

Некоммерческое акционерное общество  
«Медицинский университет Астана»

УДК 614.88:004-047.58

На правах рукописи

**АННОТАЦИЯ**  
**диссертационной работы**

на соискание степени доктора философии (PhD)  
по специальности 8D10103 – Общественное здравоохранение

**Тема: «Использование геоинформационных систем для оценки медико-социальных и инфраструктурных барьеров оказания экстренной медицинской помощи»**

**Научный консультант**  
асс. профессор, PhD  
Тулешова Г.Т.

**Отечественный научный консультант**  
PhD  
Алдынгулов Д.К.

**Зарубежный консультант**  
асс. профессор Aušra Beržanskytė

**Исполнитель**  
Чаякова А.М.

Республика Казахстан  
Астана, 2024

**Актуальность темы исследования.** Экстренная медицинская помощь является критически важной для спасения жизни и обеспечения быстрого и эффективного лечения в случае серьезных заболеваний и травм [1-5]. Важность и актуальность исследований в области экстренной медицинской помощи подтверждается постоянным увеличением числа аварий, несчастных случаев, сердечно-сосудистых заболеваний и других острых состояний, требующих экстренного вмешательства [6, 7]. ССЗ остаются основной причиной смертности и инвалидности в развитых странах, доля которых в структуре общей смертности составляет 32% [8]. Кроме того, различные эпидемии и пандемии (например, COVID-19) также подчеркивают важность разработки эффективной экстренной медицинской помощи для быстрого и последовательного контроля заболеваний [9, 10].

Данное исследование решает несколько задач глобальной стратегии ВОЗ по достижению здоровья для всех в XXI веке: снижение распространенность неинфекционных заболеваний (задача 8); проведения исследований и обеспечения информационной поддержки по вопросам здравоохранения (задача 19).

Актуальность исследования, определяется приоритетом Национального проекта МЗ РК «Качественное и доступное здравоохранение для каждого гражданина «Здоровая нация», направлением доступная и качественная медицинская помощь, задачей 1. обеспечение широкого охвата населения услугами здравоохранения. Также направлением 2. Формирование современной системы эпидемиологического прогнозирования и реагирования, задачей 1. Переход на современную модель эпидемиологического надзора за инфекционными заболеваниями [11].

Авторами обнаружено, что существует мало исследований, направленных на изучение распределения потребностей в экстренной медицинской помощи по населенным пунктам и объяснение специфики планирования услуг экстренной медицинской помощи в соответствии с географическим распределением. Проблема времени реагирования скорого медицинского транспортного средства остается актуальной в течение последнего десятилетия. Кроме того, эти проблемы подкрепляются растущим спросом на услуги скорой медицинской помощи. Оптимальное время отклика в 10 секунд, установленное европейскими исследователями [12], играет центральную роль в способности службы экстренной медицинской помощи оставаться доступной оперативно. Перегруженность вызовов представляет значительную опасность для служб скорой помощи [13]. Понимание количества вызовов скорой помощи очень важно, поскольку оно влияет на время реагирования и стандарт оказания скорой помощи. Колебания количества вызовов могут привести к тому, что для оказания экстренной помощи будет выделено больше или меньше ресурсов скорой помощи, что скажется на исходах лечения пациентов [14].

В настоящее время методы моделирования и прогнозирования развития заболеваний остаются наиболее актуальными вопросами эпидемиологии и здравоохранения как основополагающие планирования и управления профилактическими мероприятиями [15]. На основе собранных геоданных

решаются такие вопросы, как определение пространственного распределения медицинских учреждений, оценка типов спроса на медицинские услуги, моделирование зон медицинского обслуживания. Методы ГИС могут быть применены к интегрированной структуре административных медицинских и географических данных как ценный инструмент повышения эффективности предоставления медицинских услуг с учетом потребностей населения. Результаты данного исследования могут быть полезны для руководителей высшего звена здравоохранения в качестве информационного источника для принятия решений по оказанию экстренной медицинской помощи. Кроме того, мы обнаружили, что на местном уровне существует мало исследований, направленных на выявление потребностей населения в ЭМП условиях районов, что позволило бы эффективно реагировать в подобных ситуациях. ГИС является эффективным и перспективным инструментом для оценки эффективности, оперативности и доступности экстренной медицинской помощи, но требуется более глубокое изучение особенностей её применения для разработки подходов к её использованию [16-19].

Данное исследование позволяет разработать предложения для практического здравоохранения, а именно для служб скорой медицинской помощи в условиях плотности и миграции населения городской среды, выявить основные барьеры оказания экстренной медицинской помощи, обосновать предложения по мониторингу и принятия управленческих решений оказания экстренной медицинской помощи, в т.ч. для служб ПСМП. Применение ГИС-технологии позволяет осуществлять геореференцирование медицинских данных, что в свою очередь открывает новые возможности для проведения научных исследований в области оказания экстренной медицинской помощи. Благодаря этому можно проводить анализ протоколов вызова скорой помощи, определять маршруты и время прибытия бригады, а также анализировать данные о состоянии пациентов и использовании ресурсов медицинских учреждений в рамках системы экстренной помощи. Такие исследования позволяют выявлять и анализировать особенности в оказании экстренной медицинской помощи, определять эффективность принятых мер и разрабатывать рекомендации по оптимизации работы системы экстренной помощи.

#### **Цель исследования.**

Обоснование модели оценки медико-социальных и инфраструктурных барьеров оказания экстренной медицинской помощи с использованием геоинформационных технологии

#### **Задачи исследования:**

1. Провести комплексный сравнительный анализ международных стандартов применения геоинформационных технологий в здравоохранении.
2. Определение барьеров оказания экстренной медицинской помощи и их классификация.
3. Статистический анализ и моделирование выявленных барьеров оказания экстренной медицинской помощи с использованием геоинформационных технологии.

4. Разработка рекомендательной модели оказания экстренной медицинской помощи с учетом выявленных барьеров при помощи геоинформационных систем.

#### **Материалы исследования.**

Официальные статистические данные по экстренной медицинской помощи, архивный материал ГКП на ПХВ «Городская станция скорой медицинской помощи» акимата г. Астана за 2020-2024 гг., данные мировых рейтинговых информационных баз (Web of Science, Scopus, Pub Med), ГИС-технологии.

#### **Методы исследования.**

Информационно-аналитический, моделирование, библиометрический, библиографический, статистический методы.

#### **Объект исследования.**

Медико-социальные и инфраструктурные барьеры оказания экстренной медицинской помощи.

#### **Научная новизна результатов исследования:**

1. Впервые проведен пространственный анализ территориальной доступности экстренной медицинской помощи в разных районах города Астана, который позволил выявить влияние географических, демографических и инфраструктурных факторов на качество оказания экстренной помощи. Данный подход обеспечил более глубокое понимание взаимосвязей между расположением медицинских учреждений, транспортной сетью и временем реагирования служб скорой помощи.

2. Впервые исследованы и выявлены значимые особенности влияния пандемии COVID-19 на оказание экстренной медицинской помощи в Республике Казахстан. Анализ показал изменения в нагрузке на службы скорой помощи, перераспределение ресурсов, а также выявил новые требования к оперативности и медицинского персонала в условиях повышенного риска заражения.

3. Впервые разработаны и предложены модель для оптимального распределения и маршрутизации скорой медицинской помощи на основе ГИС-технологий. Ключевые компоненты модели включают анализ пространственно-временной доступности, прогнозирование потребностей населения в экстренной помощи, динамическое распределение ресурсов и оптимизацию маршрутов. Новая модель позволяет автоматизировать процесс принятия решений и значительно повысить эффективность организации оказания экстренной медицинской помощи.

#### **Предмет исследования.**

Вызова экстренной медицинской помощи связанные со случаями ишемической болезни сердца (I20-I25), COVID-19, ГИС-технологии.

#### **Результаты исследования и практическая значимость:**

1. Разработана модель оказания экстренной медицинской помощи с применением ГИС-технологии для улучшения эффективности, оперативности и доступности экстренной медицинской помощи на основе научных принципов и анализа данных.

2. Разработаны карты территориальной доступности экстренной

медицинской помощи для населения города Астана.

3. Определены потребности в экстренной медицинской помощи до и после пандемии COVID-19.

#### **База проведения исследования.**

ГКП на ПХВ «Городская станция скорой медицинской помощи» акимата г. Астана.

#### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. На основе геопространственного анализа и моделирования зон доступности выявлено, что в ряде районов города, таких как Байконурский, Сарайшык и Есильский, наблюдаются вызовы, которые выходят за пределы 10-минутной зоны доступности. Это указывает на критические пробелы в оказании оперативной экстренной медицинской помощи в данных районах, что требует улучшения логистики и перераспределения ресурсов.

2. Моделирование показало, что плотность вызовов по поводу ишемической болезни сердца и COVID-19 сосредоточена в центральных и густонаселенных районах города, что приводит к перегрузке медицинских служб. Уровень доступности к СМП и ЛПУ в пределах 3, 5 и 10 минут показывает удовлетворительный охват, однако значительное количество вызовов остаются вне этих зон, что создает риск для пациентов с острыми состояниями.

3. Районы, такие как Байконурский, Сарайшык и Алматинский, характеризуются высокой частотой вызовов и недостаточным доступом к экстренной медицинской помощи в пределах 10 минут. Это требует пересмотра стратегий распределения ресурсов и размещения медицинских учреждений, чтобы уменьшить время реагирования и повысить оперативность помощи.

4. Пандемия COVID-19 привела к значительному увеличению числа вызовов (на 56% в начале пандемии и на 7% во время пика), что усугубило проблему перегрузки медицинской инфраструктуры. Выявленные горячие точки вызовов требуют усиления медперсонала и технических ресурсов в наиболее пострадавших районах для обеспечения своевременного оказания помощи в кризисные периоды.

5. Разработанная модель оказания экстренной медицинской помощи, основанная на ГИС-данных, показала высокую эффективность в выявлении критических зон с недостаточным покрытием медицинскими услугами. Это подтверждает важность использования пространственного анализа для более точного планирования и оперативного реагирования в условиях увеличения нагрузки на систему здравоохранения.

#### **Апробация и внедрение результатов исследования.**

Основные положения диссертации были доложены на международных конференциях в РК:

– оценка барьеров оказания экстренной медицинской помощи с использованием геоинформационных систем // Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых «Медицинская наука и образование: молодость и стремление - 2019» (Нұр-Сұлтан, 1-2 октября 2019 года);

– востребованность применения геоинформационных технологий в экстренной медицинской помощи // «Наука и здравоохранение» (Семей, 25 сентября 2020 года);

– dynamics of emergency calls during the COVID-19 pandemic in Nur-Sultan // научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Страховая медицина. Наука. Образование» (Нұр-Сұлтан, 21-22 декабря 2020 года).

Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права №26453 от 24 мая 2022 года, ИС №26453 «Использование геоинформационных систем для оценки медико-социальных и инфраструктурных барьеров оказания экстренной медицинской помощи» (произведение науки), (Приложение А).

Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права №51129 от 06 ноября 2024 года, ИС №51129 «Тенденции вызовов скорой медицинской помощи до и после COVID-19 в Казахстане» (произведение науки), (Приложение А).

Акт внедрения результатов в практику ГКП на ПХВ «Станция скорой медицинской помощи» УЗ г. Шымкент (Приложение Б).

Акт внедрения результатов научно-исследовательской работы ГКП на ПХВ «Областная станция скорой неотложной медицинской помощи» Актюбинской области (Приложение Б).

Акт внедрения результатов научно-исследовательской работы ГКП на ПХВ «Городская станция скорой медицинской помощи» акимата г.Астана (Приложение Б).

**Публикации по теме диссертации.** По теме диссертации опубликовано 9 публикаций, из них 4 в изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю сферы образования и науки Министерства науки и высшего образования РК, 3 выступления и издание в сборниках и материалах международных научно-практических конференций в Казахстане; 2 статьи опубликованы в журналах «Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences» (SJR 0.288 в 2020 году, процентиль по Citescore – 48%) и «Georgian medical news» (SJR 0.139 в 2023 году, процентиль по Citescore – 31%).

**Объём и структура диссертации.** Диссертация состоит из списка обозначений и сокращений, введения, обзора литературы, материалов и методов исследования, 4 разделов результатов собственных исследований, обсуждения полученных результатов и списка использованных источников литературы. Общий объём диссертации 99 страниц компьютерного текста. Список использованных источников содержит 124 источника. Диссертация иллюстрирована 38 рисунком и 17 таблицами.

**Личный вклад докторанта.** Диссертация Чаяковой А.М. является завершенной самостоятельной работой, выполненной на высоком научном и методическом уровне. Лично автором были разработаны модель оценки медико-социальных и инфраструктурных барьеров оказания экстренной медицинской помощи с использованием геоинформационных технологии. Автор непосредственно участвовал в сборе и анализе исходных данных, апробации результатов исследования, подготовке публикаций по выполненной работе, выступлении на международных конференциях, подготовке и получении авторских свидетельств.

#### **Результаты:**

Проведенное исследование подтвердило значимость использования ГИС для оценки и преодоления медико-социальных и инфраструктурных барьеров в оказании экстренной медицинской помощи. Анализ пространственных данных с помощью ГИС позволил выявить районы с недостаточной доступностью медицинских услуг, а также определить ключевые факторы, влияющие на эффективность экстренной медицинской помощи.

Медико-социальные факторы, такие как плотность населения, возрастная структура показали существенное влияние на потребность в экстренной медицинской помощи и ее доступность. Инфраструктурные барьеры, включая расположение медицинских учреждений и наличие необходимых ресурсов, оказались критическими для своевременного оказания помощи.

Применение ГИС-технологий способствовало созданию наглядных карт и моделей, отражающих текущую ситуацию в системе здравоохранения что позволит органам управления здравоохранением принимать более обоснованные решения по оптимизации маршрутов скорой помощи, размещению новых медицинских объектов и перераспределению ресурсов.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что интеграция ГИС в процессы планирования и управления экстренной медицинской помощью может существенно повысить ее эффективность и доступность. Рекомендовано продолжить развитие ГИС-инструментов для постоянного мониторинга и анализа медико-социальных и инфраструктурных факторов, влияющих на систему здравоохранения. Данное исследование позволяет разработать предложения для практического здравоохранения, а именно для служб скорой медицинской помощи в условиях плотности и миграции населения городской среды, выявить основные барьеры оказания экстренной медицинской помощи, обосновать предложения по мониторингу и принятия управленческих решений оказания экстренной медицинской помощи, в т.ч. для служб ПСМП. Применение ГИС-технологии позволяет осуществлять геореференцирование медицинских данных, что в свою очередь открывает новые возможности для проведения научных исследований в области оказания экстренной медицинской помощи. Такие исследования позволяют выявлять и анализировать

особенности в оказании экстренной медицинской помощи, определять эффективность принятых мер и разрабатывать рекомендации по оптимизации работы системы экстренной помощи.

На основании проведенного исследования сделаны следующие **выводы**:

1. Анализ международных стандартов и опыта применения ГИС установил, что геоинформационные системы предлагают богатый набор методов и технологий, значительно выходящих за рамки создания цифровых карт. Использование ГИС в здравоохранении способствует улучшению качества медицинской помощи и оптимизации её доступности, предоставляя инструменты для анализа пространственных данных и интеграции административных медицинских данных. ГИС могут стать мощными инструментами для раннего выявления проблем, а также для повышения эффективности планирования и предоставления медицинских услуг, учитывающих потребности населения. Результаты исследования подтверждают, что ГИС полезны для принятия управленческих решений в экстренной медицинской помощи, но для эффективного использования на местном уровне необходимо более глубокое изучение и адаптация подходов.

2. Определение барьеров в оказании экстренной медицинской помощи установил, что время прибытия бригад скорой помощи увеличивалось на протяжении анализируемого периода: с 15 минут 5 секунд в 2020 году до 16 минут 56 секунд в 2024 году. Время от поступления звонка до госпитализации в 2020 году составило 1 час 3 минуты, затем сократилось в 2021 и 2022 годах, но снова увеличилось в 2023 и 2024 годах, что может быть связано с повышенной нагрузкой на систему ЭМП. Установлено, что время прибытия бригад скорой помощи в среднем увеличилось на протяжении исследуемого периода. Время от поступления звонка до госпитализации сократилось в 2021 году, но затем снова увеличилось в 2023-2024 годах, что требует анализа причин замедления логистики и перераспределения ресурсов. В исследуемый период выявлено, что мужчины чаще обращались за медицинской помощью по поводу ИБС, но средний возраст женщин оставался выше. Значительное увеличение вызовов среди возрастной группы 65+ свидетельствует о необходимости усиленного внимания к пожилым пациентам. Установлено, что понедельник – день наибольшей нагрузки: анализ вызовов показал, что понедельник стабильно является днем наибольшего количества обращений, что указывает на необходимость усиленного внимания и оптимизации ресурсов в начале недели. Анализ времени оказания экстренной медицинской помощи по поводу ИБС установил, что количество вызовов по поводу ишемической болезни сердца (I20-I25) имеет выраженную сезонную вариативность. Наибольшее число вызовов наблюдается в зимние месяцы (декабрь, январь, февраль). Установлено, что наиболее интенсивные периоды вызовов приходятся на дневное время, особенно с 10:00 до 11:00, что отражает физиологические ритмы и активность пациентов. В ночные часы (00:00–06:00) количество вызовов минимально, но остается стабильно высоким для экстренной медицинской помощи. Это требует оптимизации распределения



ресурсов и планирования графика работы бригад скорой помощи в зависимости от суточных пиков активности.

3. Статистический анализ и моделирование барьеров показал, что 1,74% вызовов находятся за пределами 10-минутной зоны доступности СМП. Данные районы характеризуются высокой плотностью населения, что приводит к неравномерному распределению нагрузки на службы экстренной помощи. Кластерный анализ показал статистически значимые области с повышенной частотой вызовов, подтверждая наличие «горячих точек» в центральных районах. Корреляционный анализ между плотностью населения и частотой вызовов по ИБС выявил положительную зависимость (коэффициент корреляции Пирсона  $r > 0,7$ ), что указывает на влияние демографических факторов на нагрузку служб СМП. Регрессионные модели предсказания времени прибытия бригад скорой помощи показали, что в зонах с высокой плотностью вызовов время реагирования увеличивается на 15-20% по сравнению со средним по городу. Установлено, что пандемия оказала значительное влияние на увеличение числа вызовов ЭМП, особенно в 2021 году. Заболевания, вызванные COVID-19, способствовали росту обращений в центральных и густонаселенных районах города, что подчеркивает важность готовности системы ЭМП к подобным кризисам. Пандемия COVID-19 значительно увеличила нагрузку на систему здравоохранения, что отразилось на увеличении среднего времени реагирования СМП и времени от вызова до госпитализации. Наблюдалось увеличение количества вызовов, особенно в зимние месяцы, что требует оптимизации распределения ресурсов на сезонной основе. Выделены вызовы, которые не попали в 3-х, 5-ти, 10-ти минутные зоны доступности до ЛПУ – таких вызовов 469 из 38333 (1,22%), вызовы находятся в следующих районах города: Байконурский район, район Сарайшык и Сарыаркинский район.

4. Разработка рекомендательной модели оказания экстренной помощи с учетом выявленных барьеров установило, что большая часть вызовов попадает в зону 10-минутной доступности от СМП и ЛПУ. Однако определённый процент вызовов выходит за пределы этой зоны, что требует улучшений в распределении ресурсов и логистике экстренной помощи. Установлено, что плотность вызовов по ИБС была выше в старых районах города (правый берег). В новых районах наблюдалась меньшая плотность вызовов. Установлено, что в районах Байконурский, Сарайшык и частично Есильский районы выявлены зоны с недостаточным покрытием экстренной помощи, что требует пересмотра логистики и перераспределения ресурсов для сокращения времени реагирования. Новая модель предоставляет аналитические данные для принятия решений о размещении новых подстанций скорой помощи и ЛПУ в стратегических точках, основанных на прогнозируемой потребности и демографических характеристиках районов. Внедрение новых объектов СМП и ЛПУ позволило добиться значительного сокращения среднего времени транспортировки: время от СМП до адресов вызова снизилось на 6,66 п.п. Время от адресов до ЛПУ сократилось на 4,51 п.п. Анализ показал, что размещение новых объектов особенно

эффективно для адресов с изначально высоким временем прибытия. Создание новых СМП сократило количество таких вызовов на 10-20 п.п., а для ЛПУ улучшение составило 2-6 п.п. На основе результатов моделирования рекомендовано реализовать приоритетное размещение объектов СМП в районах Лесная Поляна – Косшы, улиц Талгата Нигматуллина и Полет. Для ЛПУ приоритетными зонами являются улица №229, Объездная дорога и улица Джунусова. Продолжить мониторинг логистической эффективности маршрутов и зон доступности с использованием географических данных.

#### **Практические рекомендации:**

1. Использовать геоинформационные системы (ГИС) для постоянного мониторинга и анализа вызовов скорой помощи с целью эффективного распределения бригад и ресурсов. Регулярно обновлять модели зон доступности для улучшения планирования и минимизации времени прибытия на место вызова.

2. На основании анализа плотности вызовов и времени прибытия рекомендовано пересмотреть текущее расположение отделений скорой помощи в Астане. Следует создать дополнительные подразделения или реорганизовать существующие в районах с повышенной нагрузкой, таких как Байконурский и Сарайшык и Алматинский районы, с целью сокращения времени реагирования и повышения оперативности оказания помощи.

3. Создать планы оперативного реагирования на экстренные ситуации, такие как пандемии или стихийные бедствия, с четким распределением ресурсов (дополнительные бригады, транспорт, оборудование) в зависимости от плотности населения и территориальной специфики.

4. Во время кризисов, таких как пандемия COVID-19, предусматривать временные мобильные центры экстренной помощи в зонах с высокой плотностью вызовов (например, Байконурский и Алматинский районы), чтобы снизить нагрузку на стационарные больницы и ускорить госпитализацию.

5. Для снижения критического времени реагирования следует усилить медицинскую инфраструктуру в периферийных районах, особенно в местах с высоким уровнем риска, как, например, Есильский район. Это может включать создание передвижных пунктов скорой помощи, а также более плотное покрытие территорий стационарными пунктами.

6. На основе анализа плотности вызовов по времени года и суток рекомендуется разработать систему прогнозирования и предупреждения. Такая система позволит заранее прогнозировать пиковую нагрузку на службы ЭМП, особенно в зимние месяцы и по понедельникам, что требует подготовки дополнительных бригад и ресурсов.

7. Используя результаты моделирования зон доступности до ЛПУ, необходимо оптимизировать маршруты доставки пациентов, особенно с ишемической болезнью сердца.