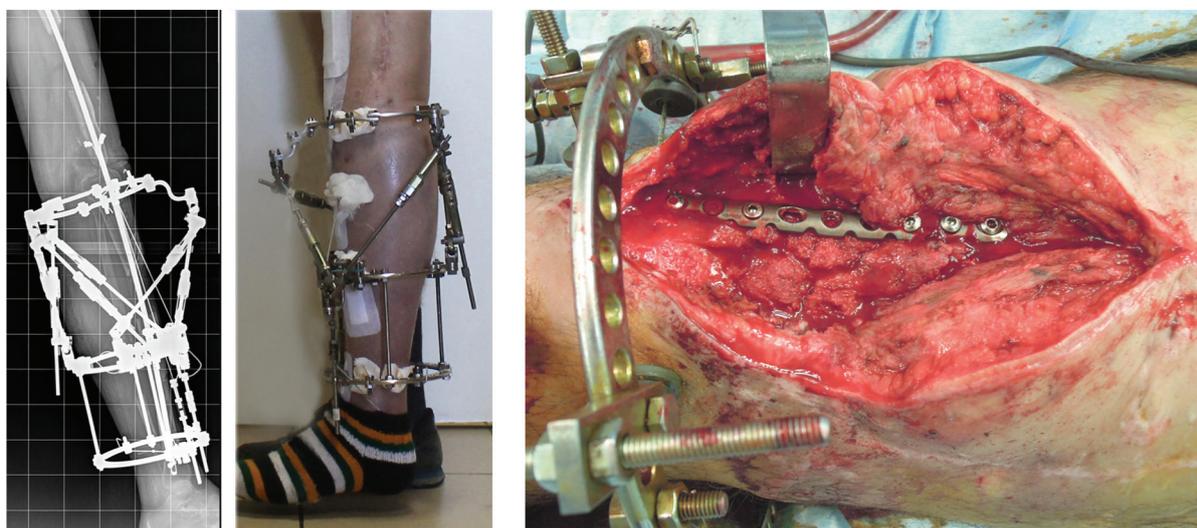
тягивались тросовые тяги, и формировалось 2 регенерата. Дистракцию начинали в темпе 1 мм/сут за 4 приема с 7–10-х суток после операции. Рентгенологический контроль выполняли с интервалом в 10 сут. При использовании последнего варианта компоновки необходимость увеличения темпа дистракции возникла после перемещения фрагмента на 2–3 см. Это связано с тем, что вектор дистракции в аппарате на голени не совпадал с кривизной интрамедуллярного стержня, вследствие чего происходило заклинивание стержнем перемещаемого фрагмента (см. рис. 2д).

Конфликт перемещаемого фрагмента большеберцовой кости с интрамедуллярным стержнем был отмечен у 2 из 5 пациентов. Для решения этой проблемы был применен аппарат Орто-СУВ (рис. 3), позволяющий перемещать фрагменты по заданной траектории. После окончания дистракции выполняли открытую адаптацию фрагментов, фиксацию пластиной и костную пластику (рис. 4), после чего демонтировали аппарат.

*Оценка результатов.* При анализе сравнивали длительность периода чрескостного остеосинтеза и осложнения, которые оценивались с использованием классификации J. Caton [15]. В данной классификации выделяется 3 категории осложнений при применении чрескостного остеосинтеза: I – осложнения, которые не потребовали дополнительных хирургических мероприятий и не отразились на результате лечения; II – осложнения, которые потребовали дополнительных хирургических вмешательств, но не отразились на результате лечения; III – осложнения, при которых планируемый результат не был достигнут.



**Рис. 2.** Варианты компоновки аппарата при ЗДПГ дистального отдела бедра и ДОКС:  
 а – рентгенограмма и компоновка аппарата при монолокальном замещении; б – компоновка аппарата с использованием экстракортикальных фиксаторов (синяя стрелка); в, г – рентгенограмма и минимизированная компоновка аппарата при билокальном замещении; д – схема заклинивания перемещаемого фрагмента интрамедуллярным стержнем (обозначены зоны конфликта).



**Рис. 3.** ЗДПГ при помощи ортопедического гексапода.

**Рис. 4.** Костная аутопластика после фиксации пластиной.

Расчеты проводили в программах Microsoft Excel for Windows и Statistica 10.0 for Windows. Использовали методы описательной статистики, представление абсолютных значений и долевые соотношения. Большая часть исследуемых данных не соотносилась с нормальным распределением. Для их об-

работки применяли методы непараметрической статистики и экспертного анализа. Сопоставление количественных признаков между группами сравнения выполняли по критерию Манна–Уитни. Статистически значимым принимался уровень различий при  $p < 0,05$ .

### Результаты и их анализ

В 1-й группе остаточное укорочение было больше, как и исходная разница в величине дефекта. 20 пациентов 1-й группы и 24 – 2-й нуждались в этапах удлинения конечности. Длина была восстановлена полностью в 1 случае в 1-й группе и в 15 случаях – во 2-й. В 1-й группе только у 5 пациентов сразу после окончания distraction была выполнена операция открытой адаптации фрагментов. У остальных был вынужденный период фиксации. Период чрескостного остеосинтеза в 1-й группе был в 3 раза меньше, чем во 2-й группе ( $p < 0,05$ ), как и индекс чрескостного остеосинтеза ( $p < 0,05$ ) (табл. 2). При монолокальном замещении период чрескостного остеосинтеза ( $p < 0,05$ ) и индекс чрескостного остеосинтеза ( $p < 0,05$ ) в 1-й группе был в 4 раза меньше, чем во 2-й группе. При билочальном замещении дефекта период чрескостного остеосинтеза в 1-й группе был в 2,5 раза меньше, чем во 2-й ( $p = 0,006$ ), а индекс чрескостного остеосинтеза – в 2 раза меньше ( $p = 0,003$ ) (см. табл. 2).

Осложнения в 1-й группе отмечены у 15 пациентов (31 осложнение – 129,2%), во 2-й – у 42 пациентов (82 осложнения, 174,5%) (табл. 3). Во 2-й группе по сравнению с 1-й частота осложнений по I категории по Caton была больше в 2 раза, по II категории – в 1,3 раза и меньше по III категории – в 2 раза.

**Обсуждение.** При сокращении периода чрескостного остеосинтеза в среднем в 3 раза при ЗДПГ (в 4 раза при монолокальном и в 2,5 раза при билочальном замещении дефекта) по сравнению с чрескостным остеосинтезом отмечено уменьшение количества осложнений в 1,3 раза. При этом осложнения по категории Caton II снижаются в 1,3 раза, а по категории Caton I – в 2 раза. В 3 раза снижается частота воспалений в области чрескостных элементов, что соответствует данным других авторов [1, 10, 13]. А.Т. Fragomen и соавт. [11] отмечают, что частота воспалений в области чрескостных элементов зависит от длительности периода чрескостного остеосинтеза и не имеет четкой корреляции с проводимой антибактериальной профилактикой.

**Таблица 2**

Величина регенератов, периоды и индексы distraction, фиксации и чрескостного остеосинтеза,  $M \pm m$

| Показатель                               | 1-я группа   |              | 2-я группа    |               |
|--|--------------|--------------|---------------|---------------|
|  | Моно-        | Билочальное  | Моно-         | Билочальное   |
| Тип замещения                            |              |              |               |               |
| Регенераты, см                           | 4,9 ± 1,5    | 8,6 ± 3,2    | 5,9 ± 1,5     | 9,3 ± 1,7     |
| Период distraction, сут                  | 71,3 ± 29,9  | 87,7 ± 31,8  | 105,8 ± 35,8  | 99,6 ± 36,9   |
| Период фиксации, сут                     | 31,5 ± 25,5  | 61,1 ± 69,9  | 333,1 ± 99,3  | 405,8 ± 118,3 |
| Индекс фиксации, сут/см                  |              |              | 61,9 ± 21,7   | 45,1 ± 12,6   |
| Период чрескостного остеосинтеза, сут    | 109,5 ± 41,9 | 189,8 ± 87,9 | 440,5 ± 114,7 | 509,1 ± 141,3 |
| Индекс чрескостного остеосинтеза, сут/см | 21,4 ± 6,4   | 28,7 ± 24,2  | 80,7 ± 23,8   | 56,7 ± 14,8   |
| Остаточное укорочение, см                | 9,4 ± 4,7    |              | 3,2 ± 2,9     |               |

**Таблица 3**

Сравнительная характеристика осложнений в группах

| Показатель                                 | 1-я группа |            |          |            | 2-я группа |            |         |            |
|--|------------|------------|----------|------------|------------|------------|---------|------------|
|  | 24         |            |          | Всего      | 47         |            |         | Всего      |
|  | I          | II         | III      |            | I          | II         | III     |            |
| Всего случаев                              |            |            |          |            |            |            |         |            |
| Осложнения, n (%), в том числе:            |            |            |          |            |            |            |         |            |
| воспаление в области чрескостных элементов | 3 (12,5)   | 2 (8,3)    |          | 5 (20,8)   | 11 (23,4)  | 20 (42,6)  |         | 31 (66,0)  |
| поверхностный некроз                       |            |            |          |            |            | 2 (4,3)    |         | 2 (4,3)    |
| глубокая инфекция                          |            | 1 (4,1)    | 2 (8,3)  | 3 (12,5)   |            | 3 (6,4)    | 3 (6,4) | 6 (12,8)   |
| перелом конструкций                        | 1 (4,1)    | 9 (37,5)   |          | 10 (41,7)  | 2 (4,3)    | 5 (10,6)   |         | 7 (14,9)   |
| нестабильность аппарата                    |            | 2 (8,3)    |          | 2 (8,3)    |            | 5 (10,6)   |         | 5 (10,6)   |
| преждевременное сращение                   |            | 3 (12,5)   | 1 (4,1)  | 4 (16,7)   |            | 1 (2,1)    |         | 1 (2,1)    |
| нарушения консолидации                     |            | 3 (12,5)   |          | 3 (12,5)   |            | 16 (34,0)  |         | 16 (34,0)  |
| перелом костей                             |            | 2 (8,3)    |          | 2 (8,3)    |            | 3 (6,4)    |         | 3 (6,4)    |
| вторичные деформации                       | –          | 1 (4,1)    |          | 1 (4,1)    | 1 (2,1)    | 5 (10,6)   |         | 6 (12,8)   |
| другие                                     |            | 1 (4,1)    |          | 1 (4,1)    | 2 (4,3)    | 3 (6,4)    |         | 5 (10,6)   |
| Итого                                      | 4 (16,7)   | 24 (100,0) | 3 (12,5) | 31 (129,2) | 16 (34,0)  | 63 (134,0) | 3 (6,4) | 82 (174,5) |

Нарушения процессов консолидации были отмечены у пациентов 2-й группы в 2,5 раза чаще, чем 1-й, преждевременное сращение в области регенерата – в 8 раз чаще. Вопрос преждевременного сращения наиболее актуален при билочальном замещении ДОКС и радикально может быть решен применением ортопедического гексапода на уровне дистальной остеотомии. Большинство авторов отмечают, что ЗДПГ практически в 100% предупреждает деформацию или потерю длины регенерата [1, 13]. Нами отмечен только 1 случай потери длины регенерата у пациента 1-й группы при переломе дистальных блокирующих винтов вследствие нарушения пациентом предписанного режима дозированной нагрузки, тогда как во 2-й группе вторичная деформация или потеря длины регенерата были в 6 (12,8%) случаях.

Обращает на себя внимание большая частота (в 2,7 раза) переломов металлоконструкций у пациентов 1-й группы. Это обусловлено значительной частотой (8 пациентов или 33,3%) обрывов тракционных тросов, которые изготавливались интраоперационно путем скручивания хирургической проволоки. При переходе на использование

штатных промышленно изготовленных тросов мы не отметили подобного осложнения.

### Заключение

Методика «Замещение дефекта поверх гвоздя» позволяет уменьшить период чрескостного остеосинтеза в среднем в 3 раза. Это обеспечивает больший комфорт для пациента, облегчает ведение амбулаторного этапа и уменьшает количество осложнений, особенно воспаления мягких тканей вокруг чрескостных элементов. Одновременно значительно снижается частота замедленной консолидации и формирования ложных суставов, практически не встречаются вторичные деформации.

Применение комбинации тросовой техники и ортопедического гексапода позволяет билочально замещать протяженные дефекты дистального отдела бедренной кости и области коленного сустава, накладывая аппарат только на голень. Опасность заклинивания перемещаемых костных фрагментов при этом исключается. Для исключения обрыва тросовых тяг следует использовать только предназначенные для этого устройства.

### Литература

1. Бондаренко А.В., Плотников И.А., Гусейнов Р.Г. Лечение посттравматических дефектов диафиза большеберцовой кости методом комбинированного последовательного билочального и блокирующего остеосинтеза // Политравма. 2020. № 1. С. 23–30. DOI: 10.24411/1819-1495-2020-10004.
2. Гудзь Ю.В., Башинский О.А. Эпидемиологическая оценка травм и повреждений, при которых спасатели и пожарные МЧС России оказывают первую помощь пострадавшим // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2017. № 2. С. 25–33. DOI: 10.25016/2541-7487-2017-0-2-25-33.
3. Зиновьев Е.В., Крылов П.К., Солошенко В.В., Юрова Ю.В. Клинические параллели и особенности взрывной шахтной травмы и террористического акта в Санкт-Петербургском метрополитене // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2019. № 4. С. 33–40. DOI: 10.25016/2541-7487-2019-0-4-33-40.
4. Кривенко С.Н., Попов С.В. Особенности металлоостеосинтеза при замещении костных дефектов у больных с травматическим остеомиелитом длинных костей // Вестник неотложной и восстановительной хирургии. 2020. Т. 5, № 2. С. 138–145.
5. Прохорова Е.С., Уразгильдеев Р.З., Еремушкин М.А., Колышенков В.А. Современные подходы к лечению пациентов с ложными суставами и дефектами длинных костей нижних конечностей: аналитический обзор // Вестник восстановительной медицины. 2020. № 2 (96). С. 84–89. DOI: 10.38025/2078-1962-2020-96-2-84-89.
6. Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Корчагин К.Л., Сабилов Ф.К. Замещение обширного дефекта костей, образующих коленный сустав, с использованием комбинации внешней и внутренней фиксации (клиническое наблюдение) // Политравма. 2018. № 3. С. 61–67.
7. Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Корчагин К.Л., Сабилов Ф.К. Сравнительный анализ артродезирования коленного сустава длинными блокируемыми стержнями и аппаратом Илизарова при последствиях глубокой инфекции после эндопротезирования // Травматология и ортопедия России. 2020. Т. 26, № 3. С. 109–118. DOI: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-109-118.
8. Ткаченко А.Н., Марковиченко Р.В., Хачатрян Е.С. Хирургические технологии замещения дефектов костей при хроническом остеомиелите // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2012. № 4. С. 11–13.
9. Шастов А.Л., Кононович Н.А., Горбач Е.Н. Проблема замещения посттравматических дефектов длинных костей в отечественной травматолого-ортопедической практике (обзор литературы) // Гений ортопедии. 2018. Т. 24, № 2. С. 252–257. DOI 10.18019/1028-4427-2018-24-2-252-257.

10. Bernstein M., Fragomen A., Sabharwal S. [et al.]. Does Integrated Fixation Provide Benefit in the Reconstruction of Posttraumatic Tibial Bone Defects? // Clin. Orthop. Relat. Res. 2015. Vol. 473, N 10. P. 3143–3153. DOI: 10.1007/s11999-015-4326-6.

11. Fragomen A.T., Miller A.O., Brause B.D. [et al.]. Prophylactic Postoperative Antibiotics May Not Reduce Pin Site Infections After External Fixation // HSSJ. 2017. Vol. 13, N 2. P. 165–170. DOI: 10.1007/s11420-016-9539-z.

12. Kazmers N.H., Fragomen A.T., Rozbruch S.R. Prevention of pin site infection in external fixation: a review of the literature // Strat. Traum. Limb. Recon. 2016. Vol. 11, N 2. P. 75–85. DOI: 10.1007/s11751-016-0256-4.

13. Liodakis E., Kenaway M., Krettek C. [et al.]. Comparison of 39 post-traumatic tibia bone transports performed with and without the use of an intramedullary rod: the long-term outcomes // Int. Orthopaedics. 2011. Vol. 35, N 35. P. 1397–1402. DOI: 10.1007/s00264-010-1094-5.

14. Marais L.C., Ferreira N., Aldous C. [et al.]. The management of chronic osteomyelitis. Part I – Diagnostic work-up and surgical principles // SA Orthopaedic Journal. 2014. Vol. 13, N 2. P. 42–48.

15. Vargas Barreto B., Caton J., Merabet Z. [et al.]. Complications of Ilizarov leg lengthening: a comparative study between patients with leg length discrepancy and short stature // Int. Orthop. 2007. Vol. 31, N 5. P. 587–591. DOI: 10.1007/s00264-006-0236-2.

16. Yushan M., Ren P., Abula A. [et al.]. Bifocal or Trifocal (Double-Level) Bone Transport Using Unilateral Rail System in the Treatment of Large Tibial Defects Caused by Infection: A Retrospective Study // Orthopaedic Surgery. 2020. Vol. 12, N 1. P. 184–193. DOI: 10.1111/os.12604.

Поступила 06.04.2021 г.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

**Участие авторов:** Е.А. Щепкина – разработка концепции и дизайна исследования; сбор, анализ, статистическая обработка и интерпретация данных, написание статьи и ее редактирование; подготовка иллюстративного материала; Л.Н. Соломин – существенный вклад в разработку концепции и дизайна исследования, консультирование при интерпретации данных, редактирование и утверждение окончательного варианта статьи; К.Л. Корчагин – сбор и анализ данных, участие в написании разделов «материал и методы» и «результаты», подготовка иллюстративного материала; Ф.К. Сабиров – сбор, анализ и статистическая обработка данных, участие в написании разделов «материал и методы» и «результаты».

**Для цитирования.** Щепкина Е.А., Соломин Л.Н., Корчагин К.Л., Сабиров Ф.К. Сравнительная оценка замещения посттравматических дефектов бедренной и большеберцовой костей по Илизарову и поверх интрамедуллярного стержня // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 2. С. 80–88. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-80-88

## Bone transport over the nail vs Ilizarov method in the treatment of posttraumatic defects of the femur and tibia

Shchepkina E.A.<sup>1,2</sup>, Solomin L.N.<sup>1,3</sup>, Korchagin K.L.<sup>1</sup>, Sabirov F.K.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Vreden National Medical Center for Traumatology and Orthopedics  
(8, Academica Baykov Str., St. Petersburg, 195427, Russia);

<sup>2</sup>Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University (6–8, L. Tolstoy Str., St. Petersburg, 197022, Russia);

<sup>3</sup>Saint-Petersburg State University (7–9, Universitetskaya emb., St. Petersburg, 199034, Russia)

✉ Elena Andreevna Shchepkina – PhD Med. Sci. Associate Prof., Senior Research Associate at the Scientific Department of the Treatment of Injuries and Their Consequences, Vreden' National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics (8, Academica Baykov Str., St. Petersburg, 195427, Russia); Associate Professor at the Department of Traumatology and Orthopedics, Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University (6–8, L. Tolstoy Str., St. Petersburg, 197022, Russia), ORCID: 0000-0001-6132-0305, e-mail: shchepkina\_elena@mail.ru;

Leonid Nikolaevich Solomin – Dr. Med. Sci. Prof., Leading Research Associate at the Scientific Department of the Treatment of Injuries and Their Consequences, Vreden' National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics (8, Academica Baykov Str., St. Petersburg, 195427, Russia); Prof. at the Department of General Surgery, Saint Petersburg State University (7–9, Universitetskaya emb., St. Petersburg, 199034, Russia), ORCID: 0000-0003-3705-3280, e-mail: solomin.leonid@gmail.com;

Konstantin Leonidovich Korchagin – PhD Med. Sci., Orthopedic Surgeon at the Traumatology and Orthopedic Department № 7, Vreden' National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedic (8, Academica Baykov Str., St. Petersburg, 195427, Russia), ORCID: 0000-0001-8354-1950, e-mail: korchagin.konstantin@gmail.com;

Fanil' Kamilzhanovich Sabirov – PhD Med. Sci., Associate Prof. at the Department of Traumatology and Orthopedics, Vreden' National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics (8, Academica Baykov Str., St. Petersburg, 195427, Russia), ORCID: 0000-0002-0307-0771, e-mail: sabirov\_fanil@mail.ru

### Abstract

**Relevance.** From the point of view of using the advantages of both external fixation and internal osteosynthesis, the method "Bone transport over the nail" (BTON) deserves attention.

**Intention:** To compare the effectiveness of the BTON and Ilizarov method in the treatment of patients with post-traumatic defects of the long bones of the lower extremities.

**Methodology.** We analyzed 24 BTON cases and 47 cases of defects replacement via the Ilizarov method. The analysis included patients with segmental defects of the tibia, femur and knee joint bone defects complicated by chronic osteomyelitis.

**Results and Discussion.** The external fixation period in BTON group was 3 times less than in the comparison group, as was the external fixation index. In case of monolocal defect replacement, the external fixation period and external fixation index in the BTON group was 4 times less than in the Ilizarov defect replacement group. With bifocal replacement of the defect, the external fixation period was 2.5 times less, and the external fixation index was 2 times less. BTON interventions were associated with complications in 31 cases (129.2 %) vs 82 cases for the Ilizarov method (174.5 %). The most pronounced decrease (3 times) was noted for cases of transosseous elements inflammation.

**Conclusion.** The "Bone transport over the nail" technique reduces the external fixation period by an average of 3 times. This facilitates management of the outpatient phase and reduces the number of complications, especially the pin-tract infection. Cable technique combined with an orthopedic hexapod allows bifocal replacement of extended defects of the distal femur and knee joint applying the apparatus only to the lower leg. Risks of jamming the transported bone fragments by the intramedullary nail are thus excluded. To avoid breaking the traction cable, only designated devices should be used.

**Keywords:** injury, fracture, lower extremity, bone defect, osteomyelitis, transosseous osteosynthesis, intramedullary nail.

### References

1. Bondarenko A.V., Plotnikov I.A., Guseynov R.G. Lechenie posttravmaticheskikh defektov diafiza bol'shebertsovoi kosti metodom kombinirovannogo posledovatel'nogo bilokal'nogo i blokiryushchego osteosinteza [Treatment of traumatic defect of the tibia diaphysis with method of combined sequential bilokal and locking osteosynthesis]. *Politравма* [Polytrauma]. 2020. N 1. Pp. 23–30. DOI: 10.24411/1819-1495-2020-10004. (In Russ.)
2. Gudzh' Yu.V., Bashinskiy O.A. Epidemicheskaya otsenka travm i povrezhdenii, pri kotorykh spasateli i pozharnye MChS Rossii okazyvayut pervuyu pomoshch' postradavshim [Epidemiological assessment of injuries in which the rescue personnel of Russia EMERCOM deliver first aid to injured]. *Mediko-biologicheskie i social'no-psihologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychajnykh situatsiyah* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2017. N 2. Pp. 25–33. DOI: 10.25016/2541-7487-2017-0-2-25-33. (In Russ.)
3. Zinov'ev E.V., Krylov P.K., Soloshenko V.V., Yurova Yu.V. Klinicheskie paralleli i osobennosti vzryvnoi shakhtnoi travmy i terroristicheskogo akta v Sankt-Peterburgskom metropolitene [Clinical parallels and features of explosive mine injury and the terrorist act in the St. Petersburg metro]. *Mediko-biologicheskie i social'no-psihologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychajnykh situatsiyah* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2019. N 4. Pp. 33–40. DOI: 10.25016/2541-7487-2019-0-4-33-40. (In Russ.)
4. Krivenko S.N., Popov S.V. Osobennosti metallosteosinteza pri zameshchenii kostnykh defektov u bol'nykh s travmaticheskim osteomyelitom dlinnykh kostei [Replacement of osteal defects at the patients with a traumatic osteomyelitis of long bones]. *Vestnik neotlozhnoi i vosstanovitel'noi khirurgii* [Bulletin of urgent and recovery medicine]. 2020. Vol. 5, N 2. Pp. 138–145. (In Russ.)
5. Prokhorova E.S., Urazgil'deev R.Z., Eremushkin M.A., Kolyshenikov V.A. Sovremennye podkhody k lecheniyu patsientov s lozhnymi sustavami i defektami dlinnykh kostei nizhnikh konechnosti: analiticheskii obzor [Modern treatment approaches in patients with false joints and lower extremities long bones defects: analytical review]. *Vestnik vosstanovitel'noi meditsiny* [Journal of restorative medicine & rehabilitation]. 2020. N 2. Pp. 84–89. DOI: 10.38025/2078-1962-2020-96-2-84-89. (In Russ.)
6. Solomin L.N., Shchepkina E.A., Korchagin K.L., Sabirov F.K. Zameshchenie obshirnogo defekta kostei, obrazuyushchikh kolennyi sustav, s ispol'zovaniem kombinatsii vneshnei i vnutrennei fiksatsii (klinicheskoe nablyudenie) [Replacement of the large knee joint bone defect using combination of external and internal fixation (case report)]. *Politравма* [Polytrauma]. 2018. N 3. Pp. 61–67. (In Russ.)
7. Solomin L.N., Shchepkina E.A., Korchagin K.L., Sabirov F.K. Sravnitel'nyi analiz artrodezirovaniya kolennogo sustava dlinnymi blokiruemyimi sterzhnyami i apparatom Ilizarova pri posledstviyakh glubokoi infektsii posle endoprotezirovaniya [Comparative analysis of knee joint fusion with long locking nail and ilizarov apparatus in patients with deep infection after arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020. Vol. 26, N 3. Pp. 109–118. DOI: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-109-118. (In Russ.)
8. Tkachenko A.N., Markovichenko R.V., Khachatryan E.S. Khirurgicheskie tekhnologii zameshcheniya defektov kostei pri khronicheskom osteomyelite [Surgical technologies of replacing bone defects in chronic osteomyelitis]. *Mediko-biologicheskie i social'no-psihologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychajnykh situatsiyah* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2012. N 4. Pp. 11–13. (In Russ.)
9. Shastov A.L., Kononovich N.A., Gorbach E.N. Problema zameshcheniya posttravmaticheskikh defektov dlinnykh kostei v otechestvennoi travmatologo-ortopedicheskoi praktike (obzor literatury) [Management of posttraumatic long bone defects in the national orthopedic practice (literature review)]. *Genii ortopedii* [Genij Orthopedii]. 2018. Vol. 24, N 2. Pp. 252–257. DOI: 10.18019/1028-4427-2018-24-2-252-257. (In Russ.)
10. Bernstein M., Fragomen A., Sabharwal S. [et al.]. Does Integrated Fixation Provide Benefit in the Reconstruction of Posttraumatic Tibial Bone Defects? *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2015. Vol. 473, N 10. Pp. 3143–3153. DOI: 10.1007/s11999-015-4326-6.
11. Fragomen A.T., Miller A.O., Brause B.D. [et al.]. Prophylactic Postoperative Antibiotics May Not Reduce Pin Site Infections After External Fixation. *HSSJ.* 2017. Vol. 13, N 2. Pp. 165–170. DOI: 10.1007/s11420-016-9539-z.
12. Kazmers N.H., Fragomen A.T., Rozbruch S.R. Prevention of pin site infection in external fixation: a review of the literature. *Strat. Traum. Limb.Recon.* 2016. Vol. 11, N 2. Pp. 75–85. DOI: 10.1007/s11751-016-0256-4.

13. Liodakis E., Kenawey M., Krettek C. [et al.]. Comparison of 39 post-traumatic tibia bone transports performed with and without the use of an intramedullary rod: the long-term outcomes. *International Orthopaedics*. 2011. Vol. 35. Pp. 1397–1402. DOI: 10.1007/s00264-010-1094-5.

14. Marais L.C., Ferreira N., Aldous C., Le Roux T.L.B. The management of chronic osteomyelitis: Part I – Diagnostic work-up and surgical principles. *SA Orthopaedic Journal*. 2014. Vol. 13, N 2. Pp. 42–48.

15. Vargas Barreto B., Caton J. [et al.]. Complications of Ilizarov leg lengthening: a comparative study between patients with leg length discrepancy and short stature. *Int. Orthop*. 2007. Vol. 31, N 5. Pp. 587–591. DOI: 10.1007/s00264-006-0236-2.

16. Yushan M., Ren P., Abula A., Alike Y., Abulaiti A., Ma C., Yusufu A. Bifocal or Trifocal (Double-Level) Bone Transport Using Unilateral Rail System in the Treatment of Large Tibial Defects Caused by Infection: A Retrospective Study. *Orthopaedic Surgery*. 2020. Vol. 12. Pp. 184–193. DOI: 10.1111/os.12604.

Received 06.04.2021

**For citing.** Shchepkina E.A., Solomin L.N., Korchagin K.L., Sabirov F.K. Sravnitel'naya otsenka zameshcheniya posttraumaticheskikh defektov bedrennoi i bol'shebertsovoi kostei po Ilizarovu i poverkh intramedullyarnogo sterzhnya. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh*. 2021. N 2. Pp. 80–88. (In Russ.)

Shchepkina E.A., Solomin L.N., Korchagin K.L., Sabirov F.K. Bone transport over the nail vs Ilizarov method in the treatment of posttraumatic defects of the femur and tibia. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2021. N 2. Pp. 80–88. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-80-88

## Вышла в свет монография



Евдокимов В.И., Сивашенко П.П., Хоминец В.В., Ветошкин А.А., Иванов В.В. Медико-статистические показатели травматизма у военнослужащих Вооруженных сил Российской Федерации (2003–2019 гг.) : монография / Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России. СПб. : Политехника-принт, 2021. 94 с. (Серия «Заболеваемость военнослужащих» ; вып. 15).

ISBN 978-5-907223-73-8. Тираж 500 экз.

Проведен анализ медицинских отчетов о состоянии здоровья личного состава по форме 3/МЕД воинских частей, в которых проходили службу не менее 80% от общего числа военнослужащих Вооруженных сил (ВС) России в 2003–2019 гг.

Представлены уровень, структура и динамика основных медико-статистических показателей заболеваемости военнослужащих с травмами (первичной заболеваемости или травматизма, госпитализации, дней трудопотерь, увольнения и смертности) по группам (блокам) травм XIX класса «Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин» Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем (МКБ-10). Например, среднегодовой уровень травматизма (первичной заболеваемости)

всех военнослужащих ВС России в 2003–2019 гг. составил  $(16,50 \pm 1,43)\%$ , среднегодовая доля травм в структуре первичной заболеваемости по всем классам по МКБ-10 была 2,5%, у офицеров –  $(17,59 \pm 1,37)\%$  и 4,2% соответственно, военнослужащих по призыву –  $(16,24 \pm 1,71)\%$  и 1,7% соответственно, военнослужащих по контракту (рядовых, сержантов и старшин) –  $(18,39 \pm 1,77)\%$  и 3,7% соответственно, военнослужащих-женщин –  $(11,70 \pm 0,82)\%$  и 1,9% соответственно. Динамика уровня травматизма военнослужащих-женщин напоминает инвертированную U-кривую, у других категорий военнослужащих отмечается уменьшение показателей. Среднегодовой уровень смертности всех военнослужащих ВС России от травм был  $(35,59 \pm 3,59)$  на 100 тыс. военнослужащих, среднегодовая доля травм в структуре смертности по всем классам по МКБ-10 была 44,1%, офицеров –  $(48,03 \pm 3,84)$  на 100 тыс. офицеров и 39,6% соответственно, военнослужащих по призыву –  $(22,87 \pm 4,41)$  на 100 тыс. и 52,5% соответственно, военнослужащих по контракту (рядовых, сержантов и старшин) –  $(51,48 \pm 4,53)$  на 100 тыс. и 50,5% соответственно, военнослужащих-женщин –  $(11,11 \pm 1,26)$  на 100 тыс. и 18% соответственно. Динамика уровня смертности у всех категорий военнослужащих показывает уменьшение данных.

Провели сравнение показателей травматизма у категорий личного состава ВС России. Например, уровень травматизма военнослужащих-женщин оказался статистически достоверно меньше, чем у других категорий личного состава ВС России. Вклад офицеров в структуру травматизма военнослужащих ВС России был 32%, военнослужащих по призыву – 42,7%, военнослужащих по контракту – 21,6%, военнослужащих-женщин – 3,7%.

Исследовано влияние сконструированной оценки военно-эпидемиологической значимости показателей групп травм и ведущих нозологий в развитии нарушений здоровья военнослужащих.

Травматизм – это не только медицинская проблема. Анализ обстоятельств получения травм должен обязательно проводиться с участием военных специалистов разного профиля с изучением причинно-следственных связей травматизма и его профилактики. Учет уровня, структуры и динамики травм будут оптимизировать силы и средства медицинской службы Вооруженных сил России.

## **ПРОБЛЕМЫ МЕДИЦИНСКОЙ ЭВАКУАЦИИ И ЛЕЧЕНИЯ В СТАЦИОНАРЕ БОЛЬНЫХ И ПОСТРАДАВШИХ С ВНЕЗАПНОЙ ОСТАНОВКОЙ КРОВООБРАЩЕНИЯ, РАЗВИВШЕЙСЯ ВНЕ МЕДИЦИНСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

<sup>1</sup>Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет  
им. акад. И.П. Павлова (Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8);

<sup>2</sup>Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России  
(Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2)

*Актуальность.* Согласно данным международного регистра, применение в комплексе сердечно-легочно-церебральной реанимации экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО) с механической поддержкой кровообращения позволяет спасти до 30 % пациентов с внезапной сердечной смертью.

*Цель* – проанализировать основные логистические и организационные проблемы лечения пациентов, выявленные за два года работы Центра по лечению внезапной сердечной смерти (Центр).

*Методология.* Проведен ретроспективный анализ пациентов, поступивших в период с октября 2017 г. по январь 2020 г. в состоянии клинической смерти в Центр университетской клиники.

*Результаты и их анализ.* В ходе анализа были выработаны критерии подключения ЭКМО при расширенной экстракорпоральной сердечно-легочной реанимации (ЭСЛР) в стационарном отделении скорой медицинской помощи. В большинстве случаев первичной причиной смерти были кардиогенные факторы, при этом острый инфаркт миокарда был подтвержден в 33 эпизодах. За весь период работы в Центр не поступали пациенты, полностью соответствующие критериям проведения ЭСЛР. Тем не менее, технология применялась как терапия «отчаяния» в 6 случаях. Основной проблемой в настоящее время является длительное и многоступенчатое оказание помощи вне медицинской организации. Была изучена возможность использования ЭКМО посмертно, с целью сохранения органов трупа для последующей трансплантации. В течение 2 лет удалось кондиционировать 11 эффективных доноров, благодаря чему были успешно выполнены 22 трансплантации почки и 2 – печени.

*Заключение.* Полученный опыт показал необходимость пересмотра алгоритмов оказания помощи пациентам с внезапной остановкой кровообращения вне медицинской организации с целью ускоренной транспортировки в ЭКМО-центр. В случае неэффективности расширенной реанимации в клинике возможно рассмотрение вопроса о применении технологии *post mortem* для кондиционирования потенциального посмертного донора и сохранения органов с целью их последующей трансплантации.

**Ключевые слова:** экстракорпоральная мембранная оксигенация, сердечно-легочная реанимация, скорая медицинская помощь, медицинская эвакуация.

### **Введение**

Число вызовов скорой медицинской помощи к пациентам с внезапной остановкой кровообращения в Санкт-Петербурге ежегодно превышает 1000 случаев, а эффективность реанимационных мероприятий на месте

остается невысокой [3, 4]. В последние годы благодаря оснащению специализированных бригад электромеханическими устройствами для проведения сердечно-легочной реанимации транспортировка больных в стационары упростилась, одновременно создавая

✉ Теплов Вадим Михайлович – канд. мед. наук, руков. отд. скорой мед. помощи, доц. каф. скорой мед. помощи и хирургии поврежденных, Первый С.-Петерб. гос. мед. ун-т им. акад. И.П. Павлова (Россия, 192236, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8), e-mail: vadteplov@mail.ru;

Алексанин Сергей Сергеевич – д-р мед. наук проф., чл.-кор. РАН, директор, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: medicine@ngcserm.ru;

Коমেдев Сергей Станиславович – врач-анестезиолог-реаниматолог стационарного отделения скорой медицинской помощи, Первый С.-Петерб. гос. мед. ун-т им. акад. И.П. Павлова (Россия, 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8), e-mail: skomedev@mail.ru;

Цебровская Екатерина Андреевна – врач стационарного отд-ния скорой мед. помощи, ассистент каф. скорой мед. помощи и хирургии поврежденных, Первый С.-Петерб. гос. мед. ун-т им. акад. И.П. Павлова (Россия, 192236, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8), e-mail: tserina@bk.ru;

Бурыкина Валерия Владимировна – врач стационар. отд-ния скорой мед. помощи, ассистент каф. скорой мед. помощи и хирургии поврежденных, Первый С.-Петерб. гос. мед. ун-т им. акад. И.П. Павлова (Россия, 192236, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8), e-mail: burylera@yandex.ru;

Багненко Сергей Федорович – д-р мед. наук проф., академик РАН, ректор, Первый С.-Петерб. гос. мед. ун-т им. акад. И.П. Павлова (Россия, 192236, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8), e-mail: bagnenko\_spb@mail.ru

дополнительные трудности для приемных отделений, стационарных отделений скорой медицинской помощи и отделений реанимации медицинских учреждений. Зачастую при поступлении такого умирающего реанимационные мероприятия продолжаются в прежнем объеме до момента констатации смерти, поскольку реализация диагностических и лечебных возможностей стационара в таких условиях практически невозможна. Госпитализация подобных пациентов в стационар, не имеющий в своей структуре стационарного отделения скорой медицинской помощи (СтОСМП), лишь усложняет и без того непростую работу врачей-анестезиологов-реаниматологов общей реанимации. Все это может приводить к конфликтам между специалистами на догоспитальном и госпитальном этапе.

В последние годы в мире все более широко в комплексе медицинских мероприятий применяется экстракорпоральная сердечно-легочная реанимация (ЭСЛР) – расширенная экстракорпоральная мембранная оксигенация с механической поддержкой кровообращения. Согласно данным международного регистра, фиксирующего случаи применения технологии, количество выживших при таком варианте реанимационных мероприятий стабильно держится на уровне 30% [<https://www.else.org/Registry/Statistics/InternationalSummary.aspx>]. Результаты, представленные в международных публикациях, также достаточно обнадеживающие [9, 10, 13, 14]. В России ЭСЛР не носит обязательного характера в действующих клинических рекомендациях и не имеет широкого распространения [1]. С октября 2017 г. по настоящее время в Санкт-Петербурге проводится совместная работа отдела скорой медицинской помощи Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова (Университет) и Городской станции скорой медицинской помощи по изучению данной проблемы [5–7].

**Цель** – выявление организационных и клинических проблем в случае широкого внедрения технологии ЭСЛР в мегаполисе.

### Материал и методы

В исследование включались пациенты, у которых развилась внезапная остановка кровообращения вне медицинской организации, а реанимационные мероприятия на месте не привели к восстановлению сердечного ритма. Такие больные на фоне продолжавшихся мероприятий сердечно-легочной

реанимации с применением электромеханического устройства для компрессии грудной клетки поступали в СтОСМП Университета после предварительного оповещения из бюро госпитализации. При сигнале о возможной госпитализации такого пациента в палату реанимации и интенсивной терапии СтОСМП в течение 15 мин прибывала и развертывалась «команда ЭКМО» (ЕСМО-team), подготавливая необходимое оборудование и расходные материалы. ЕСМО-team формировалась из врачей отделения, владеющих навыками канюляции и проведения процедуры веноартериального ЭКМО. В то время как дежурный персонал отделения продолжал сердечно-легочную реанимацию, члены ЕСМО-team оценивали возможность использования технологии. Практика работы с такими пациентами заставила нас пересмотреть критерии подключения ЭКМО пациенту, доставленному в стационар в состоянии клинической смерти [5–7]:

- возраст от 18 до 60 лет;
- отсутствие данных о серьезных сопутствующих заболеваниях;
- обязательное наличие свидетеля момента остановки кровообращения;
- немедленное начало сердечно-легочной реанимации хотя бы неопытным реаниматором;
- сердечно-легочная реанимация с применением наружного механического устройства для непрямого массажа сердца при транспортировке;
- наличие какой-либо электрической активности сердца при поступлении в стационар;
- наличие признаков сохранения мозгового кровообращения;
- ожидаемое время от начала сердечно-легочной реанимации до момента подключения ЭКМО не более 1 ч;
- уровень лактата в плазме артериальной крови не превышает 8 ммоль/л.

В связи с тяжестью состояния пациента решение об использовании методики ЭСЛР принималось консилиумом врачей дежурной службы. Нами был проведен предварительный анализ полученных результатов.

### Результаты и их обсуждение

В период с октября 2017 г. по январь 2020 г. в СтОСМП поступили 66 пациентов в состоянии клинической смерти на фоне продолжающихся реанимационных мероприятий с применением кардиомассажера типа «LUCAS-II». В 56 случаях первичной причиной остановки

кровообращения были кардиогенные факторы (острый инфаркт миокарда, тромбоэмболия легочной артерии, фатальные аритмии и т. д.), причем инфаркт подтвержден в 33 эпизодах; у 4 больных было выявлено поражение стволовых структур вследствие острого нарушения мозгового кровообращения, 3 раза клиническая смерть развилась вследствие передозировки наркотических веществ; у 3 пациентов было диагностировано онкологическое заболевание в терминальной стадии. Средний возраст поступивших составил ( $45,3 \pm 3,5$ ) лет, 28 из них были моложе 60, а 5 – моложе 30 лет. К сожалению, ни один из госпитализированных больных не соответствовал всем критериям включения. У 13 человек были сохранены зрачковые фотореакции, но лишь у 7 из них наблюдалось восстановление ритма на фоне расширенной сердечно-легочной реанимации, проводимой в условиях палаты реанимации и интенсивной терапии СтОСМП без применения перфузионных технологий. Все 7 пациентов в последующем были выписаны после длительного лечения в клинике Университета. У оставшихся 6 пациентов уровень лактата в плазме артериальной крови превышал 15 ммоль/л. Среднее значение данного показателя у всех госпитализированных достигало ( $13,50 \pm 0,32$ ) ммоль/л, что, согласно литературным источникам, свидетельствовало о неблагоприятном исходе ЭСЛР для пациентов с внезапным прекращением кровообращения вне медицинской организации [8]. Средняя продолжительность оказания помощи на догоспитальном этапе составила ( $65,8 \pm 3,7$ ) мин, это время существенно превышало терапевтическое окно, во время которого есть шанс на спасение с помощью экстракорпоральных методик. Тем не менее, командой 6 раз было принято решение о проведении ЭСЛР, несмотря на несоответствие критериям. Технология была использована с учетом молодого возраста пациентов, отсутствия у них признаков биологической смерти, сохранения фотореакций зрачков. Две попытки подключения не удалось выполнить по техническим причинам, а в остальных случаях были обеспечены экстракорпоральная оксигенация и кровообращение. Случаи использования методики, как терапии «отчаяния», в конечном итоге к успеху не привели, у пациентов в течение 1 сут нарастала полиорганная недостаточность, сопровождавшаяся отеком и гибелью головного мозга. Это лишний раз подтверждает бесперспективность использования ЭСЛР при уровне лак-

тата выше предельно допустимых величин, что коррелирует с мировым опытом [<https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/cc9976>] [11, 12]. В одном случае в палате реанимации и интенсивной терапии СтОСМП была проведена диагностика смерти головного мозга у пациента с восстановленным ритмом, но необратимым поражением головного мозга.

В случае если пациент, находящийся в состоянии клинической смерти, не соответствовал хотя бы одному из критериев подключения ЭКМО, приведенным выше, реанимационные мероприятия продолжались в объеме расширенной сердечно-легочной реанимации без применения перфузионных технологий. Учитывая наличие обученных специалистов, аппаратуры, расходного материала, решено было рассмотреть возможность использования ЭКМО посмертно с целью сохранения органов потенциального посмертного донора для последующих трансплантаций. После окончания сердечно-легочной реанимации вследствие неэффективности констатировалась биологическая смерть. В течение 10 мин с умершим не производилось никаких действий, контролировалась асистолия по кардиомонитору. Далее вновь запускали кардиомассажер и искусственную вентиляцию легких для поддержания кровотока и выполняли канюлирование сосудов с последующим проведением перфузии и оксигенации органов трупа *in situ*. Технология обеспечивала сохранение кровообращения в течение ближайших нескольких часов.

За это время удавалось оповестить сотрудников центра органного донорства, получить разрешение судебно-медицинского эксперта и руководства клиники на процедуру экплантации у умершего с констатированной биологической смертью. В ходе кондиционирования потенциального посмертного донора выполнялись необходимые лабораторные исследования, а для объективизации эффективности органного кровотока проводилась спиральная компьютерная томография органов брюшной полости и забрюшинного пространства с контрастированием. Таким образом, в течение 2 лет удалось успешно кондиционировать 11 эффективных доноров, благодаря чему в Университете были выполнены 22 трансплантации почки и 2 – печени.

Основными проблемами, которые, по нашему мнению, препятствуют эффективному использованию ЭСЛР, являются многоэтапность оказания помощи и длительный вре-

менной интервал проведения сердечно-легочной реанимации на догоспитальном этапе. Средний срок от момента первичного вызова скорой медицинской помощи до госпитализации в стационар за первые полгода работы составил ( $73,2 \pm 4,8$ ) мин [11], в последующие полтора года удалось добиться лишь незначительного снижения до упомянутых ранее ( $65,7 \pm 3,7$ ) мин. При этом в 48 случаях помощь на догоспитальном этапе оказывалась сначала линейными, а затем специализированными бригадами.

### Заключение

Полученный опыт показал, что необходим пересмотр алгоритмов оказания помощи пациентам с внезапной остановкой кровообращения, поскольку действующие клинические рекомендации регламентируют объем и сроки выполнения необходимых лечебных мероприятий вне медицинской организации, не предполагая использования у таких пациентов в ходе реанимации экстракорпоральной мембранной оксигенации на догоспитальном и стационарном этапах [1].

Предлагается проведение сердечно-легочной реанимации, в ходе которой возможно выполнение многократных дефибрилляций в полном соответствии с действующими американскими и европейскими протоколами. Однако у бригады скорой медицинской помощи нет юридического права транспортировать пациента без стабилизации состояния, хотя автоматические устройства для проведения непрямого массажа сердца позволяют

осуществлять госпитализацию до восстановления сердечного ритма. В случае наличия в маршрутизации Центра по лечению внезапной сердечной смерти время оказания медицинской помощи на месте и транспортировки должно быть максимально сокращено.

Представляется целесообразным внесение в рекомендации отдельного пункта: «В случае возможности использования при транспортировке автоматического устройства для сердечно-легочной реанимации, а также соответствия пациента критериям подключения экстракорпоральной мембранной оксигенации с механическим поддержанием кровообращения (возраст 18–60 лет, отсутствие анамнестических данных о имеющемся неизлечимом заболевании, отсутствие признаков гибели коры головного мозга) неотложная помощь проводится в объеме пп. 1–4 с максимально быстрым обеспечением транспортировки в стационарное отделение скорой медицинской помощи ЭКМО-центра. В ходе нее необходимо обеспечить эффективный непрямой массаж сердца с помощью автоматического устройства, искусственную вентиляцию легких, при сохраняющейся фибрилляции желудочков болюсное внутривенное/внутрикостное введение 300 мг амиодарона». Отдельно хочется отметить, что в случае невозможности применения технологии для спасения она может быть эффективно использована посмертно для сохранения органов с целью их последующей трансплантации, что крайне актуально, учитывая их дефицит [2].

### Литература

1. Багненко С.Ф. [и др.]. Скорая медицинская помощь: клинич. рекомендации. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. 871 с.
2. Готье С.В., Хомяков С.М. Донорство и трансплантация органов в Российской Федерации в 2019 году. XII сообщение регистра Российского трансплантологического общества // Вестн. трансплантологии и искусственных органов. 2020. Т. 22, № 2. С. 8–34.
3. Колачев И.И., Щедренко В.В., Могучая О.В. [и др.]. Догоспитальная летальность в Санкт-Петербурге // Скорая медицинская помощь-2018 : материалы 17-го всерос. конгр. СПб., 2018. С. 74.
4. Мирошниченко А.Г., Бойков А.А., Ершов А.Л. [и др.]. Опыт применения аппарата «LUCAS-2» во время сердечно-легочной реанимации у пациентов скорой медицинской помощи Санкт-Петербурга // Скорая медицинская помощь. 2017. № 2. С. 24–30.
5. Скворцов А.Е., Резник О.Н., Комедев С.С. [и др.]. Перспективы применения экстракорпоральной мембранной оксигенации в практике сердечно-легочной реанимации // Скорая мед. помощь. 2018. № 1. С. 72–76.
6. Теплов В.М., Комедев С.С., Скворцов А.Е. [и др.]. Первый опыт применения экстракорпоральной мембранной оксигенации в комплексе расширенной сердечно-легочной реанимации в стационарном отделении скорой медицинской помощи // Скорая мед. помощь. 2018. № 1. С. 67–71.
7. Теплов В.М., Комедев С.С., Скворцов А.Е. [и др.]. Экстренный пациент с невосстановленным сердечным ритмом как комплексная проблема догоспитального и госпитального этапов скорой медицинской помощи // Скорая мед. помощь. 2018. № 4. С. 17–21.
8. Aubin H., Petrov G., Dalyanoglu H. et al. Four-year experience of providing mobile extracorporeal life support to out-of-center patients within a suprainsitutional network-Outcome of 160 consecutively treated patients // Resuscitation. 2017. Vol. 121. P. 151–157. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2017.08.237.

9. Cave D.M., Gazmuri R.J., Otto C.W. [et al.]. Part 7: CPR Techniques and Devices 2010 American Heart Association Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care // *Circulation*. 2010. Vol. 22. P. 720–728. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.970970.

10. Haneya A., Philipp A., Diez C. [et al.]. A 5-year experience with cardiopulmonary resuscitation using extracorporeal life support in non-postcardiotomy patients with cardiac arrest // *Resuscitation*. 2012. Vol. 83, N 11. P. 1331–1337. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2012.07.009.

11. Kim J.Ch., Lee B.K., Lee D.H. [et al.]. Association between lactate clearance during post resuscitation care and neurologic outcome in cardiac arrest survivors treated with targeted temperature management // *Clin. Exp. Emerg. Med*. 2017. Vol. 4, N 1. P. 10–18. DOI: 10.15441/ceem.16.149.

12. Mégarbane B., Deye N., Aout M. [et al.]. Usefulness of routine laboratory parameters in the decision to treat refractory cardiac arrest with extracorporeal life support // *Resuscitation*. 2011. Vol. 82. P. 1154–1161. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2011.05.007.

13. Nichol G., Karmy-Jones R., Salerno C. [et al.]. Systematic review of percutaneous cardiopulmonary bypass for cardiac arrest or cardiogenic shock states // *Resuscitation*. 2006. Vol. 70. P. 381–394. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2006.01.018.

14. Schopka S., Philipp A., Hilker M. [et al.]. Clinical course and long-term outcome following venoarterial extracorporeal life support-facilitated interhospital transfer of patients with circulatory failure // *Resuscitation*. 2015. Vol. 93. P. 53–57. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2015.05.021.

Поступила 24.04.2021 г.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

Участие авторов: В.М. Теплов – методология исследования, планирование целей и задач, написание первого варианта статьи; С.С. Алексанин – анализ материала статьи, предложения по дальнейшему исследованию проблемы; С.С. Комедев – разработка клинических критериев, сбор и анализ материала; Е.А. Цебровская – проведение статистической обработки, перевод статьи на английский язык; В.В. Бурькина – поиск литературных источников и формирование списка литературы; С.Ф. Багненко – методология исследования, редактирование окончательного варианта статьи.

**Для цитирования.** Теплов В.М., Алексанин С.С., Комедев С.С., Цебровская Е.А., Бурькина В.В., Багненко С.Ф. Проблемы медицинской эвакуации и лечения в стационаре больных и пострадавших с внезапной остановкой кровообращения, развившейся вне медицинской организации // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2021. № 2. С. 89–94. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-89-94

## **Problems of medical evacuation and in-patient treatment of patients and injured with sudden arrest of circulation occurred outside medical institution**

**Teplov V.M.<sup>1</sup>, Aleksanin S.S.<sup>2</sup>, Komedeve S.S.<sup>1</sup>, Tsebrovskaya E.A.<sup>1</sup>,  
Burykina V.V.<sup>1</sup>, Bagnenko S.F.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University (6–8, Lev Tolstoy Str., St. Petersburg, 197022, Russia);

<sup>2</sup>Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia)

✉ Vadim Mikhailovich Teplov – PhD Med. Sci., head of the Department of Emergency Medical Care, Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University (6–8, Lev Tolstoy Str., St.-Petersburg, 197022, Russia), e-mail: vadteplov@mail.ru;

Sergey Sergeevich Aleksanin – Dr. Med. Sci., Prof., Corresponding Member Russian Academy of Sciences, director, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: medicine@nrccrm.ru;

Sergey Stanislavovich Komedeve – doctor anesthesiologist-resuscitator, Department of Emergency Medical Care, Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University (6–8, Lev Tolstoy Str., St.-Petersburg, 197022, Russia). Tel., e-mail: skomedeve@mail.ru;

Ekaterina Andreevna Tsebrovskaya – doctor, Department of Emergency Medical Care, Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University (6–8, Lev Tolstoy Str., St.-Petersburg, 197022, Russia), e-mail: tserina@bk.ru;

Valeria Vladimirovna Burykina – doctor, Department of Emergency Medical Care, Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University (6–8, Lev Tolstoy Str., St.-Petersburg, 197022, Russia), e-mail: burylera@yandex.ru;

Sergey Fedorovich Bagnenko – Dr. Med. Sci. Prof., Member of the Russian Academy of Sciences, rector, Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University (6–8, Lev Tolstoy Str., St.-Petersburg, 197022, Russia), e-mail: bagnenko\_spb@mail.ru

### Abstract

**Relevance.** According to the data of the international register, the use of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) with mechanical circulatory support in the cardiopulmonary-cerebral resuscitation complex can save up to 30% among patients with sudden cardiac death.

**Intention.** Analyze the main logistical and organizational problems of patient treatment identified over the two years of operation of the Center for the Treatment of Sudden Cardiac Death.

**Methods.** A retrospective analysis of patients admitted in the period from October 2017 to January 2020 in a state of clinical death to the Center for the Treatment of Sudden Cardiac Death of a university clinic was carried out.

**Results and Discussion.** In the course of the analysis, the criteria for connecting ECMO- cardiopulmonary resuscitation were developed. In most cases, the primary cause of death was cardiogenic factors (AMI, PE, fatal arrhythmias, etc.), while AMI was confirmed in 33 episodes. During the entire period of the Center's operation, not a single patient has been admitted that fully meets the criteria for ECMO- cardiopulmonary resuscitation. However, the technology has been used as therapy for "despair" on six occasions. The main problem at present is long-term and multistage care outside the medical organization. The possibility of using ECMO posthumously was studied in order to preserve the organs of the corpse for subsequent transplantation. During two years of work, 11 effective donors were conditioned, thanks to which 22 kidney transplants and 2 liver transplants were successfully performed at the University.

**Conclusion.** The experience gained has shown the need to revise the algorithms for providing care to patients with sudden circulatory arrest outside the medical organization, in order to expedite transportation to the ECMO center. In the case of ineffectiveness of extended resuscitation in the clinic, it is possible to consider the use of post mortem technology for conditioning a potential posthumous donor for the preservation of organs for the purpose of their subsequent transplantation.

**Key words:** extracorporeal membrane oxygenation, cardiopulmonary resuscitation, emergency medical care, medical evacuation.

### References

1. Bagnenko S.F. [et al.]. *Skoraya meditsinskaya pomoshch'* [Emergency]. Moskva. 2015. 871 p. (In Russ.).
2. Got'ye S.V., Khomyakov S.M. Donorstvo i transplantatsiya organov v Rossiyskoy Federatsii v 2019 godu. XII soobshcheniye registra Rossiyskogo transplantologicheskogo obshchestva [Organ donation and transplantation in the Russian Federation in 2019. XII message of the register of the Russian transplant society. *Vestnik transplantologii i iskusstvennykh organov* [Bulletin of transplantology and artificial organs]. 2020. T. 22, N 2. Pp. 8–34. (In Russ.).
3. Kolachev I.I., Shchedrenok V.V., Moguchaya O.V. [et al.]. Dogospital'naya letal'nost' v Sankt-Peterburge [Prehospital mortality in St. Petersburg] *Skoraya meditsinskaya pomoshch'-2018* [Ambulance-2018] : Scientific. Conf. Proceedings. St. Peterburg. 2018. P. 74. (In Russ.).
4. Miroshnichenko A.G., Boykov A.A., Yershov A.L. [et al.]. Opyt primeneniya apparata «LUCAS-2» vo vremya serdechno-legochnoy reanimatsii u patsiyentov skoroy meditsinskoy pomoshchi Sankt-Peterburga [Experience of using the device «LUCAS-2» during cardiopulmonary resuscitation in patients of emergency medical care in St. Petersburg]. *Skoraya meditsinskaya pomoshch'* [Emergency medical care]. 2017. N 2. Pp. 24–30. (In Russ.).
5. Skvortsov A.Ye., Reznik O.N., Komedev S.S. [et al.]. Perspektivy primeneniya ekstrakorporal'noy membrannoy oksigenatsii v praktike serdechno-legochnoy reanimatsii [Prospects of extracorporeal membrane oxygenation in practice of cardiopulmonary resuscitation]. *Skoraya meditsinskaya pomoshch'* [Emergency medical care]. 2018. N 1. Pp. 72–76. (In Russ.).
6. Teplov V.M., Komedev S.S., Skvortsov A.Ye. [et al.]. Pervyy opyt primeneniya ekstrakorporal'noy membrannoy oksigenatsii v komplekse rasshirennoy serdechno-legochnoy reanimatsii v statsionarnom otdelenii skoroy meditsinskoy pomoshchi [First experience of ECMO-CPR in Emergency department]. *Skoraya meditsinskaya pomoshch'* [Emergency medical care]. 2018. N 1. Pp. 67–71. (In Russ.).
7. Teplov V.M., Komedev S.S., Skvortsov A.Ye. [et al.]. Ekstrennyy patsiyent s nevosstanovlennym serdechnym ritmom kak kompleksnaya problema dogospital'nogo i gospital'nogo etapov skoroy meditsinskoy pomoshchi [Emergency patient with cardiac arrest as a complex pre-hospital and hospital problem]. *Skoraya meditsinskaya pomoshch'* [Emergency medical care]. 2018. N 4. Pp. 17–21. (In Russ.).
8. Aubin H., Petrov G., Dalyanoglu H. [et al.]. Four-year experience of providing mobile extracorporeal life support to out-of-center patients within a suprainsitutional network—Outcome of 160 consecutively treated patients. *Resuscitation*. 2017. Vol. 121. Pp. 151–157. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2017.08.237.
9. Cave D.M., Gazmuri R.J., Otto C.W. [et al.]. Part 7: CPR Techniques and Devices 2010 American Heart Association Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation*. 2010. Vol. 22. Pp. 720–728. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.970970.
10. Haneya A., Philipp A., Diez C. [et al.]. A 5-year experience with cardiopulmonary resuscitation using extracorporeal life support in non-postcardiotomy patients with cardiac arrest. *Resuscitation*. 2012. Vol. 83, N 11. Pp. 1331–1337. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2012.07.009.
11. Kim J.Ch., Lee B.K., Lee D.H. [et al.]. Association between lactate clearance during post resuscitation care and neurologic outcome in cardiac arrest survivors treated with targeted temperature management. *Clin. Exp. Emerg. Med.* 2017. Vol. 4, N 1. Pp. 10–18. DOI: 10.15441/ceem.16.149.
12. Mégarbane B., Deye N., Aout M. [et al.]. Usefulness of routine laboratory parameters in the decision to treat refractory cardiac arrest with extracorporeal life support. *Resuscitation*. 2011. Vol. 82. Pp. 1154–1161. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2011.05.007.
13. Nichol G., Karmy-Jones R., Salerno C. [et al.]. Systematic review of percutaneous cardiopulmonary bypass for cardiac arrest or cardiogenic shock states. *Resuscitation*. 2006. Vol. 70. Pp. 381–394. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2006.01.018.
14. Schopka S., Philipp A., Hilker M. [et al.]. Clinical course and long-term outcome following venoarterial extracorporeal life support-facilitated interhospital transfer of patients with circulatory failure. *Resuscitation*. 2015. Vol. 93. Pp. 53–57. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2015.05.021.

Received 24.04.2021

**For citing.** Teplov V.M., Aleksanin S.S., Komedev S.S., Tsebrovskaya E.A., Burykina V.V., Bagnenko S.F. Problemy meditsinskoi evakuatsii i lecheniya v stacionare bol'nykh i postradavshikh s vnezapnoi ostanovkoi krovoobrashcheniya, razvivshiesya vne meditsinskoi organizatsii. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh*. 2021. N 2. Pp. 89–94. (In Russ.)

Teplov V.M., Aleksanin S.S., Komedev S.S., Tsebrovskaya E.A., Burykina V.V., Bagnenko S.F. Problems of medical evacuation and in-patient treatment of patients and injured with sudden arrest of circulation occurred outside medical institution. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2021. N 2. Pp. 89–94. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-89-94

## **ОСОБЕННОСТИ ИММУНОПАТОГЕНЕЗА И КРИТЕРИАЛЬНАЯ ИММУНОДИАГНОСТИКА СЕПСИСА У ТЯЖЕЛООБОЖЖЕННЫХ**

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе (Россия, Санкт-Петербург, ул. Будапештская, д. 3, лит. А);

<sup>2</sup> Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6);

<sup>3</sup> Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2);

<sup>4</sup> Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова (Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8)

*Актуальность.* Сепсис осложняет течение ожоговой болезни у более чем половины пострадавших с обширными ожогами и существенно увеличивает вероятность наступления летального исхода.

*Цель* – оценка возможности прогнозирования раннего ожогового сепсиса на основании содержания провоспалительных цитокинов в периферической крови пострадавших с обширными ожогами.

*Методология.* В исследование включены 60 пострадавших (из них 37 мужчин) в возрасте от 21 до 58 лет, средний возраст – (46,8 ± 9,3) года. У пострадавших наблюдались обширные ожоги кожи – ожоги III степени по МКБ-10 от 20 до 60 % поверхности тела, средняя площадь ожога – (34,1 ± 7,7)% поверхности тела. Пациенты в зависимости от площади поражения кожного покрова и течения ожоговой болезни были разделены на 3 группы, в каждой по 20 пациентов: 1-я – без раннего сепсиса, площадь поражения от 21 до 40 % поверхности тела; 2-я – без раннего сепсиса, площадь поражения от 41 до 60 % поверхности тела; 3-я – с развившимся ранним ожоговым сепсисом, площадь поражения 20–60 % поверхности тела. Для реализации цели исследования у пострадавших выполнялся последовательный забор периферической крови через 24 и 72 ч после получения ожоговой травмы. В полученных образцах проанализированы уровни IL-1β, IL-6, IL-10 и TNFα. Обработку полученных данных проводили в программах Microsoft Office Excel 2007 и IBM SPSS 20.0 методами описательной и непараметрической статистики.

*Результаты и их анализ.* Установлена статистически значимая зависимость величины анализируемых показателей от тяжести ожоговой травмы и вероятности развития ожогового сепсиса. Снижение концентрации IL-1β и TNFα, а также возрастание уровня IL-6 в период с 1-х по 3-и сутки после получения ожога позволяют предполагать относительно благоприятное течение ожоговой болезни. Отсутствие достоверной положительной динамики лабораторных показателей может свидетельствовать о высокой вероятности развития раннего ожогового сепсиса.

*Заключение.* Определение концентрации IL-1β, IL-6 и в особенности TNFα в периферической крови позволяет прогнозировать развитие раннего ожогового сепсиса.

**Ключевые слова:** ожог кожи, ожоговая болезнь, системная воспалительная реакция, сепсис, рецептор врожденного иммунитета, провоспалительные цитокины.

### **Введение**

Сепсис и тяжелый сепсис осложняют течение ожоговой болезни у 49–73% тяжелообожженных [11]. Обширные ожоговые поражения характеризуются тяжестью травмы, высокими показателями инвалидизации, ле-

тальности, финансовых затрат на лечение пострадавших и реконвалесцентов. Частота развития сепсиса у тяжелообожженных детерминирована площадью и глубиной поражения (тяжестью термической травмы), наличием ингаляционных поражений и отсрочкой

---

✉ Зиновьев Евгений Владимирович – д-р мед. наук проф., руководитель отд. термич. поражений, Санкт-Петерб. науч.-исслед. ин-т скорой помощи им. И.И. Джанелидзе (Россия, 192242, Санкт-Петербург, ул. Будапештская, д. 3, лит. А), ст. науч. сотр. НИЛ (воен. хир.), Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6), e-mail: evz@list.ru;

Дергунов Анатолий Владимирович – д-р мед. наук проф., каф. патол. физиологии, Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6), e-mail: adergunov@list.ru;

Кобиашвили Малхаз Георгиевич – д-р мед. наук, зав. отд. эндоскопии, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: malcom2@yandex.ru;

Митрейкин Владимир Филиппович – д-р мед. наук проф., каф. патол. физиологии с курсами клинич. физиологии, Первый Санкт-Петерб. гос. мед. ун-т им. акад. И.П. Павлова (Россия, 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8), e-mail: mvphch2742@mail.ru;

Шуленин Константин Сергеевич – д-р мед. наук доц., проф. каф. воен.-мор. терапии, Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6), e-mail: shulenink@mail.ru

проведения противошоковой терапии. У пострадавших с глубокими ожогами до 10% поверхности тела частота сепсиса составляет 0,4%, от 10 до 20% – 19%, больше 20% – более 42% случаев [28].

Изучение сепсиса во многом определяется едиными подходами к его дефиниции, этиологии, звеньям патогенеза, критериям диагностики, принципам профилактики и интенсивной терапии. Разработка патогенеза генерализованной инфекции и токсико-ребортивной лихорадки была начата на рубеже Второй мировой войны [23]. В 1960–1970-е годы концепция сепсиса предусматривала трактовку патогенеза в ключе генерализации инфекции на фоне неконтролируемой бактериемии. В этом ключе понятие сепсиса трактовали односторонне, диагноз выставляли в случаях резкого ухудшения общего состояния пациента, часто не соответствующего тяжести ожоговой болезни, наличия лихорадки гектического характера с потрясающими ознобами, нарушениями сердечно-сосудистой деятельности, функций почек и печени.

Концептуально методологическая база для формирования и последующей разработки современных представлений об этиопатогенезе сепсиса заложена в 1991 г. на согласительной конференции обществ пульмонологов и реаниматологов – The American College of Chest Physicians and the Society of Critical Care Medicine [3, 15]. Вопросам изучения патогенеза и ранних клинико-лабораторных маркеров развития сепсиса посвящено значительное число поисковых исследований, в том числе выполненных в дизайне с высокой степенью доказательности результатов [1].

В классическом варианте воспаление рассматривается как местная (региональная) защитная реакция, в процессе развития которой продукция цитокинов находится под контролем, а лейкоциты адекватно участвуют в реакциях местного иммунитета и подавления инфекционных агентов. Однако при сепсисе любой этиологии происходит развитие генерализованных воспалительных процессов, имеющих фазный характер [8]. В соответствии с общепринятой концепцией [3, 15], семантически под термином «сепсис» подразумевается развитие в организме в ответ на инфекцию взаимосвязанных системных процессов, характеризующихся повреждением внутренних органов за счет генерализованной гипервоспалительной реакции – «синдрома системной воспалительной реакции» (Systemic inflammatory response syndrome,



**Рис. 1.** Схематическое отображение перекрытия этиопатогенетических зон при развитии синдрома системной воспалительной реакции – SIRS различной этиологии.

SIRS) на фоне устойчивой бактериемии. Развитие SIRS может происходить в ответ на действие различных патогенных факторов, включая травматические повреждения и ожоги (рис. 1).

Крайним проявлением системных реакций при SIRS является развитие комплекса осложнений, объединяемых понятием «синдром полиорганной дисфункции» (multiple organ dysfunction syndrome, MODS), возникающий при гипоперфузии критических органов, характеризуется функциональной неспособностью органа/органов участвовать в поддержании гомеостаза [6]. Несмотря на определенное подобие патогенетических механизмов развития SIRS в ответ на действие различных факторов, септические процессы в силу специфики, обусловленной инфекционным характером основного патогенетического механизма, консенсусно выделяются в относительно самостоятельный синдромальный: «сепсис является системной воспалительной реакцией на инфекцию». При этом «септический» SIRS должен характеризоваться, как минимум, двумя из следующих симптомов: тахипноэ, тахикардия, пирексия (лихорадка) или гипотермия, а также лейкоцитозом, лейкопенией. Септический шок часто осложняет тяжелый сепсис, при его развитии констатируется гипотония на фоне адекватной водной нагрузки и отсутствия гиповолемии. Выделяют также рефрактерный септический шок, его особенность – отсутствие эффекта вазопрессоров при адекватной коррекции гиповолемии [18].

Течение сепсиса/септического шока у тяжелообожженных сопровождается прогрессирующим развитием полиорганной недостаточности на фоне иммуносупрессии и дезинтеграции иммунной системы. Нарушения

иммунореактивности при генерализации инфекции обуславливаются эффекторными процессами защитных реакций организма, а также основным генератором и исполнителем реакций повреждений. Считается, что в системе иммунитета на фоне обширного массива некротизированных высокотемпературным агентом тканей могут развиваться «поломки», проявляющиеся иммунодепрессией и неадекватным реагированием организма на действие инфекционного агента [4]. Таким образом, при сепсисе именно иммунопатогенез, т. е. первичные патологические процессы, вызванные нарушениями иммунологической реактивности на клеточном уровне в ответ на действие антигенов, определяет восходящий каскад повреждений клеток и тканей различных органов, вплоть до нарушений гомеостаза организма в целом. При этом патогенез ожоговых поражений и сопряженных с ними септических процессов имеет многоуровневый, гетерогенный характер и более адекватно представляется в рамках концепции «двойного удара» (two-hit hypothesis), когда стерильные поражения сочетаются с инфекционными процессами [17] (рис. 2).

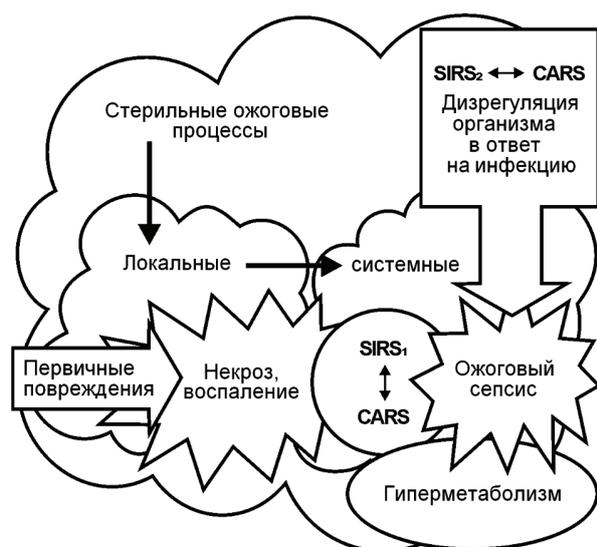
Тяжелая ожоговая травма, сопровождающаяся обширным некрозом тканей, развитием токсемии, микробным воспалением, инициирует каскад метаболических нарушений, гиперпродукцию медиаторов воспаления, формирующих синдром избыточного системного ответа с вовлечением воспали-

тельной реакции, не имеющей приспособительного значения, но обуславливающую вторичную микробную диссеминацию, альтерацию структурно-функциональных единиц органов и генерализацию инфекции, свойственную системным септическим процессам при ожоговом течении болезни [17]. Источником диссеминации микроорганизмов могут быть как обширные раневые поверхности, так и внутренние органы, барьерная функция которых нарушена на фоне неконтролируемого системного воспаления – в частности, кишечник, легкие. Предрасполагающими факторами развития и условием генерализации инфекции/развития сепсиса следует признать состояние и особенности механизмов различных звеньев иммунитета [14].

Разделение ожогового сепсиса по срокам развития является крайне условным. Так называемый ранний ожоговый сепсис в большинстве случаев дебютирует в начале 2-го периода ожоговой болезни – токсемии, почти всегда ранний сепсис развивается при наличии влажного ожогового струпа, который не удается высушить с помощью различных общепринятых методик, а также при отсрочке или дефектах в проведении противошоковой инфузионно-трансфузионной терапии. В некоторых случаях можно наблюдать развитие раннего сепсиса в 1-м периоде ожоговой болезни – когда ожоговый шок переходит в септический шок, минуя краткосрочный период стабилизации состояния. Ранний сепсис отличается крайне неблагоприятным прогнозом. Развитие позднего ожогового сепсиса чаще всего приходится на 3-й период ожоговой болезни – септикотоксемию.

Исследования последних лет свидетельствуют, что активация провоспалительного каскада играет важнейшую роль в патогенезе осложнений ожоговой болезни. Основным источником генерации провоспалительных медиаторов являются макрофаги. Дизрегуляция их активности сопровождается повышенной выработкой провоспалительных агентов, принимающих непосредственное участие в развитии системной воспалительной реакции, нарушении Т-звена иммунитета, становлении раннего сепсиса у тяжелообожженных [26].

Высвобождение провоспалительных цитокинов ( $TNF\alpha$ , IL-1, IL-6) считается главнейшим механизмом в регуляции острой фазы ответа на травму. Фактор  $TNF\alpha$  считается триггерным цитокином, непосредственно участвующим в активации развития сепсиса, полиор-



**Рис. 2.** Общая феноменология и ключевые зоны иммунопатогенеза ожогового сепсиса в рамках концепции «двойного удара». SIRS<sub>1</sub> и SIRS<sub>2</sub> – «стерильная» и инфекционная компоненты ожогового сепсиса соответственно.

ганной недостаточности и септического шока у пострадавших от ожогов [10, 27].

Развитие иммуносупрессии при септическом течении ожоговой болезни имеет четкую стадийность. I стадия гиперактивации иммунитета протекает по типу системной воспалительной реакции и связана с распознаванием бактериальных продуктов, например, липополисахаридов, соответствующими Toll-подобными рецепторами макрофагов и моноцитов, с последующей стимуляцией антигенпрезентирующих клеток к продукции провоспалительных цитокинов, хемокинов и оксида азота [2].

Гиперактивация клеток врожденного иммунитета приводит к дисрегуляции иммунореактивности с вовлечением клеток адаптивного иммунитета, прежде всего, регуляторных и Т-хелперов. Важнейшую функцию в реализации данного механизма выполняют дендритные клетки [2]. Активация дендритных клеток различной этиологии инициирует их созревание. Это, в свою очередь, сопровождается переходом дендритных клеток на более высокий уровень регуляторной активности по отношению к Т-лимфоцитам. Изменяются кинетика и характер взаимодействия между дендритными клетками и Т-лимфоцитами: в процессе созревания дендритные клетки проявляют большой потенциал к активации регуляторных Т-клеток. Процесс носит аутоксический характер и сопровождается избыточной продукцией («цитокиновый шторм», гиперцитокинемия) провоспалительных цитокинов, прежде всего,  $TNF\alpha$  и IL-1 [2]. Для фазы гиперактивации также типично снижение сосудистого сопротивления, повышение перфузии тканей и интенсификация гемодинамики [12].

Гиперцитокинемия в I стадии иммуносупрессии характеризуется уровнем дифференцировки Th-хелперов от Th1-клеток, которым принадлежит роль основных амплификаторов воспалительных процессов на ранней стадии системного воспаления в сторону Th2-клеток, активность которых характерна для развития иммуносупрессии при формировании CARS-компенсаторного противовоспалительного синдрома (Compensatory anti-inflammatory response syndrome) [13, 22]. Таким образом, вслед за гиперактивацией наступает II гиподинамическая/гипореактивная стадия, для которой характерны нестабильность гемодинамики и повышение индексов повреждения и дисфункции органов. На данной стадии на разных уровнях отчетливо

проявляется патогенетическая взаимосвязь между неконтролируемой гибелью клеток различных тканей и органов и подавлением клеточного иммунитета. Данная стадия образно характеризуется как «иммунопаралитическое состояние» [24], которое развивается на фоне становления гипоиммунного статуса: происходит нарушение презентации антигенов, подавление фагоцитарной активности, смещение профиля активности продукции цитокинов CD4+ Т-хелперами от Th1- к Th2- клеткам, что сопровождается снижением экспрессии провоспалительного цитокина  $TNF\alpha$  и повышением секреции противовоспалительного IL-10 и других противовоспалительных цитокинов (IL-4, IL-5, IL-10, IL-13) [13, 21]. Избыток IL-10 играет особую роль: ингибирует продукцию  $TNF\alpha$  макрофагами, подавляет экспрессию костимуляторов процессов воспаления в макрофагах и Т-лимфоцитах, что в итоге способствует развитию иммуносупрессии [25].

Повышение активности IL-10 сопровождается подавлением клеточного иммунитета и является неблагоприятным прогностическим показателем при сепсисе и обширных ожогах. Помимо IL-10, маркерами септического течения заболевания, которые могут использоваться как прогностические показатели перехода процесса из стадии гиперактивации иммунной системы в стадию супрессии, являются специфические хемокины, а также нарушение спектра биомаркеров функциональной активности иммунных клеток [20]. Так, массивная гибель клеток неизбежно сопровождается образованием HMGB 1 – белка из класса аларминов. Данный сигнальный белок является эндогенным агонистом TLR4. При системном воспалении взаимодействие пары HMGB 1–TLR4 способствует гиперактивации клеточного иммунитета. При сепсисе включение данного механизма вносит дополнительный вклад в гиперактивацию иммунитета, способствует его истощению и повышению уровня летальности [24]. Наиболее типичными маркерами из группы цитокинов или специфических хемокинов являются белковые молекулы различных групп, участвующие в развитии иммуносупрессии: ингибитор фактора миграции макрофагов,  $TNF\alpha$ , IL-1 $\beta$ , -2, -4, -6, HMGB 1, а маркерами клеточных процессов – повышение экспрессии CD64, HLA-DR, CD 25, CD 28, CD 86 [16].

Неконтролируемое развитие воспаления при сепсисе сопровождается появлением большого количества индукторов апоптоза – стероидов, IL-1, IL-6, реактивных форм

кислорода, оксида азота и экспрессируемого на поверхности цитотоксических Т-лимфоцитов лиганда FasL [9]. Установлено, что через 36–48 ч после развития сепсиса происходит истощение популяции фолликулярных дендритных клеток. В отличие от начального увеличения их количества численность популяции уменьшается вдвое уже через 12 ч после развития сепсиса. Гибель дендритных клеток происходит вследствие апоптоза с участием механизмов, опосредованных эффекторной каспазой-3. Стремительное развитие апоптоза дендритных клеток во многом обуславливает структурно-функциональную неполноценность популяций В- и Т-лимфоцитов, в итоге способствует неблагоприятным исходам сепсиса [29, 30]. Гиперактивация апоптоза лимфоцитов при сепсисе выявлена как в модельных исследованиях на животных, так и при оценке результатов аутопсий пациентов.

Изменения популяций Т- и В-лимфоцитов, как центрального звена иммунных реакций, вследствие апоптоза тесно коррелируют с тяжестью заболевания и уровнем летальности [7]. Наряду с истощением субпопуляций клеток лимфоцитарного ряда, сепсис сопровождается массивным апоптозом эндотелиальных клеток различных органов, что приводит к дисфункциям тканей и органов, прежде всего, желудочно-кишечного тракта [5], а также легких и печени.

Итак, неконтролируемое развитие ожогового сепсиса сопровождается нарушениями иммунореактивности, основными стадиями процесса являются: гиперактивация системы врожденного иммунитета; изменение характера межпопуляционных взаимодействий, в том числе между клетками врожденного и приобретенного иммунитета; аутоксическая гиперактивация воспалительных процессов; иммуносупрессия; истощение популяций иммунокомпетентных клеток вследствие патологической гиперстимуляции апоптотических процессов. Динамика и выраженность нарушений иммунореактивности в гипериммунной и гипоиммунной фазах сепсиса определяются индивидуальными особенностями организма, включая особенности исходного иммунного статуса, характером инфекции, наличием сопутствующих заболеваний и другими факторами [29].

**Цель** – оценка возможности прогнозирования раннего ожогового сепсиса на основании содержания провоспалительных цитокинов в периферической крови пострадавших с обширными ожогами.

## Материал и методы

Для реализации цели исследования в период с января по август 2020 г. провели проспективное исследование результатов лечения пострадавших, госпитализированных в ожоговую реанимацию отдела термических поражений Санкт-Петербургского научно-исследовательского института скорой помощи им. И.И. Джанелидзе (НИИ им. И.И. Джанелидзе). Критерием включения в исследование были глубокие (III степени по МКБ-10) термические ожоги кожи на площади от 20 до 60% поверхности тела. Критериями исключения были: краткосрочность лечения в условиях отделения анестезиологии и реанимации (менее 3 сут для скончавшихся и менее 7 сут для выживших пациентов), длительность догоспитального периода более 2 ч, конкурирующая или клинически значимая сопутствующая ожогам патология.

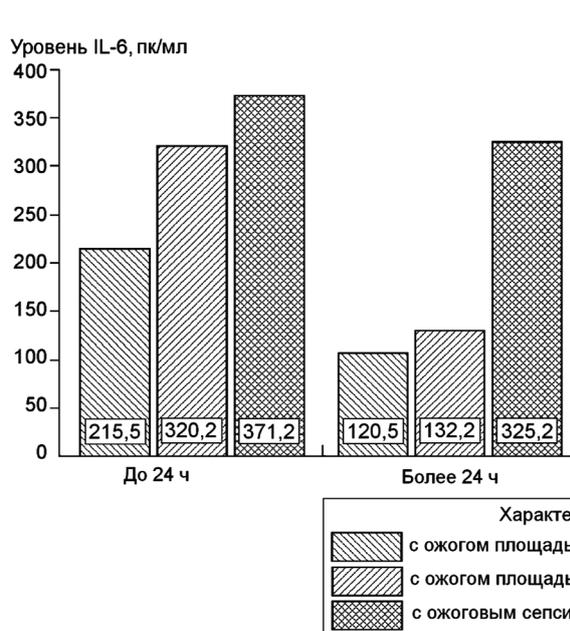
Проанализировали истории болезни законченных случаев лечения 60 пострадавших (из них 37 мужчин) в возрасте от 21 до 58 лет, средний возраст –  $(46,8 \pm 9,3)$  года, с обширными ожогами кожи III степени, средний показатель –  $(34,1 \pm 7,7)\%$ . В зависимости от площади поражения кожного покрова и течения ожоговой болезни пациенты были разделены на 3 группы, в каждой по 20 пациентов:

- 1-я – без раннего сепсиса, площадь поражения – от 21 до 40% поверхности тела;
- 2-я – без раннего сепсиса, площадь поражения – от 41 до 60% поверхности тела;
- 3-я – с возникшим ранним ожоговым сепсисом, площадь поражения – 20–60% поверхности тела.

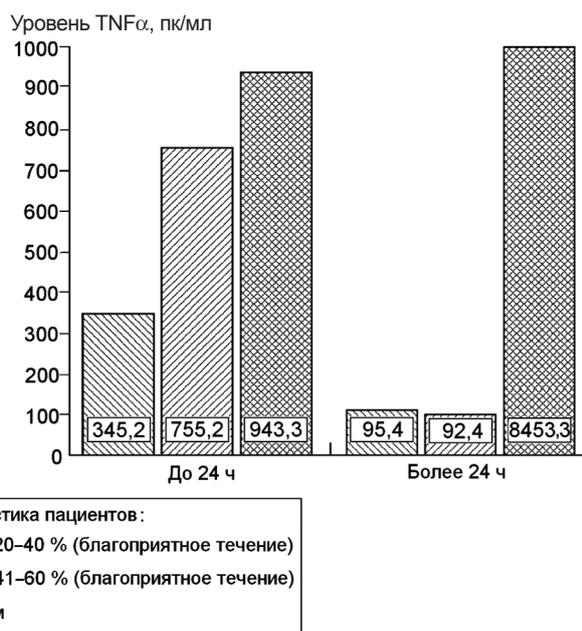
Пострадавшие были госпитализированы в отделение реанимации и интенсивной терапии (для тяжелообожженных), им проводили интенсивную инфузионную поликомпонентную терапию, ее состав и объем не имели отличий в трех группах наблюдения, соответствовали рекомендуемым параметрам действующих клинических рекомендаций.

У всех пострадавших выполняли последовательный забор периферической крови через 24 и 72 ч после получения ожоговой травмы. Сотрудники клинической лаборатории НИИ им. И.И. Джанелидзе в полученных образцах проанализировали уровни IL-1 $\beta$ , IL-6, IL-10 и TNF $\alpha$ . Для определения уровня цитокинов методом иммуноферментного анализа использовали наборы реагентов «Вектор-Бест» (г. Новосибирск, Россия).

Обработку полученных данных проводили в программах Microsoft Office Excel 2007



**Рис. 3.** Динамика уровня IL-1 $\beta$  в крови у тяжелообожженных с учетом площади ожога и особенностей течения ожоговой болезни.



**Рис. 4.** Динамика уровня TNF $\alpha$  у тяжелообожженных с учетом площади ожога и особенностей течения ожоговой болезни.

и IBM SPSS 20.0 методами. Для описания количественных данных использовали среднее арифметическое значение и стандартное отклонение ( $M \pm SD$ ). В связи с ограниченным объемом выборки и отличным от нормального распределением количественных данных для определения достоверных различий в связанных (до/после) группах исследования применяли критерий Вилкоксона для парных выборок. О наличии значимых различий в сформированных выборках судили при уровне значимости  $p < 0,05$ .

### Результаты и их анализ

При изучении содержания провоспалительных цитокинов в периферической крови тяжелообожженных нами выявлена статистически достоверная зависимость анализируемых показателей от тяжести ожоговой травмы (площади ожогового поражения) и вероятности развития раннего ожогового сепсиса (преимущественно на 5–10-е сутки травмы).

Установлено, что к исходу 1-х суток после обширного глубокого ожога (т.е. в остром периоде ожоговой болезни/ожоговом шоке) содержание провоспалительных цитокинов существенно превышает контрольные значения, выявленные у здоровых доноров.

При благоприятном течении ожоговой болезни (без развития раннего сепсиса) у обожженных 1-й группы уровень IL-1 $\beta$  к исходу 1-х суток после трав-

мы был ( $215,5 \pm 32,3$ ) пг/мл, спустя 72 ч после травмы показатель снижался до ( $120,5 \pm 20,1$ ) пг/мл ( $p = 0,171$ ). У пострадавших 2-й группы уровень IL-1 $\beta$  к исходу 1-х суток оказался ( $320,2 \pm 24,2$ ) пг/мл, спустя 72 ч он уменьшился до ( $132,2 \pm 22,7$ ) пг/мл. В 3-й группе пострадавших содержание IL-1 $\beta$  к исходу 1-х суток было больше, чем в двух предыдущих группах, и составило ( $371,2 \pm 33,1$ ) пг/мл, а спустя 72 ч показатель снижался весьма незначительно и соответствовал ( $325,2 \pm 22,7$ ) пг/мл ( $p = 0,741$ ) (рис. 3).

Динамика уровня экспрессии IL-6 имела обратную зависимость. При благоприятном течении ожоговой болезни его содержание у обожженных 1-й группы к исходу 1-х суток после травмы было ( $80,3 \pm 12,2$ ) пг/мл, а спустя 72 ч показатель повышался до ( $109,1 \pm 18,7$ ) пг/мл ( $p = 0,271$ ). У пострадавших 2-й группы уровень IL-6 к исходу 1-х суток после травмы составил ( $93,4 \pm 16,3$ ) пг/мл, а спустя 72 ч он увеличился до ( $116,4 \pm 14,5$ ) пг/мл ( $p = 0,351$ ). В 3-й группе пострадавших содержание IL-6 к исходу 1-х суток после травмы оказалось резко повышенным, более чем в 10 раз, чем в двух предыдущих группах наблюдения, и было ( $1095,0 \pm 45,5$ ) пг/мл, а спустя 72 ч показатель снижался весьма значительно, практически вдвое, но превышал значения в группах сравнения почти в 3,5 раза, соответствуя ( $464,5 \pm 34,8$ ) пг/мл ( $p = 0,04$ ).

При анализе динамики уровня IL-10 в крови тяжелообожженных связи с вероятностью развития ожогового сепсиса мы не выявили. Его содержание у пострадавших 1-й группы к исходу 1-х суток было  $(31,3 \pm 3,1)$  пг/мл, а спустя 72 ч уровень снизился до  $(24,7 \pm 4,3)$  пг/мл ( $p = 0,839$ ). У пострадавших 2-й группы уровень IL-10 к исходу 1-х суток после травмы составил  $(64,2 \pm 5,2)$  пг/мл, а спустя 72 ч IL-10 снизился практически вдвое, до  $(32,5 \pm 4,6)$  пг/мл ( $p = 0,312$ ).

Значимые различия в плане прогноза развития раннего ожогового сепсиса выявлены при анализе содержания в крови тяжелообожженных уровня TNF $\alpha$ . Его содержание у обожженных 1-й группы к исходу 1-х суток после травмы было  $(345,2 \pm 34,2)$  пг/мл, а на 3-и сутки показатель резко снижался до  $(95,4 \pm 10,2)$  пг/мл ( $p = 0,04$ ). У пострадавших 2-й группы уровень TNF $\alpha$  к исходу 1-х суток после травмы составил  $(755,2 \pm 45,8)$  пг/мл, а спустя 72 ч показатель уменьшался до  $(92,4 \pm 11,4)$  пг/мл ( $p = 0,02$ ). В 3-й группе пострадавших с развившимся впоследствии ранним ожоговым сепсисом уровень TNF $\alpha$  к исходу 1-х суток после травмы значительно увеличивался и достигал  $(943,3 \pm 62,2)$  пг/мл, а спустя 72 ч имел уже практически неконтролируемый рост – до  $(8453,3 \pm 544,1)$  пг/мл (рис. 4).

Статистический анализ полученных данных с помощью критерия Вилкоксона позволил обнаружить определенную связь между дина-

микой изменения уровня провоспалительных цитокинов и вероятностью развития раннего ожогового сепсиса. Кратное повышение концентрации IL-6 ( $p = 0,004$ ) и в особенности уровня TNF $\alpha$  ( $p < 0,001$ ) можно трактовать как значимые факторы риска септического течения ожоговой болезни.

### Заключение

Полученные данные позволяют заключить, что показатели провоспалительных цитокинов существенно зависят как от тяжести ожоговой травмы, так и характеризуют вероятность септического течения ожоговой болезни. Для выбора методики иммунологической коррекции иммунодефицитного состояния и прогноза развития раннего ожогового сепсиса можно рекомендовать определение уровня TNF $\alpha$  к исходу острого периода ожоговой болезни, началу периода острой ожоговой токсемии – т. е. на 3–4-е сутки после травмы. Величину уровня TNF $\alpha$  можно оценивать как критерильный параметр для оценки риска развития раннего ожогового сепсиса. Для формирования более строгой критериальной иммунодиагностики и иммуномониторинга сепсиса у тяжелообожженных планируется проведение комплексных исследований с привлечением широкого спектра показателей, применение которых должно позволить осуществить мониторинг эффективности терапии, её своевременную коррекцию и прогнозирование динамики.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи. Поступила 11.12.2020 г.

**Участие авторов:** Е.В. Зиновьев – организация проспективного исследования, написание статьи и её оформление; А.В. Дергунов, К.С. Шуленин – разработка концепции и дизайна исследования, обобщение и анализ полученного материала; М.Г. Кобиашвили – анализ литературных данных, формирование актуальности исследования; В.Ф. Митрейкин – оформление введения, редактирование окончательного варианта статьи.

**Для цитирования:** Зиновьев Е.В., Дергунов А.В., Кобиашвили М.Г., Митрейкин В.Ф., Шуленин К.С. Особенности иммунопатогенеза и критериальная иммунодиагностика сепсиса у тяжелообожженных // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 2. С. 95–103. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-95-103

## The features of immunopathogenesis of sepsis and immunodiagnosics in severely burned patients

Zinoviev E.V.<sup>1,2</sup>, Dergunov A.V.<sup>2</sup>, Kobiashvili M.G.<sup>3</sup>, Mitreikin V.F.<sup>4</sup>, Shulenin K.S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Saint-Petersburg I. I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine (3, lit. A, Budapeshtskaya Str., St. Petersburg, 192242, Russia);

<sup>2</sup> Military Medical Academy (6, Academica Lebedeva Str., Saint-Petersburg, 194044, Russia);

<sup>3</sup> Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine. EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia);

<sup>4</sup> Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University (6–8, Lev Tolstoy Str., St. Petersburg, 197022, Russia)

✉ Evgenii Vladimirovich Zinoviev – Dr. Med. Sci., Prof., Head of Burn department, Saint-Petersburg I. I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine (3, lit. A, Budapeshtskaya Str., St. Petersburg, 192242, Russia), e-mail: evz@list.ru; Anatolii Vladimirovich Dergunov – Dr. Med. Sci. Prof., Senior Lecturer, Department of Pathological Physiology, Military Medical Academy (6, Academica Lebedeva Str., Saint-Petersburg, 194044, Russia), e-mail: adergunov@list.ru;

Malkhaz Georgievich Kobiashvili – Dr. Med. Sci., Head of Endoscopy Department, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia); e-mail: malcom2@yandex.ru;

Vladimir Filippovich Mitreikin – Dr. Med. Sci., Prof., Senior Lecturer, Department of Pathological Physiology with Courses in Clinical Physiology, Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University (6–8, Lev Tolstoy Str., St. Petersburg, 197022, Russia), e-mail: mvphch2742@mail.ru;

Konstantin Sergeevich Shulenin – Dr. Med. Sci., Associate Prof., Senior Lecturer, Department of Naval Therapy Military Medical Academy (6, Academica Lebedeva Str., Saint-Petersburg, 194044, Russia), e-mail: shulenink@mail.ru

#### Abstract

**Intention.** To study the possibility of predicting early burn sepsis based on the content of proinflammatory cytokines in the peripheral blood of patients with extensive burns.

**Methodology.** The study included 60 patients (of them 37 men) aged 21 to 58 years (mean age  $46.8 \pm 9.3$  years) with extensive skin burns (Degree III burns by ICD 10 from 20 to 60 %, average 34.1 %, of the body surface). Depending on the skin area affected and the course of burn disease, the patients were divided into three groups, each of 20 patients: group 1 - the course of burn disease without early sepsis, burn area from 21 to 40 % of the body surface; group 2 - the course of burn disease without early sepsis, burn area from 41 to 60 % of the body surface; group 3 - the early burn sepsis, burn area of 20 to 60 % of the body surface. To achieve the goal of the study, all the patients underwent sequential peripheral blood sampling 24 and 72 hours after a burn injury. The levels of IL-1 $\beta$ , IL-6, IL-10, and TNF $\alpha$  were analyzed in the obtained samples. Data were processed using Microsoft Office Excel 2007 and IBM SPSS 20.0 by methods of descriptive and non-parameter statistics

**Results and Discussion.** The analyzed indicators statistically significantly correlated with the severity of burn injury and the likelihood of burn sepsis. Decreased concentrations of IL-1 $\beta$ , IL-6 and TNF $\alpha$  within Days 1-3 after getting a burn suggest a relatively favorable course of burn disease. No significant positive dynamics of these laboratory parameters may indicate a high probability of developing early burn sepsis.

**Conclusion.** Concentrations of IL-1 $\beta$ , IL-6 and, especially, TNF $\alpha$  in the peripheral blood make it possible to predict early burn sepsis.

**Keywords:** injury, skin burn, burn disease, sepsis, systemic inflammatory response, innate immunity, proinflammatory cytokines

#### Литература / References

1. Angus D.C., Van der Poll T. Severe Sepsis and Septic Shock. *N. Engl. J. Med.* 2013. Vol. 369. Pp. 840–851. DOI: 10.1056/NEJMra1208623.
2. Beutler B. Innate immunity: an overview. *Molecular Immunology.* 2004. Vol. 40. Pp. 845–859. DOI: 10.1016/j.molimm.2003.10.005.
3. Bone R.C. [et al.]. Definitions for sepsis and organ failure and guidelines for the use of innovative therapies in sepsis. The ACCP/SCCM Consensus Conference Committee. American College of Chest Physicians/Society of Critical Care Medicine. *Chest.* 1992. Vol. 101, N 6. Pp. 1644–1655. DOI: 10.1378/chest.101.6.1644.
4. Buchman T.G. A Glimpse of Precision Medicine for Multiple-Organ Dysfunction Syndrome. *Crit. Care Med.* 2016. Vol. 44, N 11. Pp. 2121–2122. DOI: 10.1097/CCM.0000000000001974.
5. Coopersmith C.M. [et al.]. Effect of an education program on decreasing catheter-related bloodstream infections in the surgical intensive care unit. *Crit. Care Med.* 2005. Vol. 30, N 1. Pp. 59–64. DOI: 10.1097/01.CCM.0000050454.01978.3B.
6. Fry D.E. Sepsis, systemic inflammatory response, and multiple organ dysfunction: the mystery continues. *Am Surg.* 2012. Vol. 78, N. 1. Pp. 1–8. DOI: 10.1177/000313481207800102.
7. Hotchkiss R.S., Coopersmith C.M., Karl I.E. Prevention of lymphocyte apoptosis a potential treatment of sepsis? *Clin. Infect. Dis.* 2005. Vol. 41, Suppl. 7. Pp. S465–S469. DOI: 10.1086/431998.
8. Hotchkiss R.S., Karl I.E. The pathophysiology and treatment of sepsis. *N. Engl. J. Med.* 2003. Vol. 348, N 2. Pp. 138–150. DOI: 10.1056/NEJMra021333.
9. Hotchkiss R.S., Nicholson D.W. Apoptosis and caspases regulate death and inflammation in sepsis. *Nat. Rev. Immunol.* 2006. Vol. 6, N 11. Pp. 813–822. DOI: 10.1038/nri1943.
10. Kallinen O. [et al.]. Multiple Organ Failure as a Cause of Death in Patients With Severe Burns. *J. of Burn Care and Research.* 2012. Vol. 33, N 2. Pp. 206–211. DOI: 10.1097/BCR.0b013e3182331e73.
11. Kleinpell R., Aitken L., Schorr C.A. Implications of the new international sepsis guidelines for nursing care. *Am. J. Crit. Care.* 2013. Vol. 22, N 3. Pp. 2012–222. DOI: 10.4037/ajcc2013158.
12. Kozlov, V.K. Etiologiya, immunopatogenez, kontseptsiya sovremennoi immunoterapii [Sepsis: Etiology, immunopathogenesis, the concept of modern immunotherapy]. Kiev. 2007. 296 p. (in Russ.).
13. Lakhani S.A., Bogue C.W. Toll-like receptor signaling in sepsis. *Curr. Opin. Pediatr.* 2003. Vol. 15, N 3. Pp. 378–382. DOI: 10.1097/00008480-200306000-00009.
14. Lavrentieva A. [et al.]. PCT as a diagnostic and prognostic tool in burn patients. Whether time course has a role in monitoring sepsis treatment. *Burns.* 2012. Vol. 38, N 3. Pp. 356–363. DOI: 10.1016/j.burns.2011.08.021.
15. Levy M.M. [et al.]. 2001 SCCM/ESICM/ACCP/ATS/SIS International Sepsis Definitions Conference. *Intensive Care Med.* 2003. Vol. 29. Pp. 560–538.
16. Martin G.S. Sepsis, severe sepsis and septic shock: changes in incidence, pathogens and outcomes. *Expert Rev. Anti Infect. Ther.* 2012. Vol. 10, N 6. Pp. 701–706. DOI: 10.1097/CCM.0000000000000400.

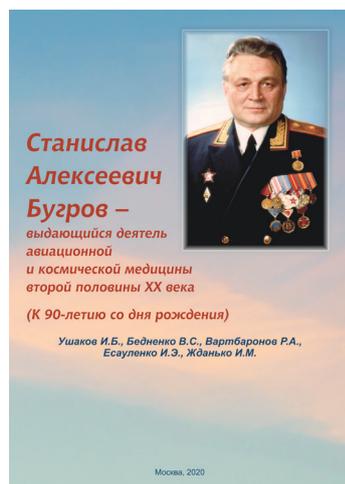
17. Morris C.F. [et al.]. Reconciling the IPC and Two-Hit Models: Dissecting the Underlying Cellular and Molecular Mechanisms of Two Seemingly Opposing Frameworks. *J. Immunol. Res.* 2015. Vol. 2015, Article ID 697193, 11 pages. DOI: 10.1155/2015/697193.
18. Opal S.M. [et al.]. The next generation of sepsis trials: What's next after the demise of recombinant human activated Protein C? *Crit. Care Med.* 2014. Vol. 42, N 7. Pp. 1714–1721. DOI: 10.1097/CCM.0000000000000325.
19. Paratz J.D. [et al.]. A New Marker of Sepsis Post Burn Injury? *Crit. Care Med.* 2014. Vol. 42, N 9. Pp. 2029–2036. DOI: 10.1097/CCM.0000000000000400.
20. Pierrakos C. Vincent J.L. Sepsis biomarkers: a review. *Crit. Care.* 2010. Vol. 14, N 1. Pp. 15. DOI: 10.1186/cc8872.
21. Rice T.W., Bernard G.R. Therapeutic intervention and targets for sepsis. *Annu. Rev. Med.* 2005. Vol. 56. Pp. 225–248. DOI: 10.1146/annurev.med.56.082103.104356.
22. Russell J.A. Management of sepsis. *N. Engl. J. Med.* 2006. Vol. 355, N 16. Pp. 1699–1713. DOI: 10.1056/NEJMr043632.
23. Schlag G. Pathophysiology of Shock, Sepsis, and Organ Failure. Berlin: Springer, 2012. 1165 pp. DOI: 10.1007/978-3-642-76736-4.
24. Schulte W., Bernhagen J., Bucala R. Cytokines in Sepsis: Potent Immunoregulators and Potential Therapeutic Targets – An Updated View. *Mediators of Inflammation.* 2013. Vol. 2013. Article ID 165974. 16 pages. DOI: 10.1155/2013/165974.
25. Scumpia P.O. [et al.]. CD11c+ dendritic cells are required for survival in murine polymicrobial sepsis. *J. Immunol.* 2005. Vol. 185, N 5. Pp. 3282–3286. DOI: 10.4049/jimmunol.175.5.3282.
26. Semeraro N. [et al.]. Sepsis, thrombosis and organ dysfunction. *Thrombosis Research.* 2012. Vol. 129, N 3. Pp. 290–295. DOI: 10.1016/j.thromres.2011.10.013.
27. Sigh S., Evans T.W. Organ dysfunction during sepsis. *Applied Physiology in Intensive Care Medicine.* 2012. Pp. 331–342. DOI: 10.1007/978-3-642-28270-6\_56.
28. Singer M. [et al.]. The Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3). *JAMA.* 2016. Vol. 315, N 8. Pp. 801–810. DOI: 10.1001/jama.2016.0287.
29. Skrupky L.P., Kerby P.W., Hotchkiss R.S. Advances in the management of sepsis and the understanding of key immunologic defects. *Anesthesiology.* 2011. Vol. 115, N 6. Pp. 1349–1362. DOI: 10.1097/ALN.0b013e31823422e8.
30. Tinsley, K.W. [et al.]. Sepsis induces apoptosis and profound depletion of splenic interdigitating and follicular dendritic cells. *J. Immunol.* 2003. Vol. 171, N 2. Pp. 909–914. DOI: 10.4049/jimmunol.171.2.909.

Received 11.12.2020

**For citing:** Zinoviev E.V., Dergunov A.V., Kobiashvili M.G., Mitreikin V.F., Shulenin K.S. Osobennosti immunopatogeneza i kriterial'naya immunodiagnostika sepsisa u tyazheloobozhzhennykh. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh.* 2020. N 2. Pp. 95–103. (In Russ.)

Zinoviev E.V., Dergunov A.V., Kobiashvili M.G., Mitreikin V.F., Shulenin K.S. The features of immunopathogenesis of sepsis and immunodiagnosics in severely burned patients. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations.* 2020. N 2. Pp. 95–103. DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-2-95-103

## Вышла в свет книга



Ушаков И.Б., Бедненко В.С., Вартбаронов Р.А., Есауленко И.Э., Жданько И.М. Станислав Алексеевич Бугров – выдающийся деятель авиационной и космической медицины второй половины XX века (к 90-летию со дня рождения). М.: Научная книга, 2020. 120 с.

ISBN 978-5-6044147-0-5. тираж 500 экз.

Книга-обзор многогранной научно-практической деятельности генерал-майора мед. службы д-ра мед. наук проф. Станислава Алексеевича Бугрова (1930–2003 гг.). Представлен его значительный вклад в исследования Государственного научно-исследовательского испытательного института авиационной и космической медицины (ГНИИИ АиКМ) Минобороны СССР в качестве испытателя в условиях первой длительной сурдокамерной изоляции экипажа, в натурных испытаниях методов и средств повышения устойчивости организма к действию факторов авиационного и космического полетов, в разработке перспективных составов носимых аварийных запасов для различных климатогеографических зон, в физиолого-гигиеническом обосновании питания и водообеспечения космонавтов и летного состава, внедрении полученных результатов в пилотируемых полетах на орбитальных станциях «Салют-3», «Салют-4», «Салют-5» и последующих отечественных и международных космических экспедициях.

В 1975–1982 гг. С.А. Бугров – начальник факультета подготовки авиационных врачей Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, с 1984 г. – начальник ГНИИИ АиКМ, в 1988–1991 гг. – начальник Службы авиационной и космической медицины Военно-воздушных сил. Всегда и везде Станислав Алексеевич проявлял незаурядный талант руководителя, внес весомый вклад в разработку проблем медицинского контроля за летчиками и космонавтами, в создание и совершенствование системы обеспечения жизнедеятельности экипажей летательных аппаратов. Организовал крупные медико-психологические исследования летчиков в Афганистане и внедрение конкретных рекомендаций. Выполнил огромную работу в качестве сопредседателя Главной медицинской комиссии по отбору космонавтов, председателя Государственной комиссии по подготовке и осуществлению запусков биоспутников серии «Космос», сопредседателя подгруппы «Космическая медицина» смешанной советско-американской рабочей группы по изучению космического пространства.

Книга содержит уникальные фотодокументы из семейного архива. Для широкого круга читателей, интересующихся проблемами авиационной и космической медицины.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕРВИСНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЮ ВИРУСА SARS-COV-2 В ЗАКРЫТЫХ МЕДИЦИНСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

<sup>1</sup> Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна (Россия, Москва, ул. Живописная, д. 46);

<sup>2</sup> Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем (Россия, Москва, Хорошёвское шоссе, д. 76А);

<sup>3</sup> Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского (Россия, Москва, пр. Вернадского, д. 101, корп. 1);

<sup>4</sup> Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр (Россия, Санкт-Петербург, 14-я линия В.О., д. 39)

*Актуальность.* Распространение эпидемии COVID-19 высветило ряд новых проблем, связанных с защитой здоровья медицинского персонала первой линии скорой и специализированной медицинской помощи, поскольку высокий уровень заболеваемости медицинских работников COVID-19 может приводить к рискам коллапса системы здравоохранения. В то же время, для обеспечения безопасности труда персонала могут применяться технологии робототехнического обеспечения тяжелых и опасных работ по дезинфекции воздушной среды замкнутых медицинских помещений.

*Цель* – представить современные взгляды на роботизированное обеззараживание воздушной среды замкнутых медицинских помещений на основе анализа прототипов роботов, разрабатываемых для противодействия распространению вируса SARS-CoV-2.

*Методология.* Анализ задач поддержания безопасной рабочей среды для медицинских работников базировался на описании функционала и спецификаций роботов, предназначенных для обеззараживания рабочей среды дислокации медицинского персонала. При систематизации решений, принятых при проектировании роботов, выдвигаются следующие критерии выбора: режимы управления (автоматический, контролируемый, ручной) и их комбинации; бортовые средства дезинфекции во внешней среде и в помещениях; особенности человекомашинного взаимодействия для обеспечения безопасности робототехнической поддержки в закрытых медицинских помещениях.

*Результаты и их анализ.* Сформулированы направления применения сервисных (дезинфекционных) роботов, вытекающие из эпидемиологических знаний о преимущественных путях передачи инфекции и способах дезинфекции помещений. Показано, что тактико-технические характеристики существующих образцов автономных мобильных роботов в основном нацелены на реализацию безлюдных технологий. Для решения задач массовой обработки объектов внешней среды, а также обширных площадей аэропортов, стадионов, гипермаркетов, складов, транспортных средств в приемлемые сроки предлагается применение автоматических режимов и/или супервизорное управление такими роботами оператором дистанционно. Применение дезинфекционных роботов в замкнутых медицинских помещениях требует дополнительного учета фактора внедрения их в социальную среду. С этих позиций и на основе выделенных прототипов рассмотрены перспективы применения группы малых мобильных роботов, оснащенных системами, повышающими сенсорные и коммуникативные возможности в рабочей среде.

*Заключение.* Использование роботов, позволяющих снизить риск инфицирования вирусом SARS-CoV-2, открывает путь к улучшению условий труда медицинских работников, для которых заболевание COVID-19 относится к факторам профессионального риска. Предлагаемые способы роботизированной дезинфекции медицинских помещений также могут помочь снизить психическое напряжение от пребывания в опасной среде благодаря расширению роботизированной поддержки обеззараживания помещений и гибкому реагированию на изменение обстановки.

**Ключевые слова:** пандемия, эпидемиология, COVID-19, инфицирование, медицинский персонал, медицинская организация, робот, дезинфекция.

Ушаков Игорь Борисович – д-р мед. наук проф., академик РАН, гл. науч. сотр., Гос. науч. центр России – Федер. мед. биофизич. центр им. А.И. Бурназяна (Россия, 123182, Москва, ул. Живописная, д. 46), e-mail: ibushakov@gmail.com;

Поляков Алексей Васильевич – канд. мед. наук, зав. отделом, Гос. науч. центр Рос. Федерации – Ин-т мед.-биол. пробл. (Россия, 123007, Москва, Хорошёвское шоссе, д. 76А), e-mail: apolyakov@imbr.ru;

✉ Усов Виталий Михайлович – д-р мед. наук проф., вед. науч. сотр., Гос. науч. центр Рос. Федерации – Ин-т мед.-биол. проблем (Россия, 123007, Москва, Хорошёвское шоссе, д. 76А), e-mail: khoper.1946@gmail.com;

Князьков Максим Михайлович – канд. техн. наук, ст. науч. сотр., лаб. робототехники и мехатроники, Ин-т пробл. механики им. А.Ю. Ишлинского (Россия, 119526, Москва, пр. Вернадского, д. 101, корп. 1), e-mail: ipm\_labrobotics@mail.ru;

Мотиенко Анна Игоревна – канд. техн. наук, ст. науч. сотр., лаб. технологий больших данных социкиберфизических систем, С.-Петерб. федер. исслед. центр (Россия, 199178, Санкт-Петербург, 14-я линия В.О., д. 39), e-mail: anna.gunchenko@gmail.com

## Введение

Методы и средства обеспечивающих технологий противодействия эпидемии COVID-19 востребованы в практической медицине для того, чтобы снизить риски инфицирования в местах загрязнения, массового скопления потенциально зараженных лиц, плохой вентиляции. Применительно к защите медицинских работников от инфицирования коронавирусом повышенное внимание к этим вопросам надо проявлять в местах постоянной дислокации [29, 31, 32]. Необходимость обратиться к проблеме защиты медицинских работников возникла по той причине, что кадровые потери среди них представляют собой серьезный лимитирующий фактор, который может негативным образом отразиться на системе организации скорой помощи и интенсивной терапии инфекционных клиник. В настоящее время имеются основания говорить о профессиональных заболеваниях медицинских работников при заражении COVID-19 [1], а также свидетельства высоких рисков кадровых потерь среди медицинского персонала, связанных с социально-психологическими факторами [7, 20].

В этом контексте актуально изучение существующих решений для противодействия эпидемии на базе мобильных роботов, предназначенных для выполнения дезинфекции медицинских помещений, с теми начальными ограничениями, что выбор типоразмеров роботов и режимов управления должен обеспечить безопасность выполнения противоэпидемических работ, в том числе при постоянном присутствии персонала.

## Материал и методы

В основу выбора мишеней и объектов воздействия для дезинфекционных роботов положены рекомендации по противодействию коронавирусной инфекции Всемирной организации здравоохранения и отечественных нормативных документов. Среди основных мер противодействия распространению коронавирусной инфекции в медицинских организациях одной их ведущих является проведение дезинфекционных мероприятий. В источниках [2, 3, 8] изложены основные подходы и применяемые методы дезинфекции помещений медицинского назначения. При оценке рисков для медицинского персонала и пациентов, прежде всего, необходимо принимать во внимание пути распространения вирусной инфекции [17, 18, 22]. В настоящее время в качестве основного рассматривается воздушно-капельный путь передачи патогена

от человека к человеку [30, 32]. Считается, что заражение происходит при распространении капель секрета из дыхательных путей инфицированного пациента, что представляет непосредственную угрозу для медицинских работников, вынужденных пребывать в этой среде по роду своих профессиональных обязанностей [24, 25, 28]. Эпидемиологические данные, полученные из вышеперечисленных источников, дают основания сосредоточить усилия по роботизированной поддержке дезинфекции в местах массового скопления (потенциально инфицированных) пациентов в замкнутых медицинских помещениях и при этом выбирать аппаратные методы дезинфекции, которые можно размещать на борту мобильных роботов. По результатам анализа литературных источников было акцентировано внимание на преимуществах использования ультрафиолетового излучения, в частности, в пользу такого решения говорят исследования эффективности импульсных ультрафиолетовых установок [9], а также результативность тестов, приведенных в [19, 32]. Для обеззараживания воздушной среды помещений имеются широкие возможности подбора аппаратуры, отвечающей массогабаритным и энергетическим ограничениям для сервисных роботов.

## Результаты и их анализ

Выполненный анализ показывает, что удастся выявить сервисные роботы медицинского назначения, которые в срочном порядке уже в первые месяцы распространения эпидемии COVID-19 были анонсированы к применению, и существуют прототипы, которые потенциально пригодны для применения в условиях эпидемии COVID-19 после определенной доработки. Современное состояние сервисной робототехники показывает достаточно большой потенциал для разработки в интересах обеспечения разнообразных потребностей медицинской сферы. Из опыта отечественной и мировой практики разработки медицинских роботов, согласно [11, 12, 27], их использование предусматривается для выполнения следующих работ:

- 1) уборка помещений;
- 2) обеззараживание помещения;
- 3) погрузка и транспортировка грузов и др.

В числе выполняемых роботами функций предлагается рассматривать:

- мониторинг среды обитания человека;
- тестирование параметров рабочей среды замкнутых помещений на предмет ее заражения вирусами и другими патогенами;

- выполнение уборочных и/или подготовительных работ по приведению помещения к готовности безопасного выполнения санитарной обработки;

- оповещение присутствующих в помещении людей о готовящейся операции обеззараживания, ее длительности, требуемых мерах безопасности и расположения безопасного места для укрытия при выявленных угрозах здоровью;

- выполнение текущих и/или срочных работ по дезинфекции помещения;

- приведение помещения в пригодное для обитания состояние проведением завершающей фазы операции (проветривание, удаление вредных примесей из воздушной среды, расстановка меток-оповещений о факте обеззараживания и времени плановых работ);

- ведения расписания работ и дневника выявленных проблем при применении группы сервисных роботов (возможных предпосылок к коллизиям).

Прототипы сервисных роботов для обеззараживания помещений рассматривались, прежде всего, в аспектах возможности массового тиражирования для медицинских учреждений и выполнения требований к функционированию в социальной среде.

На практике сложилась ситуация, когда в достаточно больших объемах создавались сервисные мобильные роботы, приспособленные к работе во внешней среде, и именно они стали применяться для дезинфекции

дорог, в зданиях и промышленных конструкциях, как правило, с большой площадью помещений для дезинфекции. Акцент внимания на такие объекты связан с необходимостью выполнения работ в ограниченные сроки роботами с большой производительностью, с достаточно высокой проходимостью, развитым функционалом для ориентирования в пространстве, возможностью идентификации объектов для предупреждения коллизий. Часто автономные режимы дополнялись супервизорным управлением дистанционно удаленным оператором.

В контексте темы исследования внимание также обращено на робототехнические комплексы, которые в большей мере учитывают потребности противодействия эпидемии COVID-19 на уровне отдельных замкнутых помещений.

В рассмотрение были включены так называемые дезинфекционные роботы, представляющие интерес с точки зрения детализации облика перспективных изделий.

Дезинфекционные роботы могут отличаться по способу дезинфекции (ультрафиолетовые лампы и распыление дезинфицирующих средств). Согласно работе [6], объемы продаж за 2017 г. в стоимостном выражении показывают шестикратное преобладание роботов, применяющих для дезинфекции жесткое ультрафиолетовое излучение, по отношению к роботам, распыляющим жидкие антисептики.

В числе наиболее известных разработок, применяющих ультрафиолетовые лампы, фигурирует семейство роботов разной производительности, получившее название «UVD» (рис. 1), от фирмы-производителя «Blue Ocean Robotics». Мобильный UVD-робот представляет собой движущуюся установку, оснащённую датчиками удаления, лазерным дальномером и ультрафиолетовыми лампами, установленными в верхней части. Предусмотрено отключение ламп, если в помещение заходит человек. В первую очередь UVD-робот нужен для дезинфекции больших помещений, в частности, он позиционируется для офисов, аэропортов, железнодорожных вокзалов, общественных помещений и др. По данным разработчика UVD-робота, его лампы производят коротковолновый ультрафиолетовый свет достаточной мощности, чтобы разрушить микроорганизмы, попадающие в радиус действия. Важно отметить, что облучатели открытого типа могут применяться, когда в помещении нет людей, так как прямое излучение



**Рис. 1.** Робот «Blue Ocean Robotics Model C» [<https://www.uvd-robots.com>].

ультрафиолетовой лампы может негативно влиять не только на вредоносные бактерии и вирусы, но и на клетки человеческого организма, нанося, тем самым, вред его здоровью. В дополнение к конструкции открытого типа существуют аналогичные изделия типа «облучатель-рециркулятор ультрафиолетовый бактерицидный», которые позволяют применять устройство в присутствии людей.

Технологическая корпорация «Panasonic» предложила использовать в борьбе с распространением COVID-19 модификацию из серии автономных роботов «HOSPI». Согласно этому источнику, усовершенствованная модель «HOSPI-mist» может проводить санитарную обработку «грязных» зон медицинских учреждений. Он оборудован сенсорами, с помощью которых ориентируется в пространстве медицинских помещений (функция мобильности). Оператор может загрузить в память робота поэтажные планы конкретного здания и отправить его по требуемому маршруту (функция планирования с помощью электронной карты). «HOSPI-mist» может передвигаться автономно, ориентируясь с помощью датчиков, а также способен обнаруживать препятствия на своем пути как стационарно расположенных объектов, так и свободно перемещающихся людей (функции навигации, позиционирования, дальнометрии). Мобильный робот может выбирать кратчайший путь для обработки помещений с учетом графика работы медицинского персонала или поступления новых пациентов. В этом случае функционал робота, помимо решения целевой задачи дезинфекции, обеспечивает адаптацию к среде, в которой могут присутствовать люди. Это один из выявленных прототипов, который допускает активное участие персонала в коррекции режима функционирования робота.

В условиях распространения вируса COVID-19 производитель роботов «XAG» переоборудовал часть своей продукции в роботов для дезинфекции. В «XAG» разрабатывают наземные платформы, в частности – мобильные телеуправляемые тележки (рис. 2). Они больше подходят для дезинфекции больших пространств. Данная масштабируемая роботизированная платформа, настраиваемая на выполнение разнообразных работ, предполагает распыление дезинфицирующих растворов. Подобное решение не подходит для применения в относительно небольших замкнутых медицинских помещениях, но оно интересно с точки зрения масштабирования, допуская создание малых мобильных роботов.



**Рис. 2.** Робот «XAG R 80»  
[[https://www.xa.com/en/xauv\\_r150](https://www.xa.com/en/xauv_r150)].



**Рис. 3.** Робот-дезинфектор компании «Аврора Роботикс»  
[<https://avroa-robotics.com/ru/projects/unior/>].

Отметим, что XAG-роботы могут рассматриваться для применения в переходных зонах, от городских маршрутов до мест парковки машин скорой помощи и транспортировки пациентов в приемный покой или изолятор.

Что касается отечественных разработок, то сервисные роботы на мобильных платформах сегодня предлагаются многими фирмами. Так, например, компания «Аврора Роботикс» провела испытания модульного распылителя, который может быть размещен на роботах семейства «Юниор» (рис. 3). Разработчик рассматривает предлагаемое решение по дезинфекции помещений в автономном режиме или дистанционно оператором. Модульная конструкция роботизированного комплекса позволяет создавать новые проекты, используя различные исходные модули и компоненты. Например, робот может быть собран как на гусеницах, так и на колесном приводе. Преимуществом первого варианта являются повышенная проходимость и возможность преодоления лестниц и других препятствий.



**Рис. 4.** Робот «Promobot Medical Assessor»  
[<https://promo-bot.ai/use-case/medical-assessor/>].

Грузоподъемность платформы составляет 50 кг, что позволяет разместить достаточно объемные резервуары для распыляемой жидкости. Ресурс работы «Юниора» без подзарядки – около 2 ч.

Еще одно оригинальное решение, в данном случае – от зарубежного разработчика, – сервисный робот, получивший название «Promobot Medical Assessor». Базовая конфигурация требует незначительных модификаций для применения при COVID-19. Этот мобильный робот представлен на рис. 4 и интересен тем, что показывает вариант адаптации социального робота, изначально спроектированного для общения с человеком в форме речевого диалога, к выполнению задач дезинфекции – в данном случае он может быть оборудован резервуаром с дезинфицирующей жидкостью и распылителем. Есть и специальная версия робота на гусеничном шасси.

В таблице приведены варианты представленных выше мобильных робототехнических систем, которые по отдельным характери-

стикам могут рассматриваться как прототипы для перспективных роботов при дезинфекции медицинских рабочих помещений. Некоторые из них используются или находятся на стадии внедрения в эксплуатацию.

Возможность использования мобильных робототехнических систем в условиях, когда поверхность перемещения имеет не всегда ровный характер (дверные пороги, неровности, стесненность проходов между помещениями и наличие объектов, затрудняющих перемещения), обуславливает применение различных типов шасси. Так, гусеничные и колесные шасси вездеходного типа имеют наибольшую проходимость, но, в свою очередь, и большие показатели энергозатрат, что, в конечном итоге, влияет на время автономной работы робота.

Применение различных типов обеззараживания воздуха в помещениях обусловлено тем, что не всегда есть возможность удалить из помещения на длительное время персонал и пациентов. В зависимости от задач дезин-

Проанализированные образцы мобильных роботов для дезинфекции

| Название робота                              | Тип воздействия  | Тип шасси               | Габариты, ДхВхШ, мм | Масса, кг | Время автономной работы, ч |
|--|--|-------------------------|---------------------|-----------|----------------------------|
| Blue Ocean Robotics Model C                  | Ультрафиолетовое излучение                               | Колесное                | 680×1800×500        | 180       | 6                          |
| XAG R 80                                     | Распыление жидких антисептиков                           | Колесное                | 540×400×320         | 24        | 4                          |
| Робот-дезинфектор компании «Аврора Роботикс» | Распыление жидких антисептиков                           | Гусеничное              | 698×380×381         | 8         | 1,5                        |
| Promobot Medical Assessor                    | Коммуникация, телеметрия. Распыление жидких антисептиков | Антропоморфное колесное | 320×1400×320        | 60        | 6                          |

фекции следует выбирать тип робота и инструмента для дезинфекции.

Рассмотрение требований к дезинфекционным роботам и их базовому функционалу позволяет утверждать, этот тип отличает необходимость высокой мобильности при небольших габаритах. Как указывается в работе [4], в настоящее время в ряде прикладных областей признана необходимость в применении в особых условиях мобильных мини-роботов. Существенными отличительными особенностями мобильных мини-роботов являются компактный размер и небольшая масса – в большинстве разработок в диапазоне значений от 7–8 до (максимум) 15 кг. В свою очередь, малая масса определяет ряд других пользовательских особенностей роботов. В первую очередь, это – оперативная доставка по назначению и высокая подвижность. Например, мобильные мини-роботы, применяемые во внешней среде при чрезвычайной ситуации, отличаются меньшей скоростью и дальностью управления, ограничениями в преодолении препятствий. Отмеченные пользовательские показатели, на наш взгляд, не являются определяющими в медицинских приложениях. В большей степени для этой сферы применения характерны повышенные требования по безопасности, которые сегодня предъявляются к роботам при совместном пребывании с людьми в ограниченных по площади рабочих помещениях.

Еще одна важная особенность, которая непосредственно связана с пользовательскими характеристиками роботов, имеет отношение к их дистанционному супервизорному управлению [14, 15]. В работе [14] рассмотрены принципы его организации в сценариях применения робототехнических средств с различными уровнями автономности. В общем случае повышение уровня автономности робота позволяет снизить нагрузку на контролирующего его специалиста за счёт разделения труда между человеком и машиной. При автономном выполнении сценария план операции должен учитывать особенности топологии рабочих помещений и существующие в переходах между ними препятствия, чтобы робот мог соответствующим образом на них реагировать. Для этих целей используется предварительное планирование, строятся электронная карта помещений и разрешенные маршруты перемещения. Кроме того, обозначаются зоны, запрещенные для доступа, зоны повышенной опасности из-за размещения оборудования или постоянного присутствия людей,

а также места расположения информационных табло (метки) с динамически меняющимися управляющими сообщениями (по типу «табличек» оповещения на входах в кабинеты врачей). Эти данные электронной карты фиксируются, исходя из априорной информации, которая хранится в долговременной памяти роботов, чтобы быть доступной тем пользователям, которые формируют задачи дезинфекции помещений на определенный временной период в форме расписания работ. Кроме того, предусматривается этап оперативного планирования, на котором возможно внесение коррекции исполнения планов работы, основанной на текущих данных сенсоров робота. Более того, перспективные решения построения многопользовательских режимов должны предусматривать совместный доступ к информационным ресурсам, в том числе, к электронной карте, сообщениям от роботов, подтверждение полученных команд и запрос на выполнение очередных плановых задач. Совокупности таких требований отвечают тенденции создания интеллектуальных пространств типа «Умного дома».

Для того, чтобы внесение коррекций не привносило помехи в работу специалистов и не создавало трудности взаимодействия с роботами, должны быть предусмотрены различные виды интерфейсов [11, 16]:

- графический – для внесения изменений с носимого устройства типа планшета;
- голосовые команды для обработки речевых данных;
- жестовые команды в зоне прямого наблюдения роботов, распознаваемые с помощью системы компьютерного зрения мобильного робота, которая применяется также для позиционирования и навигации при перемещениях по маршруту.

Производительность как одного, так и группы сервисных роботов в режиме супервизорного управления может быть улучшена за счет повышения качества интерфейсов и естественности взаимодействия человека и робота. В этом отношении в последние годы произошел качественный скачок в построении многомодальных интерфейсов, в которых человек (пользователь) и сервисный робот могут обмениваться информацией на языке, близком к естественной речи. Кроме того, человек в пределах непосредственно зрительного контроля может задавать жестовые команды для управления движением мобильных мини-роботов. Возможный путь решения этих вопросов изложен в [13].

*Обсуждение.* Как и в других тяжелых условиях пикового нарастания рабочей нагрузки на структуры, связанные с чрезвычайной ситуацией, как, например, при Чернобыльской катастрофе, которые сопровождаются повышенным риском для здоровья и работоспособности медицинских работников и спасателей всех других специальностей, для противодействия распространению эпидемии COVID-19 рассматривается путь технологического перевооружения с использованием робототехнических комплексов.

Это позволяет реализовать:

1) внедрение дистанционных технологий контроля среды и автоматической дезинфекции мест массового пребывания людей на путях их перемещения в режиме профилактической и завершающей дезинфекции;

2) прерывание путей передачи коронавируса и, тем самым, снижение рисков заражения при контактах здоровых с людьми, инфицированными вирусом SARS-CoV-2;

3) расширение применения роботов в рабочем пространстве, в частности, замкнутых помещениях для врачей и пациентов, когда невозможно или нерационально прервать рабочий процесс для временной эвакуации людей на период текущей дезинфекции, но необходимо обеспечить высокий уровень безопасности;

4) оперативное информирование врачей для адекватного восприятия той защитной роли, которую призваны сыграть роботы.

В период распространения эпидемии COVID-19 в числе основных стрессорирующих факторов рассматриваются переживания, непосредственно связанные со страхом заражения, болезни и смерти людей. В этом контексте можно говорить о повышенных рисках профессионального выгорания медицинских работников, что свидетельствует о наличии психосоциального фактора риска для них [5, 10, 21, 26].

При формировании концепции создания новых типов сервисных роботов необходимо использовать критерии массовости применения, простоты, доступности, безопасности в эксплуатации для того, чтобы не усложнить проблемами взаимодействия с роботами и без того непростые задачи противодействия эпидемии и защиты здоровья пациентов и самих врачей. В этом отношении перспективны технологии многомодальных интерфейсов, упрощающих взаимодействие пользователей с роботами различного назначения.

## **Выводы**

1. Анализ областей применения сервисных роботов позволяет выделить их специализации по назначению, а также набор потенциально полезных функций, которые могут быть реализованы в дальнейших разработках при эпидемии COVID-19. Применение дезинфекционных роботов создает возможности противодействовать эпидемическому распространению вируса за счет внедрения технологий роботизации на критически важных направлениях снижения рисков рабочей среды.

2. Защита медицинского персонала при проведении мероприятий противодействия распространению эпидемии COVID-19 входит в число ключевых направлений поддержки устойчивости функционирования системы оказания помощи и предотвращения ее коллапса при массовом инфицировании населения. В число приоритетных направлений роботизированной поддержки входят различные способы обеззараживания помещений, преимущественно с помощью аппаратов ультрафиолетового излучения, которые могут быть размещены на борту малых мобильных роботов.

3. Применение роботизированного обеспечения должно создавать оптимальные условия проведения работ в соответствии с санитарно-гигиеническими нормативами эксплуатации помещений и рабочих мест медицинского персонала.

4. Предложенный к углубленной проработке путь роботизированной адресной поддержки мероприятий противодействия инфицированию может позволить более точно находить точки приложения и время проведения противоэпидемических мероприятий с использованием сервисных роботов. Одновременно постоянная готовность к робототехнической поддержке мер противодействия эпидемии повышает шансы оперативного реагирования на другие виды ЧС при COVID-19.

5. Разработка робототехнических изделий для условий чрезвычайной ситуации сегодня приобретает особое значение для задач снижения профессионально-обусловленных рисков воздействия патогенов в рабочей среде. Сохранение активных работников в строю является одним из приоритетов готовности к новым вызовам, в том числе, при распространении эпидемии COVID-19.

## Литература

1. Атьков О.Ю., Горохова С.Г., Пфаф В.Ф. Коронавирусная инфекция – новая проблема в профессиональной заболеваемости медицинских работников. // Медицина труда и пром. экология. 2021. Т. 61, № 1. С. 40–48. DOI: 10.31089/1026-9428-2021-61-1-40-48.
2. Брико Н.И., Каграманян И.Н., Никифоров В.В. [и др.]. Пандемия COVID-19. Меры борьбы с ее распространением в Российской Федерации // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2020. Т. 19, № 2. С. 4–12. DOI 10.31631/2073-3046-2020-19-2-4-12.
3. Брико Н.И., Зуева Л.П., Любимова А.В. [и др.]. Профилактика заноса и распространения COVID-19 в медицинских организациях. Временные методические рекомендации. Версия 2 от 14.05.2020. М., 2020. 46 с. URL: <http://nasci.ru/?id=11907>.
4. Васильев А.В., Лопота А.В. Уточнение типоразмерных групп наземных дистанционно управляемых машин для применения в опасных для человека условиях // Науч.-техн. ведомости СПбГПУ. 2015. № 1. С. 226–234.
5. Ениколопов С.Н., Медведева Т.И., Бойко Л.А. [и др.]. Принятие моральных решений во время пандемии COVID-19 // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 14. Психология. 2020. № 4. С. 22–43.
6. Ефимов А.Р., Гонноченко А.С., Пайсон Д.Б. [и др.]. Практическое применение роботов и сопутствующих технологий в борьбе с пандемией COVID-19 // Робототехника и технич. кибернетика. 2020. Т. 8, № 2. С. 87–100. DOI: 10.31776/RTSJ.8201.
7. Кравченко Ю.В., Демкин А.Д., Кобрянова И.В. Профилактика стресс-ассоциированных расстройств у медицинского персонала при работе в условиях неблагоприятной эпидемиологической обстановки // Изв. Рос. Воен.-мед. акад. 2020. Т. 39, № S3-4. С. 136–140.
8. Никифоров В.В., Суранова Т.Г., Комаревцев В.Н. [и др.]. Меры противодействия заносу и распространению коронавирусной инфекции COVID-19 в медицинских организациях // Медицина экстрем. ситуаций. 2020. № 3. С. 77–82. DOI: 10.47183/mes.2020.008.
9. Носик Н.Н., Носик Д.Н., Чижов А.И. Сравнительный анализ вирулицидной эффективности дезинфицирующих средств // Вопросы вирусологии. 2017. Т. 62, № 1. С. 41–45. DOI: 10.18821/0507-4088-2017-62-1-41-45.
10. Падун М.А. Риски психической травматизации среди медицинских работников // Соц. и экономич. психология. 2020. Т. 5, № 2 (18) С. 309–329. DOI: 10.38098/ipran.sep.2020.18.2.011.
11. Рогаткин Д.А., Лапитан Д.Г. Интерфейс общения с сервисным медицинским роботом // Вест. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2017. № 1. С. 35–48. DOI: 10.18698/0236-3933-2017-1-35-48.
12. Рогаткин Д.А., Лапитан Д.Г., Лапаева Л.Г. Концепция автономных мобильных сервисных роботов для медицины // Биомед. радиоэлектроника. 2013. № 5. С. 46–56.
13. Ронжин А.Л., Юсупов Р.М. Многомодальные интерфейсы автономных мобильных робототехнических комплексов // Изв. ЮФУ. Технич. науки. 2015. № 1 (162). С. 195–206.
14. Смирнова Е.Ю., Спасский Б.А. Организация супервизорного управления в сценариях экстремальной робототехники // Робототехника и технич. кибернетика. 2020. Т. 8, № 4. С. 245–258.
15. Спасский Б.А. Телеуправление в экстремальной робототехнике // Робототехника и технич. кибернетика. 2020. Т. 8, № 2. С. 101–111.
16. Azeta J., Bolu C., Abioye A.A., Oyawale F.A. A review on humanoid robotics in healthcare // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 153, N 5. Art. 02004. DOI: 10.1051/mateconf/201815302004.
17. Azuma K., Yanagi U., Kagi N. [et al.]. Environmental factors involved in SARS-CoV-2 transmission: effect and role of indoor environmental quality in the strategy for COVID-19 infection control // Environmental health and preventive medicine. 2020. Vol. 25, N 1. Art. 66. DOI: 10.1186/s12199-020-00904-2.
18. Bahl P., Doolan C., De Silva C. [et al.]. Airborne or droplet precautions for health workers treating COVID-19? // The Journal of infectious diseases. 2020. Apr. 16. Art. 189. DOI: 10.1093/infdis/jiaa189.
19. Buonanno M., Welch D., Shuryak I., Brenner D.J. Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses // Scientific Reports. 2020. Vol. 10, N 1. Art. 10285. DOI: 10.1038/s41598-020-67211-2.
20. Galbraith N., Boyda D., McFeeters D., Hassan T. The mental health of doctors during the COVID-19 pandemic // BJ Psych Bulletin. 2020. Vol. 45, N 2. P. 93–97. DOI: 10.1192/bjb.2020.44.
21. Gold J.A. Covid-19: adverse mental health outcomes for healthcare workers // BMJ. 2020. Vol. 369. Art. m1815. DOI: 10.1136/bmj.m1815.
22. Islam M.S., Rahman K.M., Sun Y. [et al.]. Current knowledge of COVID-19 and infection prevention and control strategies in healthcare settings: A global analysis // Infection Control & Hospital Epidemiology. 2020. Vol. 41, N 10. P. 1196–1206. DOI: 10.1017/ice.2020.237.
23. HOSPI - Panasonic's Autonomous Delivery Robots – New Models Make Debutch. Web-Site. URL: <https://news.panasonic.com/global/stories/2019/69861.html>.
24. Kovach C.R., Taneli Y., Neiman T. [et al.]. Evaluation of an ultraviolet room disinfection protocol to decrease nursing home microbial burden, infection and hospitalization rates // BMC Infectious Diseases. 2017. Vol. 17, N 1. Art. 186. DOI: 10.1186/s12879-017-2275-2.

25. Meyerowitz E.A., Richterman A., Gandhi R.T., Sax P.E. Transmission of SARS-CoV-2: A Review of Viral, Host, and Environmental Factors // *Annals of Internal Medicine*. 2021. Vol. 174, N 1. P. 69–79. DOI: 10.7326/M20-5008.

26. Moitra M., Rahman M., Collins P.Y. [et al.]. Mental Health Consequences for Healthcare Workers During the COVID-19 Pandemic: A Scoping Review to Draw Lessons for LMICs // *Frontiers in psychiatry*. 2021. Vol. 12. Art. 602614. DOI: 10.3389/fpsy.2021.602614.

27. Okamura A.M., Mataric M.J., Christensen H.I. Medical and HealthCare Robotics // *IEEE Robotics & Automation Magazine*. 2010. Vol. 17, Iss. 3. P. 26–37. DOI: 10.1109/MRA.2010.937861.

28. Sommerstein R., Fux C.A., Vuichard-Gysin D. [et al.]. Risk of SARS-CoV-2 transmission by aerosols, the rational use of masks, and protection of healthcare workers from COVID-19 // *Antimicrobial Resistance & Infection Control*. 2020. Vol. 9, N 1. Art. 100. DOI: 10.1186/s13756-020-00763-0.

29. Stadnytskyi V., Bax C.E., Bax A., Anfinrud P. The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-CoV-2 transmission // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2020. Vol. 117, N 22. P. 11875–11877. DOI: 10.1073/pnas.2006874117.

30. Tang S., Mao Y., Jones R.M. [et al.]. Aerosol transmission of SARS-CoV-2? Evidence, prevention and control // *Environment international*. 2020. Vol. 144. Art. 106039. DOI: 10.1016/j.envint.2020.106039.

31. Wang W., Xu Y., Gao R. [et al.]. Detection of SARS-CoV-2 in Different Types of Clinical Specimens. // *JAMA*. 2020. Vol. 323, N 18. P. 1843–1844. DOI: 10.1001/jama.2020.3786.

32. Wilson N.M., Norton A., Young F.P., Collins D.W. Airborne transmission of severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 to healthcare workers: a narrative review // *Anaesthesia*. 2020. Vol. 75, N 8. P. 1086–1095. DOI: 10.1111/anae.15093.

Поступила 22.01.2021 г.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи. Работа выполнена при финансовой поддержке фонда РФФИ (проект №19-07-00832).

**Участие авторов:** И.Б. Ушаков – обобщение научных публикаций оценки рисков для медицинских работников в условиях COVID-19, анализ вариантов противодействия распространению COVID-19, редактирование окончательного варианта статьи; А.В. Поляков – написание статьи, обобщение научных публикаций по вопросам робототехнического обеспечения обеззараживания медицинских помещений; В.М. Усов – написание статьи, анализ литературы по проблеме противодействия распространению COVID-19, видов робототехнических изделий; М.М. Князков – написание статьи, анализ видов робототехнических изделий и функционала сервисных роботов по направлению «обеззараживание закрытых помещений», подготовка иллюстративного (табличного) материала; А.И. Мотиенко – написание статьи, анализ вариантов выбора функционала мобильных сервисных роботов, окончательное редактирование статьи, подготовка иллюстративного (графического) материала.

**Для цитирования.** Ушаков И.Б., Поляков А.В., Усов В.М., Князков М.М., Мотиенко А.И. Использование сервисных роботов для противодействия распространению вируса SARS-CoV-2 в закрытых медицинских помещениях // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2021. № 2. С. 104–114. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-104-114

## Using service robots to counter the SARS-CoV-2 virus spread in enclosed medical premises

**Ushakov I.B.<sup>1</sup>, Polyakov, A.V.<sup>2</sup>, Usov V.M.<sup>2</sup>, Knyazkov M.M.<sup>3</sup>, Motienko A.I.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center (46, Zhivopisnaya Str., Moscow, 123182, Russia);

<sup>2</sup> Russian Federation State Research Center – Institute of Biomedical Problems (76a, Khoroshevskoe Highway, Moscow, 123007, Russia);

<sup>3</sup> Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics (101-1, Vernadskogo Ave., Moscow, 119526, Russia);

<sup>4</sup> St. Petersburg Federal Research Center (39, 14th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia)

Igor Borisovich Ushakov – Dr. Med. Sci. Prof., Chief Researcher, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center (46, Zhivopisnaya Str., Moscow, 123182, Russia), e-mail: ibushakov@gmail.com;

Alexey Vasilevich Polyakov – PhD Med. Sci., Head of Department, Russian Federation State Research Center – Institute of Biomedical Problems (76a, Khoroshevskoe Highway, Moscow, 123007, Russia), e-mail: apolyakov@imbp.ru;

✉ Vitaly Mikhaïlovich Usov – Dr. Med. Sci. Prof., Leading Researcher, Russian Federation State Research Center Institute of Biomedical Problems (76a, Khoroshevskoe Highway, Moscow, 123007, Russia), e-mail: khoper.1946@gmail.com;

Maxim Mikhaïlovich Knyazkov – PhD Tech. Sci., Senior Researcher of laboratory of robotics and mMechatronics, Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics (101-1, Vernadskogo Ave., Moscow, 119526, Russia), e-mail: ipm\_labrobotics@mail.ru;

Anna Igorevna Motienko – PhD Tech. Sci., Senior Researcher of laboratory of big data technologies in socio-cyberphysical systems, St. Petersburg Federal Research Center (39, 14th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia), e-mail: anna.gunchenko@gmail.com

### Abstract

**Relevance.** Spreading of the COVID-19 epidemic highlighted a number of new challenges related to protecting the health of first-line emergency and specialized medical personnel, as the high incidence of COVID-19 among healthcare workers can lead to risks of health system collapse. At the same time, in the interests of personnel safety, robotic technologies can be applied for heavy and dangerous works of air disinfection in enclosed medical environments.

**Intention:** To present current views on robotic air disinfection of enclosed medical environments based on the analysis of robot prototypes developed to counteract the spread of the SARS-CoV-2 virus.

**Methodology.** Analysis of tasks related to maintaining a safe working environment for healthcare professionals was based on the description of the functionality and specifications of robots designed to decontaminate the working environment of medical personnel deployment. When systematizing solutions for robot design, the main criteria used were the selection of control modes (Automatic, Supervisory, Manual and their combinations), hardware for disinfection in the external environment and in premises, and features of Human-Machine interaction for the safety of robotic support in enclosed medical premises.

**Results and Discussion.** The features of using service (disinfection) robots are formulated based on epidemiological knowledge of the primary transmission routes and methods of disinfection of premises. It is shown that the tactical and technical characteristics of existing models of Autonomous mobile robots are mainly aimed at implementing unmanned technologies. Solving problems of massive processing of objects of the external environment, as well as vast areas of airports, stadiums, hypermarkets, warehouses, vehicles in a reasonable time involves automatic modes and/or Supervisory control of such robots by the operator in remote mode. The use of disinfection robots in enclosed medical premises requires additional consideration of the factor of introducing robots into the social environment. From these positions and on the basis of the selected prototypes, the prospects are considered for using a group of small mobile robots equipped with systems that enhance sensory and communication capabilities in the work environment.

**Conclusion.** Using robots to reduce risks of the SARS-CoV-2 contamination opens the way to improving the working conditions of healthcare professionals who are at risk of COVID-19. The proposed methods of robotic disinfection of medical premises also help reduce the mental strain of being in a dangerous environment by expanding robotic support for decontamination of premises and flexible response to changes in the environment.

**Keywords:** pandemic, epidemiology, COVID-19, contamination, medical personnel, medical facilities, robot, disinfection.

### References

1. At'kov O.Yu., Gorokhova S.G., Pfaf V.F. Koronavirusnaya infektsiya – novaya problema v professional'noi zabolevaemosti meditsinskikh rabotnikov. [COVID-19 in health care workers. A new problem in occupational medicine]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. [Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology]. 2021. Vol. 61, N 1. Pp. 40–48. DOI: 10.31089/1026-9428-2021-61-1-40-482021 (In Russ.).
2. Briko N.I., Kagramyan I.N., Nikiforov V.V., Suranova T.G. [et al.]. Pandemiya COVID-19. Mery bor'by s ee rasprostraneniem v Rossiiskoi Federatsii [Pandemic COVID-19. Prevention Measures in the Russian Federation]. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika* [Epidemiology and Vaccinal Prevention.]. 2020. Vol. 19, N 2. Pp. 4–12. DOI: 10.31631/2073-3046-2020-19-2-4-12 (In Russ.).
3. Briko N.I., Zueva L.P., Ljubimova A.V. [et al.]. Profilaktika zanosy i rasprostraneniya COVID-19 v meditsinskikh organizatsiyakh. Vremennyye metodicheskie rekomendatsii. Versiya 2 ot 14.05.2020 [Prevention of the importation and spread of COVID-19 in medical organizations. Temporary guidelines. Version 2 from 14/05/2020]. 2020. 46 p. URL: <http://nasci.ru/?id=11907> (In Russ.).
4. Vasil'ev A.V., Lopota A.V. Utochnenie tiporazmernykh grupp nazemnykh distantsionno upravlyaemykh mashin dlya primeneniya v opasnykh dlya cheloveka usloviyakh [Mass-Dimensional Groups Elaboration of Ground Remotely Operated Vehicles for Hazardous Environments]. *Nauchno-tehnicheskije vedomosti SPbGPU* [Scientific and technical bulletin of SPbSPU]. 2015. N 1. Pp. 226–234. (In Russ.).
5. Enikolopov S.N., Medvedeva T.I., Boiko L.A. [et al.]. Prinyatie moral'nykh reshenii vo vremya pandemii COVID-19. [Making moral decisions during the COVID-19 pandemic]. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 14. Psikhologiya*. [Moscow University Psychology Bulletin. Series 14. Psychology]. 2020. N 4. Pp. 22–43. (In Russ.).
6. Efimov A.R., Gonnochenko A.S., Payson D.B. [et al.]. Prakticheskoe primeneniye robotov i sopushtvuyushchikh tekhnologii v bor'be s pandemiei COVID-19 [Practical Use of Robots and Related Technologies in Counteraction to COVID-19 Pandemic]. *Robototekhnika i tekhnicheskaya kibernetika* [Robotics and Technical Cybernetics]. 2020. Vol. 8, N 2. Pp. 87–100. (In Russ.).
7. Kravchenko Yu.V., Demkin A.D., Kobryanova I.V. Profilaktika stress-assotsirovannykh rasstroistv u meditsinskogo personala pri rabote v usloviyakh neblagopriyatnoi epidemiologicheskoi obstanovki [Psychological Characteristics of Medical Personnel and Cadet (Student) in Conditions Adversive Epidemic Situation]. *Izvestiya Rossiiskoi Voenno-meditsinskoi akademii* [Russian Military Medical Academy Reports]. 2020. Vol. 39. N S3-4. Pp. 136–140. (In Russ.).
8. Nikiforov V.V., Suranova T.G., Komarevtsev V.N. [et al.]. Mery protivodeistviya zanosu i rasprostraneniyu koronavirusnoi infektsii covid-19 v meditsinskikh organizatsiyakh [Countermeasures Against the Introduction and Spread of Coronavirus Infection COVID-19 in Medical Organizations]. *Meditsina ekstremal'nykh situatsii* [Medicine of Extreme Situations]. 2020. N 3. Pp. 77–82. DOI: 10.47183/mes.2020.008. (In Russ.).
9. Nosik N.N., Nosik D.N., Chizhov A.I. Sravnitel'nyi analiz virulitsidnoi effektivnosti dezinfitsiruyushchikh sredstv [A Comparative Analysis of Virucidal Efficiency of Biocide Agents]. *Voprosy virusologii* [Problems of Virology]. 2017. Vol. 62, N 1. Pp. 41–45. DOI 10.18821/0507-4088-2017-62-1-41-45. (In Russ.).
10. Padun M.A. Riski psichicheskoy travmatizatsii sredi meditsinskikh rabotnikov [Risks of Psychological Trauma in Health Care Workers During COVID-19 Pandemic]. *Sotsial'naya i jekonomiceskaya psikhologiya* [Social and economic psychology]. 2020. Vol. 5, N 2. Pp. 309–329. DOI: 10.38098/ipran.sep.2020.18.2.011. (In Russ.).
11. Rogatkin D.A., Lapitan D.G. Interfeis obshcheniya s servisnym meditsinskim robotom [Interface of Communication with Service Medical Robot]. *Vestnik MGTU im. N.E. Bauman. Ser. Priborostroenie* [Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Instrument Engineering]. 2017. N 1. Pp. 35–48. DOI: 10.18698/0236-3933-2017-1-35-48. (In Russ.).

12. Rogatkin D.A., Lapitan D.G., Lapaeva L.G. Kontsepsiya avtonomnykh mobil'nykh servisnykh robotov dlya meditsiny [Conception of the mobile autonomous service medical robots]. *Biomeditsinskaya radioelektronika* [Biomedicine Radioengineering]. 2013. N 5. Pp. 46–56. (In Russ).
13. Ronzhin A.L., Yusupov R.M. Mnogomodal'nye interfeisy avtonomnykh mobil'nykh robototekhnicheskikh komplekso [Multimodal Interfaces for Autonomous Mobile Robotic SystemS]. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences]. 2015. N 1. Pp. 195–206. (In Russ).
14. Smirnova E.Yu., Spassky B.A. Organizatsiya supervizornogo upravleniya v stsenariyakh ekstremal'noi robototekhniki [Organization of supervisory control in scenarios of extreme robotics]. *Robototekhnika i tekhnicheskaya kibernetika* [Robotics and Technical Cybernetics]. 2020. Vol. 8, N 4. Pp. 245–258. (In Russ).
15. Spassky B.A. Teleupravlenie v ekstremal'noi robototekhnike [Teleoperation in extreme robotics]. *Robototekhnika i tekhnicheskaya kibernetika* [Robotics and Technical Cybernetics]. 2020. Vol. 8. N 2. Pp. 101–111. (In Russ).
16. Azeta J., Bolu C., Abioye A.A., Oyawale F.A. A review on humanoid robotics in healthcare. *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 153, N 5. Art. 02004. DOI: 10.1051/mateconf/201815302004.
17. Azuma K., Yanagi U., Kagi N. [et al.]. Environmental factors involved in SARS-CoV-2 transmission: effect and role of indoor environmental quality in the strategy for COVID-19 infection control. *Environmental health and preventive medicine*. 2020. Vol. 25, N 1. Pp. 1–16. DOI: 10.1186/s12199-020-00904-2.
18. Bahl P., Doolan C., De Silva C. [et al.]. Airborne or droplet precautions for health workers treating COVID-19? *The Journal of infectious diseases*. 2020. Apr. 16. Art. 189. DOI: 10.1093/infdis/jiaa189.
19. Buonanno M., Welch D., Shuryak I., Brenner D.J. Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10, N 1. Pp. 1–8. DOI: 10.1038/s41598-020-67211-2.
20. Galbraith N., Boyda D., McFeeters D., Hassan T. The mental health of doctors during the COVID-19 pandemic. *BJ Psych Bulletin*. 2020. Vol. 45, N 2. Pp. 93–97. DOI: 10.1192/bjb.2020.44.
21. Gold J.A. Covid-19: adverse mental health outcomes for healthcare workers. *BMJ*. 2020. Vol. 369. Art. m1815. DOI: 10.1136/bmj.m1815.
22. Islam M.S., Rahman K.M., Sun Y. [et al.]. Current knowledge of COVID-19 and infection prevention and control strategies in healthcare settings: A global analysis. *Infection Control & Hospital Epidemiology*. 2020. Vol. 41, N 10. Pp. 1196–1206. DOI: 10.1017/ice.2020.237.
23. HOSPI – Panasonic's Autonomous Delivery Robots – New Models Make Debut. Web-Site. URL: <https://news.panasonic.com/global/stories/2019/69861.html>
24. Kovach C.R., Taneli Y., Neiman T. [et al.]. Evaluation of an ultraviolet room disinfection protocol to decrease nursing home microbial burden, infection and hospitalization rates. *BMC Infectious Diseases*. 2017. Vol. 17, N 1. Art. 186. DOI: 10.1186/s12879-017-2275-2.
25. Meyerowitz E.A., Richterman A., Gandhi R.T., Sax P.E. Transmission of SARS-CoV-2: A Review of Viral, Host, and Environmental Factors. *Annals of Internal Medicine*. 2021. Vol. 174, N 1. Pp. 69–79. DOI: 10.7326/M20-5008.
26. Moitra M., Rahman M., Collins P.Y. [et al.]. Mental Health Consequences for Healthcare Workers During the COVID-19 Pandemic: A Scoping Review to Draw Lessons for LMICs. *Frontiers in psychiatry*. 2021. Vol. 12. Art. 602614. DOI: 10.3389/fpsyt.2021.602614.
27. Okamura A.M., Mataric M.J., Christensen H.I. Medical and HealthCare Robotics. *IEEE Robotics & Automation Magazine*. 2010. Vol. 17, Iss. 3. Pp. 26–37. DOI: 10.1109/MRA.2010.937861.
28. Sommerstein R., Fux C.A., Vuichard-Gysin D. [et al.]. Risk of SARS-CoV-2 transmission by aerosols, the rational use of masks, and protection of healthcare workers from COVID-19. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*. 2020. Vol. 9, N 1. Art. 100. DOI: 10.1186/s13756-020-00763-0.
29. Stadnytskyi V., Bax C.E., Bax A., Anfinrud P. The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-CoV-2 transmission. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2020. Vol. 117, N 22. Pp. 11875–11877. DOI: 10.1073/pnas.2006874117.
30. Tang S., Mao Y., Jones R.M. [et al.]. Aerosol transmission of SARS-CoV-2? Evidence, prevention and control. *Environment international*. 2020. Vol. 144. Art. 106039. DOI: 10.1016/j.envint.2020.106039.
31. Wang W., Xu Y., Gao R. [et al.]. Detection of SARS-CoV-2 in Different Types of Clinical Specimens. *JAMA*. 2020. Vol. 323, N 18. Pp. 1843–1844. doi: 10.1001/jama.2020.3786.
32. Wilson N.M., Norton A., Young F.P., Collins D.W. Airborne transmission of severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 to healthcare workers: a narrative review. *Anaesthesia*. 2020. Vol. 75, N 8. Pp. 1086–1095. DOI: 10.1111/anae.15093.

Received 22.01.2021

**For citing.** Ushakov I.B., Polyakov, A.V., Usov V.M., Knyazkov M.M., Motienko A.I. Ispol'zovanie servisnykh robotov dlya protivodeistviya rasprostraneniyu virusa SARS-CoV-2 v zakrytykh meditsinskikh pomeshcheniyakh. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh*. 2021. N 2. pp. 104–114. (In Russ.)

Ushakov I.B., Polyakov, A.V., Usov V.M., Knyazkov M.M., Motienko A.I. Using service robots to counter the SARS-CoV-2 virus spread in enclosed medical premises. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2021. N 2. pp. 104–114. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-104-114

## ОЦЕНКА КЛИНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ МОДЕЛИ МЕДИКО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПСИХИЧЕСКОГО СТАТУСА ВОЕННОСЛУЖАЩИХ, ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ БОЕВОГО СТРЕССА

<sup>1</sup> Нижегородский областной госпиталь ветеранов войн (Россия, г. Нижний Новгород, пер. Гоголя, д. 9а);

<sup>2</sup> Нижегородская областная клиническая больница им. Н.А. Семашко (Россия, г. Нижний Новгород, ул. Родионова, д. 190)

**Актуальность.** В настоящее время все большее значение придается проведению мероприятий медико-психологической реабилитации военнослужащих, выполняющих боевые задачи в условиях вооруженных локальных конфликтов. Перспективным направлением совершенствования лечебно-оздоровительных мероприятий является применение комплексных методов.

**Цель** – изучить динамику показателей психического статуса военнослужащих, подвергшихся воздействию боевого стресса, в процессе медико-психологической реабилитации в амбулаторно-поликлинических условиях и дать оценку клинической эффективности комплекса лечебно-оздоровительных мероприятий.

**Методология.** В исследовании приняли участие 330 военнослужащих, подвергшихся воздействию факторов боевого стресса. Из общего числа обследованных отобраны 54 военнослужащих со сниженным адаптационным потенциалом по Р.М. Баевскому, которые были разделены на экспериментальную и контрольную группу. Пациенты экспериментальной группы проходили комплекс медико-психологической реабилитации в амбулаторно-поликлинических условиях, состоящий из методики аудиовизуальной стимуляции и техники прогрессивной мышечной релаксации по Э. Джэкобсону, контрольной группы – стандартную терапию. Методы исследования: клиническая диагностика, антропометрия, физиометрия, психодиагностическое тестирование, математико-статистическая обработка данных. Представлены медиана, верхний и нижний квартиль (Me [Q<sub>1</sub>; Q<sub>4</sub>]).

**Результаты и их анализ.** По результатам анализа динамики тревожности с использованием опросника личностной и ситуационной тревожности Ч.Д. Спилбергера у военнослужащих, подвергшихся воздействию факторов боевого стресса и имеющих сниженные адаптационные резервы, происходило уменьшение показателя ситуационной тревожности как в опытной с 29 [27; 31] до 26 [22; 29] баллов при  $p = 0,001$ , так и в контрольной группе с 29 [25; 35] до 27 [22; 33] баллов при  $p = 0,025$ . Уровень депрессивной симптоматики в обеих группах не выходил за пределы нормативных значений, а его динамика в процессе медико-психологической реабилитации не приняла статистически значимого выражения. В структуре интегрального показателя посттравматического стрессового расстройства у военнослужащих, перенесших боевой стресс, наибольшее значение имели симптомы гиперактивации. Результаты анализа динамики данного показателя в опытной группе выявили его статистически значимое снижение с 20 [18,5; 22] до 17 [14,5; 21] баллов при  $p = 0,015$ .

**Заключение.** В результате проведенного исследования на основе анализа динамики показателей психического статуса военнослужащих, подвергшихся воздействию факторов боевого стресса, доказана клиническая эффективность предложенной организационной модели медико-психологической реабилитации в амбулаторно-поликлинических условиях.

**Ключевые слова:** боевой стресс, военнослужащие, психическое здоровье, психодиагностика, реабилитация, психотерапия.

### Введение

Военнослужащие при выполнении боевых задач в современных локальных вооруженных конфликтах часто сталкиваются с рядом экстремальных факторов:

- психологические перегрузки (постоянное ожидание угрозы, повышенный риск для собственной жизни и здоровья);
- информационные перегрузки (искажение противником объективных фактов или

✉ Станченков Иван Викторович – врач-психиатр-психотерапевт амбулаторно-поликлинич. отд-ния, Нижегородский обл. госпиталь ветеранов войн (Россия, 603109, г. Нижний Новгород, пер. Гоголя, д. 9а), e-mail: ivan-stanchenkov@mail.ru;

Чистяков Сергей Иванович – д-р мед. наук доц., врач-консультант отделения анестезиологии и реаниматологии, Нижегородская обл. клинич. больница им. Н.А. Семашко (Россия, 603126, г. Нижний Новгород, ул. Родионова, д. 190), ORCID 0000-0003-1320-1402, e-mail: chist62@mail.ru;

Сулов Александр Геннадьевич – канд. мед. наук, врач-консультант неврол. отд-ния, Нижегородский обл. госпиталь ветеранов войн (Россия, 603109, г. Нижний Новгород, пер. Гоголя, д. 9а), e-mail: suslov99@mail.ru

внушение их ложного эмоционального восприятия, что оказывает эмоциональное давление, приводящее к деморализации и снижению мотивации к ведению дальнейшей боевой деятельности) [10];

– физические перегрузки (ненормированный рабочий день, частые командировки, ежедневные тренировки, выполнение боевых задач в сложных климатогеографических условиях, невозможность полноценного отдыха) [1];

– непредсказуемые факторы современных боевых действий (возможность использования противником беспилотных летальных аппаратов, дистанционно управляемых роботизированных средств огневого поражения и наведения огня).

Приведенные факторы оказывают значительное влияние на психический статус военнослужащих и могут приводить к снижению функциональных резервов организма, психической дезадаптации, развитию девиантных и саморазрушающих форм поведения, посттравматическому стрессовому расстройству [6]. В этом аспекте возрастает роль мероприятий медицинского обеспечения, направленных на снижение интенсивности воздействия факторов боевого стресса на организм военнослужащих в целом и на их психику в частности. Одним из таких мероприятий является медико-психологическая реабилитация (МПР) [9].

МПР представляет собой комплекс медицинских, психологических и общих оздоровительных мероприятий, направленных на восстановление работоспособности (боеготовности) военнослужащих. В соответствии с канонами военной медицины при организации МПР должен быть соблюден принцип этапности оказания помощи. Различают МПР, проводимую в амбулаторно-поликлинических условиях, в санатории или специализированных реабилитационных центрах. Положительный опыт организации медицинского обеспечения в условиях последних локальных вооруженных конфликтов определяет приближение оказания медицинской помощи к нуждающимся военнослужащим [4]. С этой позиции наиболее перспективной является МПР в амбулаторно-поликлинических условиях. Ее преимуществами являются: максимальная приближенность к военнослужащим, подверженным воздействию факторов боевого стресса, низкие материальные затраты, краткосрочность и возможность частичного выполнения военнослужащим своих служебных обязанностей, не прерывая процесс МПР.

Анализ литературных источников показал, что из обширного арсенала лечебно-оздоровительных методик в амбулаторно-поликлинических условиях наиболее применимы [3, 4, 8]:

- психофармакотерапия;
- аппаратно-программные методы;
- психотерапевтические методы.

Для коррекции психоэмоционального состояния военнослужащих, подвергшихся воздействию боевого стресса, интерес представляет комбинация аппаратно-программных и психотерапевтических методов. Что касается аппаратно-программных комплексов, то проведение МПР в амбулаторно-поликлинических условиях требует от врача выбора наиболее современных, компактных, доступных и, в то же время, эффективных методик. С этой точки зрения внимания заслуживают аппаратно-программные комплексы на базе технологии аудиовизуальной стимуляции, которая основывается на способности головного мозга человека естественным образом синхронизировать свои ритмы с ритмом периодических внешних стимулов визуальных и аудиальных, что может быть использовано для достижения определенного терапевтического эффекта. В основе данного эффекта лежат принципы ритмической организации стимулов, согласно которым воздействия даже малой интенсивности способны вызывать значительный эмоциональный и психофизиологический эффект, выражающийся в изменении психологических, психофизиологических и клинических показателей [2, 5].

При выборе психотерапевтической методики для МПР на амбулаторно-поликлиническом этапе с учетом условий ее проведения предпочтение было отдано прогрессивной мышечной релаксации по Э. Джэкобсону. Ее преимуществами являются:

- 1) простота – осуществляется на основе алгоритма, не требующего от медицинского работника высокой квалификации в области психотерапии;
- 2) воспроизводимость – легко осваивается военнослужащими и впоследствии может использоваться как инструмент саморегуляции;
- 3) универсальность – не требует специальных окружающих условий и приспособлений;
- 4) краткосрочность – занимает около 20–30 мин.

Изучению динамики эмоционального состояния военнослужащих в процессе лечебно-оздоровительных мероприятий посвящены целый ряд научных работ [1, 4, 6]. Тем не

менее, на сегодняшний день комплексное воздействие аппаратно-программных и психотерапевтических методик на изменение психического статуса военнослужащих, подвергшихся воздействию боевого стресса, при проведении МПР в амбулаторно-поликлинических условиях остается малоизученным. С точки зрения совершенствования организации МПР в амбулаторно-поликлинических условиях важно оценить влияние комплекса лечебно-оздоровительных методик на психический статус военнослужащих, так как эти характеристики являются переменными и способны отражать эффективность проводимых психокоррекционных и лечебных мероприятий.

**Цель** – изучить динамику показателей психического статуса военнослужащих, подвергшихся воздействию боевого стресса, в процессе медико-психологической реабилитации в амбулаторно-поликлинических условиях и дать оценку клинической эффективности комплекса лечебно-оздоровительных мероприятий.

### Материал и методы

В 2017–2020 гг. в Нижегородском госпитале ветеранов войн обследовали 330 военнослужащих. Военнослужащие дали информированное согласие об использовании результатов в научных целях. Для получения репрезентативной выборки провели рандомизацию, которая обеспечивалась случайным способом отбора единиц наблюдения из числа всех военнослужащих, прибывающих для определения нуждаемости в МПР, в соответствии с критериями включения и исключения.

Критериями включения были:

- наличие в анамнезе боевого стресса в течение последних 12 мес;
- отсутствие мероприятий медико-психологической реабилитации в течение последних 12 мес.

Критериями исключения были противопоказания к проведению медико-психологической реабилитации:

- психозы и аффективные расстройства настроения, органические психические расстройства при резко и умеренно выраженных психических нарушениях, тревожные расстройства при резко и умеренно выраженных стойких психических нарушениях;
- психические и поведенческие расстройства вследствие употребления психоактивных веществ и алкоголя;

– соматические заболевания (острые и хронические в стадии обострения).

Военнослужащие прошли комплекс антропометрических, физиометрических и клинических методов исследования. В соответствии с целью исследования из общего числа обследованных отобрали 54 военнослужащих со сниженным адаптационным потенциалом по Р.М. Баевскому (АП), который определяли по формуле:

$$АП = 0,011ЧП + 0,014САД + 0,008ДАД + 0,014В + 0,009М - 0,009Р - 0,27,$$

где ЧП – частота пульса, уд/мин;

САД – систолическое артериальное давление, мм рт. ст.;

ДАД – диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.;

В – возраст, лет;

М – масса тела, кг;

Р – рост, см;

0,27 – независимый коэффициент.

Значения АП менее 3,21 усл. ед. свидетельствовали о неудовлетворительной адаптации, истощении физиологических резервов и снижении функциональных возможностей организма [7].

Выборку рандомизировали, по четным и нечетным порядковым номерам военнослужащие были разделены на 2 группы по 27 человек (табл. 1). Военнослужащие экспериментальной группы (Э) проходили МПР в амбулаторно-поликлинических условиях в течение 15 сут. Программа МПР состояла из комплекса аппаратно-программных и психотерапевтических методов. Военнослужащие контрольной (К) группы находились в 15-дневном реабилитационном отпуске и проходили стандартные лечебно-оздоровительные мероприятия: регламентация режима, диетическое питание, витаминотерапия, дозированные физические нагрузки.

В качестве аппаратно-программного комплекса с методом аудиовизуальной стимуляции использовали прибор отечественного производства «Ритм-полет» («НПП «Полет»», г. Нижний Новгород). В аппарате реализуется технология посредством программируемой световой и звуковой стимуляции, которая применяется для коррекции лиц, перенесших тя-

**Таблица 1**

Характеристика выделенных групп, Ме [Q<sub>1</sub>; Q<sub>4</sub>]

| Группа | Возраст, лет      | p      | АП, усл. ед.      | p      |
|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|
| Э      | 33,0 [26,4; 37,3] | > 0,05 | 3,54 [3,31; 3,75] | > 0,05 |
| К      | 30,6 [25,3; 34,9] |        | 3,61 [3,42; 3,77] |        |

Таблица 2

Динамика уровня тревожности и депрессии в группах военнослужащих, (Me [Q<sub>1</sub>; Q<sub>4</sub>]) балл

| Показатель                 | До мероприятий |             | U-критерий | После мероприятий |             | U-критерий | T-критерий |        |
|----------------------------|----------------|-------------|------------|-------------------|-------------|------------|------------|--------|
|                            | Э1             | К1          | Э1-К1      | Э2                | К2          | Э2-К2      | Э1-Э2      | К1-К2  |
| Личностная тревожность     | 31 [29; 35]    | 31 [30; 34] | 0,935      | 31 [27; 35]       | 32 [28; 34] | 0,902      | 0,450      | 0,318  |
| Ситуативная тревожность    | 29 [27; 31]    | 29 [25; 35] | 0,412      | 26 [22; 29]       | 27 [22; 33] | 0,902      | 0,001*     | 0,025* |
| Уровень депрессии по Цунгу | 24 [23; 27]    | 24 [22; 31] | 0,595      | 24 [22; 29]       | 25 [23; 31] | 0,202      | 1,000      | 0,682  |

\*Здесь и в табл. 4: достоверность различий при  $p < 0,05$ .

желые стресс-индуцированные состояния. Аппаратно-программный комплекс «Ритм-полет» прошел клинические испытания и имеет необходимые сертификаты соответствия. Программа МПР в амбулаторно-поликлинических условиях включала 15 сеансов аудиовизуальной стимуляции по 30 мин каждый, которые осуществлялись ежедневно, в одно и то же время в соответствии с разработанным графиком. Помимо аппаратно-программных методик, в комплекс лечебно-оздоровительных мероприятий МПР была включена методика прогрессивной мышечной релаксации по Э. Джэкобсону. Упражнения проводились утром и вечером по 20–30 мин в течение 15 сут.

Военнослужащих ( $n = 54$ ) в начале и конце эксперимента обследовали по психодиагностическим методикам с использованием аппаратно-программного комплекса «НС-Психотест» производства ООО «Нейрософт» (г. Иваново), в состав которых включены: опросник личностной и ситуационной тревожности Ч.Д. Спилбергера (адаптированный Ю.Л. Ханиным), шкала самооценки депрессии Цунга, опросник травматического стресса И.О. Котенева.

Полученный материал обработали статистически с использованием программы PSPP. Нормальность распределения количественных признаков проверяли с помощью критерия Шапиро–Уилка. Для описательной характеристики непараметрических показателей использовали значение медианы, нижнего и верхнего квартилей (Me [Q<sub>1</sub>; Q<sub>4</sub>]). Достоверность различий между группами проверяли с помощью непараметрического U-критерия для независимых выборок Манна–Уитни. Значимость полученных различий в сравниваемых группах оценивали при помощи непараметрического T-критерия Вилкоксона для связанных выборок. Статистически значимыми считались различия при  $p < 0,05$ .

### Результаты и их анализ

Тревога является нормальной эмоциональной реакцией, возникающей в угрожа-

ющих ситуациях, и является частью биологической стратегии выживания организма. В зависимости от свойств личности человека, его функциональных резервов, мощности воздействующего стрессового фактора возможен переход тревоги из адаптивной реакции в дезадаптивную. Потому было важно оценить состояние и динамику как личностной, так и ситуативной тревожности (табл. 2).

Личностная тревожность представляет собой конституциональную черту, обуславливающую склонность к возникновению тревожных реакций в ответ на факторы угрозы в широком диапазоне. Полученные исходные значения показателя уровня личностной тревожности находились в области умеренных значений (от 30–45 баллов) как в экспериментальной, так и в контрольной группе. Оценка динамики данного показателя не выявила статистически значимых различий после проведенных мероприятий (см. табл. 2).

Ситуативная или реактивная тревожность определяется как состояние, возникающее на стрессовую ситуацию, и может быть разной по интенсивности и времени. Военнослужащие, перенесшие боевой стресс, могут иметь повышенные значения данного показателя за счет гиперактивации структур головного мозга, отвечающих за возникновение чувства тревоги и беспокойства. В экспериментальной группе после проведенных мероприятий МПР достигнуто статистически значимое снижение уровня ситуативной тревожности при  $p = 0,001$  (см. табл. 2). Полученные данные свидетельствуют о том, что в результате проведенных мероприятий МПР достигнуто улучшение эмоционального состояния военнослужащих, снижение тревожных переживаний боевого стресса. В контрольной группе лиц, находившихся в реабилитационном отпуске, наблюдается схожая тенденция – снижение уровня ситуативной тревожности ( $p = 0,025$ ). Таким образом, описанное ранее в научных публикациях снижение данного показателя не является четким критерием эффективности психокоррекционных мероприятий, так как

оно наблюдается даже в период отдыха при проведении неспецифических лечебно-оздоровительных процедур.

Депрессивные симптомы могут сопутствовать тревожным и связанным со стрессом расстройствам. Динамика показателей депрессии по шкале Цунга как в экспериментальной, так и в контрольной группе не приняла статистически значимого выражения (см. табл. 2). Стоит отметить, что исходные значения уровня депрессивных проявлений у военнослужащих в группах находились в диапазоне 20–40 баллов, что соответствует низкой потенциальной возможности диагностики депрессии, как клинически оформленного расстройства. Однако это не отменяет возможности развития депрессивного синдрома в отдаленном периоде либо трансформации симптоматики в посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР) вследствие сохранения нейромедиаторных сдвигов, возникших под воздействием боевого стресса.

ПТСР возникает как отсроченная и/или затяжная реакция на стрессовое событие или ситуацию (кратковременную или продолжительную). Экстремальные факторы боевой деятельности способны оказывать сверхмощное влияние на психику военнослужащих, поэтому ПТСР включено в перечень показаний для проведения мероприятий МПР в большинстве силовых ведомств. С целью диагностики ПТСР у военнослужащих, перенесших воздействие боевого стресса, а также оценки динамики стресс-индуцированной симптоматики в ходе проведения мероприятий МПР был использован опросник И.О. Котенева.

Изучен вклад различного рода симптоматики в интегральный показатель ПТСР (табл. 3). Интегральный показатель ПТСР находился в пределах нормальных значений – 61,5 [57,0; 72,3] балла, что говорит о низкой потенциальной возможности диагностирования клинически оформленного расстройства. Вместе с тем, это не отменяет наличия у ре-

спондентов симптоматики, возникающей при воздействии на психику психотравмирующих факторов оперативно-боевой деятельности. Так, у военнослужащих, перенесших боевой стресс и имеющих сниженный адаптационный потенциал, выявлен повышенный уровень симптомов гиперактивации поведения (20 [18; 24] баллов), которые являются следствием избыточной активности стресс-индуцированной симпатико-адреналовой системы. Данные симптомы характеризуются такими клиническими проявлениями, как повышенная раздражительность, импульсивность, снижение концентрации внимания, панические атаки, нарушение сна и др.

2-е ранговое место в структуре симптоматики ПТСР занимают симптомы избегания – 15 [13; 18] баллов. Данные симптомы характеризуются такими клиническими проявлениями, как игнорирование всего, что напоминает о травмирующем событии, чувство отчужденности, обеднение эмоций, снижение интереса к деятельности.

3-е ранговое место в структуре симптоматики ПТСР занимают симптомы вторжения – 13,5 [12,0; 16,3] балла. Данные симптомы характеризуются такими клиническими проявлениями, как частые мысли или воспоминания о травматическом событии, постоянные кошмары, ощущение, будто травматическое событие происходит снова (симптом «флешбэк») или прокручивание его в памяти, сильное чувство скорби при напоминании о травматическом событии, физические реакции – увеличение частоты сердечных сокращений или потливость – при напоминании о травматическом событии.

Результаты анализа динамики показателей в экспериментальной группе выявили статистически значимое снижение степени выраженности симптомов гиперактивации с 20 [18,5; 22] до 17 [14,5; 21] баллов при  $p = 0,015$ , что свидетельствует о положительном клиническом эффекте проведенных мероприятий МПР, выражающихся в снижении стресс-индуцированной активности симпатико-адреналовой системы (табл. 4).

В контрольной группе снижение по шкале «Гиперактивации поведения» не достигло статистически значимых показателей ( $p = 0,16$ ). Данная тенденция свидетельствует о низкой потенциальной возможности снижения стресс-индуцированной симптоматики без проведения комплекса активных лечебно-оздоровительных мероприятий.

**Таблица 3**

Симптоматика ПТСР у военнослужащих со сниженным АП, (Me [Q<sub>1</sub>; Q<sub>4</sub>]) балл

| Шкала опросника И.О. Котенева    | Значение         |
|----------------------------------|------------------|
| Шкала А. Событие травмы          | 6 [4; 8]         |
| Шкала В. Симптомы вторжения      | 13,5 [12; 16,25] |
| Шкала С. Симптомы избегания      | 15 [13; 18]      |
| Шкала D. Симптомы гиперактивации | 20 [18; 24]      |
| Шкала F. Дистресс и дезадаптация | 8 [6; 10]        |
| Интегральный показатель ПТСР     | 61,5 [57; 72,25] |

Таблица 4

Динамика выраженности симптоматики посттравматического стрессового расстройства. (Me [Q<sub>1</sub>; Q<sub>4</sub>]) балл

| Шкала опросника<br>И.О. Котенева | До мероприятий  |               | У-критерий | После мероприятий |                 | У-критерий | Т-критерий |       |
|----------------------------------|-----------------|---------------|------------|-------------------|-----------------|------------|------------|-------|
|                                  | Э1              | К1            | Э1-К1      | Э2                | К2              | Э2-К2      | Э1-Э2      | К1-К2 |
| A                                | 4 [3,5; 8]      | 6 [4,5; 8]    | 0,595      | 6 [3,5; 7,5]      | 5 [4; 8,5]      | 0,967      | 0,960      | 0,200 |
| B                                | 13 [11,5; 15,5] | 14 [12; 16,5] | 0,389      | 14 [10; 16,5]     | 13 [11,5; 16,5] | 0,806      | 0,670      | 0,070 |
| C                                | 16 [13; 18,5]   | 15 [14; 16,5] | 0,744      | 15 [12,0; 19,5]   | 14 [14; 17]     | 1,000      | 0,180      | 0,420 |
| D                                | 20 [18,5; 22]   | 21 [18,5; 24] | 0,436      | 17 [14,5; 21]     | 19 [16,5; 24]   | 0,267      | 0,015*     | 0,070 |
| F                                | 7 [6; 9]        | 8 [6,5; 10]   | 0,233      | 6 [6; 7,5]        | 7 [6; 10,5]     | 0,202      | 0,630      | 0,940 |
| Интегральный<br>показатель       | 61 [56; 68,5]   | 64 [58; 72,5] | 0,461      | 58 [52; 70]       | 57 [55; 70,5]   | 0,595      | 0,160      | 0,067 |

### Заключение

Анализ показателей тревожности (по тесту личностной и ситуативной тревожности Спилбергера-Ханина) выявил положительную динамику снижения уровня ситуативной тревожности как в экспериментальной, так и контрольной группе. Значения показателя депрессии (по шкале Цунга) у военнослужащих, подвергшихся воздействию экстремальных факторов боевого стресса, находились в диапазоне нормы, а их динамика в процессе медико-психологической реабилитации была статистически незначима. По результатам диагностики у военнослужащих с посттравматическим стрессовым расстройством получены данные о том, что основным компонентом интегрального показателя (по опроснику И.О. Котенева) являются симптомы по шкале «Гиперактивации поведения». Воздей-

ствии комплекса лечебно-оздоровительных мероприятий выразилось в достоверном снижении ( $p = 0,015$ ) данных симптомов в экспериментальной группе.

Комплексное сочетание методов аппаратно-программного воздействия и психотерапии при проведении медико-психологической реабилитации в амбулаторно-поликлинических условиях дает положительный эффект на динамику показателей психического статуса военнослужащих. Отсутствие динамики симптоматики посттравматического стрессового расстройства в контрольной группе военнослужащих, находящихся в реабилитационном отпуске, может быть обусловлено невозможностью восстановления организма после перенесенного боевого стресса за период реабилитационного отпуска без применения активных лечебно-оздоровительных мероприятий.

### Литература

1. Бескаравайный Е.Б. Характеристика адаптивных реакций организма военнослужащих отряда специального назначения, дислоцированного в северном регионе, к воздействию психотравмирующих условий служебно-боевой деятельности : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Архангельск, 2015. 19 с.
2. Головин М.С., Балиоз Н.В., Айзман Р.И., Кривошеков С.Г. Влияние аудиовизуальной стимуляции на психические и физиологические функции у спортсменов-легкоатлетов // Физиология человека. 2015. Т. 41, № 5. С. 90–97. DOI: 10.7868/S01311646050045.
3. Демкин А.Д., Иванов В.В., Круглов В.И. Новые методы реабилитации военнослужащих с боевой психической травмой в армиях зарубежных государств // Изв. Рос. воен.-мед. акад. 2019. № 3. С. 125–131.
4. Дудельзон В.А., Кальманов А.С., Булавин В.В. Применение различных режимов аудиовизуальной стимуляции для оптимизации функционального состояния военнослужащих // Воен.-мед. журн. 2018. Т. 339, № 5. С. 47–51.
5. Миронов С.А., Артифесов С.Б. Предикторы эффективности терапии гомеостатических постстрессорных нарушений // Современные технологии в медицине. 2016. Т. 8, № 1. С. 117–120. DOI: 10.17691/stm2016.8.1.15.
6. Пузин С.Н., Меметов С.С., Шургая М.А. [и др.]. Реабилитация участников боевых действий: посттравматический стрессовый синдром // Мед.-соц. экспертиза и реабилитация. 2016. Т. 19, № 2. С. 60–63. DOI: 10.18821/1560-9537-2016-19-2-60-63.
7. Пухов В.А., Иванов И.В., Чепур С.В. Оценка функционального состояния организма военных специалистов: науч.-практ. руководство / под ред. И.Б. Ушакова. СПб. : СпецЛит, 2016. 312 с.
8. Тихомирова Н.Н., Артифесов С.Б. Комплексный подход к организации системы сохранения и восстановления профессионального здоровья лиц опасных профессий // Мед. альманах. 2013. № 2 (26). С. 130–133.

9. Тришкин Д.В., Пономаренко Г.Н., Мерзликин А.В. [и др.]. Организация медико-психологической реабилитации военнослужащих: современное состояние и перспективы развития // Воен.-мед. журн. 2016. Т. 337, № 8. С. 4–10.

10. Фисун А.Я., Шамрей В.К., Марченко А.А., Гончаренко А.Ю. Информационная война и психическое здоровье // Воен.-мед. журн. 2019. Т. 340, № 12. С. 4–15.

Поступила 23.01.2021 г.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

**Участие авторов:** И.В. Станченков – поиск и анализ литературных данных, разработка концептуальной модели исследования, сбор первичных материалов, статистическая обработка данных, интерпретация полученных результатов, подготовка иллюстраций, обсуждение результатов, написание первого варианта статьи; С.И. Чистяков – разработка дизайна и методологии исследования, обсуждение результатов, редактирование статьи; А.Г. Сулов – методология исследования, сбор первичных материалов, редактирование статьи.

**Для цитирования.** Станченков И.В., Чистяков С.И., Сулов А.Г. Оценка клинической эффективности организационной модели медико-психологической реабилитации на основе анализа динамики показателей психического статуса военнослужащих, подвергшихся воздействию боевого стресса // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 2. С. 115–122. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-115-122

## Assessment of the clinical effectiveness of the organizational model of medical and psychological rehabilitation based on the analysis of the dynamics of the indicators of the mental status in military personnel exposed to combat stress

Stanchenkov I.V.<sup>1</sup>, Chistyakov S.I.<sup>2</sup>, Suslov A.G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Nizhny Novgorod regional hospital for war veterans (9a, Gogolya lane, Nizhny Novgorod, 603109, Russia);

<sup>2</sup> Nizhny Novgorod regional clinical hospital named after N.A. Semashko (190, Rodionova Str., Nizhny Novgorod, 603126, Russia)

✉ Ivan Victorovich Stanchenkov – psychiatrist, psychotherapist, Nizhny Novgorod regional hospital for war veterans (9a, Gogolya lane, Nizhny Novgorod, 603109, Russia), e-mail: ivan-stanchenkov@mail.ru;

Sergey Ivanovich Chistyakov – Dr. Med. Sci. Associate Prof., consultant physician of department of anesthesiology and reanimatology, Nizhny Novgorod regional clinical hospital named after N.A. Semashko (190, Rodionova Str., Nizhny Novgorod, 603126, Russia), e-mail: chist62@mail.ru;

Alexander Gennadievich Suslov – PhD. Med. Sci., consultant physician of the neurology department, Nizhny Novgorod regional hospital for war veterans (9a, Gogolya lane, Nizhny Novgorod, 603109, Russia), e-mail: suslov99@mail.ru

### Abstract

**Relevance.** Currently, great importance is attached to the medical and psychological rehabilitation of military personnel performing combat missions in conditions of armed local conflicts. For improving medical and recreational activities, comprehensive approach seems promising.

**Intention** – to study the dynamics of the indicators of the mental status in servicemen with prior exposure to combat stress in the process of medical and psychological rehabilitation in an outpatient clinic and to assess the clinical effectiveness of a complex of medical and recreational measures.

**Methodology.** The study involved 330 servicemen exposed to combat stress factors. Of the total number of those surveyed, 54 servicemen with a reduced adaptive potential by Baevsky were selected and divided into experimental and control groups. Patients in the experimental group underwent medical and psychological rehabilitation in an outpatient clinic including audiovisual stimulation and progressive muscle relaxation according to E. Jacobson; patients in the control group received standard treatment. Research methods: clinical diagnostics, anthropometry, physiometry, psychodiagnostic testing, mathematical and statistical data processing. The median, upper and lower quartile (Me [Q<sub>1</sub>; Q<sub>4</sub>]) are presented.

**Results and Discussion.** According to the State-Trait Anxiety Inventory by Ch. D. Spielberger, servicemen exposed to combat stress factors and having reduced adaptive reserves showed a decrease in trait anxiety both in the experimental and control group: from 29 [27; 31] to 26 [22; 29] ( $p = 0.001$ ) and from 29 [25; 35] to 27 [22; 33] ( $p = 0.025$ ), respectively. Depressive symptoms in both groups were within reference limits, and their dynamics in the process of medical and psychological rehabilitation did not reach statistical significance. In the structure of the integral indicator of post-traumatic stress disorder in servicemen exposed to combat stress, the symptoms of hyperactivation were of the greatest importance. The results of the analysis of the dynamics of this indicator in the experimental group revealed its statistically significant decrease from 20 [18.5; 22] to 17 [14.5; 21] at  $p = 0.015$ .

**Conclusion.** As a result of the study, based on the analysis of the dynamics of the indicators of the mental status in servicemen exposed to the factors of combat stress, the clinical effectiveness of the proposed organizational model of medical and psychological rehabilitation in an outpatient setting was proved.

**Keywords:** combat stress, servicemen, mental health, psychodiagnosics, rehabilitation, psychotherapy.

#### References

1. Beskaravainyi E.B. Kharakteristika adaptivnykh reaktsii organizma voennosluzhashchikh otryada spetsial'nogo naznacheniya, dislotsirovannogo v severnom regione, k vozdeistviyu psikhotravmiruyushchikh uslovii sluzhebno-boevoi deyatelnosti [Characteristics of the adaptive reactions of the organism of servicemen of the special-purpose detachment, stationed in the northern region, to the impact of psycho-traumatic conditions of service and combat activities]: Abstract dissertation PhD Med. Sci. Arkhangel'sk. 2015. 19 p. (In Russ).
2. Golovin M.S., Balioz N.V., Aizman R.I., Krivoshchekov S.G. Vliyanie audiovizual'noi stimulyatsii na psikhicheskie i fiziologicheskie funktsii u sportsmenov legkoatletov [The Effect of Audiovisual Stimulation on Psychological and Physiological Functions in Athletes]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2015. Vol. 41, N 5. Pp. 90–97. DOI: 10.7868/S01311646050045. (In Russ).
3. Demkin A.D., Ivanov V.V., Kruglov V.I. Novye metody reabilitatsii voennosluzhashchikh s boevoi psikhicheskoi travmoy v armiyakh zarubezhnykh gosudarstv [New rehabilitation methods in the treatment of military personnel stress disorders in foreign armed forces]. *Izvestiya Rossiiskoi voenno-meditsinskoi akademii* [Izvestia of the Russian Military Medical Academy]. 2019. Vol. 38, N 3. Pp. 125–131. (In Russ).
4. Dudel'zon V.A., Kal'manov A.S., Bulavin V.V. Primenenie razlichnykh rezhimov audiovizual'noi stimulyatsii dlya optimizatsii funktsional'nogo sostoyaniya voennosluzhashchikh [Application of various modes of audiovisual stimulation to optimize the functional state of military personnel]. *Voенно-медитсинский журнал* [Military medical journal]. 2018. Vol. 339, N 5. Pp. 47–51. (In Russ).
5. Mironov S.A., Artifeksov S.B. Prediktory effektivnosti terapii gomeostaticheskikh poststressornykh narushenii [Predictors of Therapy Efficacy for Homeostatic Post-stress Disorders]. *Sovremennye tekhnologii v meditsine* [Modern Technologies in Medicine]. 2016. Vol. 8, N 1. Pp. 117–120. DOI: 10.17691/stm2016.8.1.15. (In Russ).
6. Puzin S.N., Memetov S.S., Shurgaya M.A. [et al.]. Reabilitatsiya uchastnikov boevykh deistvii: posttraumaticheskii stressovyi sindrom [Rehabilitation of participants of battle actions: posttraumatic stress syndrome]. *Mediko-sotsial'naya ekspertiza i reabilitatsiya* [Medico-social expert evaluation and rehabilitation]. 2016. Vol. 19, N 2. Pp. 60–63. DOI: 10.18821/1560-9537-2016-19-2-60-63. (In Russ).
7. Pukhov V.A., Ivanov I.V., Chepur S.V. Otsenka funktsional'nogo sostoyaniya organizma voennykh spetsialistov [Functional state estimation of military specialists: scientific and practical guidebook]. Ed. I.B. Ushakov. Sankt-Peterburg. 2016. 312 p. (In Russ).
8. Tikhomirova N.N., Artifeksov S.B. Kompleksnyi podkhod k organizatsii sistemy sokhraneniya i vosstanovleniya professional'nogo zdorov'ya lits opasnykh professii [Patho- and sanogenetic approach to the organization of the system of the preservation and restoration of the professional health of workers of dangerous professions]. *Meditsinskii al'manakh* [Medical almanac]. 2013. N 2. Pp. 130–133. (In Russ).
9. Trishkin D.V., Ponomarenko G.N., Merzlikin A.V. [et al.]. Organizatsiya mediko-psikhologicheskoi reabilitatsii voennosluzhashchikh: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya [Organization of medical and psychological rehabilitation of military personnel: modern state and development prospects]. *Voенно-медитсинский журнал* [Military medical journal]. 2016. Vol. 337, N 8. Pp. 4–10. (In Russ).
10. Fisun A.Ya., Shamrei V.K., Marchenko A.A., Goncharenko A.Yu. Informatsionnaya voina i psikhicheskoe zdorov'e [Infowar and mental health]. *Voенно-медитсинский журнал* [Military medical journal]. 2019. Vol. 340, N 12. Pp. 4–15. (In Russ).

Received 23.01.2021

**For citing.** Stanchenkov I.V., Chistyakov S.I., Suslov A.G. Otsenka klinicheskoi effektivnosti organizatsionnoi modeli mediko-psikhologicheskoi reabilitatsii na osnove analiza dinamiki pokazatelei psikhicheskogo statusa voennosluzhashchikh, podvergnutyykh vozdeistviyu boevogo stressa. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh*. 2021. N 2. Pp. 115–122. (In Russ.)

Stanchenkov I.V., Chistyakov S.I., Suslov A.G. Assessment of the clinical effectiveness of the organizational model of medical and psychological rehabilitation based on the analysis of the dynamics of the indicators of the mental status in military personnel exposed to combat stress. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2021. N 2. Pp. 115–122. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-115-122