

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»**

**Научные
консультанты:**
асс. профессор, PhD
Тулешова Г.Т.

PhD
Алдынгурев Д.К.

Зарубежный научный консультант
асс. профессор Aušra Beržanskytė

Исполнитель
Чаякова А.М.

Республика Казахстан
Астана, 2025

Актуальность темы исследования. Экстренная медицинская помощь (далее-ЭМП) занимает центральное место в системе охраны здоровья, поскольку обеспечивает оперативное реагирование на состояния, при которых задержка вмешательства существенно повышает риск летального исхода или тяжелых осложнений (Knowles et al., 2020; Marshall et al., 2021; Ningwa et al., 2020; Mould-Millman & Rominski, 2015; Menbeu & Yonas, 2019). Значимость развития данного направления постоянно возрастает на фоне увеличения частоты травм различного генеза, дорожно-транспортных происшествий, острых нарушений сердечно-сосудистой системы и других критических состояний, требующих незамедлительного медицинского сопровождения (Murad, 2007; Lo et al., 2012). Сердечно-сосудистые заболевания, в частности, остаются ведущим фактором преждевременной смертности и стойкой утраты трудоспособности, формируя около трети всех случаев смерти в экономически развитых странах (WHO, 2025).

Опыт последних лет, включая распространение новой коронавирусной инфекции, дополнительно продемонстрировал уязвимость систем здравоохранения перед внезапными эпидемиологическими угрозами. Пандемия COVID-19 выявила необходимость совершенствования организационных, инфраструктурных и клинических аспектов экстренной медицинской помощи, что позволяет обеспечивать устойчивость системы и скоординированное реагирование при резком росте обращаемости и нагрузки на медицинские учреждения (Malden et al., 2022; Levy et al., 2021).

Проведённое исследование соотносится с ключевыми направлениями глобальной стратегии ВОЗ «Здоровье для всех в XXI веке». В частности, оно вносит вклад в решение задачи по снижению бремени неинфекционных заболеваний (задача 8), а также в развитие исследований и расширение информационно-аналитической базы для принятия решений в сфере здравоохранения (задача 19) (WHO, 1998).

Актуальность темы подтверждается стратегическими приоритетами Национального проекта Министерства здравоохранения Республики Казахстан «Качественное и доступное здравоохранение для каждого гражданина - Здоровая нация». Исследование непосредственно соответствует направлению «Доступная и качественная медицинская помощь», в рамках которого одним из ключевых ориентиров является обеспечение высокого охвата населения медицинскими услугами. Кроме того, работа вписывается в направления формирования современной системы эпидемиологического прогнозирования и реагирования, предусматривающие переход к обновлённой модели эпидемиологического надзора и усиление аналитических инструментов, включая геоинформационные технологии (Правительство Республики Казахстан, 2021).

Анализ доступной научной литературы показывает, что исследования, посвящённые территориальной дифференциации потребности в экстренной медицинской помощи и влиянию географических факторов на планирование ресурсов, остаются ограниченными. Особенно мало работ, в которых системно оцениваются медико-социальные и инфраструктурные барьеры, формирующие неравномерность доступности экстренных услуг между населенными пунктами.

Одной из наиболее устойчивых проблем последнего десятилетия остаётся время реагирования бригад скорой медицинской помощи. С увеличением нагрузки на службы экстренного реагирования, обусловленной ростом числа вызовов, влияние факторов транспортной доступности, плотности населения, качества дорожной сети и распределения пунктов дислокации становится всё более значимым. Европейские исследования показывают, что критически важным индикатором эффективности является оперативное принятие вызова - в пределах 10 секунд, - поскольку именно этот параметр определяет дальнейшую цепочку реагирования и вероятность своевременного прибытия бригады (Jensen et al., 2020).

Перегруженность служб скорой помощи создаёт угрозы для стабильности функционирования системы, повышая риск удлинения времени доезда и ухудшения медицинских исходов (Dami & Berthoz, 2020). Поэтому анализ динамики и пространственных закономерностей распределения вызовов приобретает принципиальное значение: колебания нагрузки напрямую влияют на распределение ресурсов, работу диспетчерских служб и качество оказания экстренной помощи (Ferron et al., 2021). Понимание этих процессов позволяет формировать более точные модели планирования, а также выявлять зоны с высоким риском задержек, что делает применение геоинформационных систем особенно актуальным.

В современных условиях методы моделирования и прогнозирования заболеваемости приобретают ключевое значение для эпидемиологии и управления здравоохранением, поскольку служат методологической основой планирования профилактических мероприятий и распределения ресурсов (Murad, 2014). Использование геоинформационных систем (далее-ГИС) позволяет решать широкий спектр практических задач, таких как определение пространственного размещения объектов здравоохранения, оценка территориальной доступности медицинских услуг, анализ структур и типов спроса, а также построение моделей зон медицинского обслуживания.

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 (Tansley et al., 2015; Al-Thani et al., 2021; Doumouras et al., 2012; Utami & Ramdani, 2022).

Проведённое исследование позволяет сформировать предложения, ориентированные на практическое здравоохранение, прежде всего- на улучшение работы службы скорой медицинской помощи в условиях плотной городской застройки, роста населения и его мобильности. Использование ГИС способствует выявлению ключевых медико-социальных и инфраструктурных барьеров, влияющих на доступность экстренной помощи, а также обоснованию механизмов мониторинга и принятия управлеченческих решений, включая деятельность подразделений первичной санитарно-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.

Научное обоснование и разработка модели оказания экстренной медицинской помощи с учетом медико-социальных и инфраструктурных барьеров путем применения геоинформационных систем.

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. Анализ и моделирование выявленных барьеров оказания экстренной медицинской помощи с использованием геоинформационных технологий.
4. Разработка и внедрение 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.

Вызыва 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 основании проведённого геопространственного анализа и моделирования территориальной доступности установлено, что в отдельных районах города - включая Байконурский, Сарайшык и Есильский - фиксируется значительная доля вызовов, превышающих нормативный 10-минутный показатель прибытия бригады. Полученные результаты свидетельствуют о наличии критических территориально-инфраструктурных разрывов в обеспечении оперативной экстренной медицинской помощи, что указывает на необходимость оптимизации логистики и регулирования распределения ресурсов службы скорой помощи.

2. Результаты моделирования пространственной концентрации вызовов, связанных с ишемической болезнью сердца и инфекцией COVID-19, показали их сосредоточенность в центральных и наиболее густо заселенных районах города, что приводит к повышенной нагрузке на службы экстренной медицинской помощи. Уровень доступности к экстренной медицинской помощи и медицинской организаций 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 Астаны, такие как Байконурский, Сарайшык и Алматинский, характеризуются высокой частотой вызовов и недостаточным доступом к экстренной медицинской помощи в пределах 10 минут. В этих условиях возникает необходимость переоценки действующих схем распределения ресурсов и корректировки пространственного размещения объектов экстренной медицинской помощи с целью сокращения времени

доезда и обеспечения устойчивой доступности медицинских услуг.

4. В период пандемии COVID-19 зафиксировано существенное увеличение числа обращений за экстренной помощью: рост составил около 150% на начальном этапе и 7,6% в период пиковых нагрузок. Возросшая интенсивность вызовов привела к дополнительному давлению на инфраструктуру экстренной службы и выявила территориальные зоны с наибольшей концентрацией обращений. Эти «горячие точки» обуславливают необходимость усиления кадровых и технических ресурсов в наиболее уязвимых районах для обеспечения устойчивой оперативности медицинской помощи в условиях кризисов.

5. Разработанная модель организации экстренной медицинской помощи, основанная на использовании геоинформационных данных, продемонстрировала высокую результативность в выявлении территорий с недостаточной доступностью медицинских услуг. Полученные результаты подтверждают значимость пространственного анализа как инструмента для обоснованного планирования, оптимизации ресурсного распределения и повышения оперативности реагирования в условиях возрастающей 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 диссертации).

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 диссертации).

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

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

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

Публикации по теме диссертации. По теме диссертации опубликовано 9 публикаций, из них 4 в изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере 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 2024 году, процентиль General medicine на момент защиты по Citescore – 38%).

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 объем диссертации 109 страниц компьютерного текста (без учета приложений). Список использованных источников содержит 134 источника. Диссертация иллюстрирована 41 рисунком и 18 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 технологий. 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:

ЭМП является ключевым элементом системы здравоохранения, обеспечивающим своевременное реагирование на острые угрожающие жизни состояния, в том числе ИБС и острые респираторные инфекции, такие как COVID-19 (WHO, 2025; Malden et al., 2022; Ferron et al., 2021). Ускоренная урбанизация, рост нагрузки на службы скорой помощи и изменение структуры заболеваемости, особенно в условиях пандемии, усиливают требования к эффективности организации ЭМП и территориальной доступности медицинской помощи для населения крупных городов. На этом фоне применение ГИС рассматривается как одно из наиболее перспективных направлений для анализа пространственных закономерностей обращения за ЭМП, выявления медико-социальных и инфраструктурных барьеров и разработки моделей оптимизации работы службы (Ahasan et al., 2020; Ozdenerol, 2024; Thrall, 1999; Centres for Disease Control and Prevention, 2024) РК, как и многие страны, сталкивается с высокой распространённостью сердечно-сосудистых заболеваний и значительным вкладом ИБС в общую смертность населения (Академия профилактической медицины Республики Казахстан, 2024; Shaltynov et al., 2022; Министерство здравоохранения Республики Казахстан, 2017). Дополнительный вызов системе здравоохранения составила пандемия COVID-19, приведшая к резкому росту количества обращений по поводу инфекционных симптомов, изменению структуры

вызовов, перераспределению ресурсов и временному ограничению плановой и неотложной помощи по другим жизнеугрожающим состояниям. В условиях крупного мегаполиса, каким является город Астана, эти тенденции проявляются особенно остро: различия в плотности и возрастной структуре населения, неравномерное размещение медицинских организаций и подстанций ЭМП формируют сложный комплекс медико-социальных и инфраструктурных барьеров, который без специальных инструментов анализа трудно учесть в системе управления (Ahasan et al., 2020; Thrall, 1999; McLafferty, 2003; Rocha et al., 2017; Khakh & Fast, 2019; Davenhall & Kinabrew, 2012).

В этой связи проведённое диссертационное исследование было посвящено научному обоснованию и разработке модели оказания экстренной медицинской помощи населению города Астаны на основе выявленных медико-социальных и инфраструктурных барьеров с использованием геоинформационных систем.

Для достижения поставленной цели последовательно решены задачи, включающие анализ международных стандартов и опыта применения ГИС в здравоохранении, ретроспективный эпидемиологический анализ обращений за ЭМП, выявление и классификацию медико-социальных и инфраструктурных барьеров, пространственное моделирование вызовов по поводу ИБС и COVID-19, а также разработку рекомендательной модели организации ЭМП с использованием средств ArcGIS Pro и сетевого анализа. Тем самым обеспечена логическая преемственность между теоретическими предпосылками, эмпирическими наблюдениями и практическими решениями для системы здравоохранения.

Ретроспективный анализ обращений на станцию ЭМП города Астаны за период 2020–2024 гг. позволил охарактеризовать объём и структуру нагрузки на службу в динамике. Общая нагрузка на службу ЭМП была высокой: за анализируемый период зарегистрировано 2 469 283 вызова (100%), Обращаемость по поводу ИБС составляла 1,4% от общего числа обращений (всего зафиксировано 33 716 вызовов по ИБС).

Установлено, что временные показатели работы (время с момента обращения до выезда бригады, время доезда, продолжительность пребывания на адресе и время доставки в стационар) имеют тенденцию к увеличению.

- Среднее время прибытия бригады увеличилось с 15,05 мин (2020 г.) до 16,56 мин (1 пол. 2024 г.), прирост составил +1,51 мин.

- Суммарное время звонок-госпитализация варьировало от 50 мин 49 сек (2020 г.) до 57 мин 44 сек (2023 г.) и 1 час 00 мин 55 сек (1 пол. 2024 г.), что отражает удлинение догоспитального этапа.

Анализ суточной и недельной динамики обращений показал устойчивое повышение числа вызовов в начале недели и в дневные часы (большая нагрузка по вызовам приходится на понедельник, пик – в дневное время (10:00–11:00), меньше всего вызовов ночью (00:00–06:00)).

Изучение демографических характеристик пациентов, обращавшихся за ЭМП по поводу ишемической болезни сердца, выявило закономерности, согласующиеся с мировыми эпидемиологическими данными. За период 2020–2024 гг. среди пациентов с ИБС преобладали лица среднего и пожилого возраста, при этом доля мужчин была несколько выше, но различия по полу со

временем нивелировались за счёт увеличения удельного веса женщин старших возрастных групп (мужчины составляли 54–55%, женщины — 45–46%). Средний возраст пациентов с ИБС оставался стабильно высоким, отражая накопление факторов риска и длительность течения заболевания (мужчины 62,6–63,5 года, женщины 65,1–66,5 года).

Отмечены выраженные сезонные колебания: наибольшая нагрузка на ЭМП, как правило, приходится на зимние месяцы, особенно декабрь и январь, при этом высокие значения также отмечаются в отдельные осенние и летние месяцы.

Пандемия COVID-19 оказала существенное влияние на структуру и динамику обращений за ЭМП. Проанализировано 135 911 вызовов, связанных с COVID-19; в периоды пиковых нагрузок среднесуточное число обращений за ЭМП составляло порядка 1 500–1 600 вызовов в сутки, а максимальный среднесуточный уровень за весь изучаемый период достигал 2 195 вызовов в сутки. В период пика заболеваемости (лето 2020 года) доля вызовов, связанных с симптомами, характерными для COVID-19, и подтверждёнными диагнозами новой коронавирусной инфекции, достигала значимой части от общего числа обращений (во время пика среднее время прибытия бригады увеличилось до 18,13 мин (по сравнению с 15,26 мин в допандемический период). Выявленные изменения подчёркивают необходимость готовности службы ЭМП к резким скачкам нагрузки, переориентации маршрутизации и перераспределению ресурсов в условиях эпидемий и других кризисных ситуаций.

На основе анализа временных, демографических и организационных показателей была предложена классификация барьеров оказания экстренной медицинской помощи, включающая две крупные группы: медико-социальные и инфраструктурные. Медико-социальные барьеры отражают особенности контингента пациентов (возраст, пол, плотность населения), поведенческие аспекты обращаемости, а также организационные факторы, влияющие на задержку обращения и принятие решения о вызове. Инфраструктурные барьеры характеризуют пространственное распределение подстанций ЭМП и больниц, плотность и конфигурацию улично-дорожной сети, транспортную доступность, наличие удалённых и труднодоступных районов.

Использование геоинформационных систем (ArcGIS Pro 3.1.0) и методов пространственного анализа (ядерная плотность, анализ горячих точек, сетевой анализ зон доступности) позволило перейти от чисто статистического описания к визуализации и моделированию территориальных различий в доступности ЭМП. В ходе работы создана единая геопространственная база данных, включающая результаты геокодирования 48 515 вызовов, из которых 38 333 (79,1 %) приходились на COVID-19 и 10 182 (20,9 %) – на ИБС. Построенные карты плотности и «горячих точек» показали концентрацию вызовов в центральных и северо-восточных районах города, особенно в старой части Астаны, тогда как в западных и периферийных зонах сформировались «холодные» участки с низкой плотностью вызовов.

Моделирование зон доступности с пороговыми значениями 3, 5 и 10 минут для подстанций ЭМП и стационарных организаций здравоохранения позволило количественно оценить территориальные диспропорции в доступе к экстренной помощи. Показано, что, несмотря на то что большая часть городской территории формально охватывается 10-минутной зоной

доступности, существует небольшая, но значимая доля вызовов, выходящих за пределы регламентированных интервалов. Наибольшая концентрация вызовов, находящихся вне 10-минутной зоны, выявлена в районе Байконур, районе Сарайшық, отдельных частях Алматинского, Сарыаркинского и Есильского районов. Для вызовов по поводу COVID-19 и ИБС выявлены сходные зоны риска, что свидетельствует о системном характере инфраструктурных ограничений.

На заключительном этапе исследования на основе сетевого анализа была разработана и апробирована рекомендательная модель организации ЭМП, включающая оптимизацию размещения новых подстанций и медицинских организаций. Определены приоритетные локации для размещения дополнительных объектов ЭМП (Лесная Поляна – Косшы, улицы Талгата Нигматуллина и Полёт, Баканас и Жанатурмыс) и организаций здравоохранения (улица №229, Объездная дорога и улица Джунусова, 201-я улица и улица Улытау). Моделирование показало, что добавление новых объектов позволяет значительно сократить среднее время транспортировки: время от подстанции ЭМП до адресов вызовов уменьшилось на 6 процентных пунктов, а время от адресов до стационаров – на 4,5 процентных пункта. Для оценки эффекта предложенной модели для адресов с исходным временем прибытия «более 30 минут» было рассчитано среднее время транспортировки для различных сценариев (ЭМП и ОЗ, приоритеты 1–3, типы вызовов COVID-19 и ИБС). Согласно данным, создание новых подстанций экстренной медицинской помощи сокращает продолжительности поездки в среднем на 6,2–12,3 мин (10–20 п.п.), а для маршрутов до организаций здравоохранения — на 1,5–4,4 мин. (2–6 п.п.).

Таким образом, в результате проведённого исследования цель диссертационной работы достигнута, все поставленные задачи решены. Научно обоснована и разработана модель организации экстренной медицинской помощи населению города Астаны, основанная на интеграции геоинформационных технологий, ретроспективного анализа данных экстренной медицинской помощи и структурированной классификации медико-социальных и инфраструктурных барьеров. Полученные результаты позволили:

- показать значимость ГИС как инструмента для оценки и визуализации доступности ЭМП в условиях крупного мегаполиса;
- выделить ключевые временные, демографические и организационные барьеры, влияющие на обращаемость и время реагирования;
- выявить территориальные кластеры повышенной нагрузки и зоны с повышенным риском несоблюдения регламентированных временных нормативов;
- предложить обоснованные рекомендации по перераспределению ресурсов, размещению новых подстанций и оптимизации маршрутов доставки пациентов.

Практическая значимость результатов исследования подтверждается возможностью их непосредственного использования менеджерами здравоохранения, органами управления города Астаны, руководителями службы скорой помощи и организаций стационарной и амбулаторно-поликлинической помощи. Разработанные карты плотности, зоны доступности

и рекомендации по размещению новых объектов могут служить инструментом для планирования и модернизации инфраструктуры, снижения критического времени реагирования и повышения устойчивости системы ЭМП к кризисным нагрузкам, в том числе при повторных эпидемиях и других чрезвычайных ситуациях.

Данное исследование вносит значимый вклад в развитие концепции пространственно ориентированного управления экстренной медицинской помощью в Республике Казахстан и может служить методологической основой для аналогичных исследований и проектов в других крупных городах страны.

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

1. Анализ международных стандартов и опыта применения ГИС установил, что международные стандарты формируют единую среду обмена картографическими и клиническими данными, повышая совместимость, качество и эффективность ГИС-решений. Применение стандартов обеспечивает точность пространственных данных, упрощает интеграцию различных платформ и облегчает соблюдение нормативных требований к защите персональных данных, что особенно важно для масштабируемых систем экстренной медицинской помощи. Результаты исследования подтверждают, что ГИС применимы для организации и принятия управленческих решений в экстренной медицинской помощи.

2. Определение барьеров оказания экстренной медицинской помощи и их классификация показывают, что в городе Астана последние годы растет обращаемость за экстренной медицинской помощью. Среди обратившихся за экстренной медицинской помощью преимущественно представлены лица среднего и пожилого возраста; среди пациентов с ишемической болезнью сердца преобладает мужской пол; среди пациентов с COVID-19 распределение между мужским и женским полом равномерны; чаще за экстренной медицинской помощью обращаются в дневное время, количество вызовов больше в холодный период года. При анализе догоспитального этапа оказания помощи пациентам с ишемической болезнью сердца и COVID-19 в городе Астане выявлен комплекс временных и организационных ограничений, обусловленных особенностями территориального размещения службы и логистики выезда бригад, превышением нормативного порога прибытия на 6,12 минут, что свидетельствует о наличии системных барьеров, влияющих на оперативность реагирования.

3. Анализ и моделирование выявленных барьеров оказания экстренной медицинской помощи с использованием геоинформационных технологий показал, что 1,74 % вызовов находятся за пределом 10-минутной доступности экстренной медицинской помощи; «горячие точки» локализованы в районах Байконур, Сарайшык и Есиль. Выявлена выраженная положительная корреляция между плотностью населения и частотой обращений по поводу ишемической болезни сердца ($r > 0,7$). Пандемия COVID-19 привела к увеличению количества обращений за экстренной медицинской помощью на 60 %, что свидетельствует о росте нагрузки на систему здравоохранения.

4. Разработка и внедрение рекомендательной модели оказания экстренной медицинской помощи с учетом выявленных барьеров при помощи геоинформационных систем показали, что добавление 5 новых подстанций экстренной медицинской помощи и 5 организаций здравоохранения (приоритет

- Лесная Поляна-Косшы, ул. Т. Нигматуллина, Полёт; ул. № 229, Объездная дорога, Джунусова) сокращает среднее время реагирования с момента вызова до прибытия бригады на адрес пациента с 16,12 минут до 15,05 минут (на 6,66 процентных пунктов), а время транспортировки от адреса пациента до медицинской организации с 56,49 до 53,19 минут (на 4,51 процентных пунктов).

Практические рекомендации:

Полученные результаты и выводы применимы для менеджеров здравоохранения, органов управления здравоохранением г. Астаны, службы ЭМП, медицинских организаций, служб ПМСП, диспетчерских центров, а также для подразделений городской инфраструктуры и ГИС. Рекомендации предназначены для планирования медицинской помощи, повышения оперативности реагирования, оптимизации маршрутизации пациентов (особенно с ИБС) и подготовки к кризисным нагрузкам (пандемии).

1. Использовать 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 Сарайшық, Алматинский районы, с целью сокращения времени реагирования и повышения оперативности оказания помощи. 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.

3. 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.

4. Для снижения критического времени реагирования следует усилить медицинскую инфраструктуру в периферийных районах, особенно в местах с высоким уровнем риска, как, например, Есильский район. Используя результаты моделирования зон доступности до ОЗ, необходимо оптимизировать маршруты доставки пациентов, особенно с ишемической болезнью сердца.