

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИКВИДАЦИИ МЕДИКО-САНИТАРНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ МАССОВОГО ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОИСШЕСТВИЯ, НА ПРИМЕРЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

С.А.Григорьев¹, В.М.Теплов², Е.А.Цебровская², С.С.Москвина³, А.Б.Ихаев⁴, С.Ф.Багненко²

¹ ОГБУЗ «Станция скорой медицинской помощи Белгородской области», Белгород, Россия

² ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П.Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия,

³ Министерство здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

⁴ ГБУ «Республиканская станция скорой медицинской помощи», Грозный, Россия

Резюме. Цель исследования – провести сравнительный анализ деятельности Службы скорой медицинской помощи (СМП) при медицинской эвакуации пострадавших в массовом дорожно-транспортном происшествии (ДТП) до и после создания Единого центра скорой медицинской помощи и медицины катастроф (МК) на примере Белгородской области.

Материалы и методы исследования. С помощью имитационного моделирования была разработана виртуальная модель медицинской эвакуации пострадавших с места аварии на трассе М-2 Крым в Ивнянском районе на границе с Яковлевским районом. В ходе серии экспериментов выполнен анализ и осуществлена оптимизация данной модели. Полученные данные систематизированы и статистически обработаны с применением t-критерия Стьюдента для несвязанных совокупностей.

Результаты исследования и их анализ. В результате проведенного эксперимента было установлено закономерное и достоверное снижение времени на проведение медицинской эвакуации пациентов с $(105,8 \pm 12,1)$ мин – по ретроспективным данным до $(43,2 \pm 1,18)$ мин – по данным модели. Результаты исследования показали явное преимущество функционирования Единого центра СМП и МК для обеспечения проведения своевременной и правильной медицинской эвакуации пострадавших при массовом ДТП.

Ключевые слова: Белгородской область, Единый центр скорой медицинской помощи и медицины катастроф, имитационное моделирование, ликвидация медико-санитарных последствий, массовое дорожно-транспортное происшествие, медицина катастроф, медицинская эвакуация, организация здравоохранения, скорая медицинская помощь, чрезвычайные ситуации

Конфликт интересов. Авторы статьи подтверждают отсутствие конфликта интересов

Для цитирования: Григорьев С.А., Теплов В.М., Цебровская Е.А., Москвина С.С., Ихаев А.Б., Багненко С.Ф. Имитационное моделирование ликвидации медико-санитарных последствий массового дорожно-транспортного происшествия, на примере Белгородской области // Медицина катастроф. 2025. №2. С. 66-70. <https://doi.org/10.33266/2070-1004-2025-2-66-70>

SIMULATION MODELING OF THE ELIMINATION OF THE MEDICAL AND SANITARY CONSEQUENCES OF A MASS ACCIDENT USING THE EXAMPLE OF THE BELGOROD REGION

S.A.Grigoriev¹, V.M.Teplov², E.A.Tsebrovskaya², S.S.Moskvina³, A.B.Ikhaev⁴, S.F.Bagnenko²

¹ Emergency Medical Care Station of the Belgorod Region, Belgorod, Russian Federation

² I.P.Pavlov First St. Petersburg State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russian Federation

³ The Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

⁴ Republican Ambulance Station, Groznyy, Russian Federation

Summary. The aim of the study is to conduct a comparative analysis of the activities of emergency medical care during medical evacuation of victims in a mass road traffic accident (RTA) before and after the creation of the Unified Center for Emergency Medical Care (EMC) and Disaster Medicine (DM) using the example of the Belgorod Region. **Materials and methods of the study.** Using simulation modeling, a virtual model of medical evacuation of victims from the accident site on the M-2 Crimea highway in the Ivnyansky district on the border with the Yakovlevsky district was developed. In the course of a series of experiments, the analysis and optimization of this model were carried out. The obtained data were systematized and statistically processed using the Student's t-test for unrelated populations.

Results of the study and their analysis. As a result of the experiment, a natural and reliable decrease in the time for medical evacuation of patients was established from (105.8 ± 12.1) min - according to retrospective data to (43.2 ± 1.18) min - according to the model data. The results of the study showed a clear advantage of the functioning of the Unified

Center for Emergency Medical Care and Medical Assistance to ensure timely and correct evacuation of victims in a mass accident.

Key words: *Belgorod Region, disaster medicine, elimination of medical and sanitary consequences, emergency medical care, emergency situation, healthcare organization, mass road accident, medical evacuation, simulation modeling, Unified Center for Emergency Medical Care and Disaster Medicine*

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest

For citation: Grigoriev S.A., Teplov V.M., Tsebrovskaya E.A., Moskvina S.S., Ikhaev A.B., Bagnenko S.F. Simulation Modeling of the Elimination of the Medical and Sanitary Consequences of a Mass Accident Using the Example of the Belgorod Region. *Meditsina Katastrof* = Disaster Medicine. 2025;2:66-70 (In Russ.). <https://doi.org/10.33266/2070-1004-2025-2-66-70>

Контактная информация:

Теплов Вадим Михайлович – докт. мед. наук; профессор кафедры скорой медицинской помощи и хирургии повреждений, руководитель отдела скорой медицинской помощи ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П.Павлова»

Адрес: Россия, 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8

Тел.: +7 (931) 539-19-71

E-mail: vadteplov@mail.ru

Contact information:

Vadim M. Teplov – Dr. Sc. (Med.); Professor of the Department of Emergency Medicine and Injury Surgery, Head of the Department of Emergency Medicine; First St. Petersburg State Medical University named after Acad. I.P.Pavlova

Address: 6-8, L'va Tolstogo str., St. Petersburg, 197022, Russia

Phone: +7 (931) 539-19-71

E-mail: vadteplov@mail.ru

Введение

В последнее десятилетие во многих субъектах Российской Федерации (далее – субъекты) происходит объединение в одно юридическое лицо службы скорой медицинской помощи (СМП) и Службы медицины катастроф (СМК) [1, 2]. Несмотря на понимание необходимости оптимизации работы этих служб при их работе в режимах повседневной деятельности и чрезвычайной ситуации (ЧС) до настоящего времени не выполнен детальный анализ функционирования указанной организационной модели [3, 4]. Одним из субъектов, в котором был создан Единый центр скорой медицинской помощи и медицины катастроф (далее – Единый центр СМП и МК), является Белгородская область.

Белгородская область включает в себя 21 административный район с общей численностью населения 1 млн 511,6 тыс. чел. (55,31 чел./км²), проживающих в 9 городах и 21 посёлке городского типа, и имеет достаточно развитую дорожную сеть с хорошим покрытием. До объединения службы СМП и СМК в одно юридическое лицо в районах области медицинскую помощь по неотложным и экстренным показаниям, в том числе в ЧС, оказывали с использованием медицинских сил и средств местных служб, а пациентов маршрутизировали в ближайшую лечебную медицинскую организацию (ЛМО).

В соответствии с приказом Минздрава России «Об утверждении ведомственной целевой программы «Совершенствование оказания скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи и деятельности Всероссийской службы медицины катастроф» от 2 октября 2019 г. №827 в регионе, начиная с марта 2019 г., стало осуществляться объединение службы СМП и СМК. Основной целью этой реорганизации было сокращение времени, затрачиваемого службой СМП на прибытие к месту события (менее 20 мин), в результате чего ожидалось снижение уровня больничной летальности среди пострадавших в ЧС. Реформа проводилась поэтапно с марта 2019 по март 2022 гг. Ее результатом стало формирование трёх медицинских округов – центрального, юго-восточного и северо-восточного и создание Единой диспетчерской службы

(ЕДС). Данные изменения позволили оптимизировать алгоритмы маршрутизации пациентов, находившихся в жизнеугрожающем состоянии, а также алгоритмы медицинской эвакуации пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП).

Цели исследования – разработать виртуальную модель проведения медицинской эвакуации пострадавших в массовом дорожно-транспортном происшествии; с использованием разработанной модели оценить эффективность функционирования Единого центра скорой медицинской помощи и медицины катастроф.

Материалы и методы исследования.

Для разработки виртуальной модели медицинской эвакуации пострадавших в массовом ДТП были проанализированы оперативные отчёты о дорожно-транспортных происшествиях, произошедших в Белгородской области с марта 2018 по март 2019 гг., т.е. до объединения, когда станции СМП функционировали на базе центральных районных больниц (ЦРБ) – [5–7]. Прототипом для моделирования были выбрано дорожно-транспортное происшествие, произошедшее 15 января 2019 г. в 06:20 утра на 628-м км федеральной трассы М2 «Крым», в районе хутора Гремучий Ивнянского района, где в результате лобового столкновения легкового автомобиля LADA Kalina с микроавтобусом «ГАЗель» пострадали 14 чел., двое из которых погибли на месте [8]. Состояние пострадавших в ДТП было следующим: 2 чел. находились в тяжёлом состоянии; 6 – в состоянии средней степени тяжести; 4 чел. – в удовлетворительном состоянии. Расстояние до двух ближайших ЦРБ составляло: до Яковлевской ЦРБ – 22 км, до Ивнянской ЦРБ – 31 км; расстояние до Белгородской областной клинической больницы (БОКБ) им. Святителя Иоасафа – травмоцентра 1-го уровня – 41 км. Для оказания медицинской помощи были задействованы 4 бригады СМП: по две – со станций СМП Ивнянской и Яковлевской ЦРБ. По данным оперативного дежурного Центра медицины катастроф (ЦМК), первая бригада СМП прибыла на место ДТП через 14 мин. Все пострадавшие были эвакуированы в ближайшие ЦРБ, при этом в травмоцентр I уровня – Белгородскую областную клиническую больницу им. Святителя Иоасафа – не было госпитализировано ни одного пациента.

С помощью поисково-информационной картографической службы Яндекс были проанализированы возможные маршруты медицинской эвакуации между указанными ЦРБ, БОКБ им. Св. Иоасафа и местом аварии. Скорость автомобиля СМП по предполагаемому маршруту эвакуации составляла (80 ± 3) км/ч. Кроме того, было изучено штатное расписание работы служб СМП и действующие на то время алгоритмы и порядки маршрутизации больных и пострадавших.

Полученные данные были структурированы и интегрированы в виртуальную модель, на которой в последующие были проведены организационные эксперименты.

Результаты исследования и их анализ.

По результатам работы была разработана виртуальная модель маршрутизации пострадавших с места массового ДТП на 628-м км федеральной трассы М2 «Крым», в районе хутора Гремучий Ивнянского района Белгородской области, которая полностью соответствовала реальным событиям, произошедшим 15 января 2019 г. (рис. 1).

На модели была установлена «точка сбора пациентов», в которую через 14 мин от момента ДТП прибыла первая бригада СМП, затем – в течение последующих 6 мин – на место ДТП прибыли еще 3 бригады СМП. Кроме того, была обозначена «нулевая точка» отсчета времени ожидания начала проведения медицинской эвакуации с момента прибытия первой бригады СМП. В Яковлевскую ЦРБ были эвакуированы 50% пациентов; в Ивнянскую ЦРБ – остальные пациенты. Фиксировалось время проведения медицинской эвакуации пациента с учетом погрузки, разгрузки и передачи пациента в стационар, а также время движения машины СМП обратно к месту ДТП. По результатам многократных итераций

(повторений), среднее время в пути при медицинской эвакуации пострадавших в Яковлевскую ЦРБ составило $(16,5 \pm 1,2)$ мин модельного времени (табл. 1). Среднее время, затраченное на медицинскую эвакуацию в Ивнянскую ЦРБ, составило $(23,4 \pm 1,4)$ мин.

С учетом возвращения машины СМП на место ДТП за следующим пациентом, на модели время медицинской эвакуации одного пациента составило: в Яковлевскую ЦРБ – 37,4 мин, в Ивнянскую ЦРБ – 51,2 мин. При этом значительно увеличивалось время ожидания медицинской эвакуации с места ДТП. Если для первых четырех пациентов временные рамки ожидания укладывались в рекомендованные 20 мин, то для всех последующих пациентов – ситуация усугублялась. В результате работы в таком режиме только двух пациентов удалось доставить в стационар в течение 1 ч с момента ДТП. Для последних пациентов это время составило свыше двух часов, что – даже в случае легких повреждений – могло повлиять на качество оказания медицинской помощи.

При проведении виртуального эксперимента, подразумевающего функционирование в условиях создания Единого центра СМП и МК, нами был изменен алгоритм маршрутизации пациентов, который подразумевал использование медицинских сил и средств объединенной службы и обеспечение приоритетной медицинской эвакуации наиболее тяжелых пострадавших в травмоцентр I уровня.

При возникновении ЧС на место ДТП с ближайших подстанций СМП могли быть направлены 12 бригад СМП, которые могли прибыть на место события практически одновременно благодаря наличию ЕДС, а медицинская эвакуация всех тяжелых пациентов и пациентов средней степени тяжести (8 пациентов) осуществлялась в БОКБ им. Св. Иоасафа, находящуюся в 41 км от места ДТП (рис. 2).

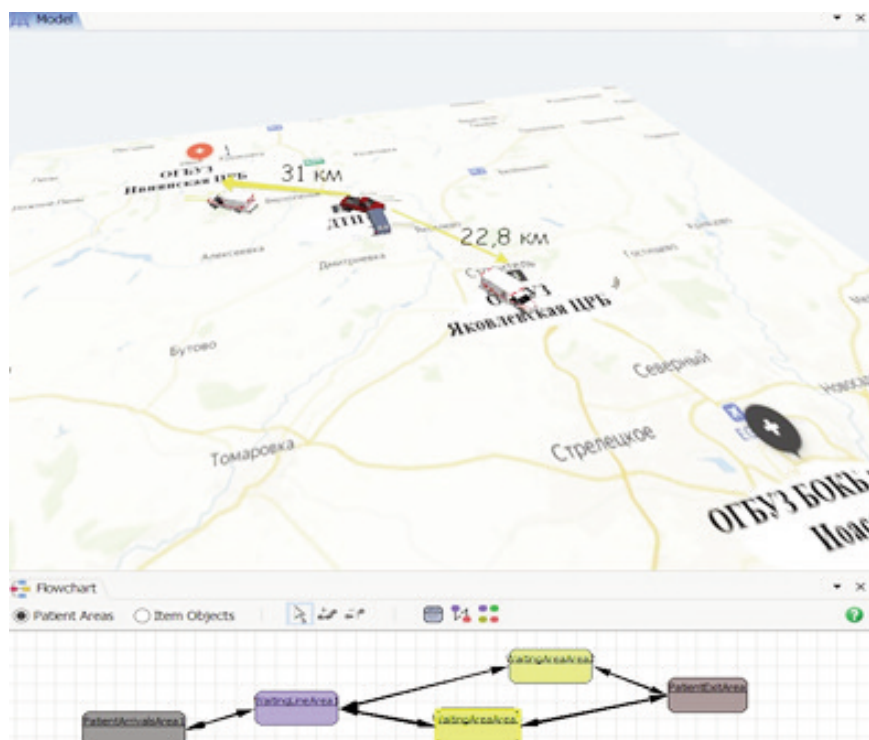


Рис. 1. Скан виртуальной модели проведения медицинской эвакуации с места массового ДТП – до объединения службы СМП и СМК

Fig. 2. Scan of the virtual model of medical evacuation from the scene of a mass accident before the unification of emergency medical services and disaster medicine

**Расчетные данные проведения медицинской эвакуации пострадавших в ДТП – до объединения
службы СМП и СМК**

Calculated data for the medical evacuation of victims in road accidents – before the merger of the EMS and DM services

Стационар / Hospital	№ машины СМП / Ambulances No.	№ вызова / Call No.	Степень тяжести состояния пострадавших / Severity of injuries			Средняя скорость передвижения, км / ч / Average travel speed, km/h	Расстояние от места ДТП до стационара, км / Distance from the accident site to the hospital, km	Время в пути, мин / Travel time, min			Время эвакуации, мин / Evacuation time, min
			удовл. / satisfactory	средней тяж. / average	тяжелое / heavy			min	max	moda	
Яковлевская ЦРБ / Yakovlevskaya Central District Hospital	1	1	–	–	1	80 ±3	22	35	42	37,4	51,4*
	–	2	–	1	–						89,2*,**
	–	3	1	–	–						127*,**
	2	1	–	1	–						53,4*,**
	–	2	–	1	–						91,2*,**
	–	3	1	–	–						128,2*,**
Ивнянская ЦРБ / Ivnyanskaya Central District Hospital	3	1	–	–	1	80±3	31	48	56	51,2	69,2*,**
	–	2	–	1	–						120,4*,**
	–	3	1	–	–						172*,**
	4	1	–	1	–						71,2*,**
	–	2	–	1	–						122,4*,**
	–	3	1	–	–						174*,**

Примечания. * длительность ожидания вызова – более 20 мин; ** пациенты, доставленные вне терапевтического окна
Notes: * call waiting time over 20 min; ** patients delivered outside the therapeutic window

В ходе эксперимента было выявлено закономерное и достоверное снижение времени, затрачиваемого на медицинскую эвакуацию пациентов – с (105,8±12,1) до (43,2±1,18) мин, причем все пациенты были доставлены в стационары в пределах терапевтического

часа, а госпитализация тяжело пострадавших и пострадавших средней степени тяжести осуществлялась исключительно в травмоцентр I уровня, который находится в постоянной готовности к оказанию медицинской помощи при политравме (табл. 2).

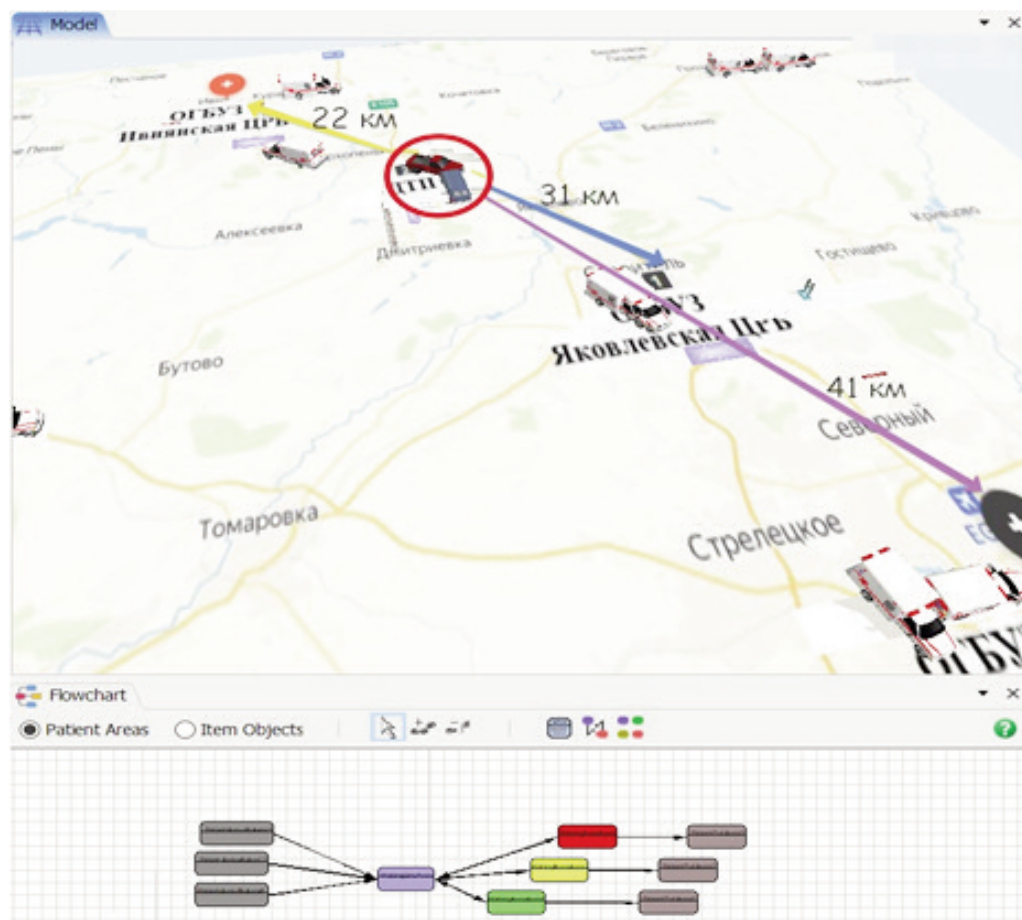


Рис. 2. Скан эксперимента в условиях объединения службы СМП и СМК

Fig. 2. Scan of the experiment in the context of combining the emergency medical service and the disaster medicine service

Таблица 2 / Table No.2

Расчетные данные на медицинскую эвакуацию пострадавших в ДТП – после объединения службы СМП и СМК
 Estimated data for the medical evacuation of victims in road accidents – after the unification of the EMS and DM services

Стационар / Hospital	№ машины СМП / Ambulances No.	№ вызова / Call No.	Степень тяжести состояния пострадавших / Severity of injuries			Средняя скорость передвижения, км/ч / Average travel speed, km/h	Расстояние от места ДТП до стационара, км / Distance from the accident site to the hospital, km	Время пути, мин / Travel time, min			Время эвакуации, мин / Evacuation time, min
			удовл. / satisfactory	средней тяж. / average	тяжелое / heavy			min	max	moda	
БОКБ им. Св. Иоасафа / Sv. Ioasaf Hospital	1	1	–	–	1	80±3	41	35,2	35,6	35,4	49,4±1,2
	2	1	–	–	1		41	35,2	35,6	35,4	49,4±1,2
	3	1	–	1	–		41	35,2	35,6	35,4	49,4±1,2
	4	1	–	1	–		41	35,2	35,6	35,4	49,4±1,2
	5	1	–	1	–		41	35,2	35,6	35,4	49,4±1,2
	6	1	–	1	–		41	35,2	35,6	35,4	49,4±1,2
	7	1	–	1	–		41	35,2	35,6	35,4	49,4±1,2
	8	1	–	1	–		41	35,2	35,6	35,4	49,4±1,2
Ивнянская ЦРБ / Ivnyanskaya CDH	9	1	1	1	–		22	21,5	23,4	22,5	36,4±1,05
	10	1	1	–	–		22	21,5	23,4	22,5	36,4±1,05
Яковлевская ЦРБ / Yakovlevskaya CDH	11	1	1	–	–		31	28,2	32	29	43±1,3
	1	1	–	–	1		41	35,2	35,6	35,4	49,4±1,2

Выводы

1. Воссоздание на имитационной модели событий массового ДТП позволило проанализировать проблемы, возникающие при медицинской эвакуации пострадавших в условиях разрозненно действующих звеньев службы СМП и СМК. Виртуальный эксперимент с оптимизацией наглядно продемонстрировал эффективность функционирования Единого центра СМП и СМК, обладающего Единой диспетчерской службой, обеспечивающей возможность немедленного

реагирования с использованием всех необходимых медицинских сил и средств.

2. Виртуальная модель функционирования ЕЦ СМП и СМК в субъекте с высокой плотностью населения и развитой сетью автомобильных дорог продемонстрировала более высокую эффективность работы станций СМП по обеспечению проведения своевременной и правильной медицинской эвакуации пострадавших при массовом ДТП по сравнению с периодом до создания объединенной службы СМП и СМК.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Багненко С.Ф., Миннуллин И.П., Мирошниченко А.Г. Теплов В.М., Разумный Н.В. Направления совершенствования организации скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи, специализированной медицинской помощи в экстренной и неотложной формах и медицинской эвакуации в субъекте Российской Федерации // Вестник Росздравнадзора. 2019. №3. С. 70-74.
2. Быстров М.В., Гончаров С.Ф. К вопросу об организационной модели функционирования регионального центра скорой медицинской помощи и медицины катастроф субъекта Российской Федерации // Медицина катастроф. 2019. №4. С. 5-10.
3. Гончаров С.Ф., Самойлов А.С., Иванов И.В., Баранова Н.Н., Мешков М.А., Миннуллин И.Б., Касимова О.А. Организация контроля качества и безопасности медицинской деятельности при оказании скорой, скорой специализированной медицинской помощи и проведении медицинской эвакуации // Вестник Росздравнадзора. 2022. №3. С. 34-42.
4. Баранова Н.Н. Медицинская эвакуация пострадавших в чрезвычайных ситуациях: Дис. ... докт. мед. наук. СПб., 2022. 617 с.
5. Теплов В.М., Цевровская Е.А., Алимов Р.Р., Ихаев А.Б., Китун С.Н., Забелина И.З., Багненко С.Ф. Сравнительный анализ результатов моделирования трехуровневой системы оказания скорой медицинской помощи в субъектах Российской Федерации // Скорая медицинская помощь. 2020. №4. С. 4-10.
6. V zquez-Serrano J.I., Peimbert-Garc a R.E., C rdenas-Barr n L.E. Discrete-Event Simulation Modeling in Healthcare: a Comprehensive Review // Int J Environ Res Public Health. 2021 Nov. V.22. No.18. P. 12262.
7. Sallex S., Tokala P., Brennan A., Kh'yuz R., But A. Имитационное моделирование в здравоохранении: общий обзор систематических обзоров литературы // Фармакоэкономика. 2017. №9. С. 937-949.
8. Новостная лента: Информация о ДТП в Ивнянском районе 15 Января 2019 08:12. Электронный ресурс: <https://31.мвд.пф/ news/item/15495364>.

REFERENCES

1. Bagnenko S.F., Minnullin I.P., Miroshnichenko A.G. Teplov V.M., Razumny N.V. Directions for Improving the Organization of Emergency, Including Specialized Emergency, Medical Care, Specialized Medical Care in Emergency and Urgent Forms and Medical Evacuation in a Constituent Entity of the Russian Federation. Vestnik Roszdravnadzora = Bulletin of Roszdravnadzor. 2019;3:70-74 (In Russ.).
2. Bystrov M.V., Goncharov S.F. On the Issue of the Organizational Model of Functioning of the Regional Center for Emergency Medical Care and Disaster Medicine of a Constituent Entity of the Russian Federation. Meditsina Katastrof = Disaster Medicine. 2019;4:5-10 (In Russ.).
3. Goncharov S.F., Samoylov A.S., Ivanov I.V., Baranova N.N., Meshkov M.A., Minnullin I.B., Kasymova O.A. Organization of Quality Control and Safety of Medical Activities in the Provision of Emergency, Emergency Specialized Medical Care and Medical Evacuation. Vestnik Roszdravnadzora = Bulletin of Roszdravnadzor. 2022;3:34-42 (In Russ.).
4. Baranova N.N. Meditsinskaya Evakuatsiya Posttravshikh v Chrezvychaynykh Situatsiyakh = Medical Evacuation of Victims in Emergency Situations. Doctor's Thesis (Med.). St. Petersburg Publ., 2022. 617 p. (In Russ.).
5. Teplov V.M., Tsebrovskaya Ye.A., Alimov R.R., Ikhayev A.B., Kitsun S.N., Zabelina I.Z., Bagnenko S.F. Comparative Analysis of the Results of Modeling a Three-Level System of Emergency Medical Care in the Constituent Entities of the Russian Federation. Skoraya Meditsinskaya Pomoshch' = Emergency Medical Care. 2020;4:4-10 (In Russ.).
6. V zquez-Serrano J.I., Peimbert-Garc a R.E., C rdenas-Barr n L.E. Discrete-Event Simulation Modeling in Healthcare: a Comprehensive Review. Int J Environ Res Public Health. 2021 Nov;22;18:12262.
7. Sallex S., Tokala P., Brennan A., Kh'yuz R., But A. Simulation Modeling in Health Care: an Overview of Systematic Literature Reviews. Farmakoeconomika = Pharmacoeconomics. 2017;9:937-949 (In Russ.).
8. News feed: Information about the Accident in Ivnyansky District 15 January 2019 08:12. URL: <https://31.мвд.пф/ news/item/15495364>. (In Russ.).

Материал поступил в редакцию 16.01.25; статья принята после рецензирования 14.03.25; статья принята к публикации 16.06.25
 The material was received 16.01.25; the article after peer review procedure 14.03.25; the Editorial Board accepted the article for publication 16.06.25