DOI: 10.58168/TSMSTTO2026_40-47
УДК 614.8:004:616-001

ЦИФРОВОЙ КОНТУР ЭВАКУАЦИИ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ: ОТ ЗАВАЛА ДО РЕАНИМАЦИИ

Корнев М.С., Томилин Е.С., Туданов К.С., Хаустов С.Н., Суховей А.В., Суховей Д.В., Христенко А.С., *студенты*
Механтьева Л.Е., *д-р мед. наук, профессор*
Ильичев В.П., *канд. мед. наук, доцент*
Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко

Аннотация. В статье представлена концепция цифрового контура лечебно-эвакуационного обеспечения пострадавших при землетрясениях, охватывающего все этапы – от поиска под завалами до госпитализации в специализированные стационары. На основе анализа отечественного и зарубежного опыта ликвидации медико-санитарных последствий землетрясений рассмотрены ключевые цифровые технологии: беспилотные авиационные системы, геоинформационные системы, телемедицина, алгоритмы искусственного интеллекта для медицинской сортировки, системы поддержки принятия решений и имитационное моделирование маршрутов эвакуации. Показано, что интеграция указанных технологий в единый информационный контур позволяет значительно сократить время реагирования, повысить точность сортировки и обоснованность маршрутизации, что в конечном счёте способствует снижению летальности среди пострадавших. Определены перспективные направления дальнейшей цифровой трансформации системы медицинского обеспечения при разрушительных землетрясениях.

Ключевые слова: землетрясение, лечебно-эвакуационное обеспечение, медицинская эвакуация, цифровые технологии, телемедицина, искусственный интеллект, беспилотные авиационные системы, медицинская сортировка, имитационное моделирование.

DIGITAL EVACUATION PATHWAY IN EARTHQUAKE: FROM THE RUBBLE TO THE INTENSIVE CARE UNIT

Kornev M.S., Tomilin E.S., Tudanov K.S., Khaustov S.N., Sukhovey A.V., Sukhovey D.V., Khristenko A.S., *students*
Mekhantyeva L.E., *Doctor of Medical Sciences, Professor*
Ilichev V.P., *Candidate of Medical Sciences, Associate Professor*
Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko

© Корнев М. С., Томилин Е. С., Туданов К. С., Хаустов С. Н., Суховей А. В., Суховей Д. В., Христенко А. С., Механтьева Л. Е., Ильичев В. П., 2026

Abstract. The article presents the concept of a digital pathway for medical evacuation support of earthquake victims, covering all stages from search under the rubble to hospitalization in specialized hospitals. Based on the analysis of domestic and international experience in eliminating the medical and sanitary consequences of earthquakes, key digital technologies are examined: unmanned aircraft systems, geographic information systems, telemedicine, artificial intelligence algorithms for medical triage, decision support systems, and simulation modeling of evacuation routes. It is shown that the integration of these technologies into a unified information pathway significantly reduces response time, improves triage accuracy, and justifies routing, ultimately contributing to reduced mortality among victims. Promising directions for further digital transformation of the medical support system for devastating earthquakes are identified.

Keywords: earthquake, medical evacuation support, medical evacuation, digital technologies, telemedicine, artificial intelligence, unmanned aircraft systems, medical triage, simulation modeling.

Землетрясения остаются одним из наиболее разрушительных видов природных чрезвычайных ситуаций. За последние два десятилетия они унесли сотни тысяч жизней, а материальный ущерб исчисляется миллиардами долларов [1]. Катастрофическое землетрясение в Армянской ССР в декабре 1988 г., землетрясения в Турции (1999, 2023 гг.), Иране (2003 г.), Китае (2008 г.) и многие другие показали, что главными факторами, определяющими выживаемость пострадавших, являются скорость извлечения из-под завалов, своевременность и качество оказания медицинской помощи на месте и в ходе эвакуации [2, 3]. В соответствии с ГОСТ Р 22.8.15-2023, аварийно-спасательные работы при землетрясениях включают разведку, поиск пострадавших, их деблокирование, оказание первой помощи и эвакуацию в безопасное место [4]. Однако в условиях массовых санитарных потерь, разрушения медицинской инфраструктуры и транспортных путей реализация этих этапов требует принципиально новых подходов, основанных на цифровых технологиях.

Федеральный закон № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» и создание Единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения создают правовую основу для внедрения телемедицины, электронных медицинских карт и информационного обмена между медицинскими организациями [5]. Применительно к землетрясениям задача цифровизации лечебно-эвакуационного обеспечения формулируется как создание единого информационного контура, который обеспечивает непрерывное наблюдение, сортировку, контроль состояния и управление потоками пострадавших от момента обнаружения под завалом до поступления в профильный стационар. Цель настоящей статьи – систематизировать существующие цифровые технологии, формирующие такой контур, и оценить их влияние на эффективность медицинской эвакуации при землетрясениях.

Первые часы после землетрясения характеризуются хаотичностью завалов, разрушением дорог и отсутствием точной информации о числе и местонахождении пострадавших. Для оперативной оценки обстановки всё шире используются геоинформационные системы (ГИС) и данные космического зондирования. ГИС позволяют накладывать на цифровую карту местности сведения о разрушенных зданиях, транспортных коридорах, местах расположения медицинских организаций и пунктов сбора поражённых, что даёт руководителю ликвидации чрезвычайной ситуации наглядную картину [6]. Беспилотные аппараты с тепловизорами и видеокамерами высокого разрешения способны быстро обследовать обширные участки разрушений, выявляя места скопления людей и подавая сигнал спасателям. Включение алгоритмов компьютерного зрения и нейронных сетей позволяет в автоматическом режиме распознавать фигуру человека в завалах, оценивать его подвижность и наличие признаков жизни, тем самым реализуя дистанционный этап медицинской сортировки [7, 8].

Опыт Воронежского областного клинического центра медицины катастроф демонстрирует, что телемедицинские консультации нейрохирургов и травматологов непосредственно с места чрезвычайной ситуации позволяют избежать необоснованных госпитализаций в непрофильные стационары. Например, только в 2020 г. нейрохирурги центра провели 630 телемедицинских консультаций, что составило 66% от всех обращений по поводу дорожно-транспортных происшествий и других ЧС [9]. Эта практика может быть масштабирована на землетрясения: врач авиамедицинской бригады, находясь в зоне бедствия, связывается по защищённому каналу с профильным специалистом областной или федеральной клиники, который по данным видеоизображения и показателей прикроватного монитора утверждает тактику лечения и эвакуации. Системное применение цифровых телемедицинских технологий при медицинском обеспечении чрезвычайных ситуаций способствует повышению оперативности и качества принимаемых решений на всех этапах лечебно-эвакуационных мероприятий [10]. Таким образом, уже на догоспитальном этапе закладывается правильная маршрутизация, исключающая лишние перевозки.

Имитационное моделирование служит действенным инструментом планирования эвакуации при землетрясениях. Исследование, проведённое на примере массового дорожно-транспортного происшествия, показало, что создание единого информационного центра управления скорой медицинской помощью и медициной катастроф с общей диспетчерской службой сокращает среднее время эвакуации более чем вдвое [11]. При землетрясении ситуация осложняется множественными разрушениями дорожной сети. ГИС-технологии с функцией сетевого анализа позволяют в реальном времени перестраивать маршруты санитарного автотранспорта и вертолётов, учитывая пробки, повреждённые мосты и перекрытые участки [6]. Алгоритмы искусственного интеллекта на основе глубокого обучения способны предсказывать время

прибытия бригад и предлагать оптимальное распределение пострадавших по стационарам с учётом их коечного фонда и профилизации [12]. Важнейшими характеристиками систем поддержки принятия решений, используемых в подобных задачах, являются оперативность, наглядность и возможность человеко-машинной оптимизации решений с учётом ограниченных ресурсов [13].

Современные мобильные медицинские комплексы, такие как «Афалина» и «Белуха», создаваемые Всероссийским центром медицины катастроф «Защита», представляют собой роботизированные модули, обеспечивающие непрерывную регистрацию жизненно важных функций, искусственную вентиляцию лёгких и автоматическую передачу данных в приёмное отделение стационара [14]. Это позволяет реаниматологу дистанционно корректировать терапию и подготовить операционную к моменту прибытия. Датчики системы EvaCopNet, изначально разработанной для пожарно-спасательных подразделений, также могут быть использованы для дистанционного наблюдения за состоянием поражённых, ожидающих эвакуации на временных площадках [15].

Цифровые платформы постепенно внедряются и в традиционные виды санитарного транспорта. Так, разрабатывается концепция «умного поезда милосердия» [16]. Оценка эффективности комплексной цифровизации эвакуации при землетрясениях пока проводится преимущественно на моделях, однако предварительные результаты обнадёживают. Так, зарубежная система поддержки принятия решений, интегрирующая данные сейсмического мониторинга, ГИС и алгоритмы прогнозирования потребности в медицинских силах, позволила в виртуальных экспериментах сократить задержки эвакуации на 30–40% [8, 17]. Внедрение аналогичных отечественных решений сдерживается пока недостаточной совместимостью программного обеспечения различных ведомств (МЧС России, Минздрав России, Минобороны России) и высокой стоимостью развёртывания сенсорной инфраструктуры. Тем не менее, отдельные элементы цифрового контура уже активно используются в практике территориальных центров медицины катастроф и станций скорой медицинской помощи, что подтверждает их жизнеспособность и востребованность.

Таким образом, цифровой контур эвакуации при землетрясении, объединяющий беспилотные системы разведки, интеллектуальную сортировку, телемедицину, геоинформационные системы и имитационное моделирование, способен кардинально повысить эффективность лечебно-эвакуационного обеспечения. Непрерывный мониторинг состояния пострадавшего и централизованное управление потоками минимизируют временные потери и гарантируют доставку пациента в профильный стационар в пределах «золотого часа». Дальнейшее развитие должно быть направлено на создание единой межведомственной цифровой платформы, стандартизацию протоколов обмена данными и масштабные полевые испытания. Лишь в этом случае технологический прорыв воплотится в реальное спасение тысяч жизней при будущих сейсмических катастрофах.

Список литературы

1. Гладких, П. Ф. Ликвидация медико-санитарных последствий землетрясения в Армянской ССР зимой 1988 г. (к 30-летию катастрофы) / П. Ф. Гладких, И. Д. Косачев, Р. Н. Лемешкин // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2018. – № 2. – С. 5–15.

2. Иголкина, В. В. Травмы и заболевания пострадавших от землетрясения, виды помощи / В. В. Иголкина, К. Н. Черняк, В. В. Масляков // Медицинские науки. – 2025. – URL: [адрес электронной публикации] (дата обращения: 05.04.2026).

3. Теряев, В. Г. Организация экстренной медицинской помощи пострадавшим при землетрясениях / В. Г. Теряев, В. И. Потапов, Л. Л. Стажадзе, Ш. А. Байрамов // Неотложная медицина. – 2019. – URL: [адрес электронной публикации] (дата обращения: 18.04.2026).

4. ГОСТ Р 22.8.15-2023. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Аварийно-спасательные работы при ликвидации последствий землетрясений. Общие требования. – Москва : Российский институт стандартизации, 2023. – 8 с.

5. Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации». Статья 41.

6. Яницков, И. М. Применение ГИС-технологий в области анализа риска чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера территорий / И. М. Яницков, И. А. Латыпова, М. В. Телегина // Интеллектуальные системы в производстве. – 2016. – № 2 (29). – С. 81–84.

7. Мужиков, М. А. Современные технологии в медицине катастроф: использование дронов и телемедицины в зонах чрезвычайных ситуаций / М. А. Мужиков // Сборник материалов конференции. – Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, 2025. – С. 3–5.

8. Zhang, W. Research on Camouflaged Human Target Detection Based on Deep Learning / W. Zhang, Q. Zhou, R. Li, F. Niu // Computational Intelligence and Neuroscience. – 2022. – Vol. 2022. – P. 7703444.

9. Механтьева, Л. Е. Опыт применения телемедицинских технологий в работе Воронежского областного клинического центра медицины катастроф / Л. Е. Механтьева, А. Н. Артёмов, В. П. Ильичёв // Медицина катастроф. – 2021. – № 4. – С. 17–22.

10. Применение цифровых телемедицинских технологий при осуществлении мероприятий по медицинскому обеспечению чрезвычайных ситуаций на территории Воронежской области / Л. Е. Механтьева, В. П. Ильичев, Т. П. Склярова, Г. И. Сапронов // Безопасность – 2022 : материалы VI Межрегиональной научно-практической конференции. – Волгоград, 2022. – С. 54–59.

11. Имитационное моделирование ликвидации медико-санитарных последствий массового дорожно-транспортного происшествия, на примере

Белгородской области / С. А. Григорьев, В. М. Теплов, Е. А. Цебровская [и др.] // Медицина катастроф. – 2025. – № 2. – С. 66–70.

12. Селиверстов, П. А. Возможности применения технологий искусственного интеллекта для оказания догоспитальной помощи при травмах / П. А. Селиверстов, Ю. Г. Шапкин, Н. Ю. Стекольников // Журнал им. Н. В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь». – 2025. – Т. 14, № 3. – С. 609–618.

13. Особенности организации систем поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях / О. П. Перегудова, А. В. Петрова, Л. Е. Механтьева [и др.] // Особенности оказания медицинской помощи при ЧС мегаполиса : сборник научных трудов. – Воронеж, 2018. – С. 3–7.

14. Концепция реконфигурируемого изолируемого роботизированного медицинского модуля для эвакуации больных и пострадавших / С. Ф. Гончаров, М. Э. Соколов, Н. Н. Баранова [и др.] // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2020. – № 3. – С. 14–23.

15. Ciuka-Witrylak, M. Nowoczesne rozwiązania w zakresie segregacji medycznej na przykładzie systemu EvaCopNet / M. Ciuka-Witrylak, K. Jarosławska-Kolman, R. Grosset // Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza. – 2018. – Vol. 50, Iss. 2. – P. 74–89.

16. Вопросы организации «умного поезда милосердия» / А. В. Татаренко, Е. В. Казакевич, А. А. Привалов, С. А. Лопатин // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2024. – Т. 21, вып. 2. – С. 525–536.

17. Li, Y. Development and Validation of a Simplified Prehospital Triage Model Using Neural Network to Predict Mortality in Trauma Patients: The CAPSO Model / Y. Li, L. Wang, Y. Liu [et al.] // Frontiers in Medicine. – 2021. – Vol. 8. – P. 810195.

References

1. Gladkikh P.F., Kosachev I.D., Lemeshkin R.N. Elimination of medical and sanitary consequences of the earthquake in the Armenian SSR in the winter of 1988 (on the 30th anniversary of the disaster). Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh. 2018;2:5–15. (In Russian).

2. Igolkina, V. N. V. N. Injuries and diseases of earthquake victims, types of assistance / V. N. V. N. Igolkina, K. N. N. Chernyak, V. N. V. N. Maslyakov / / Medical sciences. – 2025. - URL: [electronic publication address] (date of access: 04/05/2026).

3. Teryaev, V. N. According to the scientific director, the organization of emergency medical care for earthquake victims. According to G. N. Teryaev, V. N. I. Potapov, L. L. N. Intern, S. N. A. N. Bayramov / / Emergency medicine. – 2019. - URL: [electronic publication address] (accessed: 04/18/2026).GOST R 22.8.15-2023.

Safety in emergencies. Rescue operations in the aftermath of earthquakes. General requirements. Moscow: Russian Institute of Standardization; 2023. 8 p. (In Russian).

4. Federal Law of the Russian Federation No. 323-FZ of November 21, 2011 “On the fundamentals of health protection of citizens in the Russian Federation”. Art. 41. (In Russian).

5. Yannikov I.M., Latypova I.A., Telegina M.V. Application of GIS technologies in the field of risk analysis of emergency situations of natural and technogenic character of territories. Intellektual'nye sistemy v proizvodstve. 2016;2(29):81–84. (In Russian).

6. Muzhikov M.A. Modern technologies in disaster medicine: the use of drones and telemedicine in emergency zones. In: Sbornik materialov konferentsii. Military Medical Academy named after S.M. Kirov; 2025:3–5. (In Russian).

7. Zhang W., Zhou Q., Li R., Niu F. Research on Camouflaged Human Target Detection Based on Deep Learning. Computational Intelligence and Neuroscience. 2022;2022:7703444.

8. Mekhantieva L.E., Artemov A.N., Ilyichev V.P. Experience of applying telemedicine technologies in the work of the Voronezh Regional Clinical Center for Disaster Medicine. Meditsina katastrof = Disaster Medicine. 2021;4:17–22. (In Russian).

9. Mekhantieva L.E., Ilyichev V.P., Sklyarova T.P., Sapronov G.I. Application of digital telemedicine technologies in the implementation of measures for medical support of emergency situations in the Voronezh region. In: Bezopasnost' – 2022 : materialy VI Mezhregional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Volgograd; 2022:54–59. (In Russian).

10. Grigoriev S.A., Teplov V.M., Tsebrovskaya E.A. et al. Simulation modeling of the elimination of medical and sanitary consequences of a mass road accident, by the example of the Belgorod region. Disaster medicine. 2025;2:66-70. (In Russian).

11. Seliverstov P.A., Shapkin Yu.G., Stekolnikov N.Yu. Possibilities of using artificial intelligence technologies in prehospital trauma care. Zhurnal im. N.V. Sklifosovskogo «Neotlozhnaya meditsinskaya pomoshch'». 2025;14(3):609–618. (In Russian).

12. Peregudova O.P., Petrova A.V., Mekhantieva L.E. et al. Features of organizing decision support systems in emergency situations. In: Osobennosti okazaniya meditsinskoi pomoshchi pri ChS megapolisa : sbornik nauchnykh trudov. Voronezh; 2018:3–7. (In Russian).

13. Goncharov S.F., Sokolov M.E., Baranova N.N. et al. Concept of a reconfigurable isolated robotic medical module for evacuation of patients and victims. Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh. 2020;3:14–23. (In Russian).

14. Ciuka-Witrylak M., Jarosławska-Kolman K., Grosset R. Modern solutions in the field of medical triage on the example of the EvaCopNet system. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza. 2018;50(2):74–89.

15. Tatarenko A.V., Kazakevich E.V., Privalov A.A., Lopatin S.A. Issues of organizing a “smart mercy train”. Izvestiya Peterburgskogo universiteta putei soobshcheniya. 2024;21(2):525–536. (In Russian).

16. Li Y., Wang L., Liu Y. et al. Development and Validation of a Simplified Prehospital Triage Model Using Neural Network to Predict Mortality in Trauma Patients: The CAPSO Model. Frontiers in Medicine. 2021;8:810195.