

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar652114>

EDN: COZAKQ



# Современные проблемы оценки эффективности реагирования национальных систем здравоохранения на чрезвычайные ситуации техногенного характера

С.А. Орлов<sup>1,2</sup><sup>1</sup> Национальный НИИ общественного здоровья им. Н.А. Семашко, Москва, Россия;<sup>2</sup> НМИЦ ТПМ Минздрава России, Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

Развитие промышленных технологий сопровождается не только экономическим ростом, но и техногенными рисками, угрожающими здоровью людей и экологии. Исторические примеры, такие как аварии в Бхопале (1984), Чернобыле (1986), Фукусиме-1 (2011), кризис водоснабжения во Флинте (2014) и ряд других техногенных аварий и катастроф, являются ярким подтверждением масштаба существующих угроз для общества и систем здравоохранения. Цель: выявить ключевые проблемы и современные подходы к оценке эффективности реагирования национальных систем здравоохранения на чрезвычайные ситуации техногенного характера. Материалами для исследования стали научные публикации из баз данных NCBI, PubMed и Elibrary за 2000–2024 гг., в отношении которых были проведены терминологический анализ с использованием программы VOSviewer и экспертное рецензирование. По результатам анализа наиболее значимых публикаций для оценки реагирования системы здравоохранения на техногенные чрезвычайные ситуации установлено 5 ключевых направлений, объединяющих ресурсы медицинских организаций, системы управления и технологические разработки. В заключении исследования подчеркнута роль обеспечения комплексного подхода при подготовке системы здравоохранения к техногенным чрезвычайным ситуациям и систематизированы меры, позволяющие повысить эффективность ее реагирования, такие как моделирование сценариев катастроф, проведение опросов персонала и пострадавших, повышение уровня информированности населения, создание систем психологической поддержки, развитие волонтерства и сотрудничество с общественными организациями.

**Ключевые слова:** ресурсы; система здравоохранения; техногенные угрозы; чрезвычайные ситуации; эффективность реагирования.

## Как цитировать

Орлов С.А. Современные проблемы оценки эффективности реагирования национальных систем здравоохранения на чрезвычайные ситуации техногенного характера // Известия Российской военно-медицинской академии. 2025. Т. 44, № 2. С. 175–187. DOI: 10.17816/rmmar652114 EDN: COZAKQ

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar652114>

EDN: COZAKQ

# Current Challenges in Evaluating National Health Systems' Response to Technogenic Emergencies

Sergey A. Orlov<sup>1,2</sup><sup>1</sup> N.A. Semashko National Research Institute of Public Health, Moscow, Russia;<sup>2</sup> National Medical Research Centre for Therapy and Preventive Medicine of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia

## ABSTRACT

The industrial development is associated not only with economic growth but also by technogenic risks that threaten human health and the environment. Historical incidents such as the Bhopal Disaster (1984), Chernobyl Accident (1986), Fukushima Daiichi Accident (2011), Flint Water Crisis (2014), and many other technogenic accidents and disasters dramatically demonstrate the impact of existing threats to society and healthcare systems. The aim of the study was to identify key challenges and current approaches to evaluate national health systems' responses to technogenic emergencies. The study analyzed scientific publications from the NCBI, PubMed, and Elibrary databases published between 2000 and 2024. These publications underwent terminological analysis using the VOSviewer software and were peer-reviewed. Based on an analysis of the most relevant publications concerning healthcare system responses to technogenic emergencies, five key areas were identified. These areas integrate resources from healthcare facilities, management systems, and technological innovations. The study highlights the significance of an integrated approach in preparing healthcare systems for technogenic emergencies. It provides a systematic review of measures focused on improving the effectiveness of response, including simulating disaster scenarios, conducting surveys among staff and victims, raising public awareness, establishing psychological support systems, developing volunteer services, and promoting cooperation with public organizations.

**Keywords:** resources; healthcare system; technogenic threats; emergencies; response effectiveness.

## To cite this article

Orlov SA. Current Challenges in Evaluating National Health Systems' Response to Technogenic Emergencies. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2025;44(2):175–187. DOI: 10.17816/rmmar652114 EDN: COZAKQ

Submitted: 02.02.2025

Accepted: 24.03.2025

Published: 30.06.2025

Развитие технологий и различных отраслей производства сопровождается не только экономическим подъемом стран, улучшением благополучия проживающего в них населения и расширением доступности достижений цивилизации, но также в значительной степени сопряжено с большими проблемами, которые могут возникнуть в результате возможных нарушений технологических процессов, утечки опасного или токсического сырья, а также в связи с актами преднамеренного деструктивного воздействия на объекты повышенного техногенного риска в условиях нестабильной общемировой геополитической ситуации.

Техногенные аварии и катастрофы<sup>1</sup> представляют собой серьезный риск не только для окружающей среды, но и для общественного здоровья и жизни людей, а их количество имеет тенденцию к ежегодному росту. Первая масштабная катастрофа произошла в Бхопале (Индия, 1984), где в результате утечки 40 т метилизоцианата — токсичного слезоточивого газа, воздействию которого подверглось около 500 тыс. человек с немедленной гибелью около 4 тыс. человек, в последующие дни и десятилетия приведшая к тысячам преждевременных смертей, многочисленным заболеваниям и экологическим проблемам, включая повышенный риск врожденных пороков развития и онкологических заболеваний у детей [1, 2]. Наиболее известной техногенной катастрофой является авария на Чернобыльской АЭС (СССР, 1986), в результате которой радиоактивное загрязнение затронуло обширные территории, вызвав острый лучевой синдром, многочисленные госпитализации и последующие случаи смерти от рака [3]. В 2006 г. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) подсчитала, что среди лиц, подвергшихся воздействию высоких доз радиации, могло быть около 9 тыс. случаев смерти от рака, вызванного радиацией. Среди других наиболее известных техногенных чрезвычайных ситуаций (ЧС) можно отметить аварии с попаданием свинца в водопровод г. Флинта (США, 2014), что негативно отразилось на умственном и психическом развитии детей; пожар на АЭС Уиндскейл (Селлафилд) (Англия, 1957), в результате которого 470 мужчин, участвовавших в его тушении и ликвидации последствий, заболели и умерли от рака; аварию на предприятии «Маяк» (СССР, Кыштым, 1957), в результате которой за 50-летний период наблюдения у лиц, подвергшихся воздействию радиации, диагностировали 26 случаев солидного рака; аварию на Фукусима-1 (Япония, 2011), от которой по прогнозам в будущем от рака умрет около 5 тыс. человек; взрыв химического склада в Тяньцзине (Китай, 2015), в результате которого 158 человек умерли и 698 были госпитализированы [4–8].

Согласно базе данных ЧС EM-DAT<sup>2</sup>, которая была создана в 1988 г. как совместная инициатива Центра

<sup>1</sup> Здесь и далее применяются термины и определения, установленные Национальным стандартом Российской Федерации ГОСТ Р 22.0.05-2020 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения».

<sup>2</sup> <https://public.emdat.be/>

исследований эпидемиологии катастроф (CRED) и ВОЗ, в настоящее время задокументировано более 26 тыс. записей о крупных катастрофах<sup>3</sup>, в том числе свыше 900 записей о катастрофах техногенного характера (группа катастроф — «Техногенные» (Technological), подгруппа — «Производственная авария» (Industrial accident) за период с января 2000-го по август 2024 г. с общим количеством около 26 тыс. умерших человек и свыше 38 тыс. пострадавших в чрезвычайных ситуациях<sup>4</sup>.

В контексте данной проблемы актуальной задачей является обеспечение эффективного реагирования системы здравоохранения как в период острой фазы катастрофы, так и на перспективу, учитывая долгосрочные экологические последствия, обусловленные наличием веществ, попавших в результате ЧС техногенного характера в воздух, почву, воду и продукты питания, и их негативным влиянием на здоровье и благополучие населения.

*Цель:* провести анализ научных публикаций, рассмотреть ключевые проблемы и современные подходы к оценке эффективности реагирования национальных систем здравоохранения на ЧС техногенного характера.

Для оценки существующих в мире проблем, связанных с угрозами техногенного характера и оказывающих влияние на национальные системы здравоохранения, проведен аналитический обзор научных публикаций. На **первом этапе** исследования была сформирована база данных из публикаций Национальной медицинской библиотеки Национального института здравоохранения<sup>5</sup> и базы данных PubMed за период 01.01.2000–31.12.2024 г. с использованием терминов, согласованных с рубрикатом медицинских тематик (Medical Subject Headings, MeSH). Синтаксис запроса содержал следующие термины и их морфологические варианты: «*man-made disasters OR technogenic accident OR technogenic accident OR industrial disaster OR technogenic disaster OR technological disaster AND health-care system*».

На данном этапе с использованием программного инструмента для построения и визуализации библиометрических сетей VOSviewer 1.6.20 были сформированы семантические сети лингвистических связей основных терминов и понятий, характеризующих влияние техногенных вызовов на общественное здоровье и систему здравоохранения, планирование и деятельность медицинских организаций.

На **втором этапе** исследования к сформированной выборке из международных публикаций добавлены российские публикации из научной электронной библиотеки eLibrary по ключевому словосочетанию «техногенные

<sup>3</sup> К которым относятся катастрофы хотя бы по одному из следующих критериев: не менее 10 погибших, 100 пострадавших, объявление чрезвычайного положения, призыв к международной помощи.

<sup>4</sup> Здесь и далее термин применяется в значении, определенном Национальным стандартом Российской Федерации ГОСТ Р 22.0.02-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения».

<sup>5</sup> <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>

угрозы» (с учетом морфологических вариаций) за аналогичный период.

На **третьем этапе** путем экспертного рецензирования исключены публикации, не представляющие научного интереса в рамках темы исследования, и сформирована итоговая выборка из зарубежных и российских публикаций.

На **четвертом этапе** проведен контент-анализ наиболее содержательных публикаций, характеризующих современные проблемы оценки эффективности реагирования национальных систем здравоохранения на ЧС техногенного характера.

Выборка научных публикаций, отвечающих критериям отбора, составила 544 статьи. Указанные научные публикации были объединены в 5 онтологических кластеров по принципу установления силы связи и частоты встречаемости ключевых слов (словосочетаний), характеризующих каждый из данных кластеров (рис. 1).

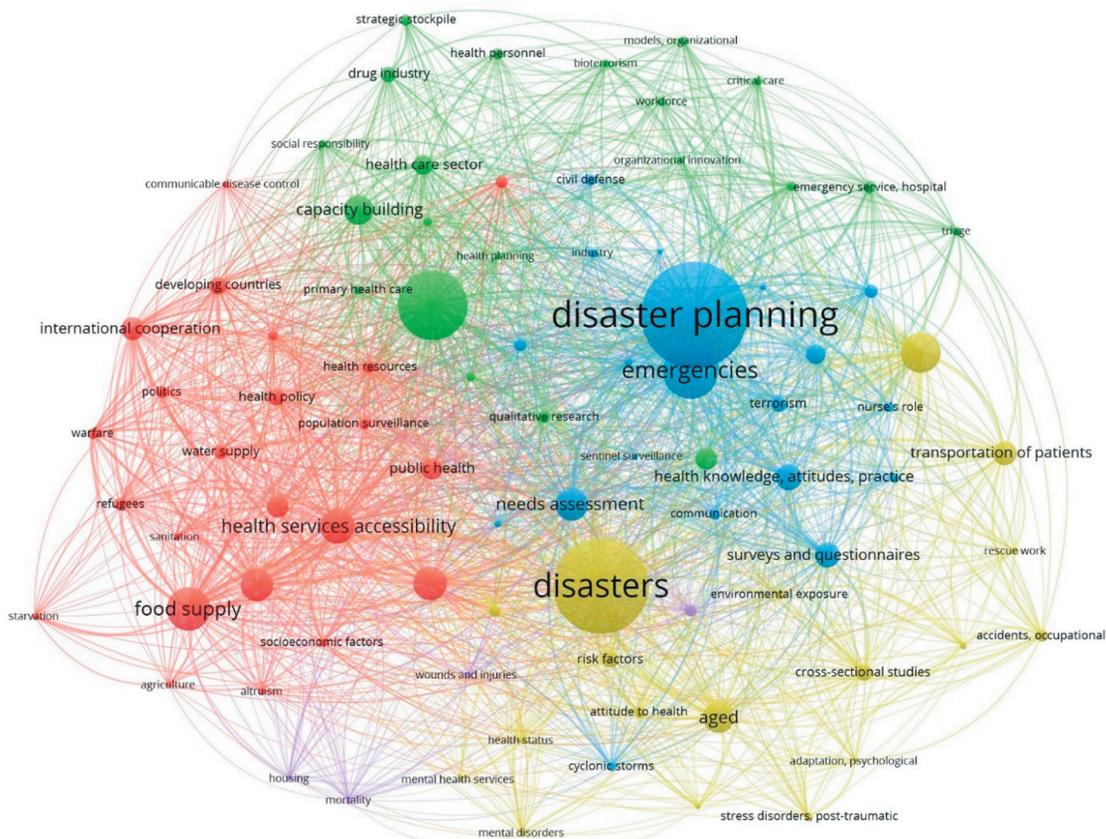
Для первого кластера, объединяющего публикации, в которых акцентируется внимание на **обеспечении доступности медицинской помощи и межведомственном взаимодействии**, наиболее значимыми ключевыми словами (словосочетаниями) стали: *работа по оказанию помощи (relief work), потребность в медицинских услугах и спрос на них (health services needs and demand), доступность медицинских услуг (health services accessibility) и международное сотрудничество (international cooperation)*.

Для второго кластера, характеризующего **ресурсные возможности медицинских организаций**, наиболее значимыми ключевыми словами (словосочетаниями) стали: *наращивание потенциала (capacity building) и стратегический запас для оказания медицинской помощи (strategic stockpile for health care delivery)*.

Третий кластер, отражающий **накопленный опыт реагирования на ЧС техногенного характера**, включал в себя следующие наиболее значимые ключевые слова (словосочетания): *знания, отношение и практика в области здравоохранения (health knowledge, attitudes, practice), планирование действий в случае стихийных бедствий (disaster planning), отношение медицинского персонала (attitude of health personnel) и оценка потребностей (needs assessment)*.

В четвертом кластере, объединившем показатели, характеризующие **возможные последствия воздействия техногенных факторов на население и систему здравоохранения**, значимыми ключевыми словами (словосочетаниями) являлись: *воздействие окружающей среды (environmental exposure), спасательные работы (rescue work), стресс, психологические факторы риска (risk factors stress, psychological), психические расстройства (mental disorders)*.

Пятый кластер агрегировал в себе термины, отражающие **ущерб, наносимый ЧС техногенного характера и выраженный в показателях полученных ран и увечий**



**Рис. 1.** Семантическая сеть лингвистических связей ключевых терминов и понятий, характеризующих влияние техногенных угроз на систему здравоохранения.

(*wounds and injuries*), *смертности (mortality)* и *разрушений*, в том числе в отношении *мест проживания населения (housing)*.

По итогам анализа научных публикаций среди основных факторов и элементов, определяющих готовность национальных систем здравоохранения к эффективному ответу на ЧС техногенного характера, были выделены группы ресурсов медицинских организаций, непосредственно вовлеченных в оказание медицинской помощи пострадавшим в ЧС (медицинские работники, медицинская техника и лекарственные препараты с медицинскими изделиями), а также ключевые системы организации, сопровождения и контроля процессов ведения пострадавших в ЧС, межведомственного взаимодействия и координации работы, информирования населения, находящегося в зоне поражения (системы оповещения и учета случаев поражения; мониторинга распространения техногенного фактора и учета медицинских последствий).

Эффективность реагирования **медицинских работников** на техногенные угрозы достигается за счет взаимодействия различных компонентов, которые обеспечивают оперативность и качество оказываемой ими медицинской помощи.

Безусловным базовым условием для эффективного функционирования системы здравоохранения в различных ЧС, в том числе и техногенного характера, является устойчивое *нормативно-правовое обеспечение*, заключающееся в наличии законодательно урегулированных положений и регламентов, описывающих действия медицинских работников и распределение функциональных обязанностей между различными уровнями системы здравоохранения [9, 10].

В работе медицинского персонала необходима унифицированная *система управления и координации*, включающая, например, создание единого Центра управления кадрами для оперативного принятия решений, функционирующая по четко определенным протоколам действий в условиях техногенных аварий и катастроф, а также обеспечивающая бесшовное взаимодействие с другими службами (МЧС и МВД России, Роспотребнадзор, коммунальные службы и др.) [11, 12].

Медицинские работники должны быть *обучены и подготовлены* к любым сценариям развития техногенной угрозы, проходить регулярные тренинги, симуляционные обучения для отработки действий в ЧС [13], максимально приближенных к реальным, а также при оказании экстренной помощи при поражении токсическими веществами, ожогах, травмах и радиационном воздействии [13–15].

Немаловажным аспектом является обеспечение *информационно-аналитической поддержки* медицинских работников, предоставление им своевременного и всеобъемлющего доступа к системам мониторинга и раннего предупреждения о техногенных угрозах, а также базам данных о пострадавших в ЧС, химических веществах

и других критически важных сведений о факторе техногенного характера [16].

Для качественного и своевременного оказания медицинской помощи пострадавшим в ЧС медицинским работникам необходимо иметь в своем распоряжении современное оборудование для диагностики и лечения в условиях ЧС, реанимобили и санитарный транспорт для быстрой эвакуации пострадавших в ЧС из зон поражения и транспортировки их в профильные медицинские организации, запасы лекарственных средств и перевязочных материалов, а вредное или опасное воздействие на здоровье самих врачей и медицинских сестер техногенного фактора должно быть минимизировано за счет использования средств индивидуальной защиты (СИЗ) (защитные маски, костюмы, фильтры и др.). В системе здравоохранения должна существовать возможность мобилизации медицинских работников и ресурсов из других регионов и с привлечением других ведомств в случае необходимости [17].

Помимо знаний о факторах техногенного характера важнейшим условием эффективного взаимодействия с пострадавшими в ЧС является наличие у медицинского персонала навыков психологической поддержки в экстремальных условиях [18].

Следующим важнейшим обстоятельством, определяющим готовность национальных систем здравоохранения к эффективному ответу на ЧС техногенного характера, является сочетание технологических, организационных и эксплуатационных компонентов **медицинской техники**: мобильных медицинских комплексов и госпиталей для работы в полевых условиях; реанимобилей, оснащенных средствами интенсивной терапии и мониторинга; диагностического оборудования (передвижных рентгеновских аппаратов, сканеров для ультразвукового исследования и компьютерной томографии и др.); мониторов жизненно важных функций для оценки состояния пострадавших в ЧС; аппаратуры для интенсивной терапии (аппаратов для искусственной вентиляции легких, дефибрилляторов, насосов для инфузий); аппаратов для очистки крови и детоксикации. Кроме того, успешное внедрение *инновационных технологий*, таких как роботизированная техника, беспилотные летательные аппараты для доставки и транспортировки медикаментов и образцов биологического материала, а также телемедицинских технологий для дистанционного консультирования с врачами-специалистами (экспертами) и цифровых платформ с поддержкой систем управления данными о пострадавших в ЧС, значительно упрощает процесс взаимодействия системы здравоохранения с ними и гарантирует качество медицинской помощи [19–22].

Оперативное решение вопросов *логистического и транспортного* обслуживания медицинской техники в зонах поражения факторами техногенного происхождения также позволяет рассчитывать на успешное преодоление последствий от их влияния. Быстрая доставка

медицинской техники в зону поражения, использование специализированного транспорта (санавиация, грузовой автотранспорт с медицинским оборудованием), гибкость оборудования для работы в сложных условиях (складывание, развертывание, многофункциональность и т. д.) являются ключевыми компонентами в данном процессе [23].

В системе здравоохранения на всех уровнях ее функционирования должны быть сформирован *мобилизационный резерв* и реализована возможность быстрого переоснащения медицинской техники для работы в условиях техногенных аварий и катастроф с учетом принципов регулярного *технического обслуживания и ремонта* (проверка исправности, обучение персонала работе с техникой и ее базовому обслуживанию) [24].

На уровне *нормативно-правового обеспечения* системы здравоохранения залогом успешного функционирования в условиях техногенных аварий и катастроф является соблюдение стандартов и протоколов для медицинской техники, применяемой в зонах ЧС, а также регламентов по ее использованию и эксплуатации.

**Лекарственные препараты и медицинские изделия** также в значительной степени определяют эффективность ответа национальной системы здравоохранения на техногенные вызовы. Ключевыми компонентами являются: *создание и поддержание стратегических резервов* (хранение достаточного объема лекарственных препаратов (антидоты, анальгетики, средства для реанимации и детоксикации и т. д.) и медицинских изделий (перевязочные материалы, шины, одноразовые маски, костюмы и т. д.) с размещением их в достаточной близости от потенциально опасных зон возникновения техногенных аварий и катастроф; обеспечение эффективной *логистики и транспортировки* (с высокой мобильностью доставки медикаментов и медицинских изделий в зоны поражения и использованием автоматизированных систем управления для их учета, отслеживания и распределения в реальном времени); *быстрая адаптация производства* с возможностью гибкой настройки производственных мощностей и быстрого наращивания объемов выпуска необходимых препаратов (антидоты, средства для нейтрализации токсинов и др.) [25–28].

*Инновационные технологии* также имеют большое значение для обеспечения реагирования системы здравоохранения на техногенные угрозы. В случае с лекарственными препаратами и медицинскими изделиями это могут быть технологии искусственного интеллекта и анализа данных об их потребности на основе моделей оценки рисков или моделей распространения техногенной угрозы, а также технологии выпуска новых форм лекарственных препаратов (быстродействующих антидотов, шприц-тюбиков, трансдермальных пластырей для быстрой доставки активного вещества и др.) [29, 30].

Устоявшиеся принципы нормативно-правового регулирования, *регламентирования и сертификации*

отдельных лекарственных препаратов<sup>6</sup> и медицинских изделий<sup>7</sup> (в том числе экспериментальные разработки) в период возникновения глобального вызова техногенного характера должны быть упрощены, позволяя осуществлять беспрепятственный доступ к их использованию, а также обеспечивая создание универсальных протоколов для быстрого выбора, использования и замены лекарственных средств и медицинских изделий.

Для повышения информированности медицинских работников о корректном использовании лекарственных препаратов и медицинских изделий необходимо проводить их *обучение и подготовку*, а также строго соблюдать протоколы распределения, направленные на минимизацию их потерь и рациональное использование<sup>8</sup>.

В медицинских организациях системы здравоохранения должны быть созданы условия, направленные на соблюдение требований *по хранению лекарственных и иных препаратов (в т. ч. иммунобиологических), обеспечению их устойчивости*<sup>9</sup> (склады с регулируемыми температурными режимами для поддержания стабильности препаратов, технологии для увеличения срока хранения (лиофилизация, герметичная упаковка) и др.) [31].

Объемы запасов лекарственных препаратов (антидотов и специфических средств) и универсальных медицинских изделий в медицинских организациях в условиях реализации техногенного вызова должны быть *ориентированы не только на текущую, но и на перспективную потребность*, с учетом уровня его распространенности и степени поражения проживающего населения [32].

Обеспечение эффективного реагирования системы здравоохранения на техногенные ЧС и происшествия невозможно без **систем оповещения и учета случаев поражения**, адаптированных для нужд экстренных медицинских

<sup>6</sup> Постановление Правительства Российской Федерации от 3 апреля 2020 г. № 441 «Об особенностях обращения лекарственных препаратов для медицинского применения, которые предназначены для применения в условиях угрозы возникновения, возникновения и ликвидации чрезвычайной ситуации и для организации оказания медицинской помощи лицам, пострадавшим в результате чрезвычайных ситуаций, предупреждения чрезвычайных ситуаций, профилактики и лечения заболеваний, представляющих опасность для окружающих, заболеваний и поражений, полученных в результате воздействия неблагоприятных химических, биологических, радиационных факторов». Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_349474/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_349474/)

<sup>7</sup> Постановление Правительства Российской Федерации от 3 апреля 2020 г. № 430 «Об особенностях обращения медицинских изделий, в том числе государственной регистрации серии (партии) медицинского изделия». Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_349469/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_349469/)

<sup>8</sup> Тимошевский А.А., Конев В.В., Халютин Д.А. Подготовка и работа медицинских и фармацевтических организаций в условиях чрезвычайной ситуации: учебник. М.: ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ», 2024. 56 с. Обложка с экрана. Режим доступа: <https://niiroz.ru/moskovskaya-meditsina/izdaniya-nii/metodicheskie-posobiya/>

<sup>9</sup> Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 23 августа 2010 г. № 706н «Об утверждении Правил хранения лекарственных средств». Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_105562/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_105562/)

служб и используемых в работе соответствующих центров управления и координации (центры экстренной медицинской помощи, координационные штабы, мобильные медицинские пункты и полевые госпитали) [33].

Включение медицинского компонента в данные системы имеет критическое значение для оперативности реагирования, минимизации ущерба и предотвращения жертв среди населения. В структуре таких систем могут быть выделены:

- *медицинские системы оповещения* (мобильные приложения и SMS-оповещения для информирования населения о ЧС, эвакуации, необходимых мерах предосторожности, доступных медицинских услугах и местах сбора); подсистемы автоматического оповещения медицинского персонала о происшествиях, предполагаемых потоках пациентов и необходимости подготовки к экстренным ситуациям; подсистемы определения и классификации сообщений о ЧС, включающие использование кодов для быстрой идентификации типов происшествий (например, химическое отравление, радиационная угроза, массовое отравление и т. д.);
- *информационные системы и базы данных* (системы учета и отчетности по пострадавшим в ЧС, единые базы данных пациентов (регистры), системы мониторинга медицинских запасов (лекарств, оборудования, крови и ее компонентов));
- *системы мониторинга и анализа происшествий* (информационные панели мониторинга данных о происшествиях, количестве пострадавших в ЧС, уровнях поражения и т. д.; системы прогнозирования распространения заболеваний, возникающих вследствие техногенных происшествий; системы анализа и обработки данных о причинах и последствиях происшествий);
- *системы коммуникации и поддержки* (дистанционного консультирования, психологической помощи для пострадавших в ЧС и медицинских работников, информирования населения) [34–37].

Заключительным элементом, оказывающим значительное влияние на эффективность реагирования системы здравоохранения на техногенные угрозы, является использование систем мониторинга распространения техногенного фактора и учета медицинских последствий. Указанные системы могут быть классифицированы следующим образом:

- *технологические системы* (датчики и сенсоры, установленные в зонах повышенного риска для обнаружения химических, биологических, радиационных и физических факторов (газоанализаторы, радиометры, тепловизоры и др.); мобильные системы мониторинга распространения);
- *информационно-аналитические системы* (системы раннего предупреждения, построенные на прогнозистических моделях, использующие данные о распространении техногенных факторов (взрывов, утечек, загрязнений); геоинформационные системы (интерак-

тивные карты для отображения распространения угроз и оценки зон поражения));

- *системные агрегаторы* (облачные технологии и онлайн-сервисы для межведомственного взаимодействия; агрегаторы данных промышленных предприятий, метеорологических станций, социально-гигиенического мониторинга и др.);
- *программные инструменты* (моделирования и расчета зон поражения, траектории распространения химических и радиационных веществ, а также автоматизированного уведомления населения и служб реагирования);
- *медицинские системы контроля* (электронные медицинские карты пациентов, биометрические устройства для контроля состояния здоровья пострадавших в ЧС) [38–46].

Оценка эффективности реагирования на ЧС техногенного характера сопряжена с рядом проблем, которые отражают сложность и многофакторность данной задачи.

Во-первых, необходимо отметить, что существующие подходы к оценке эффективности реагирования различаются между странами и организациями. Каждая страна применяет свои методы и стандарты, основанные на национальных особенностях и доступных ресурсах. К примеру, в Российской Федерации накоплен огромный опыт изучения эффективности медицинского обеспечения и организационно-управленческих технологий оказания медицинской помощи пострадавшим в ЧС техногенного характера, прежде всего силами и средствами Всероссийской службы медицины катастроф (ВСМК)<sup>10</sup>, являющейся функциональной подсистемой единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС [47–50]<sup>11</sup>. Российская система реагирования постоянно эволюционирует, накапливая и учитывая опыт предыдущих катастроф. Так, специалисты ВЦМК «Защита» пересмотрели подходы к зонированию и планированию защитных мероприятий вокруг АЭС, и эти обновления были впоследствии подтверждены на практике (авария на «Фукусиме», Япония, 2011 г., подтвердила правильность предложенных мер) [50]. С 1999 г. в МЧС России была создана Служба экстренной психологической помощи, повысившая эффективность оказания помощи пострадавшим и их родственникам в ЧС [51]. Благодаря развитию нормативной правовой базы и обучающих программ ВСМК в настоящее время располагает мобильными отрядами и госпиталями, способными оперативно развернуться в зоне бедствия. Российские мобильные формирования входят в число лидеров мирового

<sup>10</sup> Приказ Минздрава России от 6 ноября 2020 г. № 1202н «Об утверждении Порядка организации и оказания Всероссийской службой медицины катастроф медицинской помощи при чрезвычайных ситуациях, в том числе медицинской эвакуации». Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_367840/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_367840/)

<sup>11</sup> Постановление Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2003 г. № 794 «Об единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций». Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_45914/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_45914/)

уровня — полевой многопрофильный госпиталь Федерального медико-биологического агентства России и отряд «Центроспас» МЧС России одними из первых прошли сертификацию ВОЗ, полностью соответствуя международным стандартам Emergency Medical Teams. Тем не менее остаются направления работ по ресурсному обеспечению, требующие большего развития санитарной авиации и объемов ее использования [52].

В США координацию действий при крупных катастрофах осуществляет Федеральное агентство по чрезвычайным ситуациям (Federal Emergency Management Agency, FEMA), входящее в структуру министерства внутренней безопасности [53]. FEMA отвечает за мобилизацию федеральных ресурсов спасения и медицины катастроф по запросу штата. В стране также создана Национальная система медицинского реагирования на катастрофы (National Disaster Medical System, NDMS), включающая подразделения быстрого развертывания, например бригады Disaster Medical Assistance Teams (DMAT), состоящие из врачей, фельдшеров и других специалистов и оснащенные автономными наборами для развертывания в полевых условиях. После террористических атак 11 сентября 2001 г. и инцидентов с биотерроризмом (рассылка сибирской язвы) в США существенно усилили подготовку медицинских кадров к ЧС. В учебных программах медицинских школ и колледжей (особенно для медицинских сестер) появились курсы по реагированию на катастрофы. Ключевыми навыками для первого этапа реагирования теперь считаются не только навыки оказания медицинской помощи, но и умения оказать психологическую поддержку и поддержать коммуникацию в условиях стресса пострадавшим в ЧС [54]. Сильными сторонами американской системы являются мощные ресурсы (как материальные, так и кадровые), готовность к развертыванию полевых госпиталей, налаженная система санитарной авиации и эвакуации, а также развитая культура добровольчества. С другой стороны, в США имеется определенная фрагментарность системы здравоохранения между штатами, что иногда приводит к проблемам координации. Так, опыт урагана «Катрина» (2005) показал, что медико-спасательные службы разных уровней не сразу смогли организовать слаженное взаимодействие местных и федеральных структур, обнажив недостатки в планировании эвакуации пострадавших в больницы. За этими уроками последовали соответствующие реформы: были пересмотрены планы готовности госпиталей, создана единая система связи для всех служб, больше внимания стало уделяться уязвимым группам населения на случай эвакуации. В целом, опыт США демонстрирует высокую эффективность при техногенных ЧС, однако успех во многом зависит от заблаговременной подготовки и четкого командования в первые часы после катастрофы.

Система реагирования на ЧС в Китае интенсивно развивалась после начала 2000-х гг., особенно после эпидемии SARS (2003) и Сычуаньского землетрясения (2008).

Для координации усилий был создан Государственный комитет по снижению рисков бедствий (NCDR, 2005 г.), который объединил 34 министерства и ведомства, включая военные структуры [55]. Характерной чертой китайского подхода является тесная интеграция ресурсов Народно-освободительной армии (НОАК) в систему медицины катастроф. Военные госпитали обладают высококвалифицированными кадрами, транспортом и мобильными госпиталями, которые могут быть быстро развернуты в зоне ЧС. С 2010 г. в КНР сформирована сеть из 22 национальных медицинских отрядов экстренного реагирования, дислоцированных в разных регионах [55]. Многие из них базируются на военных госпиталях и оснащены переносным оборудованием и автономными ресурсами жизнеобеспечения, что позволяет им действовать независимо от локального уровня запасов и ресурсного обеспечения. Эти бригады способны развернуть полевые госпитали, проводить сортировку раненых и при необходимости эвакуировать тяжелых пациентов в крупные медицинские центры. Например, при взрывах на складе химических веществ в Тяньцзине в 2015 г. были мобилизованы больницы Тяньцзиня и соседних городов, развернуты дополнительные отделения, привлечены сотни хирургов и медицинских сестер [56]. Случай в Тяньцзине выявил как сильные стороны (быстрая концентрация ресурсов, в том числе медицинских работников НОАК), так и проблемы — первоначальную нехватку координации и информационного обмена между больницами. В целом, Китай добился значительного прогресса в готовности к ЧС: на сегодняшний день создана единая система оповещения, проводятся регулярные учения, развиваются системы дистанционного мониторинга. Тем не менее научные обзоры отмечают ряд сохраняющихся проблем, препятствующих эффективности реагирования. К ним относятся недостаточная защищенность инфраструктуры здравоохранения (многие больницы уязвимы к разрушению — так, при землетрясении 2008 г. в пострадавших районах обрушилось до 67,5% медицинских зданий), отсутствие у ряда больниц подробных планов действий на случай редких катастроф, слабая координация между больницами при массовом наплыве пострадавших, ограниченное количество портативного оборудования и подготовленных кадров для триажа (сортировки) и интенсивной терапии в полевых условиях [55]. Система оказания экстренной медицинской помощи остается фрагментированной между городскими и сельскими районами, не полностью урегулированы законодательство о ЧС и распределение финансирования.

Япония также имеет богатый опыт реагирования как на природные, так и на техногенные катастрофы, который существенно повлиял на организацию системы медицины катастроф. Поворотным моментом стала катастрофа 1995 г. — землетрясение в Кобе (Хансин-Авадзи), в результате которого погибли 6434 человека и свыше 43 тыс. были ранены [57]. Анализ показал, что многих пострадавших можно было спасти, однако на тот момент

в стране не существовало национальной системы медицинского реагирования на катастрофы и медицинская помощь была нескоординированной [57]. В результате Япония создала национальную систему медицины катастроф (National Disaster Medical System, NDMS Japan). Она включала опорные больницы (disaster base hospitals) в каждом регионе, оснащенные и подготовленные к массовому приему пострадавших, национальную систему экстренной медицинской информации, отряды Disaster Medical Assistance Teams (DMAT) — мобильные бригады для выезда в зону ЧС, а также систему санитарной авиации для эвакуации (самолеты и вертолеты Сил самообороны). Данная система прошла серьезное испытание во время Великого восточно-японского землетрясения и связанной с ним аварии на АЭС «Фукусима-1» в марте 2011 г. В течение суток после катастрофы удалось мобилизовать около 78 команд DMAT (около 393 специалистов) со всей страны, которые транспортными самолетами военно-воздушных сил были перебросены в пострадавший регион. Были развернуты полевые медицинские пункты вблизи зоны бедствия (на базах Сил самообороны и аэродромах), через которые проходили сортировка и дальнейшая эвакуация раненых [57]. За первые дни операции санитарной авиацией были вывезены десятки тяжелых пациентов из прибрежных районов, где местные больницы были разрушены или обесточены. В ликвидации последствий участвовали также бригады Японской медицинской ассоциации (JMAT), оказывавшие помощь в эвакуационных центрах и проводившие медицинскую экспертизу погибших [58]. Японский опыт характеризуется высокой организованностью и дисциплиной при реагировании: четкое распределение обязанностей между службами (пожарно-спасательные подразделения, Силы самообороны, медицинские команды и администрация префектур) позволяет избежать хаоса даже в экстремальных условиях. После каждого крупного ЧС в Японии проводится детальный разбор, по результатам которого вносятся улучшения в планы. Например, уроки Фукусимы привели к пересмотру протоколов эвакуации больниц при радиационной опасности и созданию резервных систем электроснабжения для медицинских учреждений. Сильной стороной японской системы является обеспечение национального охвата (каждая префектура имеет несколько DMAT-бригад и опорных клиник), мгновенная мобилизация ресурсов через единый центр управления, а также культура общественного участия (население обучено основам первой помощи и действий при авариях и катастрофах).

В Европейском союзе каждая страна имеет собственную систему медицинского обеспечения при ЧС, но в целом им присущи схожие черты: развитая служба скорой медицинской помощи, тесное взаимодействие экстренных служб и наличие национальных резервов для реагирования. Например, в Германии реализована концепция «врач на месте происшествия» — к пострадавшему на догоспитальном этапе выезжает врач скорой

и неотложной медицинской помощи. Немецкая система скорой медицинской помощи (Rettungsdienst) оснащена современным оборудованием, однако до недавнего времени в Германии оставались нерешенными некоторые организационные вопросы, такие как единый номер вызова экстренных служб (исторически были разные номера) и интегрированные многопрофильные отделения неотложной помощи в больницах [59]. Для реагирования на крупные катастрофы в Германии действует единая государственная система ликвидации последствий ЧС, но при необходимости к работам привлекаются и другие структуры: полиция, пожарные, техническая служба помощи (Technische Hilfswerk, THW), благотворительные организации (Красный Крест, Johanniter-Unfall-Hilfe и др.). Аналогичным образом во Франции служба экстренной медицинской помощи (Service d'aide médicale urgente, SAMU) обеспечивает выезд бригад врача и фельдшера на место происшествия. Государства Европейского союза делают упор на максимально быструю медицинскую помощь пострадавшим и их доставку в специализированные стационары. В рамках Европейского союза создан механизм координации усилий при чрезвычайных ситуациях, выходящих за рамки возможностей одной страны. Механизм гражданской защиты ЕС (Union Civil Protection Mechanism, UCPM) объединяет 34 государства Европы и позволяет любой пострадавшей стране запросить помощь соседей<sup>12</sup>. В рамках этого механизма зарезервированы модули помощи (пожарные расчеты, команды спасателей, медицинские бригады и пр.), которые готовы к оперативному отправлению в зону бедствия. После уроков эпидемии Эбола 2014 г., когда остро не хватало обученных медицинских команд, ЕС учредил **Европейский медицинский корпус** — совокупность сертифицированных бригад врачей и медицинских сестер из разных стран, которые могут быстро развернуться для оказания медицинской помощи внутри или вне стран ЕС<sup>13</sup>. Координацию таких миссий осуществляет Единый координационный центр реагирования ЕС, а команды проходят предварительную аттестацию на соответствие высоким стандартам (в том числе стандартам ВОЗ) и учатся работать сообща. Например, в составе Европейского медицинского корпуса имеются хирургические полевые госпитали из Германии, Франции, Испании и других стран, а также бригады скорой помощи. Преимущество подхода Европейского союза заключается в возможности быстро нарастить группировку сил в любой точке, обеспечивая эффект взаимопомощи. Так, при взрыве на химическом заводе во Франции или техногенной аварии в Венгрии пострадавшей стране могут быть направлены дополнительные реанимационные автомобили, медикаменты, группы врачей из других государств. Регулярно

<sup>12</sup> [https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/what/civil-protection/eu-civil-protection-mechanism\\_en](https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/what/civil-protection/eu-civil-protection-mechanism_en)

<sup>13</sup> [https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/what/civil-protection/european-medical-corps\\_en#:~:text=Why%20is%20this%20important%3F](https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/what/civil-protection/european-medical-corps_en#:~:text=Why%20is%20this%20important%3F)

проводятся совместные учения по линии ЕС, отрабатываются сценарии техногенных аварий или катастроф, что способствует обмену лучшими практиками<sup>14</sup>. Вместе с тем одной из сложностей остается унификация протоколов и языка общения — в многонациональной команде могут быть различия в стандартах лечения. Для решения этой проблемы введена система сертификации Европейского медицинского корпуса по единым требованиям.

Несмотря на значительные успехи в развитии служб медицины катастроф в различных странах, в настоящее время до сих пор отсутствует унифицированная методология, которая позволила бы проводить их объективные сравнительные исследования в части оценки эффективности реагирования на ЧС техногенного характера. Этот пробел особенно заметен при международных катастрофах, при которых требуется скоординированное взаимодействие нескольких государств. Проблема также усугубляется тем, что некоторые методики ориентированы на узкие аспекты, такие как оценка скорости реагирования или медицинской помощи, тогда как комплексный подход, учитывающий социальные и экономические последствия, применяется реже. Унификация методологических подходов позволила бы разрабатывать стандартизированные рекомендации и внедрять их на национальном и международном уровнях. В качестве методологии определения эффективности реагирования национальных систем здравоохранения на ЧС техногенного характера, включающей медицинский, социальный и экономический компоненты, может быть рассмотрен подход с разработкой интегрального индекса, представляющего собой сумму баллов, полученных по результатам экспертных оценок по определенному набору показателей. **Медицинский компонент** данного индекса может включать показатели скорости и эффективности оказания медицинской помощи, например среднее время до оказания первой помощи, доля пострадавших, получивших медицинскую помощь в течение «золотого часа», уровень оснащенности и укомплектованности бригад скорой медицинской помощи. Сюда же могут быть отнесены показатели, характеризующие качество медицинской помощи по уровню летальности, частоте осложнений после оперативных вмешательств и соблюдение клинических рекомендаций (протоколов лечения). **Социальный компонент** индекса может охватывать показатели социальной поддержки населения со стороны государства, уровня информированности о ЧС, доступность социальной и психологической помощи, а также количество жалоб и обращений и качество работы с ними со стороны профильных служб и ведомств. **Экономический компонент** индекса должен включать оценку прямых затрат (расходы на мобилизацию экстренных служб, закупку медикаментов, транспортные услуги, ремонт и оснащение больницы, восстановление инфраструктуры, обеспечение

выплат семьям пострадавших, финансирование программ временного размещения и др.) и косвенных убытков по причине снижения деловой активности (потери валового регионального продукта (валового внутреннего продукта) в регионе (стране), простой предприятий), утраты трудоспособности в отдельных группах населения (увеличение количества дней нетрудоспособности, временные или постоянные потери кадров), увеличения личных расходов граждан (например, на оплату временного проживания). Работа по формализации критериев и разработке методики расчета показателей, учитывающей набор математических выражений с установлением диапазона значений индекса, определяющего качественную характеристику эффективности реагирования системы здравоохранения на ЧС техногенного характера, является перспективной задачей для последующих научных исследований по данному направлению.

*Во-вторых*, необходимо признать, что при возникновении техногенных аварий и катастроф адекватность оценки сложившейся ситуации может быть искажена ограниченностью данных. Зачастую информация поступает с запозданием, содержит ошибки или фрагментарна, а также может вообще отсутствовать по причине секретности данных. Например, в зонах катастрофы может быть нарушена связь, что приводит к отсутствию оперативных данных о количестве пострадавших в ЧС, их состоянии и доступности ресурсов. Также затруднено создание статистической базы данных, необходимой для выработки решений и разработки моделей реагирования. Кроме того, существуют ограничения в использовании исторических данных, поскольку каждая ЧС имеет свои уникальные характеристики, что затрудняет применение ретроспективных данных для прогнозирования и оценки. Это требует разработки новых методов, которые позволят собирать данные в реальном времени и оперативно адаптировать меры реагирования.

*В-третьих*, ЧС техногенного характера часто имеют мультидисциплинарный характер. Последствия аварий и катастроф на химическом заводе, например, могут включать как физические травмы, так и токсикологические эффекты, психологические нарушения и длительное воздействие на окружающую среду. Оценка эффективности реагирования требует учета всех этих аспектов, что создает дополнительные сложности. Более того, необходимо учитывать взаимодействие различных факторов, таких как погодные условия, плотность населения в зоне ЧС и уровень подготовки муниципальных служб. Это усложняет процесс анализа и делает результаты менее предсказуемыми.

*В-четвертых*, наличие серьезных различий в уровнях финансирования, кадрового обеспечения и технической оснащенности систем здравоохранения, которые приводят к существенным диспропорциям в их способности справляться с кризисами. Даже в развитых странах доступность ресурсов может варьироваться в зависимости от регионов. Сельские районы часто испытывают недостаток в медицинском персонале и специализированной

<sup>14</sup> <https://eufundingoverview.be/funding/eu-civil-protection-mechanism-ucprm#:~:text=EU%20Civil%20Protection%20Mechanism%20,the%20exchange%20of%20best%20practices>

технике, что затрудняет их способность реагировать на ЧС. Решение данной проблемы требует создания резервных ресурсов и интеграции частных и государственных структур в единую систему реагирования.

*В-пятых*, отсутствие системы долгосрочного мониторинга. После завершения мероприятий по ликвидации последствий ЧС внимание к посткризисным исследованиям резко снижается, лишая системы здравоохранения возможности извлечь ценные уроки из опыта и подготовиться к аналогичным событиям в будущем. Внедрение систем мониторинга, которые фиксируют как краткосрочные, так и долгосрочные последствия ЧС, может существенно улучшить качество реагирования и минимизировать негативные эффекты.

*В-шестых*, отсутствие четких критериев и ключевых показателей эффективности (KPI). Использование KPI позволяет проводить оценку системы здравоохранения по таким параметрам, как время реагирования, доступность медицинских услуг, уровень смертности и заболеваемости. Примеры таких показателей могут включать количественные оценки среднего времени доставки пострадавших в ЧС в медицинскую организацию, доли выживших среди них с тяжелыми травмами (отравлениями), обеспеченности ресурсами (медикаментами, оборудованием, медицинским персоналом) и т. д. Вместе с тем важно учитывать специфические особенности каждой ЧС. Например, оценка эффективности реагирования при химической катастрофе будет отличаться от оценки при радиационной катастрофе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обеспечение готовности национальных систем здравоохранения и медицинских организаций к ответу на техногенные ЧС остается одной из важнейших задач, особенно в Российской Федерации. В этой связи приоритетными направлениями повышения эффективности реагирования системы здравоохранения являются моделирование и симуляции, проведение опросов и анкетирования, сравнительный анализ, просвещение населения, организация психологической поддержки, развитие социального партнерства и волонтерства, а также поддержание доверия к системе здравоохранения.

Так, создание сценариев техногенных аварий и катастроф с помощью современных технологий искусственного интеллекта позволяет оценить действия системы здравоохранения и выявить ее слабые стороны, например посредством компьютерных симуляций, моделирующих распространение токсичных веществ и эвакуационные потоки. Параллельно сбор мнений участников ликвидации последствий — как медицинского персонала, так и пострадавших в ЧС — посредством опросов предоставляет ценные данные для анализа эффективности коммуникации, уровня подготовки специалистов и адекватности выделенных ресурсов, позволяя также выявить проблемы в обеспечении и логистике, а также в управлении ими.

Кроме того, сравнительный анализ опыта различных стран и регионов способствует адаптации лучших практик к специфике конкретных условий, а международное сотрудничество и обмен опытом формируют глобальную базу знаний для улучшения национальных систем реагирования. Не менее важным направлением является просвещение населения, которое включает проведение регулярных обучающих мероприятий, тренингов и информационных кампаний по оказанию первой помощи, эвакуационным процедурам и использованию СИЗ с особым вниманием к уязвимым группам, таким как дети, пожилые люди и лица с ограниченными возможностями, что помогает снизить вероятность паники в кризисной ситуации.

Организация психологической поддержки посредством создания центров помощи, работы горячих линий и привлечения специалистов по стресс-менеджменту обеспечивает снижение уровня тревожности и предупреждение развития посттравматических стрессовых расстройств среди населения и сотрудников, участвующих в ликвидации последствий ЧС.

Развитие социального партнерства и волонтерства, включающее вовлечение общественных и некоммерческих организаций, расширяет возможности системы здравоохранения в проведении эвакуаций, оказании первой помощи, раздаче гуманитарной помощи и организации временных убежищ. Наконец, сохранение доверия населения к государственным органам и службам здравоохранения посредством прозрачности принятия решений, оперативного предоставления информации и быстрой реакции на ЧС является залогом эффективного функционирования системы на всех ее уровнях.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад автора.** Концепция и дизайн исследования, обработка материала, обзор литературы и написание текста осуществлялись единственным автором.

**Источник финансирования.** Финансирование данной работы не проводилось.

**Конфликт интересов.** Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Этическая экспертиза не проводилась, так как статья носит обзорный характер.

## ADDITIONAL INFO

**Author contribution:** Conceptualization and study design, data processing, sources review and writing of the original draft were carried out by a single author.

**Funding sources:** There was no funding for this work.

**Conflict of interests:** The author declares no explicit or potential conflicts of interests associated with the publication of this article.

**Ethics approval:** No ethics approval was required as the article represents a review.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Broughton E. The Bhopal disaster and its aftermath: a review. *Environ Health*. 2005;4(1):6. doi: 10.1186/1476-069X-4-6
2. Sharma DC. Bhopal: 20 years on. *Lancet*. 2005;365(9454):111–112. doi: 10.1016/S0140-6736(05)17722-8
3. Valković V. *Radioactivity in the Environment*. Elsevier Science; 2000: 377–487. eBook ISBN: 9780080540245 doi: 10.1016/B978-044482954-2.50009-5
4. Ruckart PZ, Ettinger AS, Hanna-Attisha M, et al. The Flint Water Crisis: A Coordinated Public Health Emergency Response and Recovery Initiative. *J Public Health Manag Pract*. 2019;25(Suppl 1):S84–S90. doi: 10.1097/PHH.0000000000000871
5. McGeoghegan D, Whaley S, Binks K, et al. Mortality and cancer registration experience of the Sellafield workers known to have been involved in the 1957 Windscale accident: 50 year follow-up. *J Radiol Prot*. 2010;30(3):407–431. doi: 10.1088/0952-4746/30/3/001
6. Akleyev AV, Krestinina LY, Degteva MO, Tolstykh EI. Consequences of the radiation accident at the Mayak production association in 1957 (the 'Kyshtym Accident'). *J Radiol Prot*. 2017;37(3):R19–R42. doi: 10.1088/1361-6498/aa7f8d
7. Aliyu AS, Evangelidou N, Mousseau TA, et al. An overview of current knowledge concerning the health and environmental consequences of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) accident. *Environ Int*. 2015;85:213–228. doi: 10.1016/j.envint.2015.09.020
8. Chan EY, Wang Z, Mark CK, Da Liu S. Industrial accidents in China: risk reduction and response. *Lancet*. 2015;386(10002):1421–1422. doi: 10.1016/S0140-6736(15)00424-9
9. Aliakbari F, Hammad K, Bahrami M, Aein F. Ethical and legal challenges associated with disaster nursing. *Nurs Ethics*. 2015;22(4):493–503. doi: 10.1177/0969733014534877
10. Gastaldi S, Horlait M. Health Care Organizations' Interoperability during Multi-Organizational Disaster Management: A Scoping Review. *Prehosp Disaster Med*. 2022;37(3):401–408. doi: 10.1017/S1049023X22000516
11. Treat KN, Williams JM, Furbee PM, et al. Hospital preparedness for weapons of mass destruction incidents: an initial assessment. *Ann Emerg Med*. 2001;38(5):562–565. doi: 10.1067/mem.2001.118009
12. Boer VM. State authorities in response to natural and man-made emergencies. *Lex Jus Civitas*. 2021;(1(29)):43–46. EDN: YNLPMH
13. Subbarao I, Bond WF, Johnson C, et al. Using innovative simulation modalities for civilian-based, chemical, biological, radiological, nuclear, and explosive training in the acute management of terrorist victims: A pilot study. *Prehosp Disaster Med*. 2006;21(4):272–275. doi:10.1017/s1049023x00003824
14. Coleman CN, Sullivan JM, Bader JL, et al. Public health and medical preparedness for a nuclear detonation: the nuclear incident medical enterprise. *Health Phys*. 2015;108(2):149–160. doi:10.1097/HP.0000000000000249
15. Kazantsev SYa, Krasilnikov VI. First medical assistance to suffer in a technological catastrophe of accidents and natural disasters. *Actual problems of medicine and biology*. 2020;(1):7–10. EDN: RAWFTQ
16. Gowing JR, Walker KN, Elmer SL, Cummings EA. Disaster Preparedness among Health Professionals and Support Staff: What is Effective? An Integrative Literature Review. *Prehosp Disaster Med*. 2017;32(3):321–328. doi: 10.1017/S1049023X1700019X
17. Kirsch TD, Lee CJ, King DB, et al. Validation of Opportunities to Strengthen the National Disaster Medical System: The Military-Civilian NDMS Interoperability Study Quantitative Step. *Health Secur*. 2023;21(4):310–318. doi: 10.1089/hs.2023.0051
18. Peng M, Xiao T, Carter B, et al. Effectiveness and Cost-Effectiveness of Mental Health Interventions Delivered by Frontline Health Care Workers in Emergency Health Services: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(23):15847. doi: 10.3390/ijerph192315847
19. Abdullabekov RN, Fedorchuk VE, Minnikova TV. Mobile medical complexes in Russia. *Medical Technologies. Assessment and Choice*. 2021;43(3):45–52. doi: 10.17116/medtech20214303145 EDN: JZQWOP
20. Laksham KB. Unmanned aerial vehicle (drones) in public health: A SWOT analysis. *J Family Med Prim Care*. 2019;8(2):342–346. doi: 10.4103/jfmpc.jfmpc\_413\_18
21. Levanov VM, Mamonova EYu, Perevedentsev OV. Possibilities of application of telemedicine technologies at carrying out exercises on liquidation of medical consequences of emergency situations on remote industrial objects. *Russian journal of telemedicine and e-health*. 2019;5(1):17–24. doi: 10.29188/2542-2413-2019-5-1-17-24 EDN: DHYJSA
22. Lee CJ, Kimball MM, Deussing EC, Kirsch TD. Use of Information Technology Systems for Regional Health Care Information-Sharing and Coordination During Large-Scale Medical Surge Events. *Disaster Med Public Health Prep*. 2023;18:e1. doi: 10.1017/dmp.2023.218
23. Grebenyuk AN, Lisina EA, Lisin PL, Starkov AV. Medical technical devices for medical evacuation of wounded and injured in emergency situations. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2020;(1):21–35. doi: 10.25016/2541-7487-2020-0-1-21-35 EDN: HDYIAT
24. Artyukhin VV, Arefyeva EV, Vereskun AV, et al. *Risk management of man-made disasters and natural disasters (manual for managers of organizations)*. The monograph. Faleev MI, ed. Moscow: All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies of the Russian Emergencies Ministry; 2016. 270 p. EDN: XXUJBD
25. Nazarov VB, Gladkikh VD, Boyarintsev VV, et al. Current issues of forming backlogs of antidote therapy means to eliminate medical and sanitary consequences of emergency situations. *Toxicological review*. 2011;(6(111)):33–37. EDN: TQAWOX
26. Sidorov DA, Grebenyuk AN, Golubenko RA, Miroshnichenko YuV. Modern approaches to creation of medicines reserves for liquidation of consequences of chemical emergencies. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2015;(3(51)):267–272. EDN: VSTVJV
27. Rasheed H, Usman M, Ahmed W, et al. A Shift From Logistic Software to Service Model: A Case Study of New Service-Driven-Software for Management of Emergency Supplies During Disasters and Emergency Conditions by WHO. *Front Pharmacol*. 2019;10:473. doi: 10.3389/fphar.2019.00473
28. Uiba VV, Nazarov VB, Gladkikh VD, ed. *Conceptual approaches to the development of the antidote system in the Russian Federation*. Moscow: Federal Medical and Biological Agency of Russia; 2013. 304 p. (In Russ.) ISBN: 978-5-94822-059-8
29. Bobrov AF. Prevention of technological emergency situations: information technology to develop criteria for anthropogenic risks estimation. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2019;(2):5–16. doi: 10.25016/2541-7487-2019-0-2-05-16 EDN: RDRKWW
30. Faleev MI, Gorbunov SV. Monitoring and Forecasting of Emergency Situations as Component Part of the Emergency Risk Management Framework. *Issues of Risk Analysis*. 2018;15(6):8–16. doi: 10.32686/1812-5220-2018-15-8-16 EDN: YQZLAT
31. Voronov AV, Baldin SYu, Voronov VI, et al. Current pharmaceutical logistics of medical immunobiologicals in Russia. *Farmatsiya*. 2015;7:20–23. EDN: UNXNPP
32. Jiang-Ning L, Xian-Liang S, An-Qiang H, et al. Forecasting emergency medicine reserve demand with a novel decomposition-ensemble methodology. *Complex Intell Systems*. 2023;9(3):2285–2295. doi:10.1007/s40747-021-00289-x

33. Buchakova MA, Kosorotov AP. Coordination of the activities of the management bodies of the state emergency prevention and response system. *Safety issues in the aftermath of emergencies*. 2015;(1-1(4)):64-68. EDN: VLCRET
34. Mahmudov AA. Application of modern systems for public notification in emergency situations. *Ekonomika i sotsium*. 2024;10-2(125):767-772. EDN: QVKDCV
35. Baranova NN, Goncharov SF. Current State of the Problem of Organizing and Conducting Medical Evacuation of Victims in Emergencies. *Meditsina Katastrof = Disaster Medicine*. 2020;(4):57-65. doi: 10.33266/2070-1004-2020-4-57-65 EDN: HPDDLJ
36. Moskvichev VV, Nicheporchuk VV, Potapov VP, et al. Information Support of Monitoring and Development Risks for Social, Natural and Technogenic Systems. *Issues of risk analysis*. 2018;15(2):22-33. EDN: XNSIWD
37. Tilavaldiev BT, Abdullaev ZD. Information and communication control technologies under emergency situations. *Universum: technical sciences*. 2021;(11-1(92)):31-33. doi: 10.32743/UniTech.2021.92.11.12541 EDN: EQOVQA
38. Afanasiev DS, Bardakova EA, Bystryakov D.S. Analytical review sensors of volatiles for the internet of things. *Informatsionnye tekhnologii i telekommunikatsii*. 2016;4(4):1-12. EDN: YLNEOX
39. Nicheporchuk VV, Nozhenkov AI. Technology integration in the integrated emergency monitoring system. *Educational Resources and Technologies*. 2016;(2(14)):281-287. EDN: TVFKTL
40. Nagata T, Kimura Y, Ishii M. Use of a geographic information system (GIS) in the medical response to the Fukushima nuclear disaster in Japan. *Prehosp Disaster Med*. 2012;27(2):213-215. doi:10.1017/S1049023X1200060X
41. Chen Y, Song G, Yang F, et al. Risk assessment and hierarchical risk management of enterprises in chemical industrial parks based on catastrophe theory. *Int J Environ Res Public Health*. 2012;9(12):4386-4402. doi:10.3390/ijerph9124386
42. Hemming D, Macneill K. Use of meteorological data in biosecurity. *Emerg Top Life Sci*. 2020;4(5):497-511. doi:10.1042/ETLS20200078
43. Umyakin VM, Kurolap SA, Matviec DA, Shvec AV. The aggregated medico-environmental risk in the system of socio-hygienic monitoring assessment. *Vozdushno-kosmicheskiye sily. Teoriya i praktika*. 2017;3(3):105-112. EDN: YNHMPF
44. Wang J, Fu G, Yan M. Investigation and Analysis of a Hazardous Chemical Accident in the Process Industry: Triggers, Roots, and Lessons Learned. *Processes*. 2020;8(4):477. doi: 10.3390/pr8040477
45. Lenert LA, Kirsh D, Griswold WG, et al. Design and evaluation of a wireless electronic health records system for field care in mass casualty settings. *J Am Med Inform Assoc*. 2011;18(6):842-852. doi: 10.1136/amiajnl-2011-000229
46. Watherston J, Watson J, Bruce D, et al. An in-field evaluation of rapid DNA instruments for disaster victim identification. *Int J Legal Med*. 2022;136(2):493-499. doi: 10.1007/s00414-021-02748-z
47. Aleksanin SS, Rybnikov VYu, Evdokimov VI, et al. Methodological Aspects of Creating Mobile Medical Teams at Russian Emercom for Mitigating Consequences of Emergency Situations. *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. 2017;(11):3-9. doi: 10.33396/1728-0869-2017-11-3-9 EDN: ZSKCGX
48. Goncharov SF, Bystrov MV, Baranova NN, et al. Mobile Medical Formations of Service for Disaster Medicine of Ministry of Health of Russian Federation. *Disaster Medicine*. 2019;(3(107)):5-11. doi: 10.33266/2070-1004-2019-3-5-11 EDN: TKNYIJ
49. Baranova NN, Goncharov SF. Medical evacuation at liquidation of consequences of emergencies: routing, criteria of quality. *Emergency medical care*. 2019;20(4):4-13. doi: 10.24884/2072-6716-2019-20-4-4-13 EDN: BIBTWW
50. Goncharov SF. Innovative technologies in system of medical support of population affected in emergency situations. *Disaster Medicine*. 2011;(3(75)):5-10. EDN: OEYXNL
51. Shoigu YuS. Organization of the activities of the psychological service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. *National Psychological Journal*. 2012;(1(7)):131-133. EDN: OPPFZZ
52. Gumenyuk SA, Aleksanin SS, Yarygin NV. Evaluation of the Efficiency of Work and Prospects of Sanitary Aviation Development in Megapolic Environment on the Example of Moscow City. *Disaster Medicine*. 2022;(1):71-77. doi: 10.33266/2070-1004-2022-1-71-77 EDN: PYFNVH
53. Margus C, Hertelendy A, Tao Y, et al. United States Federal Emergency Management Agency regional clustering by disaster exposure: a new paradigm for disaster response. *Nat Hazards (Dordr)*. 2023;116(3):3427-3445. doi: 10.1007/s11069-023-05817-1
54. Marlow R, Singleton S, Campeau D, et al. The evolution of health-care disaster preparedness and response training at the FEMA Center for Domestic Preparedness. *Am J Disaster Med*. 2019;14(1):5-8. doi: 10.5055/ajdm.2019.0310
55. Zhong S, Clark M, Hou XY, et al. Progress and challenges of disaster health management in China: a scoping review. *Glob Health Action*. 2014;7:24986. doi: 10.3402/gha.v7.24986
56. Zhang JJ, Wang TB, Fan D, et al. Medical Response to the Tianjin Explosions: Lessons Learned. *Disaster Med Public Health Prep*. 2018;12(3):411-414. doi: 10.1017/dmp.2017.64
57. Homma M. Development of the Japanese National Disaster Medical System and Experiences during the Great East Japan Earthquake. *Yonago Acta Med*. 2015;58(2):53-61. PMID: 26306054
58. Yokokura Y. Japan Earthquake 2011 and Fukushima Nuclear Accident: Experience and physicians and veterinarians collaboration to recover. *Japan Med Assoc J*. 2016;59(1):3-9. PMID: 27738577
59. Hecker N, Domres BD. The German emergency and disaster medicine and management system-history and present. *Chin J Traumatol*. 2018;21(2):64-72. doi: 10.1016/j.cjtee.2017.09.003

## ОБ АВТОРЕ

**Орлов Сергей Александрович**, канд. мед. наук;  
адрес: Россия, 105064, Москва, ул. Воронцово поле, д. 12, с. 1;  
ORCID: 0000-0002-8749-8504; eLibrary SPIN: 4955-1482;  
e-mail: orlovsergio@mail.ru

## AUTHOR'S INFO

**Sergey A. Orlov**, MD, Cand. Sci. (Medicine);  
address: 12-1, Vorontsovo Pole str., Moscow, 105064, Russia;  
ORCID: 0000-0002-8749-8504; eLibrary SPIN: 4955-1482;  
e-mail: orlovsergio@mail.ru