

УДК 61:007; 616-082

МНОГОУРОВНЕВАЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА ЛИКВИДАЦИИ МЕДИКО-САНИТАРНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

З. М. Юлдашев^а, доктор техн. наук, профессор

^аСанкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, РФ

Цель: разработка структуры многоуровневой пространственно-распределенной измерительно-информационной системы, обеспечивающей повышение эффективности устранения медико-санитарных последствий чрезвычайных ситуаций на различных его этапах. **Методы:** автоматизация сбора, обработки и анализа информации о пострадавших, наличии текущего резерва койко-мест лечебных учреждений; поддержка принятия решений врачей-спасателей медицины катастроф при оценке тяжести состояния пострадавшего; поддержка принятия решений по эвакуации пострадавшего в профильные лечебные учреждения; телемедицинское прослеживание транспортировки пострадавшего; информирование персонала лечебного учреждения о динамике состояния поступающего пострадавшего. **Результаты:** описаны задачи, решаемые на этапах ликвидации медико-санитарных последствий чрезвычайных ситуаций, и предложены пути повышения эффективности их решения. Каждый уровень системы используется при решении задач конкретного этапа ликвидации последствий: поиска пострадавших, неинвазивной регистрации и оценки жизненно важных медико-биологических показателей, оценки тяжести состояния пострадавшего, сортировки, выбора лечебных учреждений для эвакуации, транспортировки и оперативного приема пострадавшего для оказания квалифицированной или специализированной медицинской помощи в лечебном учреждении. Эффективность использования системы обусловлена сокращением времени решения задач на этапах ликвидации медико-санитарных последствий, снижением уровня ошибок врачей-спасателей за счет информационной поддержки, повышением достоверности оценки тяжести состояния пострадавшего. Система содержит носимые измерительно-информационные системы врачей-спасателей для автоматизированной оценки тяжести состояния пострадавших; мобильную информационную систему руководителя бригад спасателей для решения задач сортировки пострадавших и выбора лечебных учреждений для их эвакуации; геоинформационную систему поиска пострадавших при чрезвычайных ситуациях, получающую информацию с web-камер оптического и инфракрасного диапазонов; информационную систему регионального центра медицины катастроф; информационные системы лечебных учреждений, обеспечивающих прием пострадавших и оказание им квалифицированной или специализированной медицинской помощи. **Практическая значимость:** предложенная структура информационной системы позволяет сократить потери времени и исключить ошибки врачей-спасателей на этапах ликвидации медико-санитарных последствий чрезвычайных ситуаций, повысить достоверность оценки тяжести состояния и сортировки пострадавших.

Ключевые слова — информационная система, чрезвычайные ситуации, ликвидация медико-санитарных последствий, эффективность, этапы ликвидации, автоматизация.

Введение

Статистика чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного и природного характера последних десятилетий показывает увеличение количества ЧС в Российской Федерации и во всем мире (тайфуны, землетрясения, аварии на транспорте и промышленных объектах), в которых пострадало большое количество людей. Значительные потери людей при таких ЧС обусловлены сложностью сортировки и эвакуации большого количества пострадавших в течение ограниченного времени и, как следствие, несвоевременным оказанием им необходимой медицинской помощи. Поэтому проблема повышения эффективности ликвидации медико-санитарных последствий ЧС на всех этапах ее проведения является актуальной.

Основные причины, вызывающие снижение оперативности и эффективности устранения медико-санитарных последствий ЧС, — продолжительный поиск пострадавших; ошибки и недостаточный уровень достоверности оценки тяжести состояния пострадавшего из-за работы врачей-спасателей в экстремальных условиях; ошибки

сортировки и выбора профильной клиники для эвакуации пострадавших; потери ценного времени при транспортировке, приеме пострадавших в лечебные учреждения и переходе к оказанию квалифицированной или специализированной медицинской помощи.

Перечисленные причины могут быть устранены разработкой и внедрением на регионально-федеральном уровне многоуровневой пространственно-распределенной информационной системы, позволяющей на всех этапах ликвидации медико-санитарных последствий ЧС оперативно решать задачи поиска пострадавших, достоверной оценки тяжести состояния, сортировки, своевременной эвакуации и транспортировки пострадавших в профильные медицинские учреждения в соответствии с видом и характером полученной травмы за счет автоматизации решения задач этапов, использования информационной поддержки принятия решения врачей-спасателей.

Цель проводимого исследования — повышение эффективности устранения медико-санитарных последствий ЧС на различных этапах за счет использования многоуровневой пространственно-

распределенной измерительно-информационной системы, обеспечивающей автоматизацию сбора, обработки и анализа информации о пострадавших, наличии текущего резерва койко-мест в профильных клиниках лечебных учреждений различных ведомств; поддержку принятия решений специалистов медицины катастроф при оценке тяжести состояния пострадавшего; принятие решений по эвакуации пострадавшего в профильные лечебные учреждения; подготовку медперсонала лечебного учреждения к приему пострадавшего и оказанию ему квалифицированной или специализированной медицинской помощи.

Для достижения поставленной цели необходимо решить задачи разработки:

1) геоинформационной системы оперативного поиска пострадавших с использованием web-камер оптического и инфракрасного диапазонов, установленных на беспилотных летательных аппаратах;

2) носимой измерительно-информационной системы врача-спасателя, обеспечивающей в течение ограниченного времени автоматизированный сбор, обработку и анализ жизненно важной медико-биологической информации в целях достоверной оперативной оценки тяжести состояния пострадавшего;

3) мобильной информационной системы (ИС) руководителя бригад спасателей, позволяющей автоматизировать процесс сортировки по тяжести состояния и характеру травмы пострадавших и выбор профильной клиники лечебного учреждения для их эвакуации с учетом вида и характера травм, тяжести состояния, ведомственной принадлежности лечебного учреждения, близости к эпицентру ЧС;

4) ИС регионального центра медицины катастроф, обеспечивающей взаимодействие ИС врачей-спасателей и лечебных учреждений при оценке тяжести состояния, телемедицинское сопровождение пострадавших во время транспортировки, формирование динамически изменяющейся базы данных о резерве койко-мест в лечебных учреждениях различных ведомств, формирование базы данных об эвакуации пострадавших в лечебные учреждения;

5) ИС лечебных учреждений для получения оперативной информации о виде и характере травмы, тяжести состояния и медико-биологических показателях пострадавших, поступающих в профильную клинику, в целях оперативного приема и назначения квалифицированной или специализированной медицинской помощи.

Решение задач исследования

Анализ сформулированных задач показывает, что на всех этапах ликвидации медико-санитарных последствий ЧС используются ИС. Для син-

теза архитектуры ИС, обеспечения необходимых каналов информационного обмена между уровнями и элементами системы, уточнения задач, решаемых на каждом уровне ИС, необходимо рассмотреть, какие задачи решаются на этапах ликвидации медико-санитарных последствий ЧС.

При ЧС, имеющих пространственно-распределенный характер разрушений (землетрясение, наводнение, ураганы и т. д.), на *первом этапе* осуществляется поиск пострадавших. В случае ограниченной в пространстве ЧС первый этап не всегда востребован.

На *втором этапе* спасательной операции врачу медицины катастроф необходимо оценить тяжесть состояния пострадавшего. Для этого он должен определить комплекс жизненно важных медико-биологических показателей пострадавшего: частоту пульса, частоту дыхания, уровень гематокрита, зрачковую реакцию, целостность организма — и на их основе оценить тяжесть состояния, пользуясь известными методиками. Эффективность решения задачи второго этапа (достоверность оценки тяжести состояния, продолжительность этапа) в значительной степени определяется точностью и оперативностью оценки жизненно важных медико-биологических показателей и ошибками, которые допускает врач-спасатель из-за работы в экстремальных условиях [1].

Третий этап — сортировка пострадавших на группы риска по стандартным методикам. Эффективность решения задачи определяется в основном оперативностью и ошибками врача-спасателя при использовании методики разделения на группы риска.

Четвертый этап — выбор лечебного учреждения для оказания медицинской помощи в соответствии с видом и характером травмы пострадавшего, тяжестью состояния и дальнейшая эвакуация пострадавшего в медицинское учреждение. Эффективность решения задачи данного этапа часто снижается из-за отсутствия у спасателя оперативной информации о резерве койко-мест профильных клиник лечебных учреждений различных ведомств, которые находятся вблизи эпицентра ЧС. И как следствие — эвакуация пострадавшего в лечебное учреждение, расположенное дальше, потеря времени на транспортировку пострадавшего.

Пятый этап — транспортировка пострадавшего в лечебное учреждение. Оперативность решения данной задачи зависит от выбора маршрута транспортировки. В связи с этим предлагается использовать систему навигации. На этом этапе целесообразно применять ИС для телемедицинского сопровождения пострадавшего. Это позволит оценивать динамику жизненно важных медико-биологических показателей пострадавших и передавать информацию в лечебные учрежде-

ния, которые будут заранее готовиться к приему пострадавших с конкретным видом травм и состоянием тяжести.

Шестой этап — прием пострадавшего в профильную клинику лечебного учреждения и назначение квалифицированной или специализированной медицинской помощи. Для ее назначения врачи лечебного учреждения должны иметь полную информацию о динамике состояния пострадавшего, характере травмы, подготовить технические средства оказания медицинской помощи. Оперативность решения задачи этапа достигается за счет предварительного информирования врачей лечебного учреждения о времени поступления в клинику конкретного пострадавшего на основе телемедицинского сопровождения и получения информации о динамике состояния пострадавшего, характере изменения жизненно важных медико-биологических показателей.

Пути решения задач разработки многоуровневой информационной системы

Для повышения эффективности поиска пострадавших в случае значительных в пространстве разрушений могут быть использованы беспилотные летательные аппараты, снабженные синхронно работающими web-камерами оптического и инфракрасного диапазонов. Поиск пострадавших осуществляется в инфракрасном диапазоне, а локализация их на месте и скученность будут определяться по снимку местности в оптическом диапазоне. Эта информация будет оперативно передаваться спасателям при их передвижении к эпицентру ЧС через мобильную ИС руководителя бригады врачей-спасателей. Геоинформационная система поиска пострадавших представляет первый уровень системы.

Задача оперативного съема медико-биологической информации с пострадавшего и определения тяжести состояния решается за счет использования беспроводных микропроцессорных средств неинвазивной оценки уровня гематокрита, пульса, частоты дыхания. Показатели целостности организма и дополнительная информация о пациенте вводятся врачом-спасателем с помощью планшета с сенсорным экраном, на который выводятся пиктограммы и необходимые подсказки врачу-спасателю для исключения ошибок в его действиях. Носимая врачом-спасателем измерительно-информационная система представляет собой второй уровень многоуровневой системы [2].

Третий уровень системы — мобильная ИС, расположенная на автомобиле руководителя бригад врачей-спасателей. Она реализуется на вычислительном комплексе высокой производительности и должна обеспечивать получение и обмен информации с носимых систем врачей-спа-

сателей о пострадавших, сортировку пострадавших, а также, имея доступ к ИС регионального центра медицины катастроф по каналу космической связи, — автоматизированный выбор медицинских учреждений для эвакуации пострадавших на основе информации о резерве койко-мест профильных клиник лечебных учреждений.

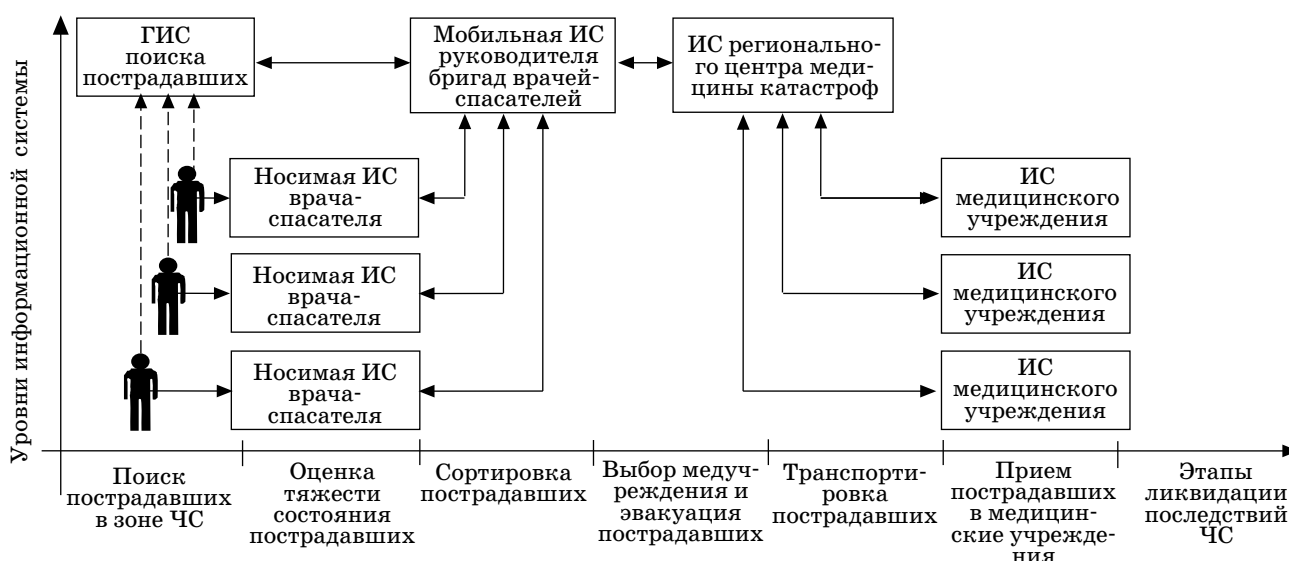
Четвертый уровень системы образован ИС регионального центра медицины катастроф. Система получает от мобильной системы информацию об эвакуации пострадавших в лечебные учреждения, обеспечивает процесс телемедицинского сопровождения при транспортировке пострадавших в лечебные учреждения, направляет информацию в ИС лечебных учреждений о времени поступления пострадавшего, информацию о динамике состояния пострадавшего, формирует базу данных текущего резерва койко-мест профильных клиник лечебных учреждений на основе оперативного запроса этой информации с лечебных учреждений [3].

Пятый уровень системы представлен ИС лечебных учреждений региона. Она используется для обеспечения телемедицинских консультаций врачей-спасателей профильными специалистами лечебного учреждения при затруднениях в оценке тяжести состояния и выборе профильной клиники стационара, предварительного информирования врачей лечебного учреждения о динамике состояния пострадавшего в целях оперативного назначения квалифицированной или специализированной медицинской помощи. Эта система формирует базу данных о динамике резерва койко-мест профильных клиник лечебного учреждения, передает информацию в региональный центр медицины катастроф о динамике состояния здоровья пострадавших, поступивших в стационар.

В соответствии с изложенным структура многоуровневой пространственно-распределенной системы приобретает следующую архитектуру (рисунки).

Носимые измерительно-информационные системы врачей-спасателей и ИС лечебных учреждений образуют пространственно-распределенную архитектуру, а мобильная система руководителя бригады врачей-спасателей и ИС регионального центра медицины катастроф образуют верхний уровень системы.

Обмен информацией между носимыми системами врачей-спасателей и мобильной ИС целесообразно обеспечить по каналу Wi-Fi, так как эти системы работают в эпицентре ЧС. Канал информационного обмена между мобильной системой и системой регионального центра медицины катастроф целесообразно организовать с использованием космической связи, так как в условиях ЧС мобильная сотовая связь, как правило, не работает. Канал информационного обмена между си-



■ Структура многоуровневой пространственно-распределенной системы и этапы ликвидации медико-санитарных последствий ЧС

стемами центра медицины катастроф и лечебных учреждений в условиях ЧС с точки зрения обеспечения надежности работы целесообразно организовать с использованием космической связи.

Заключение

Повышение эффективности ликвидации медико-санитарных последствий ЧС должно осуществляться путем снижения ошибок человеческого фактора — врачей-спасателей при оценке тяжести состояния пострадавшего, сортировке пострадавших, выборе профильной клиники лечебного учреждения для оказания квалифицированной или стационарной медицинской помощи в соответствии с характером и видом травмы; снижения потерь времени на этапах поиска пострадавших, съема и регистрации жизненно важных медико-биологических показателей пострадавших, оценки тяжести их состояния, сортировки, эвакуации, транспортировки пострадавших в профильные лечебные учреждения, назначения квалифицированной или специализированной медицинской помощи.

Многоуровневая пространственно-распределенная система ликвидации медико-санитарных последствий ЧС должна включать носимые измерительно-вычислительные системы врачей-спасателей, обеспечивающие неинвазивную достоверную оперативную регистрацию жизненно важных показателей пострадавших и автоматизированную оценку тяжести состояния пострадавших; мобильную систему руководителя бригад врачей-спасателей, обеспечивающую автоматизированный выбор профильных клиник лечебных учреждений для эвакуации пострадавших;

ИС регионального центра медицины катастроф, формирующую динамически изменяющуюся базу данных резерва койко-мест, телемедицинское прослеживание транспортировки пострадавших; ИС лечебных учреждений, обеспечивающих получение информации об эвакуации пострадавших и динамике тяжести состояния в целях оперативного назначения медицинской помощи.

На всех уровнях системы необходимо использовать возможность информационной поддержки принятия решений врачей-спасателей и телемедицинских консультаций профильными специалистами при оценке тяжести состояния пострадавших и выборе профильных клиник для эвакуации.

Информационный обмен между уровнями системы должен осуществляться на основе использования корпоративных каналов связи, способных сохранять работоспособность в условиях природных и техногенных ЧС.

Литература

1. Садькова Н. А. Некоторые проблемы лечебно-эвакуационного обеспечения населения в ЧС // Биомедицинская радиоэлектроника. 2010. № 4. С. 69–72.
2. Юлдашев З. М., Абувда А. М. Мобильная система телеметрического сопровождения для задач медицины катастроф // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2005. № 4. С. 30–34.
3. Ильина А. В., Попечителев Е. П., Юлдашев З. М. К вопросу оценки эффективности ликвидации медико-санитарных последствий техногенных аварий // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2003. № 4. С. 8–11.

UDC 61:007; 616-082

A Multilevel Spatially Distributed System for Elimination of Medical-Sanitary Consequences of Emergency Situations

Yuldashev Z. M.^a, Dr. Sc., Tech., Professor, yuld@mail.ru

^a Saint-Petersburg State Electrotechnical University «LETI», 5, Professor Popov St., 197376, Saint-Petersburg, Russian Federation

Purpose: The objective is to develop a structure of a multi-level spatially distributed measurement-information system enhancing efficiency of elimination of medical-sanitary consequences of emergency situations at its different stages. **Methods:** Automation of collecting, processing and analyzing data on victims, availability of current reserves of beds in medical institutions; decision making support for doctors-rescuers when evaluating severity of victim condition; decision making support concerning evacuation of a victim to central medical institutions; tele-medical monitoring of victim transportation; personnel information of a medical institution on dynamics of a condition of an arriving victim. **Results:** The problems solved at elimination stages of medical-sanitary consequences of emergency situations have been described; the ways to enhance their efficiency have been proposed. Each level of the system is used for solving problems of a particular stage of consequences elimination: search of victims, non-invasive registration and estimation of vitally important biomedical indicators, evaluation of severity of victim condition, triage, selection of medical institutions for evacuation, transportation and prompt reception of a victim for rendering qualified or specialized medical aid at a medical institution. The system efficiency is determined by reduction of time for problems solution at the elimination stages of medical-sanitary consequences, decrease of error level of doctors-rescuers due to information support, increase of reliability of severity estimation of victim condition. The system contains portable measurement-information systems of doctors-rescuers for automated evaluation of victim condition, mobile information system of a head of rescue teams to solve problems of triage and selection of a medical institution for victims evacuation, geo-information system for victims search in case of emergency situations which receives information from optic and infrared range web-cameras, information system of a regional center for disaster medicine, information systems of medical institutions which provide victims reception and rendering qualified or specialized medical aid. **Practical relevance:** The proposed structure of the information system allows to reduce time and to eliminate errors of doctors-rescuers at the elimination stages of medical-sanitary consequences of emergency situations as well as to enhance reliability of evaluation of victim condition severity and triage.

Keywords — Information System, Emergency Situations, Elimination of Medical-Sanitary Consequences, Efficiency, Stages of Elimination, Automated Problem Solution.

References

1. Sadykova N. A. Some Problems of Medical-Evacuation Support of Population in Case of Emergency Situations. *Biomeditsinskaja radioelektronika*, 2010, no. 4, pp. 69–72 (In Russian).
2. Yuldashev Z. M., Abuyda A. M. A Mobile System for Telemetric Support when Solving Disaster Medicine Problems. *Izvestiia SPbGETU "LETI"*, 2005, no. 4, pp. 30–34 (In Russian).
3. Il'ina A. V., Popechitelev E. P., Yuldashev Z. M. On the Issue of Elimination Efficiency Assessment of Medical-Sanitary Consequences of Anthropogenic. *Izvestiia SPbGETU "LETI"*, 2003, no. 4, pp. 8–11 (In Russian).