

Некоммерческое акционерное общество
«Медицинский университет Астана»

УДК 614.88:004-047.58

На правах рукописи

ЧАЯКОВА АҚЕРКЕ МАМБЕТҚЫЗЫ

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

8D10103 – Общественное здравоохранение

Диссертация на соискание степени
доктора философии (PhD)

Научный консультанты:
доктор PhD
асс. профессор,
Г.Т. Тулешова

доктор PhD
Д.К. Алдынгурев

Зарубежный консультант
асс. профессор
Aušra Beržanskytė

Республика Казахстан
Астана, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	4
ОПРЕДЕЛЕНИЯ	5
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	6
ВВЕДЕНИЕ	7
1 ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ: ОБЗОР МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА	13
1.1 Сравнительный анализ международных стандартов применения геоинформационных технологий в здравоохранении	13
1.2 Обзор эволюции и ключевых компонентов географической информационной системы	15
1.3 Обзор эффективности использования геоинформационных технологий	18
1.4 Обзор опыта использования геоинформационных технологий в системе здравоохранения и на уровне экстренной медицинской помощи	22
Выводы по первому разделу.....	31
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	32
3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАРЬЕРОВ ОКАЗАНИЯ ЭКСТРЕННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ	38
3.1 Ретроспективный анализ вызовов экстренной медицинской помощи по поводу ишемической болезни сердца (I20-I25) в г. Астана за 2020-2024 гг.	38
3.2 Анализ времени оказания экстренной медицинской помощи по поводу ишемической болезни сердца (I20-I25) в г. Астана за 2020-2024 гг.	52
4 ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ COVID-19 НА ОКАЗАНИЕ ЭКСТРЕННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ	66
4.1 Бремя пандемии COVID-19 для системы оказания экстренной медицинской помощи (на примере города Астана)	66
5 ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЫЯВЛЕННЫХ БАРЬЕРОВ ОКАЗАНИЯ ЭКСТРЕННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ	73
5.1 Пространственный анализ вызовов экстренной медицинской помощи по поводу ишемической болезни сердца (I20-I25) по городу Астана с использованием ГИС.....	73
5.2 Маршрутизация скорой помощи города Астана с учетом расположения медицинских учреждений с использованием ГИС.....	76
6 РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ МОДЕЛИ ОКАЗАНИЯ ЭКСТРЕННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ С УЧЕТОМ ВЫЯВЛЕННЫХ БАРЬЕРОВ ПРИ ПОМОЩИ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ	88
6.1 Разработанная модель оказания экстренной медицинской помощи на основе географических данных.....	88
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	93

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	99
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Авторское свидетельство	108
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Акт внедрения.....	110
ПРИЛОЖЕНИЕ В – Данные вызовов.....	112

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты: ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления.

ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно-исследовательской работе (Структура и правила оформления).

Кодекс Республики Казахстан. О здоровье народа и системе здравоохранения: принят 7 июля 2020 года, №360-VI ЗРК.

Закон Республики Казахстан. О науке: принят 18 февраля 2011 года, №407-IV.

Указ Президента Республики Казахстан. Об утверждении Государственной программы развития здравоохранения Республики Казахстан «Денсаулық» на 2016-2019 годы и внесении дополнения в Указ Президента Республики Казахстан от 19 марта 2010 года №957 «Об утверждении Перечня государственных программ»: утв. 15 января 2016 года, №176.

Постановление Правительства Республики Казахстан. Об утверждении Государственной программы развития здравоохранения Республики Казахстан «Денсаулық» на 2016-2019 годы: утв. 15 октября 2018 года, №634.

Постановление Правительства Республики Казахстан. Об утверждении национального проекта «Качественное и доступное здравоохранение для каждого гражданина «Здоровая нация»: утв. 12 октября 2021 года, №725.

Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан. Об утверждении правил оказания скорой медицинской помощи, в том числе с привлечением медицинской авиации: утв. 30 ноября 2020 года, №ҚР ДСМ-225/2020 (зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 2 декабря 2020 года №21713).

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Ишемическая болезнь сердца – острое или хроническое заболевание, вызванное уменьшением кровоснабжения сердца.

Геоинформационная система – система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных и связанной с ними информации о необходимых объектах.

Экстренная медицинская помощь – медицинская помощь, оказываемая при внезапных острых заболеваниях и состояниях, обострении хронических заболеваний, требующих безотлагательного медицинского вмешательства для предотвращения существенного вреда здоровью и (или) устранения угрозы жизни.

Станция скорой медицинской помощи – медицинская организация, оказывающая круглосуточную экстренную медицинскую помощь взрослому и детскому населению при угрожающих жизни (пациента и (или) окружающих) состояниях, несчастных случаях, острых тяжелых заболеваниях, обострении хронических заболеваний, как на месте происшествия, так и в пути следования.

Догоспитальный этап оказания медицинской помощи – этап оказания медицинской помощи вне лечебного учреждения стационарного типа.

Скорая медицинская помощь – вид медицинской помощи, оказываемой гражданам при заболеваниях, несчастных случаях, травмах, отравлениях и других состояниях, требующих срочного медицинского вмешательства.

Стандарт скорой медицинской помощи – документ, который устанавливает требования к организации и оказанию экстренной медицинской помощи на догоспитальном этапе.

Подстанция скорой медицинской помощи – структурное подразделение областной ССМП и ССМП города республиканского значения и столицы для обеспечения своевременного оказания экстренной медицинской помощи, как на месте происшествия, так и в пути следования.

Бригада скорой медицинской помощи – структурно-функциональная единица станции (подстанции, отделения) скорой медицинской помощи, непосредственно оказывающая экстренную медицинскую помощь.

Диспетчер ССМП – лицо, осуществляющее функции по приему, обработке и передаче информации об обращении граждан по оказанию скорой медицинской помощи.

Неотложная медицинская помощь – является формой медицинской помощи при внезапных острых заболеваниях, травмах, резком ухудшении состояния здоровья, обострении хронических заболеваний, без явных признаков угрозы жизни и здоровью пациента.

COVID-19 – потенциально тяжёлая острая респираторная инфекция, вызываемая коронавирусом SARS-CoV-2 (2019-nCoV).

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

AutoCAD	– Двух- и трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения
ССЗ	– Сердечно-сосудистые заболевания
CGIS	– Канадская географическая система
COVID-19	– COronaVIrus Disease 2019
Esri	– Научно-исследовательский институт экологических систем
FRC	– First Response Care
GBF-DIME	– Двойное независимое кодирование карты
GIMMS	– Системы создания и управления географической информацией
KDE	– Непараметрический способ оценки плотности случайной величины
PHC	– Primary Health Care
QGIS	– Quantum GIS
АДИС	– Автоматизированная система диспетчерской службы скорой медицинской помощи
АРКС	– Агентство Республики Казахстан по статистике
ВОЗ	– Всемирная организация здравоохранения
ГИС	– Геоинформационные системы
ГКП на ПХВ	– Государственное коммунальное предприятие на праве хозяйственного ведения
ДТП	– Дорожно-транспортное происшествие
ИБС	– Ишемическая болезнь сердца
МЗ РК	– Министерство здравоохранения Республики Казахстан
МКБ	– Международная классификация болезней
МНВО РК	– Министерство науки и высшего образования Республики Казахстан
МП	– Медицинская помощь
ОЗ	– Организация здравоохранения
ПМСП	– Первичная медико-санитарная помощь
П.П.	– Процентные пункты
РК	– Республика Казахстан
РМЦД	– Региональный медицинский центр Дауни
СМП	– Скорая медицинская помощь
ССМП	– Станция скорой медицинской помощи
США	– Соединенные Штаты Америки
ЧС	– Чрезвычайная ситуация
ЭМП	– Экстренная медицинская помощь

ВВЕДЕНИЕ

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 [1-5]. 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 [6,7]. Сердечно-сосудистые заболевания, в частности, остаются ведущим фактором преждевременной смертности и стойкой утраты трудоспособности, формируя около трети всех случаев смерти в экономически развитых странах [8].

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 [9, 10].

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).

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 [11].

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 [12].

Перегруженность служб скорой помощи создаёт угрозы для стабильности функционирования системы, повышая риск удлинения времени доезда и ухудшения медицинских исходов [13]. 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 [14]. 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 [15]. 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 [16-19].

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 управленческих 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.

Вызовы 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 ЭМП и МО 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 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 – 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 108 страниц компьютерного текста (без учета приложений). Список использованных источников содержит 134 источника. Диссертация иллюстрирована 41 рисунком и 18 таблицами.

1 ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ: ОБЗОР МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА

1.1 Сравнительный анализ международных стандартов применения геоинформационных технологий в здравоохранении

Международные стандарты играют ключевую роль в обеспечении совместимости, качества и эффективности применения этих технологий. Международные стандарты формируют единое языковое и технологическое пространство, в котором различные ГИС-платформы, клинические информационные системы и аналитические модули могут беспрепятственно обмениваться данными. Во-первых, они задают интероперабельность на уровне метаданных и форматов (ISO 19115, OGC WMS/WFS), позволяя интегрировать картографические слои из разных источников без потери точности и семантики. Во-вторых, стандарты укрупняют качество и воспроизводимость исследований: чётко определённые поля, единицы измерения и процедуры верификации минимизируют ошибки геокодирования и упрощают аудит научных результатов. Также они улучшают применимость на практике — от уточнения путей ЭМП до отслеживания эпидемий - потому что стандартные интерфейсы (такие как HL7 FHIR Location) позволяют быстро подключать новые модули, не переделывая имеющуюся систему. Данный анализ рассматривает основные международные стандарты, их применение в здравоохранении и сравнительные характеристики. ISO (Международная организация по стандартизации). ISO 19100 – серия стандартов для географической информации. Она обеспечивает основы для определения, описания и управления геопространственными данными. ISO/TS 22220:2011 – это стандарт, определяющий протокол обмена данными о пациентах, включая их географическое положение. OGC (Open Geospatial Consortium) разрабатывает открытые стандарты для обмена и обработки геопространственной информации, например, WMS (Web Map Service) и WFS (Web Feature Service). GeoHealth Domain Working Group – это группа специалистов, занимающихся внедрением геопространственных стандартов в сферу здравоохранения. HL7 (Health Level Seven International) FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources) - это стандарт для обмена электронными медицинскими данными, включающий модули для географической информации. Существуют также более ранние версии стандартов обмена медицинской информацией – HL7 v2 и v3. ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения) в рамках GISRS (Глобальной системы по надзору за гриппом и ответу на него) применяет стандартизованные методы для отслеживания распространения гриппа с использованием геопространственных данных. (Таблица 1) [20-23].

Таблица 1 – Сравнительный анализ международных стандартов применения ГИС в здравоохранении

Стандарт/инициатива	Область применения	Ключевые требования	Преимущества для здравоохранения	Ограничения
ISO 19115-1:2014 Geographic information - Metadata	Метаописание геоданных	Обязательный набор полей (dataset identifier, lineage, spatial resolution, etc.)	Единая структура описания наборов данных ЭМП, обмен в трансграничных проектах	Высокая детализация → трудоёмкость заполнения
OGC WMS 1.3.0 / WFS 2.0	Веб-картография, выдача векторных и растровых слоёв	REST/SOAP-интерфейсы, поддержка EPSG-кодов, версионирование	Быстрая визуализация hot-spots вызовов ЭМП; интеграция с ArcGIS & QGIS	Требует серверной инфраструктуры, настройку безопасности
HL7 FHIR R5 - Location & Geo-JSON Extension	Электронные мед-документы	GeoJSON-геометрия, связь пациента и место события	Передача координат вызова прямо из ЭДК в систему диспетчеризации	Ещё не широко имплементирована в странах СНГ
WHO GISRS Framework	Глобальный мониторинг инфекций	Стандартизованный код региона, интервалы отчётности	Подготовлен для модулей (COVID-19, Influenza) с быстрой интеграцией	Фокус на инфекциях - требует адаптации для ССЗ
ISO/TS 22220:2011 Patient Identification	Безопасный обмен данными пациента	Уникальный идентификатор + геопривязка	Сводит к минимуму дублирование записей в ЭМП	Не описывает картографическую часть, нужна связка с OGC

Для обеспечения совместимости геоинформационных и клинических данных в здравоохранении целесообразно использовать последовательную интеграцию стандартов. Метаданные описываются стандартом ISO 19115, пространственные слои передаются через сервисы OGC WMS/WFS, а клинический контекст фиксируется в ресурсах HL7 FHIR (Location). В связи с требованиями GDPR и Закона Республики Казахстан «О персональных данных», публикация геоданных должна быть агрегированной, с пространственным

разрешением не менее 100 м, чтобы снизить риск идентификации пациентов. В целом, эти положения определяют архитектуру модели оценки барьеров экстренной медицинской помощи. Её основой должна быть гибридная инфраструктура: геопространственная информация хранится в PostGIS-совместимом слое, а клинические ресурсы – на FHIR-сервере. Это обеспечит как техническую совместимость, так и соответствие нормативным требованиям системы.

Таким образом, следование международным стандартам не только облегчает техническую интеграцию, но и обеспечивает методическую надёжность и правовую устойчивость решений, что критично для масштабируемых систем экстренной медицинской помощи.

1.2 Обзор эволюции и ключевых компонентов географической информационной системы

ГИС – это компьютерная программная система, которая обладает функциями ввода, обработки, анализа и отображение данных и информации о местоположении [24]. В разных источниках по-разному дают определение географическим информационным системам, это обусловлено различными точками зрения и спецификой использования. Одни ученые ссылаются на работу с картами, другие делают акцент на базах данных и наборах программных инструментов, третьи – на приложениях, таких как поддержка принятия решений [25-28]. ГИС можно определить либо путем описания ее функций, либо путем рассмотрения ее компонентов. Определение ГИС заложено в буквах аббревиатуры ГИС:

G: Географический: относится к пространственной идентичности или расположению конкретного объекта.

I: Информационный: подразумевает необходимость получения информации для принятия решений.

S: Система: подразумевает необходимость наличия персонала, компьютерного оборудования и процедур, способных генерировать информацию, необходимую для принятия решений, сбор, обработка и представление данных (рисунок 1).



Рисунок 1 – Блок-схема ГИС

Другими словами, ГИС – это компьютерная система для сбора, хранения, управления, анализа и представления данных с географической привязкой для поддержки принятия решений.

Этапы развития ГИС. История ГИС началась в 1854 году. Холера поразила Лондонский сити, Англия. Британский врач доктор Джон Сноу начал составлять карту мест вспышек, дорог, границ собственности и линий водоснабжения. Когда он добавил эти объекты на карту, произошло нечто интересное: он увидел, что случаи заболевания холерой обычно встречаются вдоль линии водоснабжения. Карта холеры доктора Джона Сноу стала важным событием, связавшим географию и безопасность общественного здравоохранения. Это было не только началом пространственного анализа, но и положило начало целой области исследований: эпидемиологии – изучению распространения болезней. По сей день доктор Джон Сноу известен как отец эпидемиологии. Работа Джона Сноу продемонстрировала, что ГИС – это инструмент решения проблем. Он нанес географические слои на бумажную карту и сделал открытие [29].

С 1960 по 1975 год (время зарождения ГИС): в истории ГИС это было главным стимулом для перехода от бумажного картографирования к компьютерному. Начало 1960-1980-х годов действительно было периодом становления ГИС-технологий [30, 31]. Роджер Томлинсон – считается отцом ГИС [32]: в 1960-х годах Роджер Томлинсон совместно с Канадским правительством инициировал, планировал и руководил разработкой CGIS. Это был ключевой момент в истории ГИС, потому что многие считают CGIS основой Географических информационных систем. CGIS был уникален тем, что в нем использовалась система послойного подхода к обработке карт. Бюро переписи населения Соединенных Штатов одним из первых внедрило некоторые из основных принципов ГИС [33]. Это была новаторская работа Бюро переписи населения США, которая привела к цифровому вводу данных переписи 1970 года

с использованием формата данных GBF-DIME. Используя этот формат, Бюро переписи населения США начало оцифровывать границы переписи, дороги и городские районы. Это был огромный шаг вперед в истории ГИС. Служба разведки боеприпасов в Великобритании также приступила к разработке обычной топографической карты [34]. По сей день Ordnance Survey по-прежнему производит множество различных продуктов с данными ГИС, включая каждый дом, каждый забор и каждый ручей в каждой отдельной части Великобритании.

С 1975 по 1990 год (Коммерциализация программного обеспечения для ГИС): Когда правительства осознали преимущества цифрового картографирования, это повлияло на работу Гарвардской лаборатории компьютерной графики. В середине 1970-х годов Гарвардская лаборатория компьютерной графики разработала первую векторную ГИС под названием ODYSSEY GIS. ARC /INFO ESRI использовал техническую основу ODYSSEY GIS, и эта работа привела к следующему этапу развития в области коммерциализации программного обеспечения для ГИС [35]. В конце 1970-х годов объем памяти и графические возможности улучшались. Новые продукты компьютерной картографии включали GIMMS, MAPICS, SURFACE, GRID, IMGRID, GEOMAP и MAP. В конце 1980-х годов этот сегмент истории ГИС был отмечен увеличением числа поставщиков программного обеспечения для ГИС. Одним из таких поставщиков программного обеспечения для ГИС была Esri, которая в настоящее время является крупнейшей компанией по разработке программного обеспечения для ГИС в мире. В 1982 году был запущен ARC /INFO для миникомпьютеров, а в 1986 году был запущен PC ARC /INFO с производством микрокомпьютера Intel. В настоящее время Esri является ведущим мировым экспертом в области разработки программного обеспечения для ГИС, и она сыграла ключевую роль в истории ГИС [36].

С 1990 по 2010 год: (Распространение пользователей): Пользователи для совместной работы с картами начинают по-разному внедрять ГИС-технологии. Учебные классы, предприятия, правительства по всему миру начинают использовать цифровое картографирование и анализ.

2010 и далее (Взрыв с открытым исходным кодом): Удивительные проекты, такие как QGIS, предоставляют любому пользователю компьютер с программным обеспечением для ГИС. Данные ГИС стали более распространеными. Данные TIGER, спутниковые снимки Landsat и даже данные LiDAR доступны для бесплатного скачивания. Онлайн-хранилища, такие как ArcGIS Online, хранят огромные объемы пространственных данных.

Компоненты ГИС. ГИС состоит в основном из 5 компонентов [37-40]: Аппаратного обеспечения, Программного обеспечения, Данных, Людей и Методов.

Аппаратное обеспечение: Аппаратное обеспечение - это компьютер, на котором работает ГИС; программное обеспечение ГИС работает на широком спектре типов оборудования, от централизованного компьютерного сервера до настольных компьютеров, а также в автономных или сетевых конфигурациях. Аппаратное обеспечение относится к устройствам, используемым конечными пользователями, таким как графические устройства или плоттеры и сканеры.

Хранение и обработка данных осуществляются с помощью ассортимент процессоров. С развитием Интернета и веб-приложений веб-серверы стали частью архитектуры многих систем, поэтому большинство ГИС придерживаются 3-уровневой архитектуры. Программное обеспечение: Программное обеспечение ГИС предоставляет функции и инструменты, необходимые для хранения, анализа и отображения географической информации. Ключевыми компонентами программного обеспечения являются инструменты для ввода и обработки географической информации. Используемое программное обеспечение для ГИС: ArcGIS, MapInfo, Global mapper, AutoCAD Map и т.д. Данные: Возможно, самым важным компонентом ГИС являются данные. Географические данные в основном делятся на две основные группы: векторные и растровые. Векторные данные/слои в ГИС относятся к дискретным объектам, представленным точками, линиями и полигонами. Растровые данные представляют собой непрерывную сетку ячеек в двух измерениях или эквивалент кубических ячеек в трех измерениях. Пользователь/люди: ГИС-технология имеет ограниченную ценность без людей, которые управляют системой и разрабатывают планы ее применения к реальным проблемам. Пользователи системы варьируются от технических специалистов, которые разрабатывают и поддерживают систему, до тех, кто использует ее, чтобы помочь им выполнять свою повседневную работу.

1.2 Обзор эффективности использования геоинформационных технологий

ГИС-технологии стали неотъемлемой частью современного здравоохранения, позволяя анализировать пространственные данные для улучшения принятия решений, мониторинга заболеваний и оптимизации ресурсов. Организация ЭМП является одной из фундаментальных составляющих системы здравоохранения, которая обеспечивает быстрое и эффективное реагирование на критические ситуации для сохранения жизни и здоровья пациентов. В мировой практике реализованы различные модели организации ЭМП, каждая из которых имеет свои уникальные особенности, эффективность и ограничения. В последние годы все большее внимание уделяется внедрению ГИС для повышения эффективности этих моделей. В данном разделе проводится обзор основных моделей организации ЭМП, их преимуществ и недостатков, а также перспектив использования ГИС-технологий для оптимизации работы экстренных служб.

Традиционная централизованная модель ЭМП

Централизованная модель ЭМП является одной из наиболее распространенных и предполагает обработку всех вызовов в центральном диспетчерском пункте, который координирует распределение задач между бригадами скорой помощи. Данная модель широко используется во многих странах и обеспечивает единый контроль над поступающими вызовами.

Основным преимуществом централизованной модели является возможность строгого контроля и координации работы всех бригад, что способствует эффективному распределению ресурсов в зависимости от

приоритетности вызовов. Однако исследования показали, что данная модель имеет существенные ограничения, связанные с возможными задержками в передаче информации и принятии решений, особенно при высокой нагрузке на диспетчерскую службу [41]. Например, в крупных городах США централизованная модель оказалась менее эффективной в условиях большого количества вызовов, что привело к увеличению времени реагирования [42].

Децентрализованная модель ЭМП

В отличие от централизованной, децентрализованная модель подразумевает, что бригады скорой помощи размещаются в различных точках города или региона, и вызовы поступают к ним напрямую, минуя центральный диспетчерский пункт. Это обеспечивает сокращение времени реагирования за счет более быстрого доступа к пациентам.

Данная модель более эффективна в условиях сельских или малонаселенных районов, где вызовы поступают не так часто, а географическая близость бригад к пациентам обеспечивает оперативное оказание помощи [43]. Однако в условиях городских территорий эта модель может приводить к неравномерному распределению ресурсов и перегрузке отдельных бригад в случае большого числа вызовов [44].

Гибридная модель ЭМП

Гибридная модель представляет собой сочетание элементов централизованной и децентрализованной моделей. В этой системе используются как централизованное управление, так и стратегическое размещение бригад скорой помощи в различных точках города или региона. Такой подход позволяет эффективно координировать работу бригад, учитывая географические и временные аспекты.

Исследования показывают, что гибридная модель является наиболее эффективной для обеспечения своевременного реагирования, поскольку она позволяет учитывать дорожную обстановку, плотность населения и другие факторы, влияющие на скорость оказания помощи [45].

Применение ГИС-технологий в оптимизации ЭМП

В последние годы применение геоинформационных систем в работе ЭМП продемонстрировало свою высокую эффективность, особенно в контексте гибридной модели организации. ГИС-технологии позволяют более эффективно управлять ресурсами и повышать оперативность реагирования на вызовы.

Геокодирование и маршрутизация: ГИС-технологии обеспечивают быстрое определение местоположения вызова и позволяют прокладывать оптимальные маршруты для бригад скорой помощи. Это особенно актуально в условиях плотной городской застройки и частых заторов на дорогах [46].

Анализ пространственных данных и распределение ресурсов: использование ГИС позволяет анализировать данные о распределении вызовов и оптимизировать размещение бригад скорой помощи [47]. Это свидетельствует о том, что применение ГИС может существенно улучшить эффективность оказания экстренной медицинской помощи в условиях городских районов.

Моделирование и прогнозирование: С помощью ГИС можно моделировать и прогнозировать будущие потребности в экстренной медицинской помощи, что

позволяет заранее планировать размещение бригад скорой помощи и обеспечивать их готовность к потенциальным всплескам вызовов [48].

Сравнительный анализ существующих моделей организации ЭМП указывает на то, что централизованная модель более эффективна при наличии качественной системы координации и управления, но подвержена перегрузке при высоком числе вызовов, особенно в городских условиях [49].

Децентрализованная модель подходит для сельских и удаленных районов, но сталкивается с трудностями в городских условиях из-за неравномерного распределения ресурсов.

Гибридная модель в сочетании с ГИС-технологиями является наиболее перспективным подходом, обеспечивающим сокращение времени реагирования и повышение эффективности распределения ресурсов [50].

Одним из ключевых недостатков существующих моделей является отсутствие интеграции с ГИС-технологиями, что приводит к увеличению времени реагирования и снижению эффективности работы службы скорой помощи. В условиях динамично изменяющейся ситуации, такой как пандемия COVID-19, традиционные модели продемонстрировали свою неспособность быстро адаптироваться к растущему числу вызовов, что подчеркнуло необходимость внедрения ГИС-технологий [51, 52]. Кроме того, в сельских и удаленных районах ограниченная доступность ресурсов требует использования пространственного анализа для оптимизации распределения бригад скорой помощи [53].

Геоинформационные системы открывают новые возможности для повышения эффективности организации экстренной медицинской помощи, особенно в рамках гибридной модели. Они позволяют не только оптимизировать маршрутизацию и распределение ресурсов, но и проводить моделирование и прогнозирование будущих потребностей, что является критически важным для обеспечения своевременной помощи. Интеграция ГИС-технологий с существующими системами ЭМП способствует улучшению координации, сокращению времени реагирования и повышению качества оказания медицинской помощи, особенно в условиях чрезвычайных ситуаций и высокого уровня нагрузки на систему здравоохранения.

Для выбор подходящей ГИС-платформы нами было проанализированы ряд критериев:

- анализ: векторные/растровые инструменты, геостатистика, сетевой анализ и скрипting;
- картография: типы карт, системы координат, макеты/элементы карт, маркировка/аннотация, 3d-возможности, анимация, автоматизация карт;
- редактирование: работа с таблицами, создание/изменение характеристик, геокодирование, исправление топологии, объединение, совместимость, редактирование метаданных и каталог/браузер;
- изображение: классификация изображений, инструменты дистанционного зондирования, геопривязка и фотограмметрия [54].

В таблице 2 представлены преимущества и недостатки различных

платформ ГИС [55].

Таблица 2 – Преимущества и недостатки различных платформ ГИС

Наименование платформы	Преимущества	Недостатки
1	2	3
ArcGIS	<ul style="list-style-type: none"> – унифицированная 3D-интеграция; – четкая картография и маркировка; – истинная интеграция с ArcGIS Online; – контекстный интеллектуальный ленточный интерфейс; – 64-битная обработка; – улучшенное и интуитивно понятное редактирование; – 1500+ инструментов геообработки (35 пакетов инструментов) 	<ul style="list-style-type: none"> – высокая стоимость лицензии; – объемные файлы проектов; – преобразование MXD не учитывает все объекты; – назначение лицензии через ArcGIS Pro; – высокая скорость обучения
QGIS 3	<ul style="list-style-type: none"> – сообщество преданных своему делу волонтеров; – отличная интеграция с 3D; – оригинальные инструменты для редактирования, анализа и картографирования; – большая база пользователей и поддержка; – плагины QGIS расширяют функциональность; – 64-разрядная обработка; – более 900 инструментов (25 наборов инструментов) 	<ul style="list-style-type: none"> – не хватает узкоспециализированных инструментов; – требуется больше встроенной символики (репозиторий стилей QGIS должен быть по умолчанию); – ограниченные возможности веб-картографии; – отстает от развивающихся технологий (машинное обучение, аналитика в реальном времени, большие данные); – классификация изображений, подобная OBIA
Hexagon Geomedia	<ul style="list-style-type: none"> – быстрые запросы и анализ; – сильная картография интеллектуальной маркировкой; – дистанционное зондирование с помощью ERDAS Imagine; – универсальная картография с несколькими макетами; – превосходное редактирование с интеллектуальной привязкой; – зрелое программное обеспечение с более чем 40-летней историей 	<ul style="list-style-type: none"> – запутанные уровни лицензий; – небольшое сообщество пользователей для решения проблем; – невозможность перетаскивания файлов в GeoMedia; – плохая совместимость с другими форматами ГИС; – подключение к базе данных может быть медленным
MapInfo Professional	<ul style="list-style-type: none"> – простота использования и 64-битная обработка; – запрос и улучшенное управление таблицами; – мощная адресация и геокодирование; 	<ul style="list-style-type: none"> – невозможность взаимодействия и слабая поддержка форматов; – высокая стоимость лицензии; –

Продолжение таблицы 2

1	2	3
	<ul style="list-style-type: none"> – картирование бок о бок; – улучшенная интеграция визуализации; – интеллектуальная навигация на основе лент 	<ul style="list-style-type: none"> – отсутствие облачной платформы; – низкая функциональность для онлайн веб-карт; – слабая поддержка анализа данных дистанционного зондирования
Global Mapper	<ul style="list-style-type: none"> – надежное отображение и обработка данных LiDAR; – читает большое количество форматов; – расширенные инструменты для работы с рельефом; – 64-битная версия с удобным интерфейсом; – публикация веб-карт через MangoMap 	<ul style="list-style-type: none"> – экономичный, но не с открытым исходным кодом; – плохая символика и макеты для печати; – инструменты редактирования не являются надежными; – невозможность создания веб-карт и приложений; – отсутствие новых технологий

1.3 Обзор опыта использования геоинформационных технологий в системе здравоохранения и на уровне экстренной медицинской помощи

В настоящее время методы моделирования и прогнозирования развития заболеваний остаются наиболее актуальными вопросами эпидемиологии и здравоохранения как основополагающие планирования и управления профилактическими мероприятиями [56]. 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.

Ричардс и соавт. описывают преимущества ГИС-технологии, используя несколько отличных примеров сценариев общественного здравоохранения: программа профилактики отравления свинцом у детей; составление карт дорожно-транспортных происшествий и смертельных исходов; и использование данных, собранных маркетинговыми фирмами о структуре потребительских расходов и профилях сегментации образа жизни, для определения наилучших целевых групп населения для профилактических мероприятий, например, программы по борьбе с курением [57].

Приложение HealthMapper Всемирной организаций здравоохранения и Sig-Epi Панамериканской организаций здравоохранения – ГИС в области эпидемиологии и общественного здравоохранения также служат инновационными инструментами используемые в сфере здравоохранения [58].

Региональный медицинский центр Дауни (РМЦД) в Калифорнии, США, в

настоящее время использует большую многоуровневую систему ухода за пациентами и управления палатами с поддержкой ГИС, которая использует цифровые планы этажей, анализ рабочих процессов и визуализацию данных для лучшего решения того, как РМЦД распределяет пациентов по палатам, контролирует процесс выписки и подготовку палат для новых пациентов. Система собирает, регистрирует, управляет и анализирует обширный массив информации о пациентах, регистрирующихся, меняющих палаты, выписывающихся и переходящих из стационара на амбулаторное лечение [59].

Исследователи из Турции для отслеживания распространения кори в районе Стамбул использовали технологию ГИС Цель данного исследования - представить карту имеющихся данных обследования, собранных во время эпидемии кори. Созданные карты показали временные и пространственные корреляции и распределение отдельных случаев заболевания. Для исследования использовалось программное обеспечение ГИС MapInfo Professional 7.8. [60].

Исследователи Нью-Йоркского Университета провели разновременный анализ взаимосвязи между распространением вируса Западного Нила (ВЗН) и переменными окружающей среды с использованием комплексного подхода, включающего дистанционное зондирование, ГИС и статистические методы. Пространственно-временной анализ и кластерный анализ k-mean были применены для определения зон повышенного риска [61].

Лукьяненко Н.В. и Базарова Г.Х. представили методику использования ГИС-технологий для эпиднадзора за сибирской язвой в Алтайском крае и на территории Республики Алтай. В результате выделения на карте вспышек заболевания в период с 1953 по 2015 гг. была создана эпидемиологическая база данных, которая впоследствии была интегрирована в среду QGIS и визуализирована на электронных картах Республики Алтай и Алтайского края. В результате выделения на карте очагов заболевания с 1953 по 2015 год была создана эпидемиологическая база данных, которая впоследствии была интегрирована в среду QGIS и визуализирована на электронных картах Республики Алтай и Алтайского края [62].

Применение ГИС не ограничивается лишь эпидемиологическими исследованиями. Так, Гохман В.В. ведущий эксперт «DATA+» в своей статье упомянул основные направления для применения ГИС в медицине. Так он выделяет направления для оценки имеющейся инфраструктуры, ситуационной осведомленности, обеспечения эффективного управления, повышения качества обслуживания, страхования, маркетинга, выработки стратегии развития на уровне региона и страны в целом с учетом ее пространственной компоненты [63].

Российские ученые использовали средства ГИС, помогающие выявить причины возникновения ДТП, а также определить очаги их концентрации. В данном исследовании приводится пример пространственного анализа места концентрации ДТП на автомобильной дороге М-1 «Беларусь» средствами ГИС автомобильных дорог IndorRoad. В результате исследования были рассчитаны участки концентрации ДТП [64].

Ученые из Университета Аль-Хусейна Бен Талала провели пространственный анализ горячих точек на основе показателей серьезности для

трех основных автомагистралей Иордании с помощью программного ГИС. На основе данных о дорожно-транспортных происшествиях в Иордании (места расположения: шоссе 30, 35 и 10) за период с 2016 по 2019 год была создана обширная сеть дорожно-транспортных происшествий. Учитывался показатель тяжести каждого инцидента. Модели горячих точек были определены с использованием инструментов ГИС, а именно (а) статистики Getis-Ord Gi и (б) Глобального индекса Морана I для пространственного автокорреляционного анализа. Результаты позволили получить критическую информацию о распределении очагов аварийности по выбранным автомагистралям. В порядке возрастания статистически значимыми оказались 14, 17 и 78 очагов на автомагистралях 10, 30 и 35. Данное исследование выявляет «горячие точки» на автомагистралях, которые могут стать хорошим ориентиром для заинтересованных сторон (например, специалистов по транспортному планированию, политиков и соответствующих органов власти) для внедрения передовой практики и мер по обеспечению безопасности дорожного движения на основных автомагистралях Иордании [65].

Голамали Сафабахш и коллеги используя данные о дорожно-транспортных происшествиях в городе Мешхед (второй по численности населения город Ирана) применили комбинацию ГИС и пространственно-статистического анализа, чтобы выявить влияние пространственных факторов на их формирование. Авторы изучили 4 кластерных анализа, чтобы лучше понять характер дорожно-транспортных происшествий в сложной городской сети. Указанные области были проанализированы с помощью оценки плотности ядра (KDE) с использованием ARCMAP и двух других анализов с использованием программного обеспечения SANET 4th edition, чтобы результаты сетевого анализа можно было сравнить с традиционным методом KDE. Кроме того, в этом исследовании представлены пять классификаций для определения событийности исследуемой территории на основе стандартного отклонения и определения приоритета при обеспечении безопасности в этом районе. Важность данного исследования заключается в использовании ГИС в качестве системы управления для анализа аварий путем сочетания пространственно-статистических методов [66].

Применение ГИС технологий для оптимизации медицинского обслуживания было исследовано на примере расположения родильных домов г. Москвы. Моделирование удаленности территории проводилось в программном обеспечении ArcGIS. Помимо удаленности анализировались данные о числе доступных родильных домов, а также о плотности женщин репродуктивного возраста. Путем наложения слоев были выделены три района Москвы, в которых в первую очередь необходимо строительство новых родильных домов [67].

Исследование, проведенное в Восточном Теннеси (США) определило районы со значительно высоким уровнем смертности от инсульта. На уровне районов были выявлены пространственные кластеры с высоким риском смертности, что указывает на различия в риске смерти от ИМ и инсульта в странах региона исследования. Отсюда следует, что с точки зрения планирования здравоохранения, основанного на потребностях, подход на уровне

района важен для обеспечения того, чтобы ресурсы и усилия были направлены на наиболее нуждающиеся группы населения. Это исследование также продемонстрировало, что использование пространственной статистики, методов выявления кластеров и ГИС может помочь специалистам по планированию здравоохранения надлежащим образом оценивать и выявлять пространственные различия в рисках среди населения, с тем чтобы лучше руководствоваться решениями по планированию здравоохранения, основанными на фактических данных [68].

Г.Г. Рапаков и коллеги для организации системы раннего выявления больных артериальной гипертензией и определения доступности антигипертензивных средств использовался кластерный анализ. При помощи ГИС был построен набор слоев, отражающих географическое распределение медицинских показателей, а также показателей обеспеченности медицинских организаций [69].

И.М. Соколов и коллеги применили ГИС для анализа распространённости острого инфаркта миокарда. Взаимодействие статистических показателей и географических данных позволило провести территориальное ранжирование районов Саратовской области. Для данной задачи применялся пакет программ ГИС Arc View 3.0 и Statistica 5.0. На основе полученных результатов сформирована прогностическая модель развития острых коронарных событий и сформулированы выводы для оптимизации организационных мероприятий помощи больным с острой коронарной патологией. Авторы заключили, что методы интеллектуальной поддержки врача могут стать эффективным подспорьем при формировании организационной структуры строящейся системы поэтапной квалифицированной и специализированной помощи больным ОКС [70].

ГИС также может помочь пропагандировать здоровое поведение, документируя, где находятся группы населения, которые больше всего нуждаются в улучшенной информации, а затем используя интернет-сайты с поддержкой ГИС в качестве информационно-пропагандистского средства для санитарного просвещения населения [71].

По этой причине всегда рекомендуется рассматривать общественность в качестве одного из основных бенефициаров любой национальной пространственной информационной инфраструктуры здравоохранения и им должен быть предоставлен полный доступ к данным и информации (при условии соблюдения надлежащей конфиденциальности и гарантий национальной безопасности). Проект по статистике сообщества Брэдфорда <http://www.communitystats.org.uk/> представляет собой хороший пример проектов ГИС с участием общественности и направлен на расширение возможностей жителей разрабатывать свои собственные политические инициативы и предложения по финансированию.

Географическое включение электронной карты пациента дает мощное преимущество в визуализации разворачивающихся эпидемиологических событий и закономерностей, скрытых в агрегированных записях пациентов. В отличие от документов и планов национальной стратегии Великобритании,

документ о Национальной информационной инфраструктуре здравоохранения США (также известный как «Информация для здравоохранения») прямо ссылается на ГИС и мониторинг здоровья и заболеваний в режиме реального времени и заявляет, что «общественное здравоохранение должно будет включить в свой инструментарий интегрированные системы данных; инструменты для выявления значимых тенденций в области здравоохранения в потоках данных в режиме реального времени; и географические информационные системы» [72].

ГИС также включены в спецификации Национальной электронной системы эпиднадзора за заболеваниями (NEDSS) и системную архитектуру Центров США по контролю и профилактике заболеваний (CDC) [73].

Было обнаружено, что органы здравоохранения все чаще используют ГИС для задач, связанных с политикой, например, для составления профилей здоровья местного населения, а также в эпидемиологических исследованиях, оценки потребностей в области здравоохранения для приобретения медицинских услуг, определения районов охвата местных служб и планирования расположения медицинских учреждений [74].

За последние пятнадцать лет в РК отмечено ряд различных этапов внедрения ГИС-технологий в здравоохранение. В 2010 году зафиксирован ранние pilotные проекты. Первые системные попытки оцифровать здравоохранение пришлись на инициативу Академии профилактической медицины, которая в Кызылординской и Акмолинской областях создала интерактивные «карты здоровья» с кадастром всех ОЗ и демографическими индикаторами [75].

В 2018–2022 годах сформировалась фаза пространственной оценки доступности. Следующим крупным вектором стало изучение неравенства в доступе к помощи. Ключевой работой здесь считается исследование Шалтинова и коллег в северо-восточном регионе, где применён модифицированный метод «two-step floating catchment area» для расчёта индексов доступности первичной помощи [76].

В 2022 году акцент сместился к экстренной кардиологической помощи. В диссертационной работе Абыльтаева А.М. «Совершенствование организации оказания экстренной кардиологической медицинской помощи городскому населению (на примере городов Павлодара и Семей)» представлен анализ территориальной доступности и оптимизации работы бригад скорой медицинской помощи с использованием ГИС. В исследовании выявлены основные факторы, влияющие на своевременность оказания кардиологической помощи. Опыт данной работы подтверждает высокую значимость интеграции геоинформационных технологий для повышения доступности и качества экстренной медицинской помощи [77].

В 2024 году национальный центр особо опасных инфекций опубликовал результаты многолетнего картографирования природных очагов. Работа подчеркнула роль ГИС в раннем предупреждении вспышек [78].

Основываясь на проведённых исследованиях, можно сделать вывод о важности учёта пространственного аспекта в процессе планирования

здравоохранения. Тем не менее, существуют некоторые проблемы, такие как разрозненность метаданных и недостаточная институционализация, в частности, отсутствие общенациональной базы геомедицинских данных, что затрудняет проведение сравнений между регионами. Также необходимо разработать единые правовые рекомендации по агрегации географических координат для публикаций в открытом доступе.

Услуги скорой помощи являются неотъемлемой и жизненно важной частью здравоохранения. Во многих странах мира предпринимаются меры по решению проблемы доступности скорой помощи, то есть сокращению времени, которое требуется для ее прибытия [79].

В Норвегии для решения этих проблем используются мотоциклетные машины скорой помощи. В США используется комбинированная система скорой помощи и пожарной станции, а в Японии – система FAST [80-82].

Ученые смоделировали действия машин скорой помощи и предложить разработанные на основе моделей стратегии для улучшения использования машин скорой помощи для сокращения времени реагирования. Авторы выяснили, что до использования ГИС-модели среднее время ответа в округах Кармель и Лачиш составляло 12,3 и 9,2 минуты соответственно, при этом на 34 и 62% звонков были получены ответы в течение 8 минут. Когда машины скорой помощи были размещены в пределах смоделированных полигонов, более 94% вызовов соответствовали 8-минутному критерию [83].

Jill P Pell с коллегами оценили время прибытия скорой помощи и пришли к выводу, что сокращение времени реагирования скорой помощи до 5 минут может почти вдвое увеличить выживаемость при остановке сердца, не замеченной бригадой скорой помощи. Данные показали, что уменьшение времени прибытия скорой помощи до 8 минут увеличивало прогнозируемую выживаемость с 6 до 8%, а уменьшение времени прибытия – до 5 минут увеличивало прогнозируемую выживаемость до 10-11% соответственно [84].

Для изучения времени реагирования на чрезвычайные ситуации после внебольничной остановки сердца (ВГОС) в четырех городах Сербии А. Содианой с коллегами провели проспективного двухлетнего многоцентрового исследования. В данном исследовании были оценены три зависимых переменных: выживаемость до восстановления самостоятельного кровообращения, выживаемость до выписки из стационара и однолетняя выживаемость. Авторы установили, что при оказании скорой медицинской помощи в течении 4 минут улучшает показатель выживаемости по всем 3 категориям. В исследовании подчеркивается критическая роль раннего вмешательства после ОКС, а также необходимость проведения своевременной и эффективной сердечно-легочной реанимации для повышения выживаемости [85].

Неравномерное распределение услуг по оказанию неотложной помощи является важнейшим барьером, который необходимо преодолеть для обеспечения доступа к неотложной и хирургической помощи. Проанализировав географические барьеры доступа к службам неотложной медицинской помощи в Бразилии, авторы пришли к выводу, что в стране существует пространственное

неравновесие с заметными пробелами в системе здравоохранения для оказания экстренных услуг [86]. Всеобщий доступ к первичным медицинским учреждениям является движущей целью медицинских организаций. Несмотря на всеобщий доступ Канады к первичному медицинскому обслуживанию, пространственная доступность медицинских учреждений по-прежнему вызывает озабоченность в связи с неравномерным распределением первичных медицинских учреждений и населения по районам, что приводит к пространственному неравенству в секторе здравоохранения. Проблема социального неравенства, поднятая на основе этого анализа, может быть решена путем улучшения пешеходной инфраструктуры города, общественного транспорта и строительства новых клиник в регионах с низкой доступностью [87]. Наряду с существованием повышенного риска для здоровья, сложности дорожно-транспортной ситуации в мегаполисе неблагоприятно сказываются на соблюдении условий «золотого часа» при оказании экстренной медицинской помощи на догоспитальном этапе [88]. Несмотря на то, что по данным Департамента Здравоохранения г. Москвы, время ожидания пациентами скорой помощи в мегаполисе за последний год сократилось на 23% [89], высокая интенсивность автотранспортного движения, разный уровень состояния транспортных средств и магистралей вносят в график работы станций скорой помощи свои корректизы [90]. Исследования показали, что 10% смертей после несчастного случая или ушиба случается в первых 3-5 минутах, и 54-60% внутри первых 30 минут [91]. По данным МЗ РК 2017 года, количество вызовов СМП на душу населения в РК составил 0,4, по сравнению в странах ОЭСР: Канада -0,11; Швеция, Ирландия -0,08; Великобритания -0,19. Среднее время доезда СМП в РК -25 мин., в странах ОЭСР: Канада - 5-10 мин.; Англия, Италия - 8 мин.; Турция -10 мин.; США - 12 мин.; Австрия, Германия, Литва - 15 мин [92].

Проблема времени реагирования скорой помощи и соответствующего расположения станции скорой медицинской помощи остаются актуальными в последнее десятилетие. Кроме того, эти проблемы поддерживаются растущим спросом на скорую помощь. База геоданных, основанная на собранных данных, охватывает такие вопросы, как определение пространственного распределения медицинских учреждений, оценка типов спроса на медицинские услуги и моделирование зон медицинского обслуживания на основе анализа времени движения и расстояний. Методы ГИС могут быть применены к интегрированной структуре административного здравоохранения и географическим данным как ценному инструменту повышения эффективности предоставления медицинских услуг с учетом потребностей населения. В настоящее время проводятся многочисленные исследования, демонстрирующие временные закономерности спроса населения на скорую медицинскую помощь в зависимости от времени и дней недели, а также количества вызовов скорой помощи, изучение симптомов и диагнозов в структуре скорой медицинской помощи [93-98]. Однако мы обнаружили, что существует мало исследований, направленных на изучение распределения потребностей в экстренной медицинской помощи по населенным пунктам и объяснение специфики планирования услуг ЭМП 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, р. 31-40], играет центральную роль в способности службы ЭМП оставаться доступной оперативно. Перегруженность вызовов представляет значительную опасность для служб скорой помощи [13, р. 1-2]. 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, р. 42-1-42-7]. Многие исследования показали, что во время пандемии COVID-19 объем вызовов скорой помощи значительно увеличился [14, р. 42-1-42-7; 99]. Например, в Нью-Йорке объем вызовов скорой помощи увеличился с обычного ежедневного максимума в 4 тыс. вызовов до более чем 7 тыс. вызовов [25]. Для сравнения, 18 февраля 2020 года в Иране были выявлены первые случаи SARS-CoV-2, и с тех пор количество случаев заболевания COVID-19 в Иране значительно возросло и составило 443 086 подтвержденных случаев COVID-19 [100]. Соответственно, столь резкий рост объема вызовов скажется на огромном спросе на оказание услуг ЭМП.

Политика укрепления здоровья и профилактики заболеваний приобретает все большее значение. Это актуально в контексте применения эффективной и основанной на фактических данных политики в области здравоохранения. Понимание этого также способствует внедрению и развитию передовой практики. При разработке новых программ и проектов в области здравоохранения лица, принимающие решения, регулярно учитывают социально-демографические характеристики населения, социальную, политическую и экономическую ситуацию. Они постоянно сталкиваются с вопросом использования данных методов в практике РК. Одним из инструментов, который может помочь найти ответ на этот вопрос, является использование географических информационных систем в здравоохранении. На сегодняшний день идет разрыв между академическими приложениями ГИС, связанными со здоровьем, и их повседневным использованием в здравоохранении Казахстана. Более тесное сотрудничество между учеными в области ГИС и специалистами управления даст продвижения работы с ГИС направленных на основанные проблемы здравоохранения. ГИС используется редко в секторе здравоохранения Казахстана. Существует мало свидетельств того, что ГИС официально рассматривается или, регулярно используются при принятии стратегических решений, например, при планировании крупных мероприятий в области здравоохранения в рамках Национальной программы здравоохранения.

Бремя пандемии COVID-19 для оказания неотложной медицинской помощи (на примере города Астана).

Пандемия COVID-19, вызванная вирусом SARS-CoV-2, стала глобальным кризисом здравоохранения, существенно повлияв на системы здравоохранения

во всем мире [101]. С момента своего первоначального обнаружения в Ухане (Китай) в декабре 2019 года вирус быстро распространился, вызывая респираторные заболевания и представляя серьезную угрозу для уязвимых групп населения [102]. Как и многие другие страны, Казахстан сталкивается с серьезными проблемами в связи с пандемией, первые случаи которой были подтверждены в марте 2020 года [103, 104]. Например, 1 июля 2020 года было зарегистрировано 18 757 новых случаев заболевания, за день до этого - 489, за день после - 1 509. В среднем в неделю регистрировалось от 1 500 до 4 000 новых случаев. По данным официальной статистики, по состоянию на 13 октября 2021 года в Казахстане выявлен 990 461 лабораторно подтвержденный случай инфекции, 854 976 человек выздоровели, 11 672 человека умерли [105].

Пандемия COVID-19 выявила уязвимые места в системах здравоохранения по всему миру, включая недостаточную готовность к крупным катастрофам. Не имея предварительных планов антикризисного управления, многие больницы столкнулись с нехваткой лекарств, увеличением нагрузки на пациентов и истощением медицинского персонала; службы скорой медицинской помощи (ССМП) также столкнулись с наплывом пациентов [106, 107]. Этот кризис подчеркивает необходимость системного подхода к преодолению будущих кризисов в здравоохранении и подчеркивает важность эффективного планирования ЭМС для обеспечения своевременного реагирования. Понимание тенденций и географического распределения вызовов имеет решающее значение для оптимизации ресурсов скорой помощи. Исследования показывают значительное увеличение количества вызовов скорой помощи во время пандемии [108-110]. Например, в Нью-Йорке количество вызовов скорой помощи возросло с обычного ежедневного максимума в 4 000 вызовов до более чем 7 000 вызовов [111]. Для сравнения, 18 февраля 2020 года первые случаи SARS-CoV-2 были выявлены в Иране, и с тех пор количество случаев COVID-19 в Иране значительно увеличилось и составило 443 086 подтвержденных случаев COVID-19 [92, р. 114-119]. Соответственно, такой резкий рост количества вызовов скажется на огромном спросе на оказание услуг EMS. Оптимальное время реагирования в 10 секунд, установленное европейскими исследователями [12, р. 31-40], играет ключевую роль в способности службы скорой помощи оставаться оперативно доступной. Перегруженность вызовов считается серьезной опасностью для служб скорой помощи [14, р. 42-1-42-7]. Понимание количества вызовов скорой помощи очень важно, поскольку оно влияет на время реагирования и стандарты оказания скорой помощи. Колебания в количестве вызовов могут привести к тому, что для оказания неотложной помощи будет выделено больше или меньше ресурсов скорой помощи, что повлияет на результаты лечения пациентов [112-114].

Многочисленные исследования продемонстрировали временные закономерности спроса населения на скорую помощь в зависимости от времени и дней недели, а также количества вызовов скорой помощи, изучения симптомов и диагнозов в структуре скорой помощи. Однако существует критический пробел в понимании геопространственного распределения потребностей в скорой помощи во время пандемии COVID-19. Эти знания крайне важны для

эффективного планирования и стратегий распределения ресурсов скорой помощи. В последнее десятилетие актуальными остаются вопросы времени реакции автомобилей скорой помощи и площади сравнения станции скорой помощи. Кроме того, эти проблемы поддерживаются растущим спросом на услуги скорой помощи [12, p. 31-40; 14, p. 42-1-42-7; 115].

Выводы по первому разделу

Анализ данных литературы показал, что ГИС предлагает очень богатый набор методов и технологий, который выходит далеко за рамки простого создания простых карт (или цифровой картографии). С точки зрения общественного здравоохранения, ГИС потенциально могут выступать в качестве мощных практических инструментов, основанных на фактических данных, для раннего выявления и решения проблем.

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.

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В целях достижения поставленных целей и задач исследования работа над диссертацией была разбита на несколько этапов (Рисунок 2).

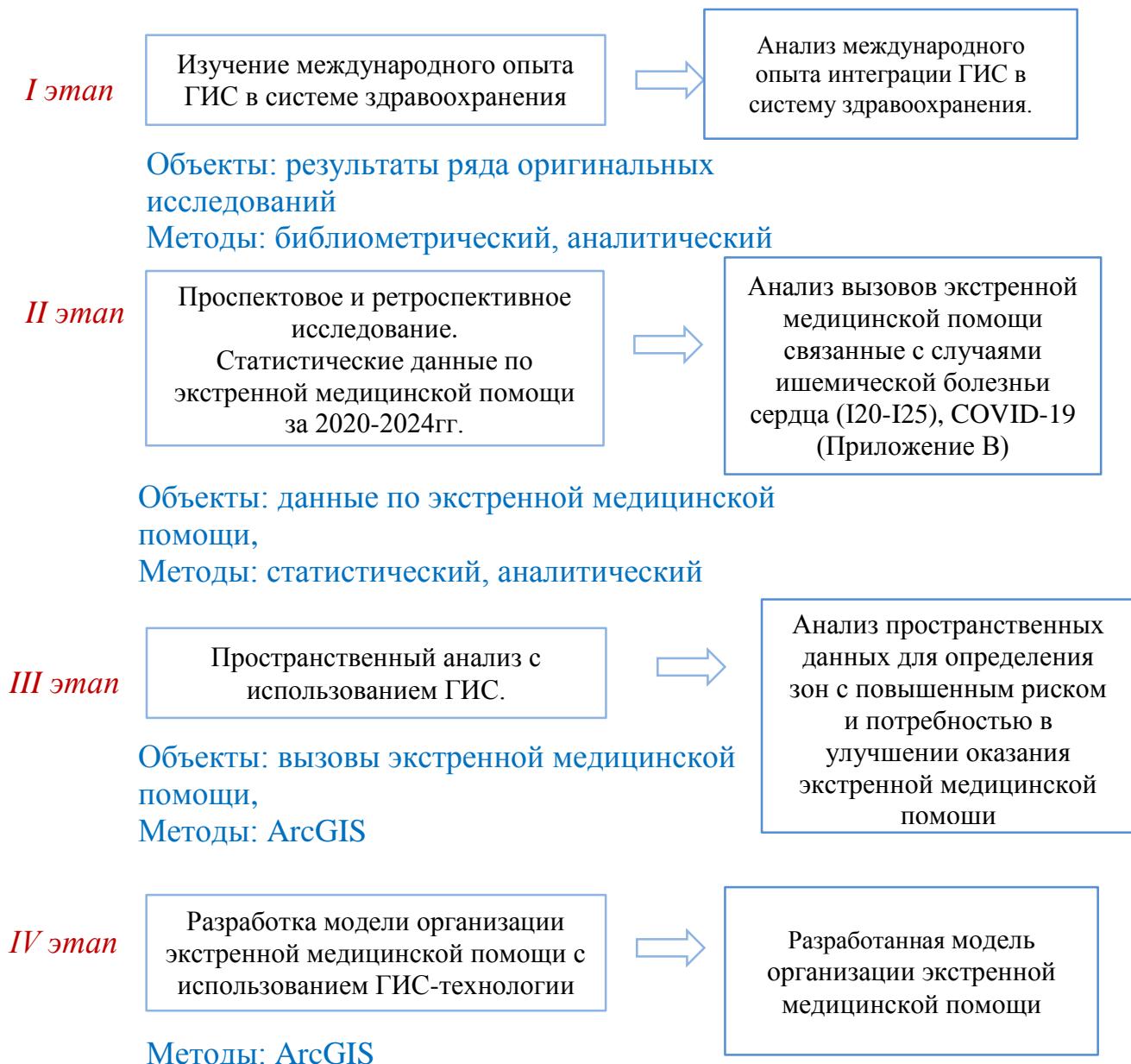


Рисунок 2 – План исследования

На первом этапе исследования был произведен обзор научных публикаций по теме исследования. Работа велась в отечественных, зарубежных базах данных научной информации. Нами был проведен поиск в научных базах данных Web of Science, PubMed, Medline, EBSCOhost, мы так же просмотрели дополнительный информационный ресурс Google Scholar. Языки, на которых осуществлялся поиск: английский, русский. Критерии включения: полнотекстовые статьи, включающие опыт использования геоинформационных систем и пространственного анализа на основе специализированного программного

обеспечения. Критерии исключения: не полнотекстовые статьи, не включающие в себя ключевые слова, и статьи, носящие теоретический характер. Для поиска были использованы ключевые слова на английском языке: GIS OR Geographic Information System AND Health, GIS AND Health Policy, GIS OR Geographic Information System AND Prevalence, GIS AND Policy, GIS AND Disease, GIS OR Geographic Information System AND Regulation, GIS AND Health, GIS AND Policy OR Decision Support, GIS OR Geographic Information System AND Legislation, GIS OR Geographic Information System AND Prevention AND Health, GIS OR Geographic Information System AND Prevention AND Disease, а также их эквиваленты на русском языке: ГИС, геоинформационные системы, здоровье, политика здравоохранения, профилактика, заболевания, заболеваемость.

Мы провели поиск в MEDLINE (через PubMed), Embase, Cochrane и Web of Science, чтобы найти потенциальные статьи. Мы включили комбинированные контролируемые словарные слова (MeSH) и связанные с ними ключевые слова для 1) барьера в оказании медицинской помощи, 2) неотложной медицинской помощи (FRC, РНС и EMS). В этом поиске были изучены логические операторы базы данных («ИЛИ» для связанных/похожих терминов и «И» для объединения различных понятий), чтобы объединить эти три ключевые идеи (Рисунок 3).

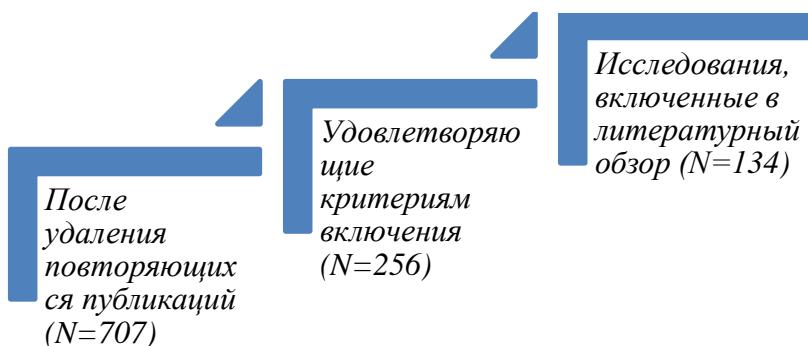


Рисунок 3 – Этапы отбора публикаций для включения в литературный обзор

На *втором этапе* мы проанализировали статистические материалы, вызовов экстренной медицинской помощи за 2020-2024 годы в г. Астана. После получения одобрения с управления общественного здравоохранения города Астаны для исследования, данные ЭМП были изъяты из базы данных автоматизированной системы управления «Комек 103», которая используется на станции скорой медицинской помощи с конца 2019 года в Астане (Приложение В). Данные о пациентах, проживающих за пределами округа или не имеющих адреса, были исключены, в результате чего в анализ было включено 2 469 283 случаев обращения за ЭМП. Все данные об адресах пациентов были геокодированы с использованием ArcGIS Pro 3.1.0. (ESRI Products, Редлендс, Калифорния). В рамках нашего исследования в качестве основной приоритетной ГИС платформы используется программный пакет ArcGIS Pro 3.1.0. Выбор в пользу ArcGIS обусловлен следующими основными причинами:

1. ArcGIS предлагает более широкий спектр функций для работы с

пространственными данными, включая инструменты для геообработки, анализа и моделирования. Это делает его более подходящим для сложных проектов и задач

2. ArcGIS обладает более широкими возможностями по интеграции с другими системами и поддерживает больше форматов данных, чем QGIS, что делает его более универсальным инструментом.

3. При развитии или внедрении результатом исследования при масштабировании ArcGIS лучше подходит для работы с большими объёмами данных и сложными задачами, такими как моделирование и анализ.

4. Помимо активного сообщества пользователей и разработчиков, у ArcGIS более развитые инструменты поддержки пользователей со стороны компании-разработчика.

5. ArcGIS предоставляет широкий спектр специализированных инструментов для различных областей, таких как управление земельными ресурсами или городское планирование, что также может быть важно при применении результатов исследования и интеграции с другими сервисами и системами. Подробное сравнение альтернативных ГИС-решений приведено в разделе 1.2.

Критерии включения/исключения. Случай ишемической болезни сердца (I20-I25). Категория симптомов, связанных с COVID-19, будет добавлена для представления случаев с подозрением на инфекционные заболевания, включая случаи COVID-19. Все вызова неподходящие по данным параметрам не вошли в исследование.

Для обеспечения конфиденциальности пациентов исходные адреса и любая другая информация, которая могла бы идентифицировать пациентов (кроме геокода), были удалены из набора данных перед дальнейшим анализом.

Для обработки и интерпретации количественных данных, собранных в ходе исследования, применялся комплекс статистических методов с использованием программных пакетов IBM SPSS Statistics (v17.0) и Microsoft Excel 2019. Статистический анализ проводился в несколько этапов:

- Описательная статистика. Расчет средних значений, стандартных отклонений (SD), медиан, минимальных и максимальных значений по ключевым переменным (возраст, время прибытия, частота вызовов и др.).

- Анализ различий между группами.

Для оценки достоверности различий между независимыми группами по полу, возрастным категориям, годам и другим категориальным признакам применялся χ^2 -критерий Пирсона. Он позволил определить статистически значимые отличия в распределении вызовов по годам, полу, возрасту и дням недели. Различия считались достоверными при уровне значимости $p < 0,05$.

Для выявления пространственных закономерностей применялся кластерный и корреляционный анализ. Коэффициент корреляции Пирсона (r) — для оценки силы взаимосвязи между плотностью населения и числом вызовов ($r > 0,7$ считался сильной корреляцией). Кластеризация горячих точек (Getis-Ord Gi)* — для идентификации статистически значимых зон концентрации вызовов.

Для анализа обращаемости за экстренной медицинской помощью за 2020-

2024 годы в г. Астана были рассчитаны относительные показатели. Относительный показатель рассчитывался по следующей формуле:

$$R = (N/P) \times 100,000$$

Где:

R – Относительный показатель (на 100,000 населения);

N – количество вызовов (число обращений в скорую медицинскую помощь за исследуемый период);

P – численность населения (официальная численность жителей Астаны за исследуемый период);

100,000 – стандартный коэффициент для приведения показателей к единой шкале.

Численность населения г. Астана использовалась для расчета показателей и была взята из открытых источников [116]. Полученные относительные показатели позволяют оценить нагрузку на службу скорой медицинской помощи и распространенность ИБС среди населения города.

Для анализа динамики вызовов скорой помощи в Астане во время пандемии COVID-19 использовался метод прерванных временных рядов (Interrupted Time Series Analysis, ITSA) с использованием программы SPSS 17.0 в блоке forecasting (прогнозирование). Данный метод позволяет оценить влияние событий (в данном случае – вспышки и пика пандемии COVID-19) на изучаемый временной ряд. Данные были агрегированы по дням, то есть для каждого дня вычислялось количество вызовов скорой помощи. Анализ проводился в несколько этапов. Предварительная обработка данных: данные по вызовам скорой помощи были сгруппированы по датам. Была проведена стандартизация форматов даты и нормализация данных. Временной ряд был разделен на три периода: до COVID-19, во время вспышки и во время пика. Моделирование с использованием регрессии прерванных временных рядов (ITSA): временной ряд был представлен в виде регрессионной модели с двумя временными точками вмешательства (intervention points): 13 марта 2020 г. (начало пандемии COVID-19) и 1 июня 2020 г. (пик COVID-19). Модель включала следующие переменные: время (time) – индекс времени от начала наблюдений. Переменная "После COVID-19" (post_covid_wave) – бинарная переменная, принимающая значение 1 после 13 марта 2020 г. Переменная "После пика COVID-19" (post_covid_peak) – бинарная переменная, принимающая значение 1 после 1 июня 2020 г. Взаимодействие времени с периодами (time_after_wave, time_after_peak) – отражает изменение тренда после каждой точки вмешательства. Использован метод ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average), который учитывает зависимость наблюдений от предыдущих значений и позволяет учитывать резкие изменения в тренде. В разделе Expert Modeler была выбрана модель, автоматически подбирающая параметры ARIMA с учетом временных лагов. Для учета точек вмешательства был использован регрессионный подход с фиктивными переменными (Intervention Analysis). Для проверки качества модели оценивались статистические показатели модели: коэффициент детерминации (R^2) для оценки качества подгонки модели и р-значения коэффициентов регрессии для проверки статистической значимости изменений.

Для визуализации результатов построен график временного ряда с фактическими значениями вызовов и предсказанными моделью тенденциями, где синяя пунктирная линия указывала начало пандемии (13 марта 2020 г.), а зелёная – пик пандемии (1 июня 2020 г.). Использованы маркеры, отображающие наблюдаемые данные (оранжевые точки) и предсказанные значения модели (красная линия).

На *третьем этапе* используя геоинформационные системы, провели пространственный анализ доступности ЭМП. Геоинформационный анализ осуществлялся с использованием программного пакета ArcGIS Pro 3.1.0, выбранного в силу его расширенных аналитических функций, широкого набора инструментов геообработки и совместимости с международными стандартами (ISO 19115, OGC WMS/WFS, HL7 FHIR Location). Это обеспечило построение многослойных карт доступности, маршрутизацию от станций СМП до ОЗ, а также моделирование зон охвата (3, 5, 10 минут) с учетом городского трафика. Пространственный анализ с применением ГИС включает в себя анализ плотности и кластеризации вызовов, связанных со случаями ишемической болезни сердца (ИБС) и случаев с COVID-19. Анализ плотности и кластеризации вызовов позволяет определить пространственную структуры и диспропорции спроса на услуги экстренной медицинской помощи в разных районах города. Метод пространственной кластеризации (KDE) и инструменты Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi)* использовались для выявления участков с высокой концентрацией вызовов по ИБС и COVID-19. Эти методы позволили локализовать эпицентры перегрузки служб СМП. Сетевой анализ маршрутов позволил рассчитать протяженность и время следования бригад с учетом дорожной инфраструктуры и плотности населения, используя реалистичные параметры скорости движения. Модель маршрутизации была верифицирована через сопоставление с фактическими логами вызовов.

На *четвертом этапе* была разработана модель организации экстренной медицинской помощи с использованием ГИС-технологии. На основе результатов предыдущих этапов была проведена разработка новой модели организации экстренной медицинской помощи с использованием ГИС-технологии. Модель включает в себя оптимальную организацию работы медицинских учреждений, разработку наиболее эффективных маршрутов, разработки интерактивных карт и графиков для наглядного представления данных о маршрутах, загруженности бригад, зон риска и других важных аспектов оказания экстренной медицинской помощи. Пространственное моделирование доступности экстренной медицинской помощи с учетом дорожной сети и локализации медицинских учреждений. Включает в себя два блока: первый - моделирование зон доступности от ЭМП, второй – моделирование зон доступности до ОЗ (для случаев, когда была госпитализация). Анализ выполняется для вызовов, связанных со случаями ишемической болезни сердца (ИБС) и случаев с COVID-19 и для определения зон с повышенным риском и потребностью в улучшении оказания экстренной медицинской помощи. Моделирование сценариев оптимального размещения дополнительных ЭМП и ОЗ осуществлялось через функционал Location-Allocation в ArcGIS с

параметрами min impedance и max coverage, что позволило оценить, на сколько минут и процентных пунктов может быть сокращено время реагирования.

Для оценки достоверности критериев исследования выбран уровень значимости $\alpha \leq 0,05$ ($\leq 5\%$). Исследование проводилось в соответствии с принципами, изложенными в Хельсинской декларации, в соответствии с Конституцией РК, Кодекса РК «О здоровье народа и системе здравоохранения», а также соблюдение исследователями положений по защите прав и благополучия пациента в качестве субъекта исследования. Протокол исследования и иные документы были представлены на рассмотрение и утверждение в Локальный комитет по этике до начала исследования. Любые изменения в протоколах и/или иных документах исследователи обязуются представлять в Комитет по этике до начала реализации любых изменений в исследовании.

По завершении отдельных задач и этапов результаты исследования были оформлены в виде публикации статей и тезисов, докладов на конференциях и семинарах. Основные результаты исследования были представлены в виде заявки на свидетельства государственной регистрации объекта интеллектуальной собственности.

Материалами исследования послужили:

- базы данных автоматизированной системы управления «Комек 103», которая используется на станции скорой медицинской помощи с конца 2019 года, и автоматизированные информационные систем «АДИС за 2020-2024гг.»;
- данные авторитетных баз данных по научным исследованиям (Web of Science, Scopus);
- ГИС-технологии.

Методы исследования, использованные в работе: информационно-аналитический, библиометрический, библиографический, статистический, картографирование, пространственный анализ.

Объектами исследования явились: вызова ЭМП, ГИС-технологии.

Работа была выполнена на базе НАО «Медицинский университет Астана», РГП на ПХВ «Станция скорой медицинской помощи» акимата г. Астана.

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАРЬЕРОВ ОКАЗАНИЯ ЭКСТРЕННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

3.1 Ретроспективный анализ вызовов экстренной медицинской помощи по поводу ишемической болезни сердца (I20-I25) в г. Астана за 2020-2024 гг.

Согласно данным, представленным в таблице 3, количество зарегистрированных вызовов на ЭМП в период с 2020 по 2024 год было следующим: в 2020 году – 438 885 вызовов (что соответствует 38 628,6 на 100 тысяч населения), в 2021 году – 665 018 вызовов (56 147,6 на 100 тысяч населения), в 2022 году – 730 951 вызов (58 959,8 на 100 тысяч населения), в 2023 году – 743 544 вызова (54 892,1 на 100 тысяч населения) и в первом полугодии 2024 года – 329 770 вызовов (21 812,9 на 100 тысяч населения). За весь рассматриваемый период в службу ЭМП поступило в общей сложности 2 469 283 вызова.

За период 2020 года количество ежедневных звонков составило 105,8 вызовов на 100 тыс. населения (1202 вызовов), в 2021 году дневной показатель количество вызовов составил 153,9 на 100 тыс. населения (1823 вызовов) что на 52% больше по сравнению с периодом в 2020 года. Что касается ежедневного показателя, то в 2022 году он составлял 161,6 на 100 тыс. населения (2003 вызовов), что на 9,9% больше по сравнению с 2021 годом. В 2023 году ежедневно за ЭМП обращались 150,4 на 100 тыс. населения (2037 раз) что превалирует на 1,7% в сравнении с 2022 годом. Дневной показатель 2024 году составило 119,5 на 100 тыс. населения (1807 вызовов) что на 11,3% ниже показателя 2023 года. В общем прослеживается тенденция увеличения количества вызовов ЭМП по годам. Резкий рост количества вызовов произошел в 2021 году, затем по показателям ежедневных звонков видно уменьшение количества вызовов в 2024 году.

Временные барьеры: на момент, предшествовавший 2020 году, время прибытия на место происшествия составляло 15,05 минуты, в то время как в 2021 году оно составляло 15,35 минуты, а в 2022 году данный показатель составил – 15,40 минуты. Время реагирования ЭМП в 2023 году составляло 16,12 минуты, а в 2024 году время прибытие на место происшествия увеличилось на 16:56 минуты. Наблюдается динамика роста времени реагирования ЭМП по исследуемым годам. Общий прирост составил 01,85 минуты.

Анализ затраченного времени на вызов с момента обращения и до момента его завершения показал, что среднее время, затраченное на вызов в 2020 году составило 1:03:33 минуты, в 2021 году 54:05 минуты, что на 09:28 минуты меньше по сравнению с 2020 годом. В 2022 году данный показатель составил 51:08 минуты, что на 03:03 минуты меньше по сравнению с 2021 годом. В 2023 году прослеживается динамика роста времени на вызов с момента обращения и до момента его завершения и составило 56:38 минуты, что 05:30 минуты больше чем 2022 год. В 2024 году происходит тенденция увеличения времени на 1:16:46 минуты.

Таблица 3 – Распределение частоты вызовов ЭМП за 2020-2024 (1 полугодие) гг.

Переменная		2020 год		2021 год		2022 год		2023 год		2024 год (1 полугодие)		P value
		абс. число	на 100 тыс. нас.	абс. число	на 100 тыс. нас.	абс. число	на 100 тыс. нас.	абс. число	на 100 тыс. нас.	абс. число	на 100 тыс. нас.	
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Количество вызовов	Общее	438 881	38 628,6	665 018	56 147,6	730 951	58 959,8	743 544	54 892,1	329 770	21 812 ,9	<0,001
	Дневной	1 202	105,8	1 823	153,9	2 003	161,6	2 037	150,4	1 807	119,5	<0,001
Прибытие на место происшествия (мин/с)	Значение	15:05	-	15:35	-	15:40	-	16:12	-	16:56	-	<0,001
Время от поступления звонка до госпитализации в стационар	Значение	1:03:33	-	54:05	-	51:08	-	56:38	-	1:16:46	-	<0,001
День недели												
Понедельник	Значение	65277	5745,4	96857	8177,6	108423	8745,5	110410	8151	48702	3221,4	<0,001
Вторник	Значение	61725	5432,7	94708	7996,2	104421	8422,7	105044	7754,8	47062	3112,9	<0,001
Среда	Значение	62827	5529,7	96260	8127,2	103071	8313,8	105143	7762,1	46718	3090,2	<0,001
Четверг	Значение	63168	5559,7	93300	7877,3	102206	8244,1	104095	7684,8	46465	3073,4	<0,001
Пятница	Значение	61552	5417,5	93971	7933,9	101575	8193,2	102169	7542,6	46075	3047,6	<0,001
Суббота	Значение	61043	5372,7	92959	7848,5	104513	8430,2	103809	7663,6	46127	3051,1	<0,001
Воскресенье	Значение	63289	5570,4	97016	8191	106805	8615	112966	8339,7	48657	3218,4	<0,001

Анализ распределения вызовов скорой медицинской помощи по дням недели выявил устойчивую тенденцию к росту их количества в 2020-2023 годах. Так, по понедельникам объем обращений увеличился наиболее заметно: в 2021 году он превысил показатель 2020 года на 48% (с 65277 до 96857 вызовов). В последующие периоды динамика прироста сохранялась, хотя и замедлялась: рост составил 11,9% в 2021-2022 годах (до 108 423 вызовов) и 1,8% в 2022-2023 годах (до 110 410 вызовов).

Схожая динамика прослеживается и в остальные дни недели. По вторникам число обращений увеличилось на 53% в период 2020-2021 гг. (с 61 725 до 94708 вызовов), затем темпы роста замедлились: на 10,3% в 2021-2022 гг. (до 104 421 вызова) и на 0,6% в 2022-2023 гг. (до 105 044 вызовов). Аналогичный характер изменений выявлен по средам: рост составил 53% между 2020 и 2021 гг. (с 62 827 до 96 260 вызовов), 7,1% - в 2021–2022 гг. (до 103 071 вызова) и 2% - в 2022-2023 гг. (до 105 143 вызовов). По четвергам объем вызовов увеличился на 47,7% в 2020-2021 гг. (с 63 168 до 93 300), далее - на 9,5% в 2021-2022 гг. (до 102 206) и на 1,8% в 2022–2023 гг. (до 104 095). В пятницу наблюдалась сопоставимая динамика: прирост составил 52,7% в 2020-2021 гг. (с 61 552 до 93 971 вызова), затем 8,1% в 2021-2022 гг. (до 101 575) и 0,6% в 2022-2023 гг. (до 102 169 вызовов).

По выходным дням динамика также характеризовалась значительными колебаниями. В субботу объем обращений увеличился на 52,3% в 2020-2021 гг. (с 61 043 до 92 959 вызовов) и на 12,4% в 2021-2022 гг. (до 104 513 вызовов). Вместе с тем, в 2022-2023 гг. отмечено незначительное снижение на 0,7% (до 103 809 вызовов), что может свидетельствовать о частичной стабилизации нагрузки или перераспределении обращений по другим дням недели.

По воскресеньям рост был более устойчивым: число вызовов увеличилось на 53,3% между 2020 и 2021 гг. (с 63 289 до 97 016), на 10% в 2021-2022 гг. (до 106 805) и на 5,8% в 2022–2023 гг. (до 112 966 вызовов). Таким образом, в отличие от субботы, в воскресенье сохранялась положительная динамика без признаков снижения, что отражено на рисунке 4.

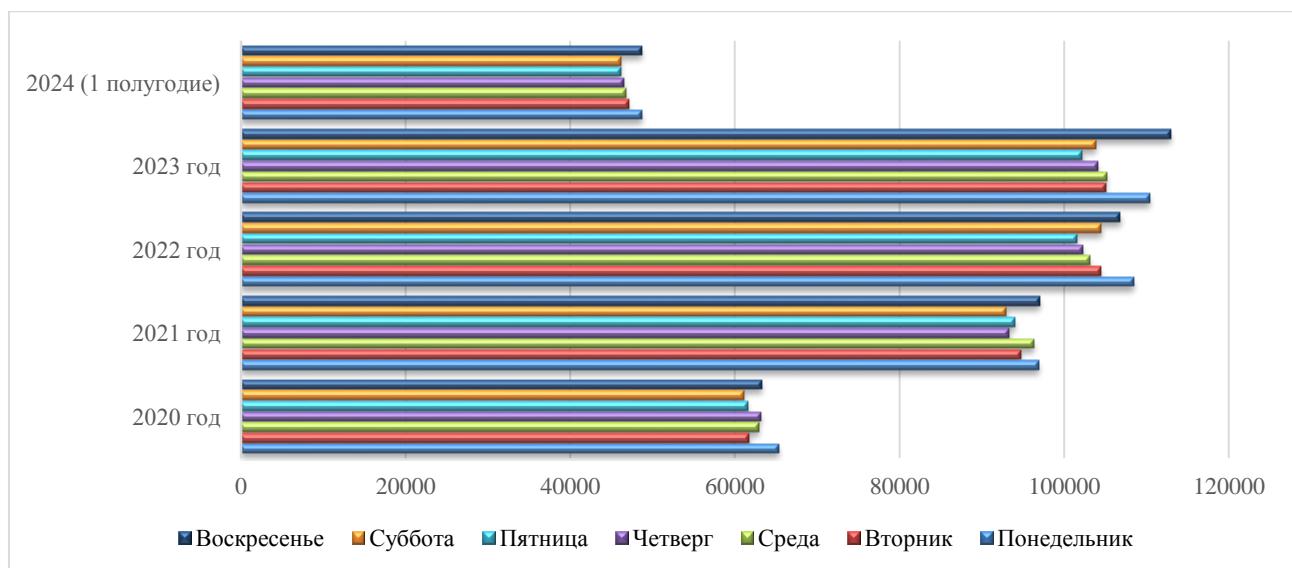


Рисунок 4 – Распределение частоты обращений на станцию ЭМП по дням недели

Анализ недельного распределения интенсивности обращений за экстренной медицинской помощью выявил выраженные колебания по годам наблюдения. В 2020 году максимальная нагрузка приходилась на понедельник: 5 745,4 случая на 100 тысяч населения (65277 обращений). Минимальная частота вызовов зарегистрирована в субботу - 5372,7 на 100 тысяч (61043 случая).

В 2021 году структура недельной активности изменилась: наибольшее число обращений приходилось на воскресенье - 8191 на 100 тысяч населения (97016 вызовов), тогда как наименьшие показатели отмечены в субботу - 7848,5 на 100 тысяч (92959 вызовов). В 2022 году вновь лидировал понедельник с уровнем 8 745,5 случаев на 100 тысяч населения (108423 вызова), а минимальные значения зафиксированы в пятницу - 8 193,2 на 100 тысяч (101575 вызовов).

В 2023 году пик обращаемости пришёлся на воскресенье - 8 339,7 на 100 тысяч населения (112 966 обращений), тогда как пятница вновь была днём с наименьшей нагрузкой - 7542,6 на 100 тысяч (102169 случаев). В первом полугодии 2024 года сохранялась аналогичная тенденция: максимальное число вызовов зарегистрировано в понедельник - 3 221,4 случая на 100 тысяч населения (48702 вызова), минимальное - в пятницу (3047,6 на 100 тысяч; 46075 обращений).

Таким образом, понедельник на протяжении всего периода исследования остаётся наиболее нагруженным днём недели, тогда как пятница характеризуется наиболее низкой интенсивностью обращений за ЭМП, что наглядно отражено на рисунке 5.

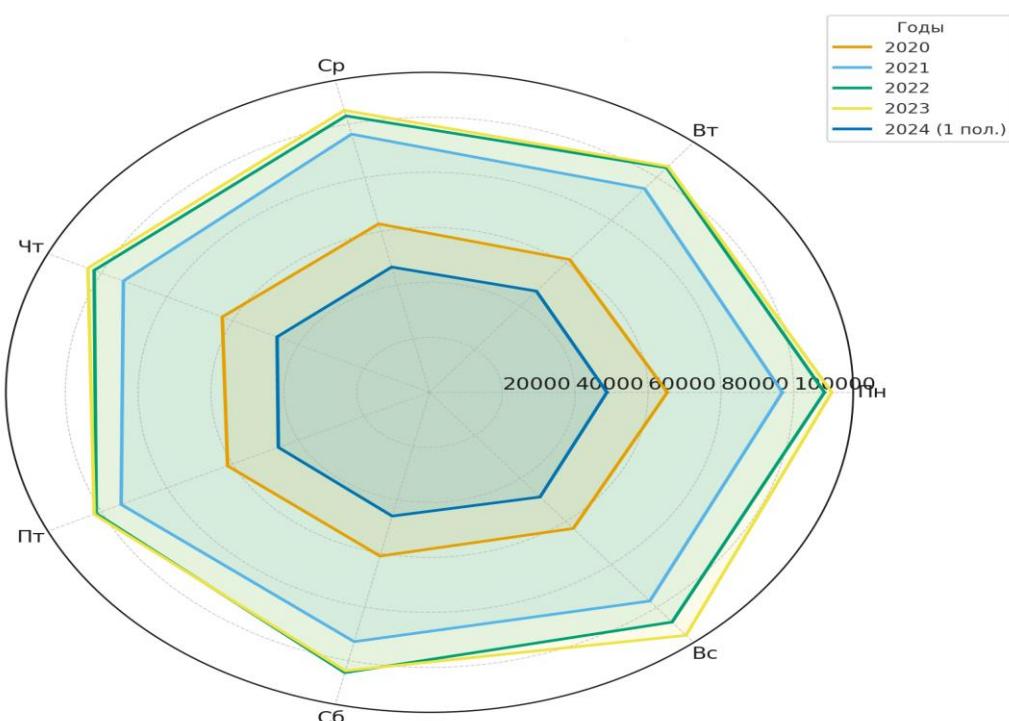


Рисунок 5 – Динамика вызовов за ЭМП по дням недели

Демографический барьер: в таблице 4 показан анализ изменения количества мужчин и женщин с 2020 по 2023 год, где количество мужчин увеличилось на 80,6%, количество женщин выросло на 61,1%. Рост численности мужчин был значительно выше, чем у женщин, в данный период. Исходные значения показывают, что изначально количество женщин было больше, чем количество мужчин во все годы. Например, в 2020 году женщин было примерно на 34% больше, чем мужчин.

Анализ возрастной группы 0-6 лет для мужчин и женщин показал следующие тенденции: с 2020 года по 2021 год число мужчин увеличилось на 76,8%, а женщин – на 42,3%, с 2021 года по 2022 год наблюдается значительный рост численности как мужчин (53,3%), так и женщин (71,1%). Небольшое снижение численности мужчин (10,6%) и женщин (2,4%) произошли с 2022 года по 2023 год. В 2024 году (1 полугодие) мужчины составили 34748, женщины 23946.

Анализ возрастной группы 7-18 лет для мужчин и женщин показал следующие тенденции: с 2020 года по 2021 год наблюдается значительное снижение численности мужчин (39,4%) и женщин (57,8%). С 2021 года по 2022 год произошёл стремительный рост численности как мужчин (358,9%), так и женщин (477,9%). С 2022 года по 2023 год динамика показывает небольшой рост численности мужчин (9,6%) и женщин (15,4%). В 2024 году (1 полугодие) мужчины превалировали и составили 14319, женщины 11770.

Анализ возрастной группы 19-65 лет для мужчин и женщин показал следующие тенденции: с 2020 года по 2021 год численность мужчин увеличилась на 7,9%, а женщин – на 24,3%. Наблюдается увеличение численности как мужчин (19,2%), так и женщин (9,6%) с 2021 года по 2022 год. С 2022 года по 2023 год: численность мужчин выросла на 14,3%, а численность женщин немного снизилась (0,5%). В 2024 году (1 полугодие) в данной возрастной группе по сравнению с мужчинами (41832) женщины (77949) превалируют.

По данным анализа возрастной группы 65+ лет для мужчин и женщин показал следующие тенденции: с 2020 года по 2021 год численность мужчин резко выросла на 330,5%, а женщин – на 245,0%. С 2021 года по 2022 год наблюдается сильное снижение численности как мужчин (70,3%), так и женщин (60,4%). Динамика показывает небольшое увеличение численности мужчин (2,9%) и женщин (1,7%) с 2022 года по 2023 год. В 2024 году (1 полугодие) в данной возрастной группе по сравнению с мужчинами (7517) количество женщины (14578) увеличилась вдвое (таблица 4).

Согласно полученным данным, возрастная группа 7-18 лет продемонстрировала наибольший рост в численности как среди мужчин, так и среди женщин.

Таблица 4 – Возрастно-половой состав пациентов, обращавшихся за ЭМП за 2020-2024 (1 полугодие) гг.

Переменная		2020 год		2021 год		2022 год		2023 год		2024 год (1 пол.)		P valu e
		абс. число	на 100 тыс. нас.	абс. число	на 100 тыс. нас.	абс. число	на 100 тыс. нас.	абс. Число	на 100 тыс. нас.	абс. число	на 100 тыс. нас.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Пол	Мужчина	187 449 (43%)	16498,5	299 290 (45%)	25269	334018 (46%)	26942,4	338541 (46%)	24992,7	98416 (43%)	6509,8	<0,001
	Женщина	251 408 (57%)	22127,9	365 737 (55%)	30879,2	396997 (54%)	32022,4	405015 (55%)	29900,2	128243 (57%)	8482,7	<0,001
Возраст Значение ± SD	Все	35,4±23,6	-	34,1±23,7	-	29,5±20	-	30,2±23,0	-	31,9±22,5	-	<0,001
	Мужчина	32,2±25,2	-	30,0±24,3	-	24,8±23,0	-	26,4±22,8	-	29,8±23,8	-	<0,001
	Женщина	37,7±22,2	-	37±22,8	-	33,2±23	-	33,4±22,6	-	33,8±21,3	-	<0,001
0-6 лет	Мужчина	50 676	4460,3	89 585	7563,6	137326	11076,9	122731	9060,6	34748	2298,4	<0,001
	Женщина	33 313	2932	47 413	4003	81132	6544,2	79212	5847,8	23946	1583,9	<0,001
7-18 лет	Мужчина	16051	1412,7	9728	821,3	44640	3600,7	48918	3611,3	14319	947,1	<0,001
	Женщина	14489	1275,2	6117	516,4	35352	2851,5	40783	3010,8	11770	778,5	<0,001
19-65 лет	Мужчина	103329	9094,6	111461	9410,6	132826	10713,9	151818	11207,9	41832	2767	<0,001
	Женщина	170622	15017,4	212040	17902,5	232458	18750,4	231401	17083,1	77949	5156	<0,001
65+ лет	Мужчина	17392	1530,7	74872	6321,4	22229	1793	22884	1689,4	7517	497,2	<0,001
	Женщина	32985	2903,2	113811	9609	45051	3633,8	45809	3381,8	14578	964,2	<0,001

Из анализа динамики возрастных групп по годам можно сделать следующие выводы: в возрастной группе 0-6 лет наблюдается значительный рост численности с 2020 по 2022 год. Однако в 2023 году численность начала снижаться, что может свидетельствовать о снижении рождаемости или других демографических факторах. Возрастная группа 7-18 лет показывает самый значительный рост численности был в этой возрастной группе. С 2020 по 2022 год численность резко увеличилась, но в 2023 году этот рост замедлился. В возрастной группе 19-65 лет наблюдается стабильный рост численности с 2020 по 2023 год, однако темпы роста были менее резкими по сравнению с более молодыми возрастными категориями. Анализ показал, что возрастная группа «19-65 лет» имела наибольшее количество обращений за помощью в каждый из рассмотренных годов. Эта возрастная группа стабильно имела наибольшее количество обращений за все анализируемые периоды (рисунок 6).

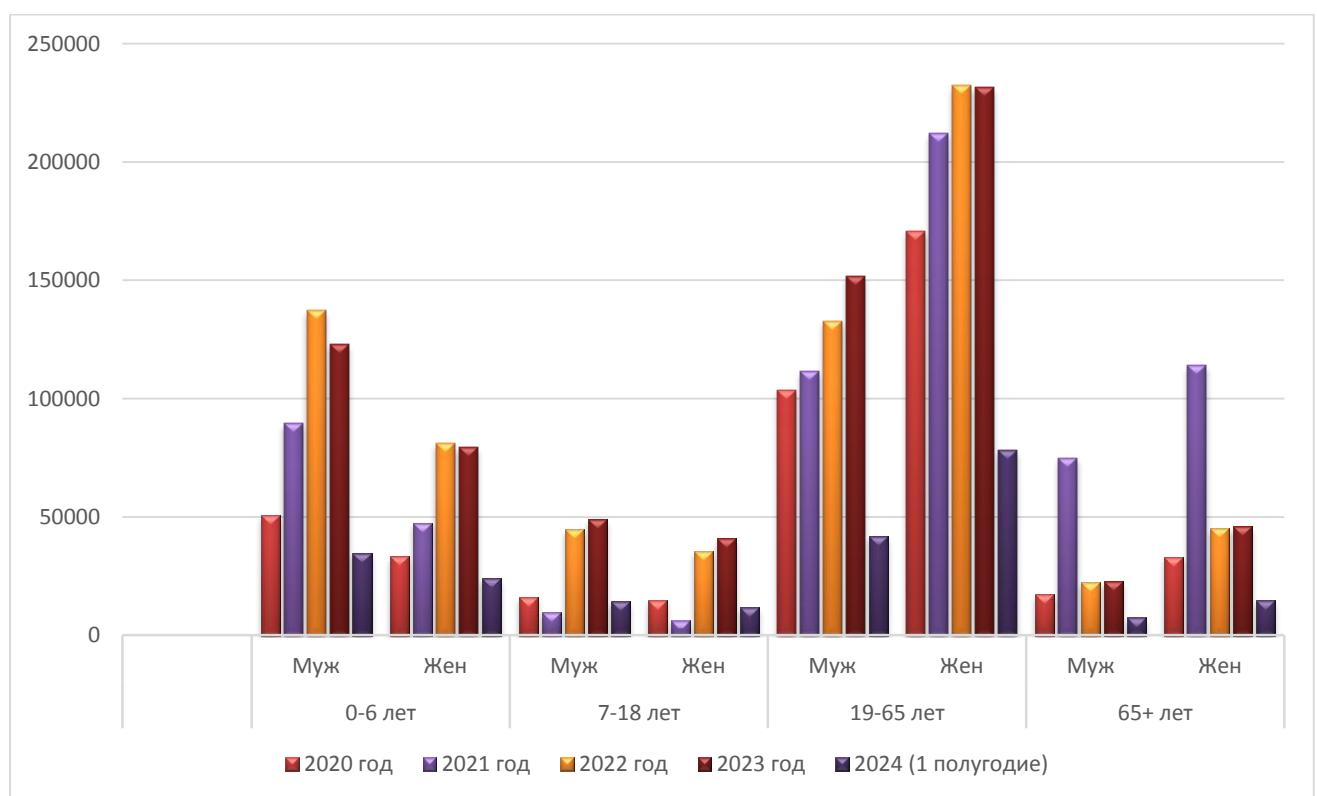


Рисунок 6 – Распределение частоты обращений на станцию ЭМП по возрасту

Анализ изменения количества мужчин и женщин по годам показывает следующие ключевые моменты: резкий рост в 2020–2021 годах, где количество мужчин увеличилось на 59,7%, а женщин – на 45,5%. Дальше идет умеренный рост в 2021-2022 годах, увеличение числа мужчин составило 11,6%, а женщин – 8,5%. В 2022-2023 годах происходит замедление роста: число мужчин увеличилось всего на 1,4%, а женщин – на 2%. Данные показывают, что средний возраст населения снизился с 35,4 лет в 2020 году до 29,5 лет в 2022 году, а затем начал расти до 31,9 лет в 2024 году (рисунок 7).

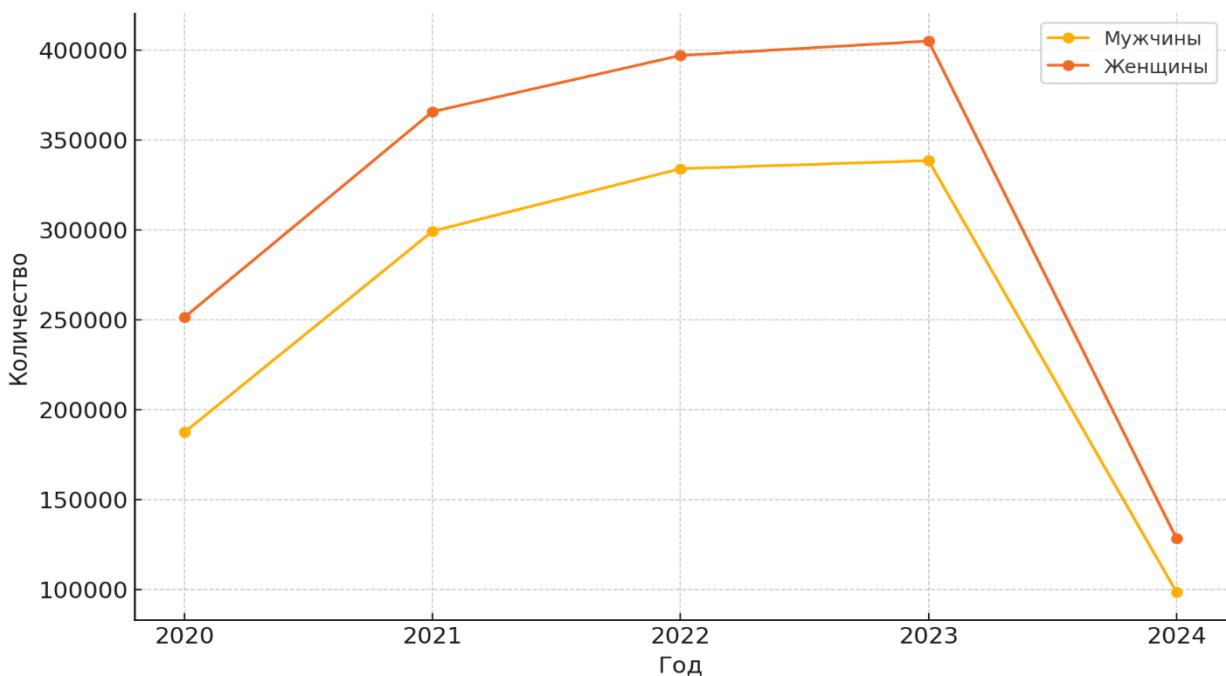


Рисунок 7 – Сравнительный анализ по половой принадлежности за период с 2020 по 2024 год

В группе пожилого населения возрастной группы 65+ лет был резкий рост в 2021 году, а затем последовало снижение в 2022 и 2023 годах. В целом, можно наблюдать, что самые молодые и старшие возрастные группы претерпели наибольшие изменения в численности (рисунок 8), в то время как средневозрастная группа (19-65 лет) показала более стабильные тенденции роста.

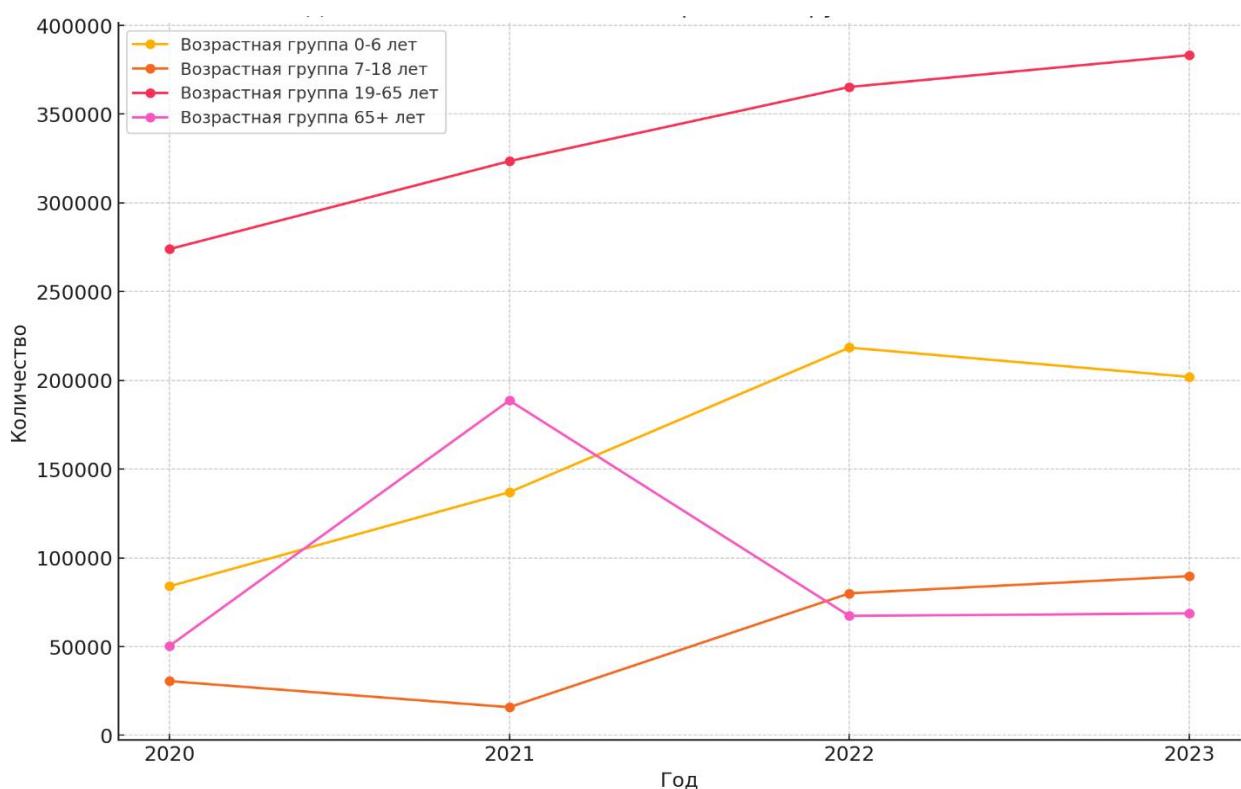


Рисунок 8 – Динамика численности возрастных групп с 2020 по 2023 год

Согласно таблице 5, обращения на ЭМП по поводу ишемической болезни сердца (I20-I25) в период с 2020 по 2024 год (1 полугодие) распределились следующим образом: в 2020 году зарегистрировано 446,8 вызовов на 100 тысяч населения, что составило 5077 вызовов. В 2021 году отмечен рост до 644,9 на 100 тысяч (7639 вызовов), то есть увеличение на 50,5%. В 2022 году рост продолжился, но незначительно – 627,8 на 100 тысяч (7784 вызова), что на 2% больше, чем в предыдущем году. В 2023 году число вызовов возросло до 646,9 на 100 тысяч (8763 вызова), то есть на 13%. За первую половину 2024 года зарегистрировано 294,5 вызовов на 100 тысяч населения (4453 вызова). Всего за указанный период в ЭМП обратились 33 716 раз.

В 2020 году ежедневно приходилось 1,2 звонка на 100 тысяч человек (всего 14 вызовов). В 2021 году этот показатель вырос на 50%, достигнув 1,7 звонка (21 вызов). В 2022 году количество вызовов осталось прежним – 1,7 на 100 тысяч населения (21 вызов). К 2023 году зафиксирован рост до 1,8 ежедневных вызовов на 100 тысяч человек (24 вызова), что на 14% больше. Однако в первой половине 2024 года наблюдается снижение активности – 0,8 вызова на 100 тысяч (12 вызовов).

Временные барьеры: на момент, предшествовавший 2020 году, время прибытия на место происшествия составляло 12,18 минуты. В 2021 году этот показатель снизился до 11,18 минуты, но в 2022 году снова увеличился до 12,24 минуты. В 2023 году время прибытия сократилось до 11,56 минуты, а в 2024 увеличилось до 12,26 минуты.

Таблица 5 – Распределение частоты вызовов ЭМП по поводу ишемической болезни сердца (I20–I25) за 2020–2024 (1 полугодие) гг.

Переменная		2020 год		2021 год		2022 год		2023 год		2024 год (1 полу годие)		P value
		абс. число	на 100 тыс. нас.	абс. число	на 100 тыс. нас.	абс. число	на 100 тыс. нас.	абс. число	на 100 тыс. нас.	абс .число	на 100 тыс .нас	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Количество вызовов по поводу ишемической болезни сердца	Общее	5077	446,8	7639	644,9	7784	627,8	8763	646,9	4453	294,5	<0,001
	Дневной	14	1,2	21	1,7	21	1,7	24	1,8	12	0,8	<0,001
Прибытие на место происшествия (мин/с)	Значение	12:18	-	11:18	-	12:24	-	11:56	-	12:26	-	<0,001

Продолжение таблицы 5

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Время от поступления звонка до госпитализации в стационар	Значение	43:27	-	50:49	-	37:24	-	57:44	-	1:00:55	-	<0,001
<i>День недели</i>												
Понедельник	Значение	793	69,7	1205	101,7	1271	102,5	1374	101,4	669	44,2	0,485
Вторник	Значение	713	62,7	1125	94,9	1106	89,2	1221	90,1	656	43,3	0,997
Среда	Значение	757	66,6	1152	97,2	1168	94,2	1288	95,1	632	41,8	0,249
Четверг	Значение	759	66,8	1151	97,1	1157	93,3	1299	95,8	693	45,8	0,678
Пятница	Значение	780	68,6	1077	90,9	1079	87	1281	94,5	631	41,7	0,352
Суббота	Значение	619	54,4	949	80,1	1013	81,7	1165	86	606	40	0,008
Воскресенье	Значение	656	57,7	980	82,7	990	79,8	1135	83,7	566	37,4	0,907

Суточный/недельный барьер: в 2020 году количество вызовов колебались от 54,4 в субботу до 69,7 на 100 тысяч населения в понедельник. В 2021 году наблюдался выраженный подъем вызовов во все дни недели (38–58 %), особенно во вторник (до 94,9 на 100 тысяч, рост на 58 %). В 2022 году динамика стала более ровной: изменения не превышали 7 %, а сами значения находились между 79,8 и 102,5 на 100 тысяч. В 2023 году снова заметен подъем вызовов, в первую очередь по пятницам (до 94,5, рост на 19 % относительно 2022 года) и четвергам (до 95,8, рост на 12 %). В первой половине 2024 года отмечается снижение вызовов почти в два раза (до 37,4–45,8 на 100 тысяч).

Результаты показывают, что в 2021 году по сравнению с 2020 годом наблюдался существенный рост показателей во все дни недели. В 2022 году этот рост замедлился или был незначительным. В 2023 году отмечен заметный подъем, особенно в пятницу (19%) и четверг (12%) (Рисунок 9).

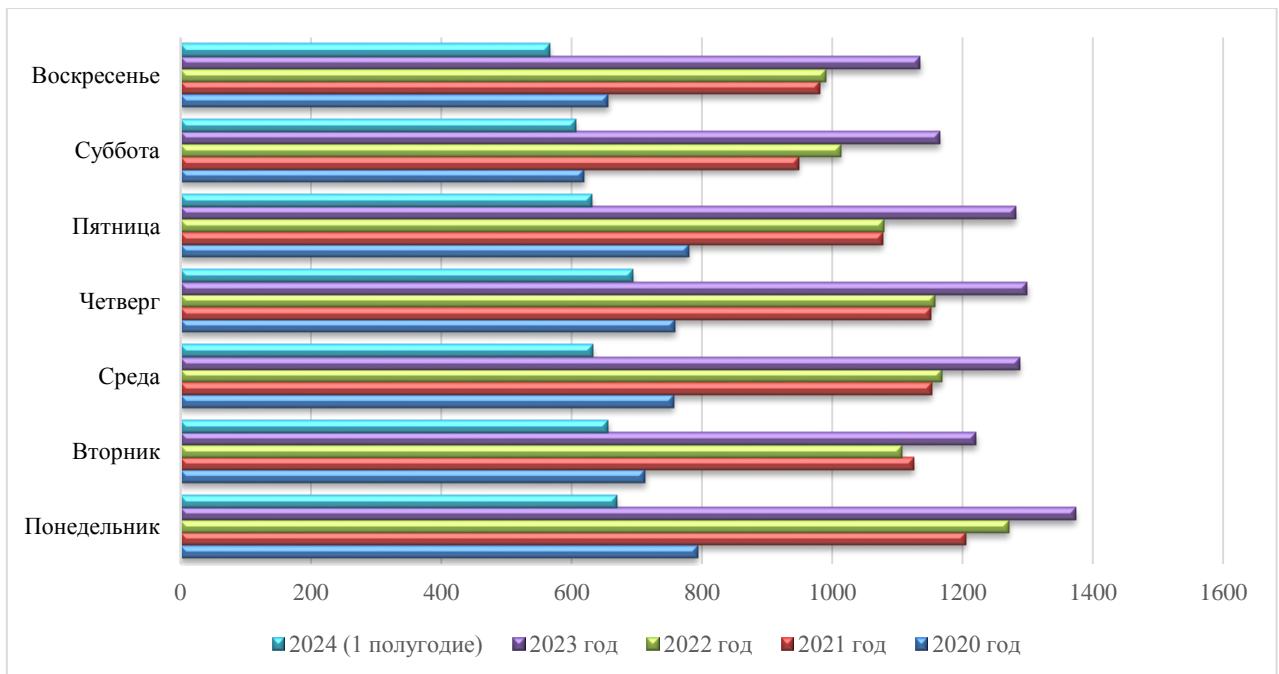


Рисунок 9 – Распределение частоты обращений на станцию ЭМП по дням недели по поводу ишемической болезни сердца

В 2020 году время от поступления звонка до госпитализации составляло 43 минуты 27 секунд. В 2021 году этот период увеличился до 50 минут 49 секунд, то есть стал больше на 7 минут 22 секунды. В 2022 году произошло заметное уменьшение времени до 37 минут 24 секунд, что на 13 минут 25 секунд меньше, чем в 2021 году. Однако, в 2023 году время снова возросло до 57 минут 44 секунд, превысив показатель 2022 года на 20 минут 20 секунд. В первом полугодии 2024 года отмечается существенный рост времени ожидания до 1 часа 55 секунд, что намного больше по сравнению с предыдущими годами. В целом, время до госпитализации постепенно росло, хотя в 2022 году наблюдалось некоторое улучшение. Увеличение времени ожидания особенно заметно в 2023 году и в первой половине 2024 года (см. Рисунок 10).

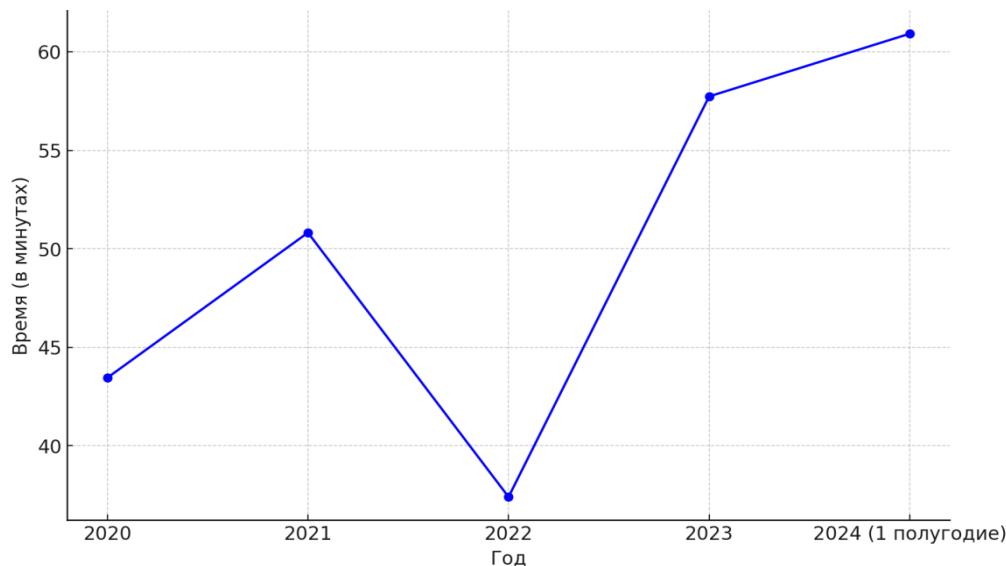


Рисунок 10 – Динамика изменения времени от поступления звонка до госпитализации в стационар по годам

Анализ обращения на ЭМП по поводу ИБС в период с 2020 по 2024 годы (таблица 6) в зависимости от пола и возраста показывает следующее. В 2020 году среди пациентов с ИБС преобладали мужчины (55%, 244,5 на 100 тыс. населения, или 2778 человек). В 2021 году доля мужчин снизилась до 49%, но их общее количество возросло до 318,7 на 100 тыс. (35,9% больше, чем в 2020 году). В 2022 году наблюдался дальнейший рост – 334,5 на 100 тыс. (4147 случаев), что составило 54% от всех пациентов с ИБС (рост на 9,9% по сравнению с 2021 годом). В 2023 году доля мужчин осталась на уровне 54% (315 на 100 тыс., 4267 человек). В первой половине 2024 года этот показатель составил 134,9 на 100 тыс. (2040 человек), сохранив долю в 54%.

Что касается женщин, то в 2020 году они составляли 45% пациентов с ИБС (200,5 на 100 тыс., 2279 человек). В 2021 году доля женщин увеличилась до 51% (326,2 на 100 тыс., 3864 человека), что также соответствует росту на 69,5%. В 2022 году количество женщин уменьшилось до 281,9 на 100 тыс. (3496 человек), составив 46% от общего числа пациентов с ИБС (снижение на 9,5% по сравнению с предыдущим годом). В 2023 году этот показатель остался на уровне 46% (273,4 на 100 тыс., 3704 женщины). В первой половине 2024 года количество женщин составило 113,5 на 100 тыс. (1717 человек), сохранив долю в 46% (таблица 6).

Средний возраст пациентов с ишемической болезнью сердца почти не изменился с 2020 по 2024 год. В 2020 году средний возраст был 62,5 года, а в 2024 году – 61,5 года. Мужчины: средний возраст мужчин колебался в пределах 58,5-59,1 лет с небольшими изменениями, при этом в 2024 году средний возраст составил 58,5 лет. Женщины имели более высокий средний возраст по сравнению с мужчинами. В 2020 году средний возраст женщин составлял 66,5 лет, а в 2024 году снизился до 65,1 года.

Согласно итогам, за период с 2020 по 2024 годы среди пациентов с

ишемической болезнью сердца преобладали мужчины, за исключением 2021 года, когда доля женщин временно превысила мужскую. Средний возраст пациентов оставался достаточно стабильным, при этом мужчины были в среднем на 7-8 лет моложе женщин, что обычно наблюдается при сердечно-сосудистых заболеваниях.

Таблица 6 – Возрастно-половой состав пациентов, обращавшихся за ЭМП за по поводу ИБС (I20-I25) за 2020–2024 (1 полугодие) гг.

Переменная		2020 год		2021 год		2022 год		2023 год		2024 год (1 пол.)		P value
		абс. Числ о	на 100 тыс . нас.	абс. Число	на 100 тыс. нас.	абс. Число	на 100 тыс. нас.	абс. Число	на 100 тыс. нас.	абс. число	на 100 тыс. нас.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Пол	Мужчина	2778 (55%)	244,5	3775 (49%)	318,7	4147 (54%)	334,5	4267 (54%)	315	2040 (54%)	134,9	<0,001
	Женщина	2279 (45%)	200,5	3864 (51%)	326,2	3496 (46%)	281,9	3704 (46%)	273,4	1717 (46)	113,5	<0,001
Возраст Значение ± SD	Все	62,5±13	-	62,7±13,7	-	62,9±14,3	-	62,3±13,8	-	61,5±13	-	<0,001
	Мужчина	58,9±12,6	-	59,0±13,2	-	59,1±13,1	-	58,8±13,1	-	58,5±12,6	-	<0,001
	Женщина	66,5±12,3	-	67,2±12,8	-	67,7±12,9	-	66,4±13,5	-	65,1±12,2	-	<0,001
0-6 лет	Мужчина	1	0,08	-	0,0	2	0,16	-	0,0	-	0,0	0,563
	Женщина	1	0,08	1	0,08	-	0,0	-	0,0	-	0,0	1,0
7-18 лет	Мужчина	-	0,0	3	0,25	2	0,16	2	0,14	-	0,0	0,786
	Женщина	-	0,0	2	0,16	1	0,08	2	0,14	-	0,0	0,842
19-65 лет	Мужчина	2024	178,1	2453	207,1	2858	230,5	3204	236,5	1430	94,5	<0,001
	Женщина	1054	92,7	1318	111,2	1526	123	1810	133,6	804	53,1	<0,001
65+ лет	Мужчина	751	66,1	1716	144,8	1264	101,9	1389	102,5	604	39,9	<0,001
	Женщина	1222	107,5	2146	181,1	1989	160,4	2178	160,7	919	60,7	<0,001

В соответствии с рисунком 11, изменения по возрастным группам мужчин и женщин с ИБС за период с 2020 по 2024 годы.

Для возрастной группы 0-6 лет среди мужчин в 2020 году отмечен 1 случай заболевания (0,08 на 100 тысяч человек), а в 2022 году – 2 случая (0,16 на 100 тысяч человек). Начиная с 2023 года, новых случаев не зафиксировано. У женщин в 2020 и 2021 годах наблюдался единичный случай заболевания (0,08 на 100 тысяч человек) в каждом году. В дальнейшем изменений не было.

В возрастной группе от 7 до 18 лет среди мужчин в 2021 году зарегистрировано 3 случая (0,25 на 100 тыс. населения), а в 2022 году – 2 случая (0,16 на 100 тыс.), что соответствует снижению на 33%. В 2023 году число случаев осталось на том же уровне (2), а в 2024 году новые случаи не зарегистрированы. Среди женщин в 2021 году отмечено 2 случая (0,16 на 100

тыс.), в 2022 году – 1 случай (0,08 на 100 тыс.), то есть снижение составило 50%. Однако в 2023 году число случаев увеличилось до 2 (0,14 на 100 тыс.), что является ростом на 100%.

В возрастной группе 19–65 лет среди мужчин наблюдалась следующая динамика: в 2020 году зафиксировано 2024 случая (178,1 на 100 тысяч населения), в 2021 году их число возросло на 21% и составило 2453 (207,1 на 100 тысяч населения), в 2022 году отмечен подъём ещё на 16,5% до 2858 (230,5 на 100 тысяч населения), а в 2023 году – увеличение на 12% до 3204 случаев (236,5 на 100 тысяч населения). За первое полугодие 2024 года зарегистрировано 1430 случаев (94,5 на 100 тысяч населения). У женщин данной возрастной группы в 2020 году зарегистрировано 1054 случая (92,7 на 100 тысяч населения), в 2021 году их число увеличилось на 25% до 1318 (111,2 на 100 тысяч населения), в 2022 году отмечен подъём на 16% до 1526 случаев (123 на 100 тысяч населения), а в 2023 году – увеличение на 19% до 1810 случаев (133,6 на 100 тысяч населения). В 2024 году зафиксировано 804 случая (53,1 на 100 тысяч населения).

У мужчин старше 65 лет наблюдалась следующая динамика: в 2020 году зафиксировано 751 случай (66,1 на 100 тысяч населения). В 2021 году отмечен подъём на 128% – до 1716 случаев (144,8 на 100 тысяч). В 2022 году произошло снижение на 26% – до 1264 случаев (101,9 на 100 тысяч). 2023 год показал подъём на 10% – до 1389 случаев (102,5 на 100 тысяч). В 2024 году зарегистрировано 604 случая (39,9 на 100 тысяч). У женщин старше 65 лет ситуация складывалась так: в 2020 году зарегистрировано 1222 случая (107,5 на 100 тысяч населения). В 2021 году количество случаев выросло на 76% – до 2146 (181,1 на 100 тысяч). В 2022 году было зафиксировано уменьшение на 7% – до 1989 случаев (160,4 на 100 тысяч). В 2023 году отмечен подъём на 10% – до 2178 случаев (160,7 на 100 тысяч). В 2024 году зарегистрировано 919 случаев (60,7 на 100 тысяч) (см. таблицу 6).

Наблюдения показывают следующее: ИБС редко встречается у детей (0-6 лет) обоего пола. У подростков (7-18 лет) регистрируются единичные случаи, без выраженной динамики. У взрослых (19-65 лет) отмечается устойчивое увеличение заболеваемости как у мужчин, так и у женщин в период с 2020 по 2023 год. Среди пожилых людей (65+ лет) в 2021 году зафиксирован значительный скачок заболеваемости у мужчин (128%) и женщин (76%), после чего показатели стабилизировались, оставаясь, тем не менее, на высоком уровне.

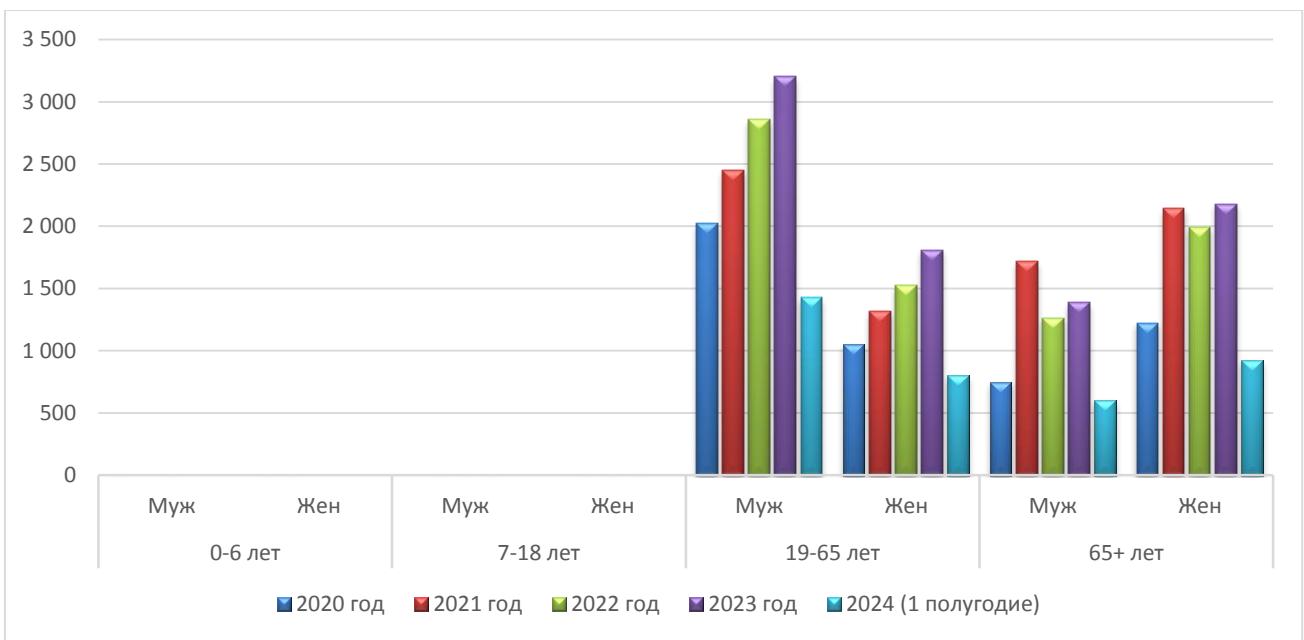


Рисунок 11 – Динамика частоты обращений на станцию ЭМП по возрасту по поводу ишемической болезни сердца

Выводы по разделу 3.1:

1. 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.

2. Понедельник стабильно являлся днём с наибольшим количеством вызовов во все годы. Пятница, напротив, демонстрировала наименьшее количество вызовов, особенно в 2024 году.

3. Рост числа вызовов экстренной помощи по поводу ишемической болезни сердца был наиболее значительным в 2021 году, после чего рост замедлился.

4. Время реагирования и время от звонка до госпитализации по поводу ишемической болезни сердца: увеличилось с 43 минут 27 секунд в 2020 году до 57 минут 44 секунд в 2023 году и выросло до 1 часа 55 секунд в первой половине 2024 года.

5. Мужчины чаще обращаются за помощью по поводу ИБС, но женщины старше мужчин по возрасту, что соответствует общеизвестным тенденциям в медицине.

6. Количество вызовов по поводу ИБС в начале недели стабильно выше, а к выходным наблюдается снижение.

3.2 Анализ времени оказания экстренной медицинской помощи по поводу ишемической болезни сердца (I20-I25) в г. Астана за 2020-2024 гг.

Сезонный барьер: анализ динамики вызовов, представленный в таблице 7, показывает заметный рост начиная с февраля 2020 года. Наиболее значительное увеличение числа вызовов зарегистрировано в марте 2021 года (прирост 197%) и феврале 2021 года (прирост 536%) по сравнению с предыдущими годами. Пиковое значение зафиксировано в декабре 2023 года – 79 196 вызовов, что говорит об увеличении активности в зимний период.

В феврале 2021 года отмечен скачок числа вызовов на 536% по сравнению с 2020 годом. В последующие годы темпы роста снизились, составив 14% в 2022 году и 20% в 2023 году. В марте 2021 года также зафиксирован значительный рост (197%), после чего темпы прироста снизились до 11% и 9% в 2022 и 2023 годах, соответственно.

В период с апреля по май прирост числа вызовов оставался относительно стабильным (5-6%), что указывает на выравнивание нагрузки. В июле и августе также наблюдается рост, но его темпы замедляются. В июле 2021 года зафиксирован рост на 42%, тогда как в 2023 году активность снизилась на 7%.

Осенью 2023 года по сравнению с 2022 годом прирост был умеренным: от 1,2% в сентябре до 16,5% в ноябре, при этом в октябре наблюдалось снижение на 13,2%. Наибольший рост за весь период наблюдений в осенние месяцы отмечен в октябре 2021 года (72% к 2020 году).

В целом, 2021 год характеризуется резким увеличением числа вызовов по всем месяцам, что может быть связано с последствиями пандемии COVID-19. В 2022 году темпы роста вызовов замедлились, но положительная динамика сохранилась (например, рост на 14% в феврале и 11% в марте). В 2023 году по сравнению с 2022 годом в большинстве месяцев наблюдаются умеренные изменения: от примерно 0,6% до 19,6% в сторону роста, при этом в отдельные месяцы (январь, июль, октябрь) фиксируется снижение числа вызовов.

Таблица 7 – Распределение частоты вызовов ЭМП в зависимости от времени года

Переменная		2020 год		2021 год		2022 год		2023 год		2024 год (1 полугодие)		P value
		абс. число	на 100 тыс. нас.	абс. Число	на 100 тыс. нас.							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<i>Месяц</i>												
Январь	Значение	-	-	45043	3802,9	65547	5287,1	58369	4309	62681	4146	0,989
Февраль	Значение	6191	544,9	39375	3324,4	44845	3617,2	53637	3959,7	53580	3544,1	0,140
Март	Значение	15896	1399,1	47142	3980,2	52289	4217,7	57254	4226,7	58135	3845,3	0,211
Апрель	Значение	35220	3099,9	49011	4138	52274	4216,5	54740	4041,1	53810	3559,3	0,654

Продолжение таблицы 7												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Май	Значение	34338	3022,2	55958	4724,5	59462	4796,3	59842	4417,8	52085	3445,2	0,864
Июнь	Значение	59335	5222,4	55637	4697,4	56909	4590,3	58305	4304,3	49515	3275,2	0,016
Июль	Значение	50045	4404,7	70867	5983,3	65592	5290,7	61132	4513	-	-	0,935
Август	Значение	37607	3310	62764	5299,1	58564	4723,8	62341	4602,3	-	-	0,492
Сентябрь	Значение	38118	3354,9	54246	4579,9	59484	4798	60169	4441,9	-	-	0,301
Октябрь	Значение	37646	3313,4	64798	5470,9	72937	5883,2	63307	4673,6	-	-	0,487
Ноябрь	Значение	38327	3373,3	64662	5459,4	64662	5215,7	75344	5562,2	-	-	0,207
Декабрь	Значение	42271	3720,5	55564	4691,2	78449	6327,8	79196	5846,6	-	-	0,117

Анализ помесячной динамики показывает, что наибольшее количество вызовов приходится на зимне-осенний период, прежде всего на декабрь (пиковые значения до 79 тыс. вызовов) и частично на январь и ноябрь. Летние месяцы (июль, август) также характеризуются высоким уровнем обращений, однако межгодовые изменения здесь менее выражены, чем в зимне-весенние месяцы (см. таблицу 7), (рисунки 12, 13).

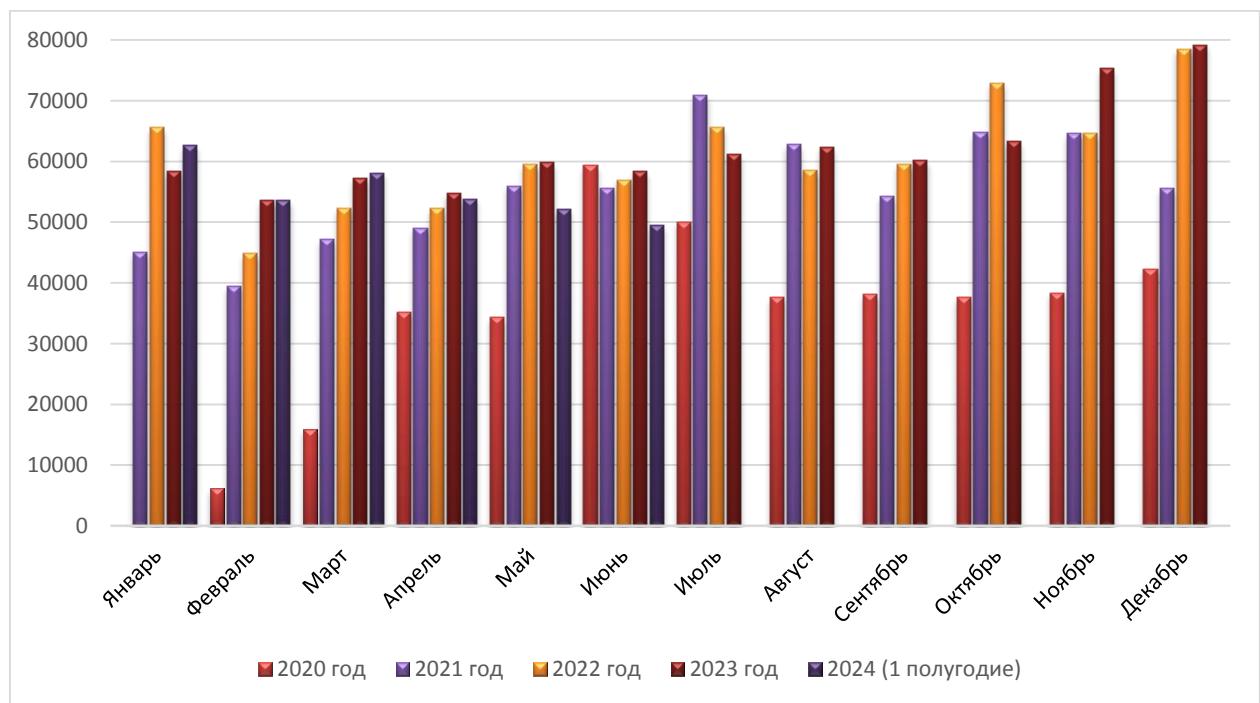


Рисунок 12 – Динамика обращений на станцию ЭМП в течение времени года

За первое полугодие 2024 года зафиксированы следующие показатели: в январе – 62 681 вызов (4 146 на 100 тысяч населения), что больше, чем за аналогичный период 2023 года – 4 309 на 100 тысяч населения (58 369 вызовов). В феврале – 53 580 вызовов (3 544,1 на 100 тысяч населения), в марте – 58 135

вызовов (3 845,3 на 100 тысяч населения). Эти данные свидетельствуют о сохраняющейся высокой нагрузке на систему ЭМП в первые месяцы года. Наиболее выраженный рост вызовов наблюдался в 2021 году по сравнению с 2020 годом и охватывал все месяцы, особенно февраль и март (см. таблицу 7), (рисунки 12, 13).

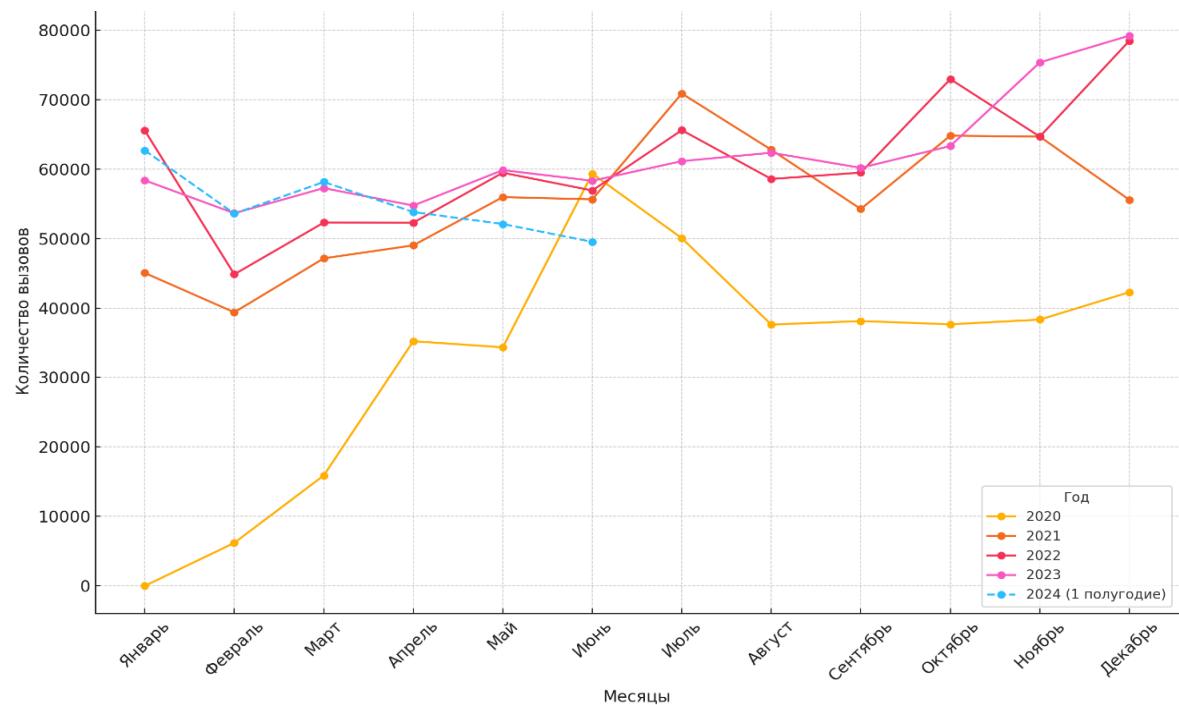


Рисунок 13 – Динамика вызовов ЭМП по месяцам за период с 2020 по 2024 годы (первая половина)

Анализ динамики обращений по поводу ИБС по месяцам, представленный в таблице 8, показывает следующее. В 2020 году к декабрю количество вызовов стабилизировалось примерно на 593 в месяц (52,1 на 100 тысяч населения). В 2021 году отмечен выраженный рост по сравнению с предыдущим годом; самый большой скачок зафиксирован в феврале (341%), когда число обращений достигло 582 (49,1 на 100 тысяч). Похожие пики наблюдались в январе и марта 2021 года. В 2022 году рост продолжился, но уже умеренными темпами – в большинстве месяцев 2–15%, максимальный прирост около 20% (в августе). В 2023 году количество вызовов в связи с ИБС продолжило увеличиваться, особенно в июне и сентябре (26% и 20% соответственно), с пиком в январе. Первое полугодие 2024 года демонстрирует относительно стабильный уровень 700–770 вызовов в месяц (в среднем около 740). Наибольший прирост вызовов отмечен в 2021 году по сравнению с 2020-м годом (см. таблицу 8).

Таблица 8 – Распределение частоты вызовов ЭМП в зависимости от времени года по поводу ИБС (I20-I25)

Перемен ная	2020 год		2021 год		2022 год		2023 год		2024 год (1 полугодие)		<i>P value</i>	
	абс. Чис ло	на 100 тыс. нас.	абс. Число	на 100 тыс. нас.	абс. Число	на 100 тыс. нас.	абс. Число	на 100 тыс. нас.	абс. чис ло	на 100 тыс. нас.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<i>Месяц</i>												
Январь	Значение	-	-	608	51,3	703	56,7	804	59,3	790	52,2	0,818
Февраль	Значение	132	11,6	582	49,1	657	52,9	673	49,6	751	49,7	0,888
Март	Значение	367	32,3	634	53,5	677	54,6	712	52,5	674	44,5	0,182
Апрель	Значение	377	33,1	604	50,9	633	51	664	49	710	46,9	0,065
Май	Значение	459	40,3	599	50,5	611	49,2	682	50,3	761	50,3	0,890
Июнь	Значение	512	45	583	49,2	605	48,8	760	56,1	767	50,7	0,547
Июль	Значение	498	43,8	579	48,8	634	51,1	701	51,7	-	-	0,207
Август	Значение	467	41,1	548	46,2	655	52,8	701	51,7	-	-	0,432
Сентябрь	Значение	509	44,8	547	46,1	629	50,7	756	55,8	-	-	0,018
Октябрь	Значение	600	52,8	603	50,9	633	51	760	56,1	-	-	0,322
Ноябрь	Значение	546	48	650	54,8	650	52,4	791	58,3	-	-	0,598
Декабрь	Значение	593	52,1	644	54,3	697	56,2	759	56	-	-	0,394

В зимние месяцы отмечается высокий уровень обращений по поводу ИБС; к январю 2023 года число вызовов достигло максимума за весь период наблюдения – 804 случая (59,3 на 100 тыс. населения).

В весенние месяцы прирост более умеренный: в мае 2024 года зарегистрировано 761 обращение (50,3 на 100 тыс.), что на 12% больше по числу случаев, чем в мае 2023 года (682 случая).

В летние месяцы наблюдаются умеренные колебания, при этом в июне 2023 года число вызовов увеличилось на 26% по сравнению с 2022 годом.

Осенние месяцы демонстрируют заметный рост, особенно в сентябре и октябре 2023 года, где число обращений по сравнению с 2022 годом увеличилось на 20% (рисунки 14,15).

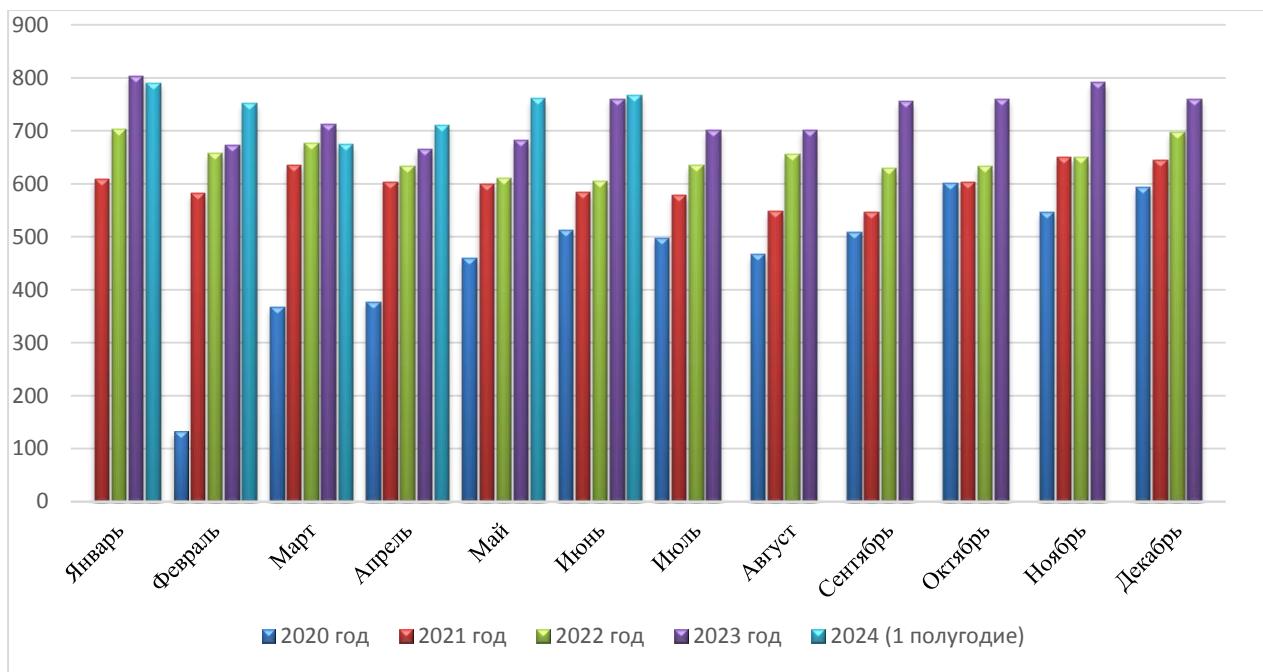


Рисунок 14- Частота обращений на станцию ЭМП в течение времени года по поводу ишемической болезни сердца (I20-I25)

Анализ по месяцам показывает, что февраль является месяцем с наибольшим ростом числа вызовов в 2021 году (341% по сравнению с 2020 годом). В последующие годы число февральских обращений продолжает увеличиваться, однако темпы прироста становятся умеренными (от 2 до 13% в год) (рисунки 14,15).

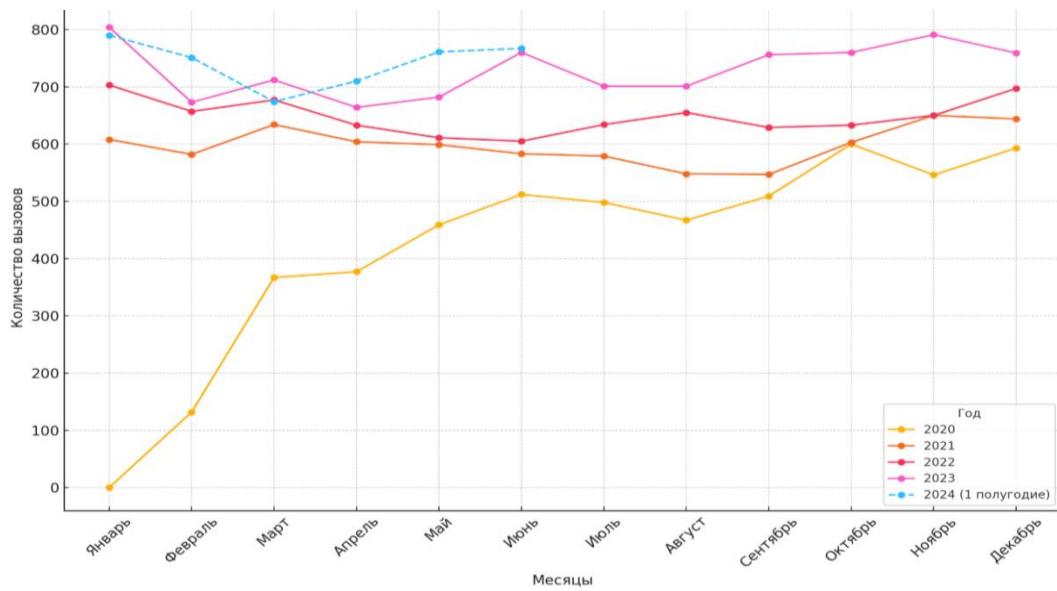


Рисунок 15 - Динамика вызовов ЭМП по поводу ишемической болезни сердца (I20-I25) по месяцам за 2020-2024 годы (1 полугодие).

Суточный/недельный барьер: анализ трендов обращений за скорой помощью в течение суток за 2020 год показал, что наибольшее количество вызовов скорой помощи наблюдается в 11:00ч. (361 вызов). Самое низкое количество вызовов зафиксировано в 4:00 ч. (80 вызовов). Среднее количество вызовов в час составляет примерно 221, при этом количество вызовов варьируется от 80 до 361. Заметна значительная вариативность в течение дня, где некоторые часы отличаются значительно большим количеством вызовов.

Анализ по периодам: ночь (00:00-06:00): 768 вызовов, утро (06:00-12:00): 1,385 вызовов, день (12:00-18:00): 1,644 вызова (самый загруженный период), вечер (18:00-24:00): 1,512 вызовов. Дневной период является наиболее загруженным временем для обращений за скорой помощью, за ним следует вечер. Ночной период характеризуется наименьшей активностью. Коэффициент автокорреляции для количества вызовов скорой помощи по часам составляет примерно 0,88, что указывает на сильную положительную корреляцию между часами. Это означает, что количество вызовов скорой помощи в одном часе сильно связано с количеством вызовов в соседние часы, и высокая или низкая активность, как правило, сохраняется в течение нескольких часов подряд (Рисунок 16).

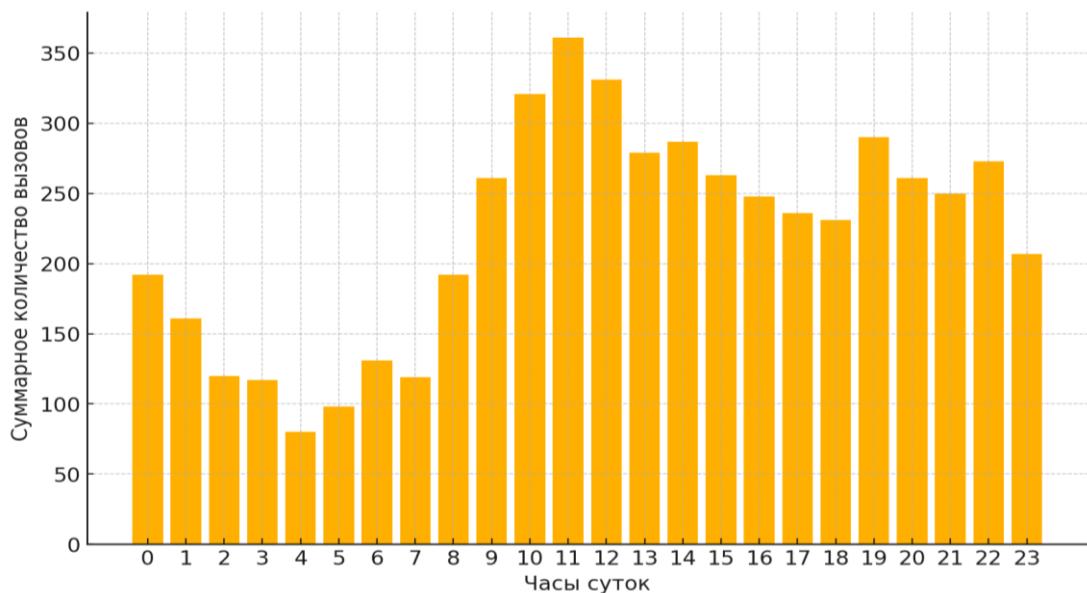


Рисунок 16 - Частота обращений на станцию ЭМП в течение суток по поводу ишемической болезни сердца (I20-I25) по месяцам за 2020 год

Анализ данных о частоте вызовов скорой помощи в течение суток за 2021 год выявил определенные суточные закономерности. Наиболее загруженным периодом был час с 10:00 до 11:00, в течение которого было зарегистрировано 443 вызова. Этот час можно считать пиковым для обращений за скорой помощью, в отличие от часа с 5:00 до 6:00 утра, когда зафиксировано всего 127 вызовов, что делает его наименее загруженным.

В среднем количество вызовов в течение суток составляет около 297 обращений в час, однако стандартное отклонение, равное 102, указывает на значительную изменчивость частоты обращений в зависимости от времени

суток. Это предполагает, что активность обращений за скорой помощью подвержена колебаниям, связанным с различными физиологическими и социальными факторами в течение дня. При детальном анализе по периодам суток наибольшая нагрузка на службы скорой помощи была зафиксирована днем, с 12:00 до 18:00, когда общее число вызовов составило 2,211. В утренний период, с 6:00 до 12:00, было зарегистрировано 1,780 вызовов, что также указывает на высокую активность. Вечерний период (18:00-24:00) оказался несколько менее загруженным, с 2,093 вызовами, тогда как ночное время, с 00:00 до 6:00, характеризуется самым низким числом вызовов – 1,038 (Рисунок 17).

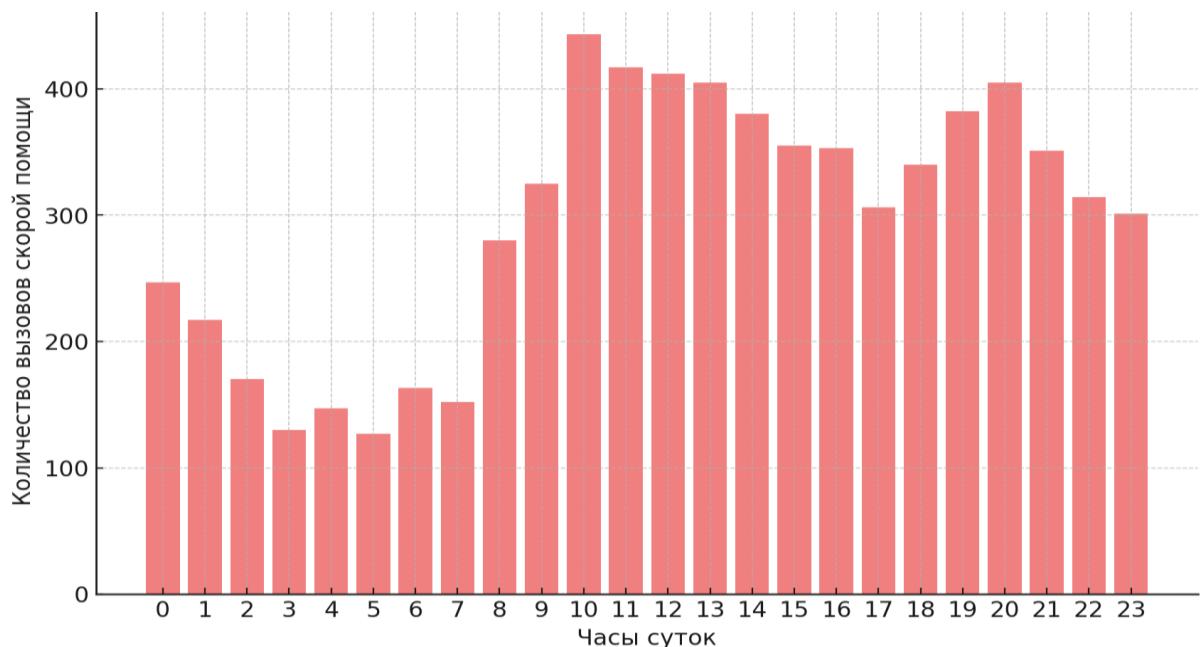


Рисунок 17 - Частота обращений на станцию ЭМП в течение суток по поводу ишемической болезни сердца (I20-I25) по месяцам за 2021 год

Анализ данных о частоте вызовов скорой помощи в течение суток за 2022 год выявил, что наиболее загруженным периодом оказался час с 10:00 до 11:00 утра, когда было зафиксировано 488 вызовов, что свидетельствует о пиковом времени активности обращений. В то же время наименее загруженным часом был интервал с 5:00 до 6:00 утра, с наименьшим количеством вызовов – 101.

Среднее количество вызовов в течение суток составило 319, что отражает общую интенсивность использования скорой помощи. Однако значительное стандартное отклонение, равное 113, указывает на существенные колебания количества обращений в зависимости от времени суток.

При детальном анализе суточных периодов было обнаружено, что наиболее интенсивный период – дневное время с 12:00 до 18:00, в течение которого зарегистрировано 2,391 вызов. Утренний период (06:00-12:00) также показал высокую активность, составляющую 1,971 вызов. Вечернее время (18:00-24:00) характеризуется 2,186 вызовами, а ночное время (00:00-06:00) было наименее загруженным с 1,102 вызовами. Таким образом, анализ демонстрирует, что наиболее интенсивный период для обращений за скорой помощью

приходится на дневное время, с наибольшей активностью наблюдающейся около 10:00 утра (рисунок 18).

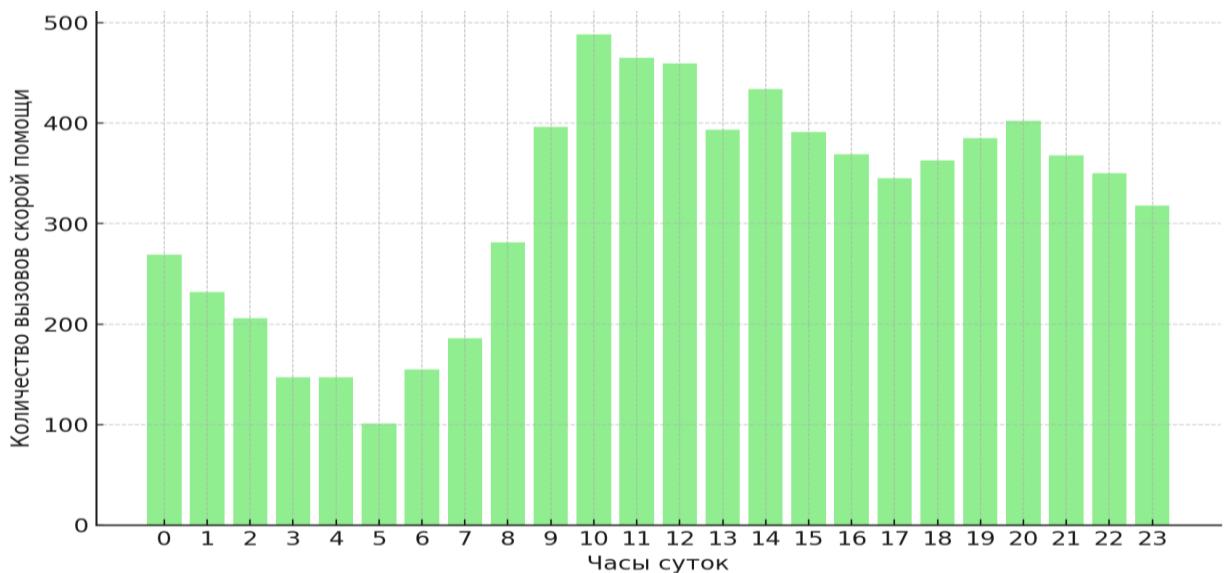


Рисунок 18 - Частота обращений на станцию ЭМП в течение суток по поводу ишемической болезни сердца (I20-I25) по месяцам за 2022 год

Анализ суточной динамики обращений за скорой помощью в 2023 году выявил характерные закономерности, связанные с изменениями количества вызовов в течение дня (рисунок 19). Во-первых, были определены четкие пиковые периоды, во время которых частота вызовов скорой помощи значительно возрастает. В утренние часы, с 8:00 до 10:00, фиксируется наиболее значительное увеличение количества обращений, достигающее 200-250 вызовов в час. Вечерний пик наблюдается в период с 18:00 до 20:00, когда количество вызовов возрастает до 220-270 в час.

Во-вторых, в ночное время, с 00:00 до 5:00, наблюдается существенное снижение частоты обращений за скорой помощью, составляющее всего 50-80 вызовов в час. В течение дня, с 12:00 до 15:00, частота вызовов остается относительно стабильной, составляя 150-180 вызовов в час.

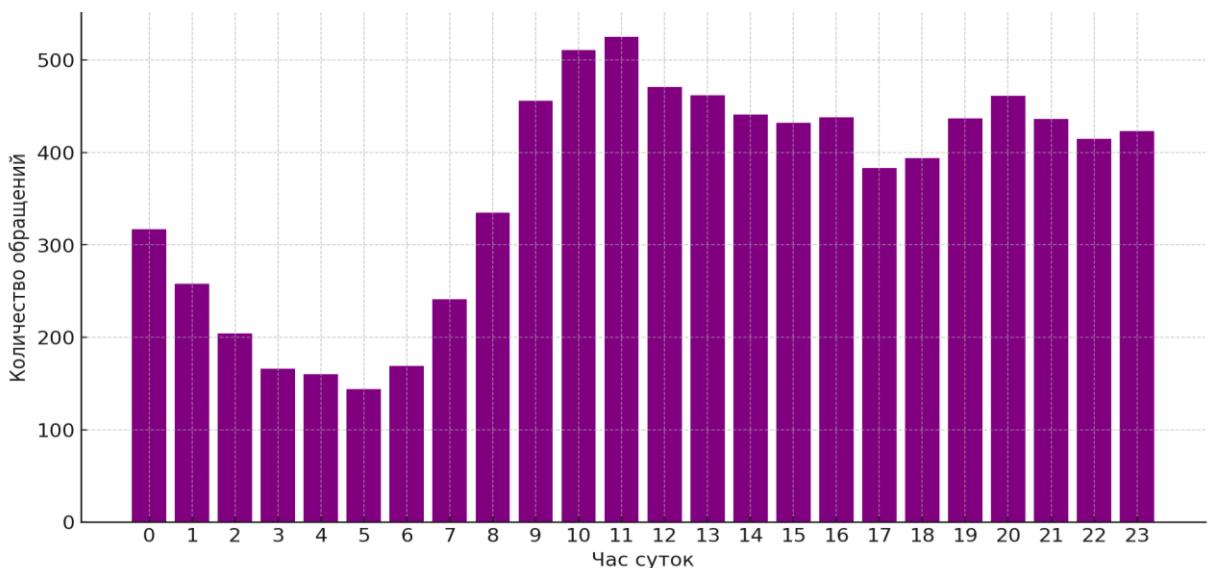


Рисунок 19 - Частота обращений на станцию ЭМП в течение суток по поводу ишемической болезни сердца (I20-I25) по месяцам за 2023 год

В целом, наиболее интенсивные периоды обращений за скорой помощью приходятся на утренние и вечерние часы, которые суммарно составляют около 20-25% всех суточных вызовов. Наименее загруженным периодом являютсяочные часы, с долей всего 10-12% от общего числа обращений за сутки. Анализ обращений в скорую помощь в течение 2024 года показал, что пик вызовов приходится на 11:00 (281 вызов), а минимум – на 4:00 (80 вызовов). Среднее количество вызовов в течение суток составляет примерно 184 вызова в час. Стандартное отклонение – 64, что указывает на значительную вариативность количества вызовов в зависимости от времени суток. Анализ по периодам суток показывает: ночь (00:00-06:00): 633 вызова, утро (06:00-12:00): 1,213 вызовов, день (12:00-18:00): 1,298 вызовов (самый загруженный период), вечер (18:00-24:00): 1,267 вызовов. Основные пиковые часы наблюдаются в дневное время (особенно около 11:00), что, вероятно, связано с физиологическими ритмами, ежедневной активностью и факторами стресса.

Анализ обращений за скорой помощью в течение суток за 2021 год: высокая загруженность наблюдается в 10:00 ч. с 443 вызовами скорой помощи, 5:00ч. с 127 вызовами показ самый минимальный час вызовов. Среднее количество вызовов в течение суток составило около 297 вызовов в час. Стандартное отклонение – 102, что указывает на значительную вариативность количества вызовов в разные часы. Анализ по периодам суток: ночь (00:00-06:00): 1,038 вызовов утро (06:00-12:00): 1,780 вызовов, день (12:00-18:00): 2,211 вызовов (самый загруженный период), вечер (18:00-24:00): 2,093 вызова. Дневной период оказался самым загруженным, особенно около 10:00.

В ходе анализа было установлено, что наиболее интенсивные периоды обращений наблюдались преимущественно в дневное время. В 2020 году пик зафиксирован в 11:00, когда было зарегистрировано 361 обращение, а в 2021 году максимальное число вызовов отмечено в 10:00, достигнув 443 случаев. Аналогичная тенденция наблюдалась в 2022 году, где в период с 10:00 до 11:00

количество вызовов составило 488. В 2023 году выделились два выраженных пиковых периода: утренний (8:00–10:00) с частотой 200–250 вызовов в час и вечерний (18:00–20:00) с 220–270 обращениями в час. В 2024 году пик активности вновь пришелся на 11:00, с количеством вызовов, составившим 281 (рисунок 20).

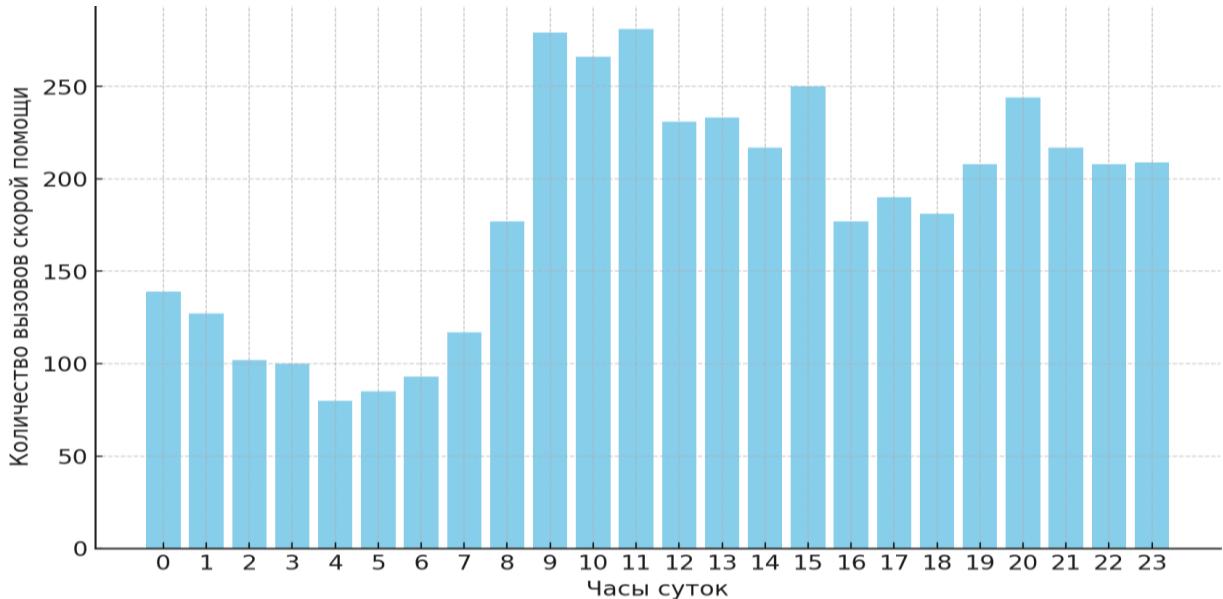


Рисунок 20 - Частота обращений на станцию ЭМП в течение суток по поводу ишемической болезни сердца (I20-I25) по месяцам за 2024 год (1 полугодие)

Обращения к ЭМП достигали своего минимума в ранние утренние часы. В 2020 и 2024 годах наименьшее количество обращений зафиксировано в 4:00, составляя 80 вызовов. В 2021 году минимальная активность наблюдалась в 5:00 (127 вызовов), а в 2022 году наименьшее количество вызовов зарегистрировано в интервале с 5:00 до 6:00 (101 вызов). В 2023 году также отмечалась низкая активность в ночное время (с 00:00 до 5:00), в среднем 50–80 вызовов в час.

В ночное время (00:00–06:00) количество вызовов было минимальным, постепенно снижаясь с 768 вызовов в 2020 году до 633 в 2024 году.

Утренние часы (06:00–12:00) характеризовались повышением активности: максимальная нагрузка наблюдалась в 2022 году (1,971 вызов), в то время как в 2024 году произошло снижение до 1,213 вызовов.

Дневной период (12:00–18:00) стабильно оставалось самым загруженным временем на протяжении всех лет, с наибольшей интенсивностью в 2022 году (2,391 вызов) и в 2021 году (2,211 вызовов). В 2024 году этот показатель составил 1,298 вызовов.

Вечерний период (18:00–24:00) также проявил значительную активность, особенно в 2023 году с 2,186 вызовами.

Результаты анализа демонстрируют стабильные суточные тенденции обращений по поводу ИБС, с наиболее высокой активностью в дневные часы, особенно в 10:00–11:00.

Таблица 9 представляет систематизированную классификацию медико-социальных и инфраструктурных барьеров, влияющих на доступность и качество оказания экстренной медицинской помощи. Структура таблицы включает пять ключевых параметров: группу барьеров, их тип, описательные критерии, критериальные признаки и показатели статистической значимости. Такой формат позволяет комплексно оценить отдельные аспекты функционирования системы ЭМП и выявить факторы, оказывающие наиболее выраженное воздействие на уровень обращаемости и организационные процессы внутри службы.

Таблица 9-Классификация медико-социальных и инфраструктурных барьеров оказания ЭМП.

Группа барьеров	Тип барьера	Описание / критерий	Критериальные признаки барьера	Значимость барьера
1	2	3	4	5
Медико-социальные	Демографические	Возраст, пол	Рост доли пациентов 65+, мужчины обращаются чаще, средний возраст женщин выше (с. 41)	Статистически значимое различие по полу ($p <0,001$), увеличение доли пациентов старше 65 лет на 14% (CI 95%: 11–17%)
	Организационные (Суточный/недельный барьер)	Пиковая нагрузка	Пик вызовов - понедельник, 10:00–11:00 перегрузка в дневное время (с.61)	Значимое превышение среднего количества вызовов в понедельник ($p<0,001$), на 23% выше среднесуточного показателя (CI 95%: 19–27%)
	Временные	Увеличение времени реагирования, задержки по разным причинам	Время прибытия бригады выросло с 15:05 (2020 г.) до 16:56 (2024 г.) (с. 50)	Значимое увеличение времени реагирования на 12,3% ($p<0,001$, CI 95%: 10,5–14,1%)

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5
	Сезонный	Существенные изменения частоты вызовов по временам года	Самый высокий месячный спрос приходится на зимние месяцы (декабрь, январь, февраль) (с. 52)	Статистически значимый сезонный всплеск зимой на 18,5% по сравнению с летними месяцами ($p<0,10$, CI 90%: 16–21%)
Инфраструктурные	Пространственные	Неравномерное распределение вызовов, удалённость, зоны низкой доступности	«Горячие точки» локализованы в Байконурском, Сарайшык и Есильском районах (с. 72)	Статистически подтверждено формирование кластеров вызовов ($p<0,001$)
	Инфраструктурные	Недостаток подстанций ЭМП, ОЗ	Выявлены дефицитные зоны по числу подстанций и ОЗ (с.89)	Корреляция между числом вызовов и дефицитом инфраструктуры ($r=0,65$, $p<0,001$)

Предложенная классификация барьеров ЭМП отражает комплексный и многоуровневый характер факторов, влияющих на доступность и эффективность оказания ЭМП.

В блок «медицинско-социальных барьеров» включены демографические, организационные, временные и сезонные факторы. Демографические барьеры отражают возрастно-половые особенности контингента обращений, включая увеличение доли пациентов старших возрастных групп и статистически подтверждённые различия по полу. Организационные барьеры описывают суточно-недельные пики нагрузки, среди которых наиболее выраженные — в понедельник и в середине дневного периода. Временные барьеры характеризуются увеличением времени реагирования бригад при росте нагрузки, тогда как сезонные барьеры демонстрируют устойчивый зимний всплеск обращений, превышающий показатели летнего периода.

Инфраструктурный блок таблицы отражает пространственные и объектовые ограничения, влияющие на оперативность оказания помощи. Пространственные барьеры связаны с формированием географических кластеров повышенной обращаемости («горячих точек») в отдельных районах, что указывает на территориальную неравномерность спроса. Объектовые барьеры включают дефицит подстанций ЭМП и медицинских организаций, что

подтверждается корреляцией между инфраструктурными ограничениями и частотой вызовов.

Отдельная колонка, посвящённая статистической значимости, позволяет обосновать выявленные различия и подтвердить достоверность полученных эффектов: различия по полу, сезонные колебания, пространственные кластеры и временные задержки имеют высокий уровень статистической значимости ($p < 0,001$), что усиливает аргументированность выводов.

Такое иерархическое построение позволяет не только связать результаты пространственного анализа с социально-демографическими и организационными характеристиками, но и точно определять, какие районы требуют технических инвестиций, а где необходимы дополнительные меры по обучению персонала или информированию населения. Каждый из выделенных барьеров сопровождается объективными метриками (сетевое время маршрута (Network Analyst), Call-Processing Time (времени прохождения различных этапов обработки вызова), структура возрастных и сезонных пиков), что обеспечивает прозрачность и воспроизводимость анализа. Таким образом, предложенная классификация служит как аналитическим инструментом для комплексной оценки ситуации, так и практической основой для приоритизации реформ и мониторинга эффективности изменений в системе экстренной медицинской помощи.

Выводы по разделу 3.2

1. Анализ показал, что количество вызовов по поводу ИБС (I20–I25) имеет выраженную сезонную вариативность. 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.

2. Согласно данным за 2021 год, наблюдался заметный скачок в количестве вызовов скорой помощи в связи с ИБС, особенно в феврале (341%) и марте (73%) по сравнению с 2020 годом.

3. Наиболее интенсивные периоды вызовов приходятся на дневное время, особенно с 10:00 до 11:00. Вочные часы (00:00–06:00) количество вызовов минимально, но их абсолютное число остаётся операционно значимым для ЭМП.

4. Классификация барьеров на медико-социальные и инфраструктурные имеет прогностическую ценность для оперативных исходов: в «горячих точках» с дефицитом подстанций (кластеризация $p < 0,001$; $r = 0,65$ между нагрузкой и инфраструктурным дефицитом) наложение организационных пиков (понедельник, 10:00–11:00; +23%, $p < 0,001$) и сопряжено со статистически значимым удлинением времени реагирования (рост на 12,3%, $p < 0,001$).

4 ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ COVID-19 НА ОКАЗАНИЕ ЭКСТРЕННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

4.1 Бремя пандемии COVID-19 для оказания экстренной медицинской помощи (на примере города Астана)

Как видно из таблицы 13, в данном исследовании проанализированы данные скорой медицинской помощи Астаны за три разных периода: до COVID-19 (19 февраля - 13 марта 2020 г.), во время вспышки COVID-19 (13 марта - 31 мая 2020 г.) и во время пика COVID-19 (1 июня - 31 августа 2020 г.). До начала эпидемии COVID-19 в ЭМС Астаны поступило 50 488 вызовов, в среднем 2 195 вызовов в день. Во время вспышки эпидемии количество вызовов возросло до 126 308, что на 150% больше, чем в предпандемический период. Среднесуточное количество звонков превысило 1 599. Во время пика количество вызовов оставалось высоким, но несколько ниже, чем в начальный период (всего 135 911 вызовов, что на 7,6% выше, чем в начальный период, а среднесуточный объем вызовов составил около 1 494). Среднее время прибытия на место происшествия значительно увеличилось - с 15,26 минуты (до начала действия COVID-19) до 16,10 минуты (в начале вспышки) и далее до 18,13 минуты во время пика (таблица 10).

Таблица 10 – Распределение частоты вызовов ЭМП

Переменная		До КОВИД-19	В начале КОВИД-19	Разница, %	Во время пика КОВИД-19	Разница, %	P value
1		2	3	4	5	6	7
Количество звонков	Всего	50 488	126 308	150	135 911	7,6	<0,001
	Ежедневно	2 195	1 599	28	1 494	6,5	<0,001
Время прибытия на место происшествия (мин/с)	Среднее	15:26	16:10	0:44	18:13	02:03	-
День недели							
Понедельник	Среднее	7253	19019	162	21329	12,1	<0,001
Вторник	Среднее	6750	17461	159	19026	9	<0,001
Среда	Среднее	8303	17114	106	19014	11	<0,001
Четверг	Среднее	8650	17043	97	19198	12,6	<0,001
Пятница	Среднее	6441	19217	198	19155	0,3	<0,001
Суббота	Среднее	6443	18054	180	18901	4,7	<0,001
Воскресенье	Среднее	6648	18400	177	19288	4,8	<0,001

Чаще всего вызовы скорой помощи происходили в четверг (8 650 случаев) перед COVID-19 и в пятницу (19 217) в начале COVID-19, тогда как в пик COVID-19 они приходились на понедельник (21 329). Наблюдается тенденция, что в начале и на пике пандемии наибольшее количество вызовов приходится на понедельник, тогда как до пандемии этот показатель приходился на середину недели (рисунок 33).

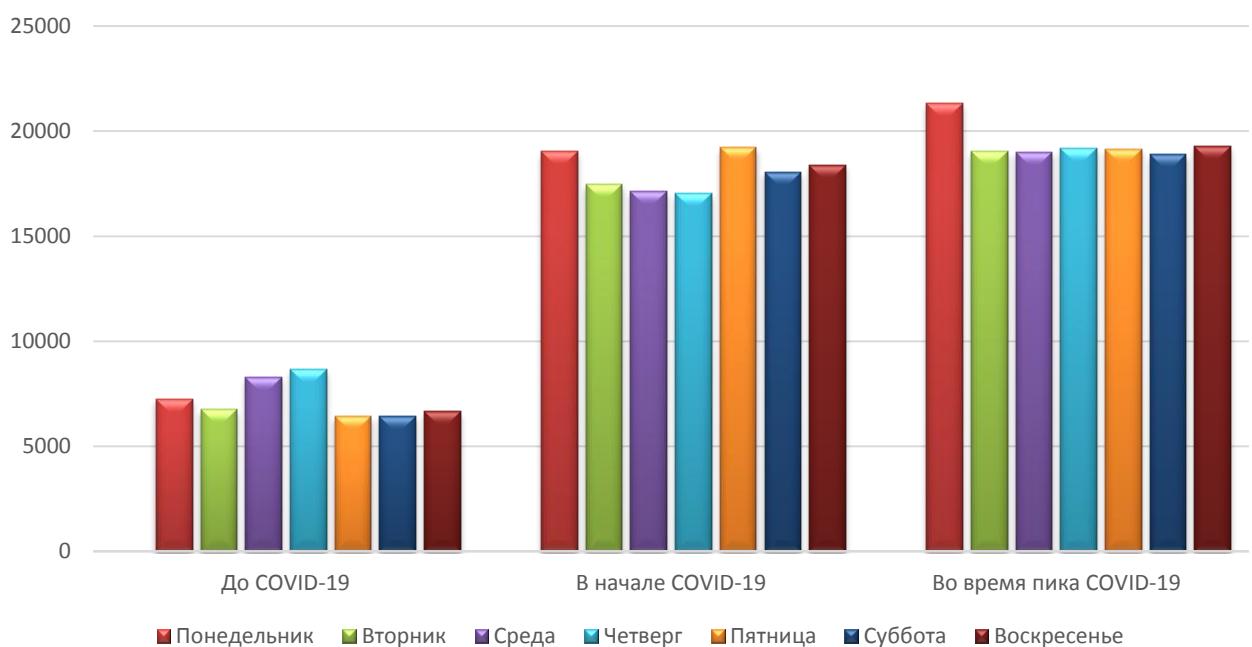


Рисунок 33 – Сравнение количества вызовов скорой помощи по дням недели в зависимости от структуры

За период с 1 января по 29 февраля 2020 года количество пациентов мужского пола составило 22 862 (45%), с 13 марта по 31 мая 2020 года - 58 313 (46%), а с 1 июня по 31 августа 2020 года - 57 448 (42%). Как показывает статистика, в начале пандемии количество пациентов мужского пола несколько увеличилось по сравнению с предпандемическим периодом. Однако в пик пандемии количество мужчин, обратившихся в ЭМС, снизилось.

В предпандемический период количество пациентов женского пола составило 27 626 (55%) в 2020 году, а с 13 марта по 31 мая 2020 года - 58 313 (46%). В том же году с 01 июня по 31 августа количество женщин составило 78 463 (58%). В начале COVID-19 количество женщин, получающих неотложную медицинскую помощь, снизилось по сравнению с предпандемическим периодом. Однако на пике пандемии число женщин, получивших скорую медицинскую помощь, вновь возросло. Между полами наблюдалась значительная разница ($P<0,001$).

В предпандемический период (с 1 января по 29 февраля 2020 года) средний возраст составлял $25,3\pm23,5$ года для мужчин и $31,9\pm23,3$ года для женщин. В начале COVID-19 средний возраст составил 26 ± 23 года для мужчин и $32,6\pm23$ года для женщин. В пик COVID-19 (с 01 июня по 31 августа 2020 года) средний

возраст составил $28,9 \pm 23,4$ года для мужчин и $34,9 \pm 23,9$ года для женщин. В период пандемии средний возраст мужчин и женщин увеличился (таблица 10).

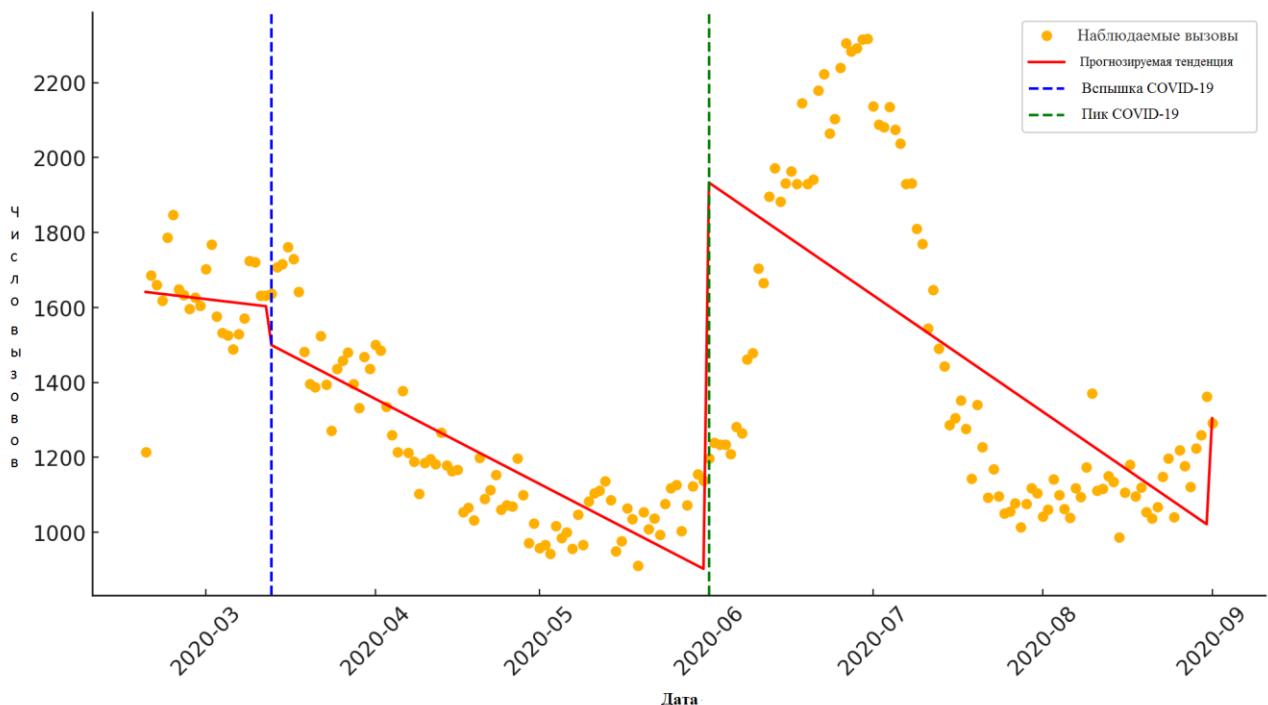


Рисунок 34 – Анализ прерванных временных рядов вызовов ЭМП

График (выше) показывает количество вызовов скорой помощи по дням и предсказанные значения модели. Синяя пунктирная линия обозначает начало пандемии COVID-19 (13 марта 2020 г.), а зелёная пунктирная линия – пик COVID-19 (1 июня 2020 г.). Результаты регрессионного анализа показывают, что с началом пандемии COVID-19 наблюдалось увеличение среднего количества вызовов, однако данное изменение не достигло статистической значимости ($p = 0,748$). В то же время, в период пика COVID-19 (с 1 июня 2020 г.) число вызовов значительно увеличилось – в среднем на 1323 вызова в день ($p < 0,001$), что свидетельствует о значительной нагрузке на систему экстренной медицинской помощи. Кроме того, анализ трендов показал, что в период вспышки COVID-19 (с марта по май 2020 г.) наблюдалось снижение вызовов со скоростью 5,83 вызова в день ($p = 0,002$), а во время пика пандемии темпы снижения составили 8,29 вызова в день ($p < 0,001$). Анализ прерванных временных рядов показал, что количество вызовов скорой помощи достигло максимума в июне 2020 года, после чего началась тенденция к снижению. Значение R^2 модели составило 0,532, что означает, что модель объясняет 53,2% вариации данных (Рисунок 34).

Во время пика COVID-19 количество пациентов мужского пола в возрастной группе 0-6 лет снизилось по сравнению с началом COVID-19 на -4,1%. Кроме того, количество пациентов в возрасте от 7 до 18 лет обоих полов снизилось в целом на -28,1%. Что касается количества пациентов-мужчин в возрастной группе 19-65 лет, то в пик COVID-19 их число увеличилось на 16%, а количество женщин, пользовавшихся EMS, возросло на 11,2%. Число пациентов-мужчин в возрастной группе 65 лет и старше увеличилось на 30,7%

во время пика пандемии. Во время пика COVID-19 число пациентов-женщин в возрастной группе 65+ увеличилось на 9,6% (таблица 11, рисунок 35).

Таблица 11 – Возрастно-половой состав пациентов ЭМП

Переменная	До COVID-19	В начале КОВИД-19	Разница, %	Во время пика КОВИД-19	Разница, %	P value
1	2	3	4	5	6	7
Гендер	Мужчина	22 862(45%)	58 313 (46%)	155	57 448(42%)	-1,5
	Женщина	27 626(55%)	67 995 (54%)	146	78 463(58%)	<0,001
Возраст (лет)	Все	29±23,7	29,7±23	-	30,8±23,6	<0,001
	Среднее ± SD	25,3±23,5	26±23	-	28,9±23,4	<0,001
	Женщина	31,9±23,3	32,6±23	-	34,9±23,9	<0,001
0-6 лет	Мужчина	8 037	23 816	196	22 828	-4,1
	Женщина	4 154	12 570	203	14 395	14,5
7-18 лет	Мужчина	2 378	6 270	164	5 760	-8,1
	Женщина	1 966	5 434	176	4 341	-20
19-65 лет	Мужчина	12 738	22 066	73,2	25 575	16
	Женщина	15 738	41 932	166,4	46 647	11,2
65+ лет	Мужчина	1 980	3 698	86,8	4 835	30,7
	Женщина	3 497	10 522	201	11 530	9,6

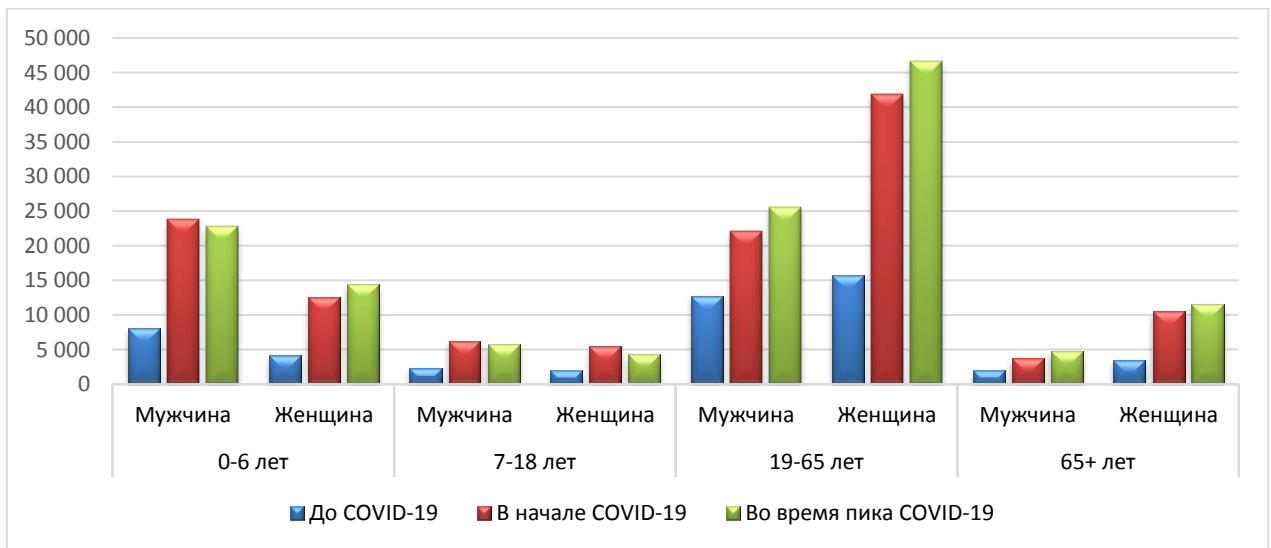


Рисунок 35 – Динамика обращений за ЭМП по возрасту

Наибольшее количество вызовов скорой помощи пришлось на Алматинский район в пик пандемии (44 850), и по сравнению с началом пандемии наблюдается рост на 24%. На втором месте по количеству вызовов находится Есильский район (38 773), и здесь наблюдается снижение количества вызовов по сравнению с началом COVID-19. Что касается Сарыаркинского района (35 977), то по сравнению с началом пандемии количество вызовов увеличилось на 22%. После этого самый низкий показатель наблюдался в Байконурском районе (16311), и по сравнению с началом COVID-19 вызовов стало меньше на 15 % (таблица 15).

Таблица 12 – Распределение причин вызовов ЭМП и подтверждённых диагнозов

Переменная		До КОВИД-19	В течение начала КОВИД-19	Разни ца (%)	Во время пика КОВИД-19	Разни ца (%)	P value
1		2	3	4	5	6	7
Регион	Алматинский	16 531	36033	118	44850	24	<0,001
	Байконурский	7 743	19158	147	16311	15	<0,001
	Есиль округ	11 964	41681	248	38773	7	<0,001
	Сарыаркинский	14 250	29436	107	35977	22	<0,001
Причина звонка	Медицинские причины	29023 (57,5%)	71089 (56,3%)	145	66486 (48,9%)	6,5	<0,001
	Несчастные случаи на производстве	12(0,02%)	18 (0,01%)	50	25(0,02%)	39	0,377
	Самоубийства	24(0,05%)	42 (0,03%)	75	44(0,03%)	4,8	0,268
	Травмы	4 372 (8,7%)	10 365 (8,2%)	137	9 041(6,7%)	13	0,529
	Другие происшествия	41 (0,08%)	90 (0,07%)	120	345 (0,25%)	283	0,016
	Дорожно-транспортные происшествия	38 (0,08%)	99 (0,08%)	161	231 (0,17%)	133	0,154
Болезни, чувствительные к времени	Другие заболевания сердца	569 (1,13%)	1 549 (1,2%)	172	2 209 (1,63%)	43	0,268
	Гипертония	3 104(6,15%)	8 486(6,7%)	173	8 688(6,4%)	2,4	<0,001
	Стенокардия	14(0,03%)	28(0,02%)	100	32(0,02%)	14	0,789
	Острый живот	5 229 (10,36%)	12 087 (9,6%)	131	14 877 (11%)	23	0,912
	Цереброваскулярные заболевания	82 (0,16%)	271 (0,2%)	231	333 (0,25%)	23	0,002
Симптомы, связанные с COVID-19	Лихорадка	-	13(0,01%)	-	22(0,02%)	69	0,012
	Высокая температура	7 980 (15,81%)	18 998 (15%)	138	29 094(21%)	53	0,615
	Пациенты с диагнозом COVID-19	-	3 173 (2,5%)	-	4 484(3%)	41	0,256

Во время пика COVID-19 заболеваемость стенокардией снизилась на 14%, а гипертонией - на 2,4 % от общего числа причин вызовов по сравнению с началом пандемии. С другой стороны, во время пика пандемии на 43% выросла заболеваемость другими сердечно-сосудистыми заболеваниями, на 23% - острыми животами и цереброваскулярными заболеваниями.

С 01 июня по 31 августа 2020 года (в период пика COVID-19) признаки и симптомы лихорадки увеличились на 69%. Более того, симптомы высокой температуры также возросли в период пика COVID-19 на 53%. Кроме того, прирост пациентов с диагнозом COVID-19 на пике пандемии составил 41%.

Что касается дня недели, то в предпандемический период случаи обращения в службу скорой помощи чаще всего выявлялись по четвергам, тогда

как в начале COVID-19 – по пятницам. Более того, во время пика COVID-19 наибольшее количество вызовов было выявлено по понедельникам. Снижение числа вызовов скорой помощи может быть связано с карантинными ограничениями в выходные дни. Кроме того, увеличение числа вызовов в понедельник также может быть связано с карантинными мерами в выходные дни. В Казахстане меры по блокировке были приняты в выходные дни [117]. В населенных пунктах с населением более 50 тысяч человек было приостановлено функционирование общественных мест [118]. Возможно, что эффективным фактором снижения заболеваемости стало закрытие всех производственных мощностей, а также снижение интенсивности движения машин, проведение обучающих мероприятий, гибкий график работы в государственном и частном секторах и карантинные ограничения. Как показывает литература, социальное дистанцирование и строгие гигиенические меры являются необходимыми и эффективными практиками для достижения максимальной степени сдерживания и смягчения последствий [119-122].

Что касается пола, то в начале COVID-19 число пациентов мужского пола несколько увеличилось по сравнению с периодом до пандемии. Это согласуется с результатами международных исследований, согласно которым COVID-19 является более смертоносным для мужчин, чем для женщин, причем смертность выше среди пожилых мужчин. Например, в исследованиях, проведенных в Китае, смертность среди мужчин составила 2,8 % против 1,7 % среди женщин. Кроме того, данные по COVID-19 с разбивкой по полу в нескольких европейских странах свидетельствуют о сходном количестве случаев заболевания среди мужчин, но о более тяжелых исходах у пожилых мужчин [123]. Кроме того, в период пандемии средний возраст мужчин и женщин увеличился.

Кроме того, что касается возраста, в период пика COVID-19 количество пациентов в возрастной группе 65+ увеличилось на 40,3% по сравнению с началом COVID-19. В возрастной группе 65 лет и старше было 30,7% пациентов мужского пола, обратившихся за EMS. Более того, в возрастной группе 19-65 лет количество пациентов мужского пола увеличилось на 16% по сравнению с началом пандемии. Это согласуется с данными исследований, в которых средний возраст пациентов с COVID-19 составлял 59 лет, и данными из Нью-Йорка, свидетельствующими о более высокой смертности среди лиц в возрасте 75 лет и старше, с преобладанием смертей среди мужчин [124, 125]. Рост числа случаев заболевания в этих возрастных группах также объясняет увеличение среднего возраста мужчин и женщин.

Географическое распределение вызовов скорой помощи во время пандемии COVID-19 было сосредоточено в Алматинском и Сарыаркинском районах, что, вероятно, связано с высокой плотностью населения [126]. Это согласуется с данными исследований, указывающими на значительные различия в частоте вызовов между районами, что объясняется депривацией и плотностью населения [127]. Использование географического моделирования для оценки доступности медицинской помощи населению является эффективным инструментом, поэтому ученые широко используют этот инструмент для изучения справедливой доступности медицинских услуг, в частности при

неинфекционных заболеваниях [128, 129].

В Астане во время пика заболеваемости COVID-19 участились случаи проявления симптомов, связанных с COVID-19. Исследования показывают, что одним из распространенных признаков COVID-19 является лихорадка [130, 131]. Таким образом, увеличилось количество вызовов по инфекционным причинам и снизилась доля вызовов по травмам и неврологическим причинам, а также увеличилось количество вызовов по кардиологическим, инфекционным и респираторным причинам [132]. По данным отчета из США, в 2019 году увеличилось число случаев коронавирусной инфекции. При этом количество обращений в отделение неотложной помощи по поводу COVID-19 уменьшилось [133,134].

Выводы по разделу 4.1

1. Пандемия COVID-19 привела к значительному увеличению числа вызовов ЭМП в Астане. Количество вызовов увеличилось на 150% в начале пандемии и еще на 7,6% во время пика пандемии по сравнению с предпандемическим периодом. Это свидетельствует о том, что COVID-19 оказал существенное давление на систему экстренной медицинской помощи, особенно в периоды высокого распространения инфекции.

2. Среднее время прибытия на место происшествия увеличилось с 15,26 минут в предпандемический период до 18,13 минут во время пика COVID-19. Это указывает на то, что рост числа вызовов привел к задержкам в реагировании скорой помощи.

3. Пандемия изменила структуру вызовов по дням недели. До пандемии наибольшее количество вызовов происходило в четверг, однако в начале пандемии это сместилось на пятницу, а во время пика – на понедельник.

4. В начале пандемии наблюдался рост числа пациентов мужского пола, однако во время пика пандемии преобладали женщины.

5. Средний возраст пациентов, обратившихся за помощью, увеличился в период пандемии, особенно среди мужчин. Наиболее значительный рост числа вызовов наблюдался в возрастной группе 65+ лет, что подчеркивает повышенный риск и уязвимость этой группы перед COVID-19.

6. Во время пика пандемии наибольшее количество вызовов было зарегистрировано в Алматинском районе (44 850), что свидетельствует о высокой плотности населения и, возможно, недостаточности ресурсов медицинской помощи в этом районе. Географическое распределение вызовов подчеркивает важность анализа плотности населения и инфраструктуры для оптимизации распределения ресурсов ЭМП в условиях пандемии.

7. Пандемия повлияла на структуру вызовов, вызвав значительный рост случаев, связанных с инфекционными заболеваниями, и снижение вызовов по другим причинам, включая травмы. Симптомы, связанные с COVID-19, такие как лихорадка, стали более частой причиной вызова скорой помощи.

5. ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЫЯВЛЕННЫХ БАРЬЕРОВ ОКАЗАНИЯ ЭКСТРЕННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

5.1 Пространственный анализ вызовов экстренной медицинской помощи по поводу ишемической болезни сердца (I20-I25) по городу Астана с использованием ГИС

Пространственный анализ и моделирование проводились на основе базы данных вызовов, сформированной на предыдущем этапе, размер выборки $n=56\ 053$.

Для этапа пространственного анализа и пространственного моделирования объектам анализа (вызовам) были присвоены пространственные координаты, которые позволяют с достаточной точностью разместить объект на карте – это процедура геокодирования.

Не все вызовы, представленные в базе данных, имели адресную информацию достаточную для геокодирования (адрес указан не четко, вызовы на трассах). Поэтому по итогам геокодирования размер выборки составил $n=48\ 515$ вызовов из них: $n=38333$, 79,1% (COVID-19) и $n=10182$, 20,9% (ИБС), (рисунок 21).

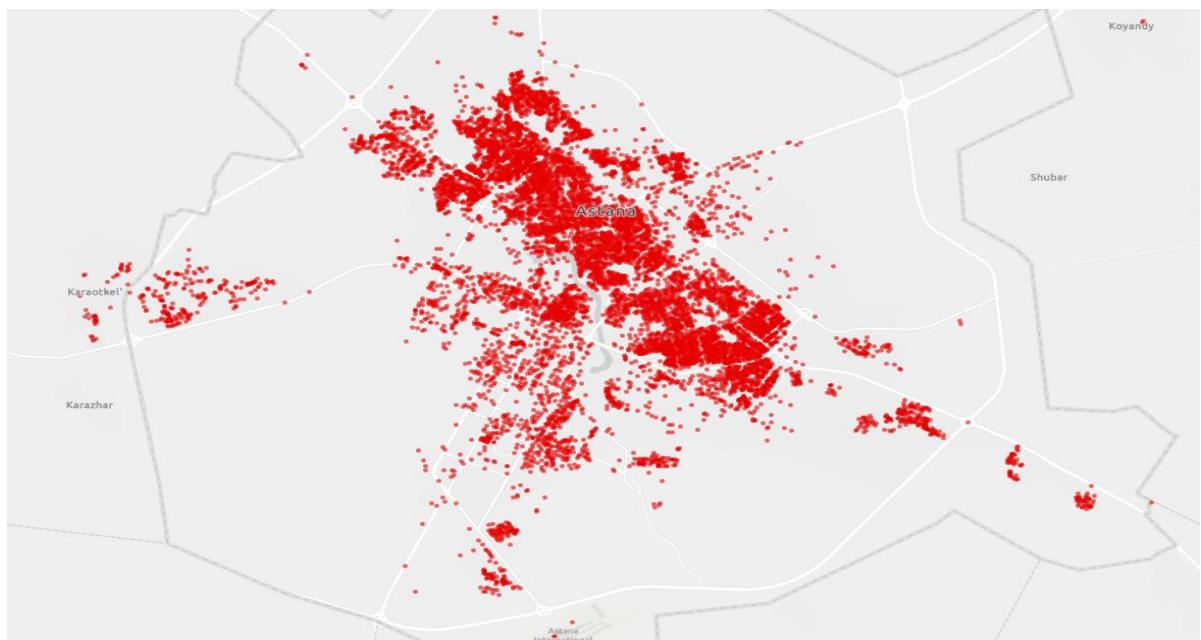


Рисунок 21 – Результат геокодирования вызовов

На основе слоя с вызовами в программной среде ArcGIS Pro 3.1.0. мы провели анализ пространственной плотности распределения и кластеризации вызовов. Для этого были использованы следующие методы пространственного анализа:

1. *Ядерная плотность точек (Kernel Density)* инструмент вычисляет плотность точечных объектов вокруг каждой ячейки выходного растра и

формирует континуальную поверхность, где значение плотности максимально в местоположении точки и уменьшается с увеличением расстояния от точки, достигая нуля на расстоянии, равном заданному радиусу поиска от точки.

2- Анализ горячих точек (*Hot Spot Analysis*) идентифицирует статистически значимые пространственные кластеры высоких значений (горячих точек) и низких значений на основе статистического показателя Getis-Ord Gi, где статистическая величина Gi*, возвращенная для каждого объекта в наборе данных, является z-оценкой. Для статистически значимых положительных z-оценок, чем больше z-оценка, тем более интенсивна кластеризация высоких значений (горячая точка).

На этапе пространственного моделирования мы провели оценку доступности экстренной медицинской помощи с учетом дорожной сети и локализации медицинских учреждений. Для этого дополнительно к слою с вызовами мы сформировали слои с размещением медицинских учреждений, а также сетевую модель улично-дорожной сети (УДС) г. Астана. Модель УДС сформирована на основе наборов данных OSM (OpenStreetMap) (рисунок 22). Дополнительно мы учли информацию о типах и иерархии улиц и информацию о покрытии.

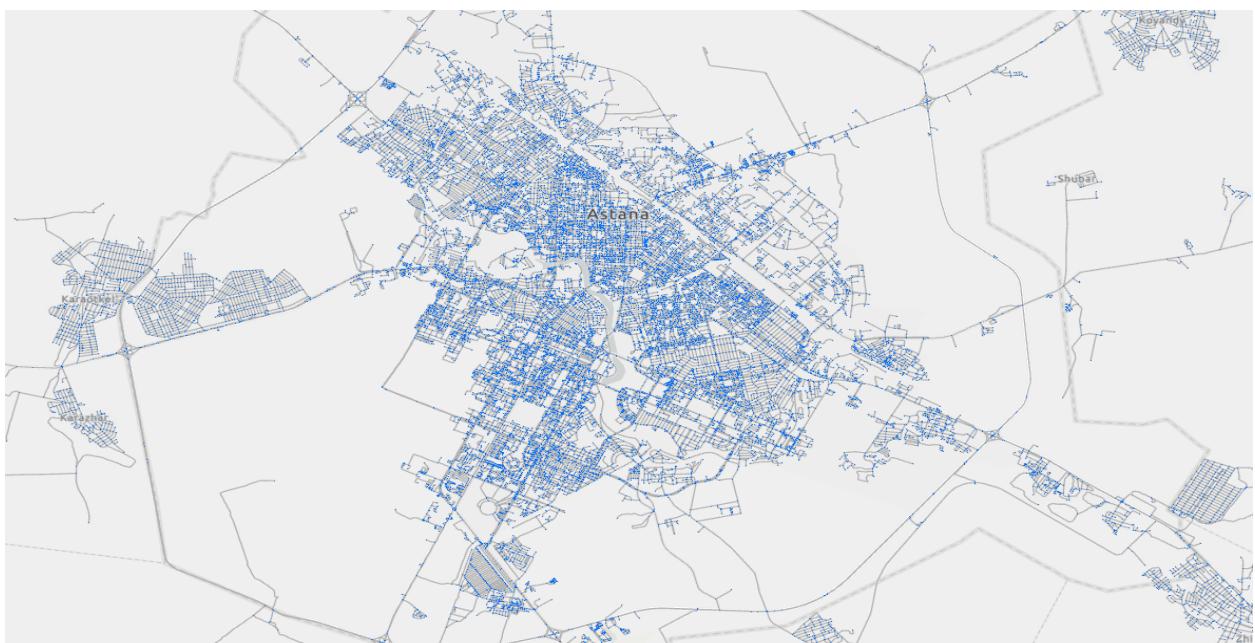


Рисунок 22 - Визуализация созданной модели улично-дорожной сети

Далее для моделирования зон доступности в программной среде ArcGIS Pro 3.1.0. мы использовали инструментарий Generate Service Area модуля Network Analysis, который позволяет на сетевой модели УДС рассчитывать и моделировать зоны доступности по времени (зоны обслуживания) (рисунок 23). Для расчета времени преодоления участков УДС использовалась средняя скорость машины СП (50 км/ч) с учетом коэффициентов в зависимости от типа и класса дорог. Моделирование включало с себя два этапа: 1) анализ доступности от ЭМП и 2) анализ доступности до ОЗ, в которые проводилась транспортировка

пациентов для госпитализации. Временные интервалы: 3, 5 и 10 минут доступности.

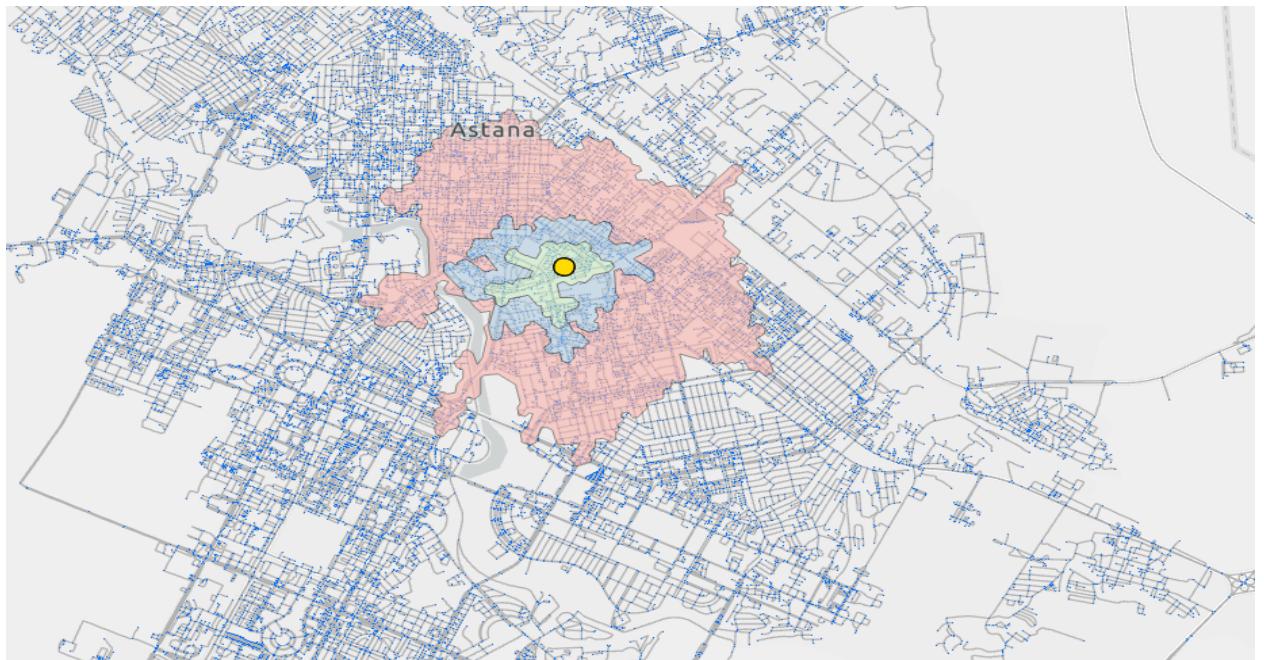


Рисунок 23 - Пример построения зон обслуживания для Астаны

В завершение этого этапа мы рассчитали распределение вызовов (нагрузку) по зонам доступности от медицинских учреждений и определили вызовы, которые не входят в зоны доступности и обозначили эти территории как зоны с повышенным риском и потребностью в улучшении оказания экстренной медицинской помощи.

Выводы по разделу 5.1

1. Анализ ядерной плотности показал, что вызовы экстренной медицинской помощи по поводу ИБС в Астане имеют четко выраженные кластеры. Высокая плотность вызовов сосредоточена в центральных районах города и вблизи крупных жилых массивов, что указывает на неравномерное распределение нагрузки на службы скорой помощи. Это требует повышения оперативности и оптимизации ресурсов в наиболее загруженных районах.

2 Метод анализа горячих точек выявил статистически значимые кластеры вызовов, где наблюдается высокая частота обращений по поводу ИБС. Эти «горячие точки» коррелируют с плотностью населения и уровнем доступности медицинской инфраструктуры, что свидетельствует о необходимости усиления медицинских служб в этих районах.

3 Моделирование зон доступности скорой помощи с учётом улично-дорожной сети показало, что значительная часть вызовов (особенно в периферийных районах) происходит вне зон с доступностью в 3-5 минут, что указывает на критические пробелы в обеспечении оперативного реагирования. Это создаёт риски для пациентов с острыми состояниями, такими как ИБС, и требует пересмотра логистики и размещения медицинских учреждений.

4 Зоны с повышенным риском (вызовы, находящиеся за пределами 10-минутной доступности) были выявлены в нескольких районах Астаны. Эти зоны требуют дополнительных ресурсов или переоснащения существующих медицинских учреждений, чтобы обеспечить более равномерное распределение экстренной медицинской помощи и уменьшить время прибытия скорой помощи.

5.2. Маршрутизация скорой помощи города Астана с учетом расположения медицинских учреждений с использованием ГИС

Для анализа данных составлены карты по плотности вызовов – ИБС и COVID-19; карты горячих точек для вызовов; общая структура размещения объектов медицинской помощи в Астане.

Структура размещения медицинских объектов в Астане (рисунок 24).

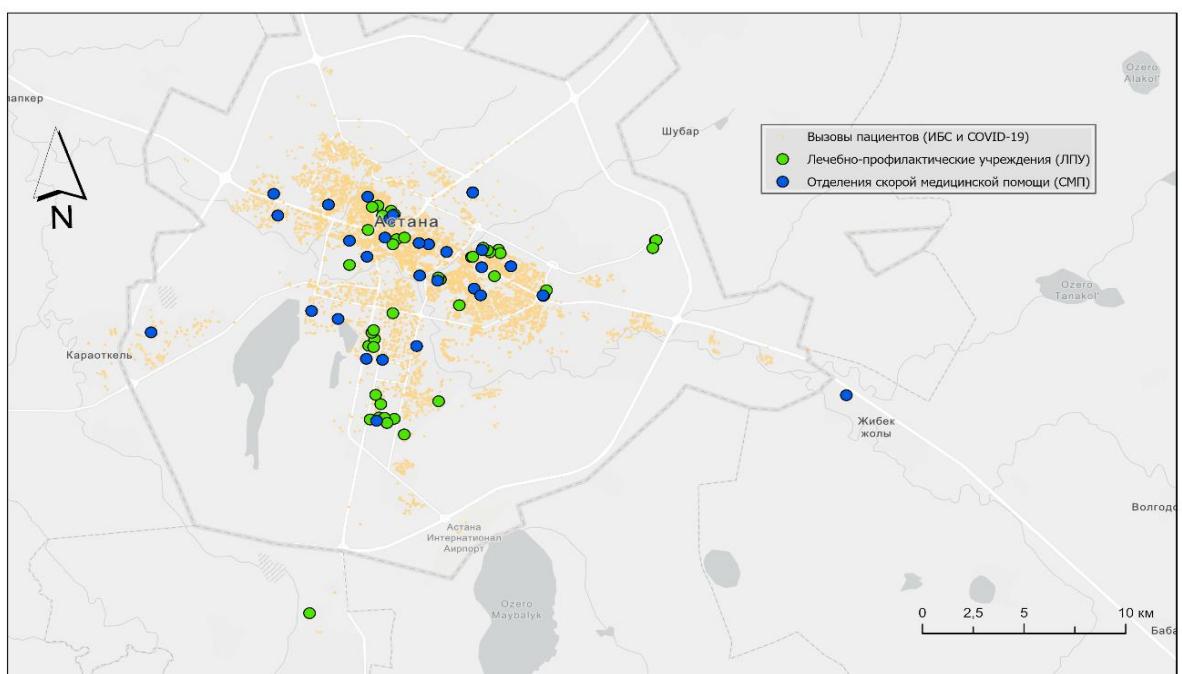


Рисунок 24 - Размещение медицинских объектов в Астане

На карте показаны разные типы медицинских объектов:

1. Вызовы пациентов (ИБС).
2. Вызовы пациентов (COVID-19).
3. Лечебно-профилактические учреждения (ОЗ).
4. Отделения скорой медицинской помощи (СМП).

Расположение медицинских учреждений:

1. Лечебно-профилактические учреждения распределены равномерно по всему городу, что указывает на широкий доступ населения к медицинским услугам в различных районах.

2. Отделения скорой медицинской помощи также распределены по разным районам Астаны и охватывают ключевые точки города, обеспечивая оперативную помощь в экстременных ситуациях.

Распределение объектов относительно густонаселенных районов:

большинство медицинских учреждений сосредоточены в центральных районах города, что оправдано более высокой плотностью населения. Это позволяет большему количеству людей получить доступ к необходимым медицинским услугам.

Плотность размещения вызовов (ИБС)

Правый берег (Старый город): Сарыаркинский район, Байконурский район, Алматинский район, район Район Сарайшык – на карте заметна высокая плотность вызовов ближе к центру Астаны, на периферии районов плотность снижается. Это связано с возрастной структурой населения, так как здесь живёт больше людей старших возрастных категорий, которые чаще страдают от сердечно-сосудистых заболеваний. Также это связано с плотной застройкой зданий в центре города

Левый берег (Новый город): Есильский район – несмотря на густонаселенность, плотность вызовов здесь ниже по сравнению с районами на правом берегу. Это связано с тем, что молодые люди более активно заселяют этот район, и среди них меньше случаев сердечно-сосудистых заболеваний. Район Нура характеризуется меньшей плотностью вызовов, что аналогично Есильскому району и является признаком молодого населения. Также в этих районах плотность застройки ниже, чем на Правом берегу Астаны

Таким образом, районы старого города на правом берегу, такие как Сарыаркинский, Байконурский, Сарайшык и частично Алматинский, имеют более высокую плотность вызовов, что связано с плотной застройкой зданий и присутствием более старших возрастных групп, которые подвержены заболеваниям сердца. На левом берегу, включая районы Есильский, Нура, плотность вызовов значительно ниже, что отражает присутствие более молодого населения, менее подверженного таким заболеваниям, и менее плотной застройки (рисунок 25).

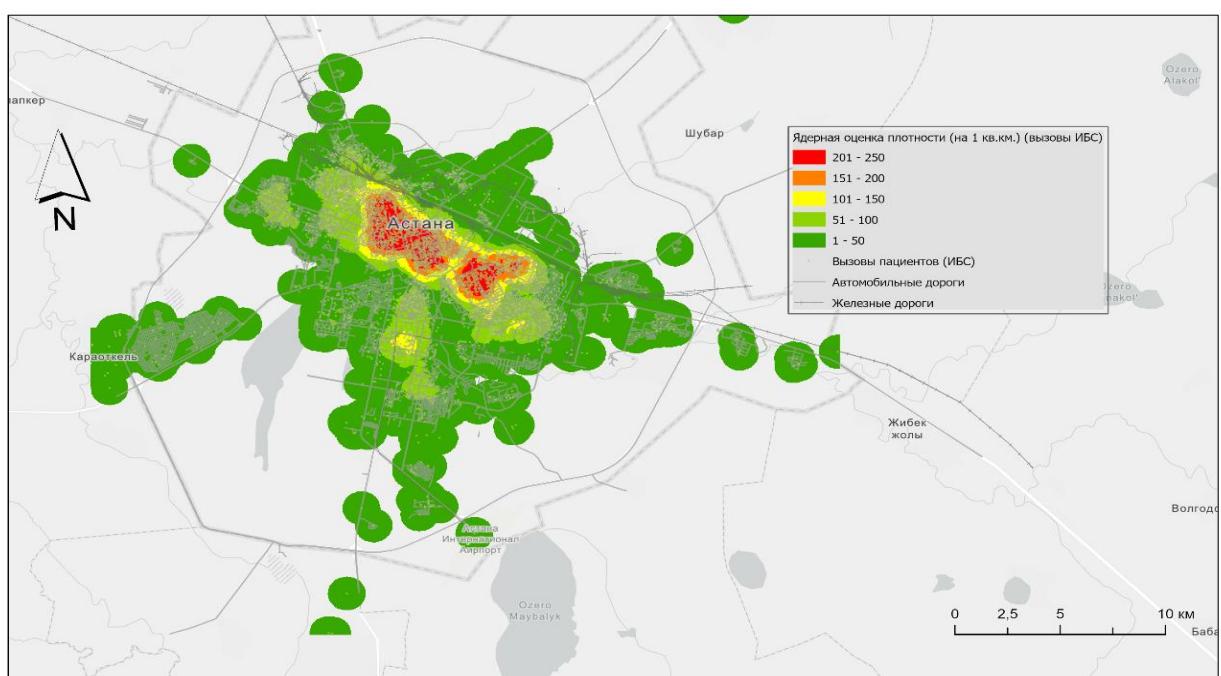


Рисунок 25 - Ядерная оценка плотности (на 1 кв.км.) для вызовов пациентов с ИБС

Кластеризация вызовов - горячие точки (ИБС)

Основные наблюдения:

Карта показывает различные зоны в городе, где вызовы были наиболее частыми, обозначенные различными цветами в диапазоне от «горячих» до «холодных» точек:

1. Горячие точки: эти зоны расположены в центральной и северо-восточной части города, что указывает на высокую плотность вызовов пациентов в этих районах.

2. Холодные точки сконцентрированы в западной части города, где наблюдается низкая плотность вызовов пациентов.

3. Нейтральные зоны: отсутствие значительных отклонений от средней плотности вызовов.

Старый город: Сарыаркинский район охватывает северо-западную часть карты, Алматинский, Сарайшык - северо-восточную. В районах наблюдается градиент смены холодных точек на горячие от периферии к центру, это говорит о том, что плотность вызовов увеличивается к центру Астаны, именно в этой части города проживает население более старших возрастных групп. Байконурский район имеет ярко выраженные горячие точки, что говорит также о возрастной группе населения в старой части города и плотной застройке в центре Астаны.

Новый город: в районе Нура и Есильском районе наблюдаются холодные точки, это показывает низкую плотность вызовов пациентов, это связано с молодым населением, которое проживает в данных районах и низкой плотностью застройки.

Выводы:

1. Центр города и северо-восток: высокая концентрация вызовов связана с плотной застройкой, густонаселенными районами и присутствием большого количества медицинских учреждений.

2. Западная часть города: низкая плотность вызовов предполагает менее плотную застройку и проживание молодого населения в этих районах (рисунок 26).

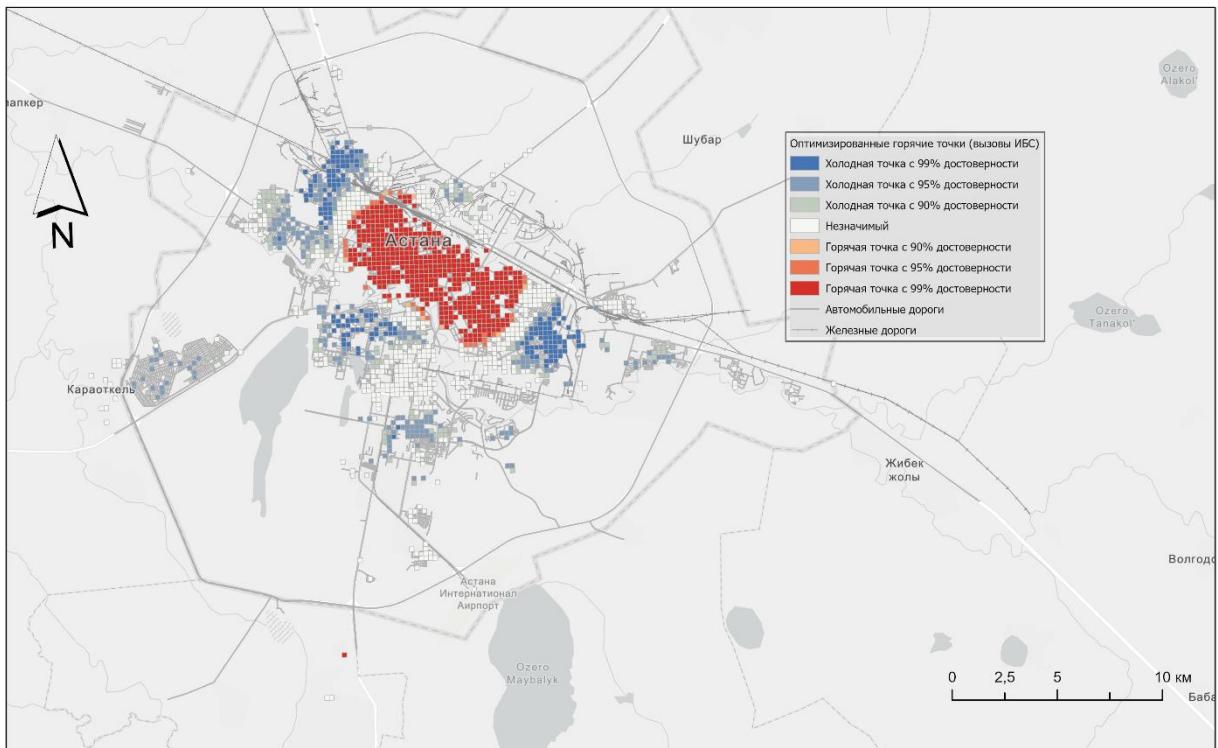


Рисунок 26 - Оптимизированный анализ горячих точек для вызовов пациентов с ИБС

Моделирование зон доступности от ЭМП (ИБС)

Построены зоны доступности от ЭМП для вызовов по ИБС. Территориальная доступность по г. Астана показывает, что экстренная помощь покрывает участки с высокой плотностью вызовов с 3-х минутной доступностью на большей части старого и нового города; большая часть районов города находится в пределах 10-минутной зоны доступности от ЭМП.

Выделены вызовы, которые не попали в 3-х, 5-ти, 10-ти минутные зоны доступности от ЭМП – таких вызовов 177 из 10182 (1,74%), вызовы находятся в следующих районах города: Байконурский район, район Сарайшык и Есильский район.

Таким образом, зоны доступности охватывают как старую, так и новую часть города, что свидетельствует о равномерном распределении ресурсов экстренной помощи. Вызовы, которые не попали в зоны доступности, сосредоточены в трех районах: Байконурский, Сарайшык и Есильский. Это может свидетельствовать о необходимости улучшения доступа к экстренной помощи в этих местах (рисунок 27, таблица 10).

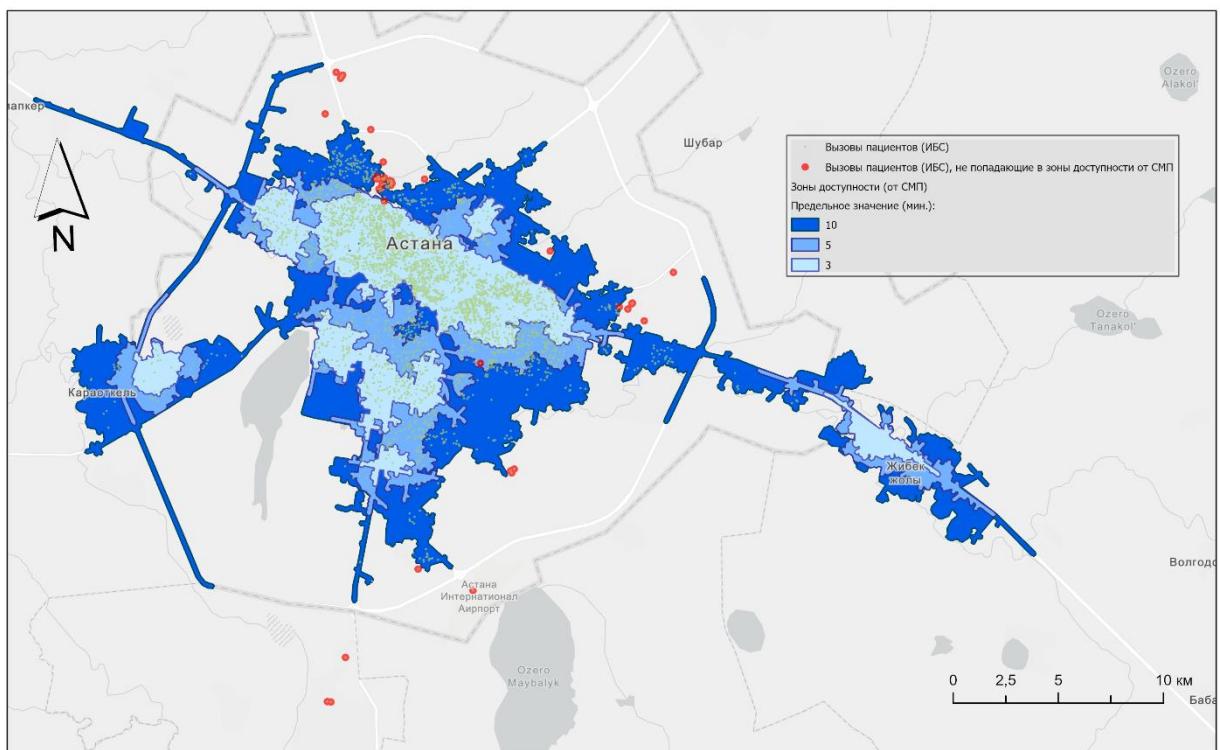


Рисунок 27 - Зоны доступности от ЭМП для вызовов пациентов с ИБС

Таблица 13 – Количество и доля вызовов пациентов с ИБС по зонам доступности от ЭМП

Зона доступности от ЭМП (мин.)	Количество вызовов (ИБС)	Доля вызовов (ИБС), %
0-3	7348	72,17
3-5	1544	15,16
5-10	1113	10,93
Не входят	177	1,74
Всего	10182	100

Моделирование зон доступности до ОЗ (ИБС)

Построены зоны доступности до ОЗ для вызовов по ИБС. Территориальная доступность по г. Астана показывает, что экстренная помощь покрывает участки с высокой плотностью вызовов с 3-х минутной доступностью на большей части старого и нового города; большая часть районов города находится в пределах 10-минутной зоны доступности до ОЗ.

Выделены вызовы, которые не попали в 3-х, 5-ти, 10-ти минутные зоны доступности до ОЗ – таких вызовов 94 из 10182 (0,92%), вызовы находятся в следующих районах города: Байконурский район, район Сарайшык и Алматинский район.

Таким образом, большая часть города находится в пределах 10-минутной зоны доступности до ОЗ, что свидетельствует о хорошем уровне экстренной помощи для большинства населения. Вызовы, не попавшие в зоны доступности, сосредоточены в Байконурском, Сарайшык и Алматинском районах. Это может

говорить о необходимости дополнительного анализа и улучшения доступа к экстренной помощи на этих конкретных территориях (рисунок 28, таблица 11).

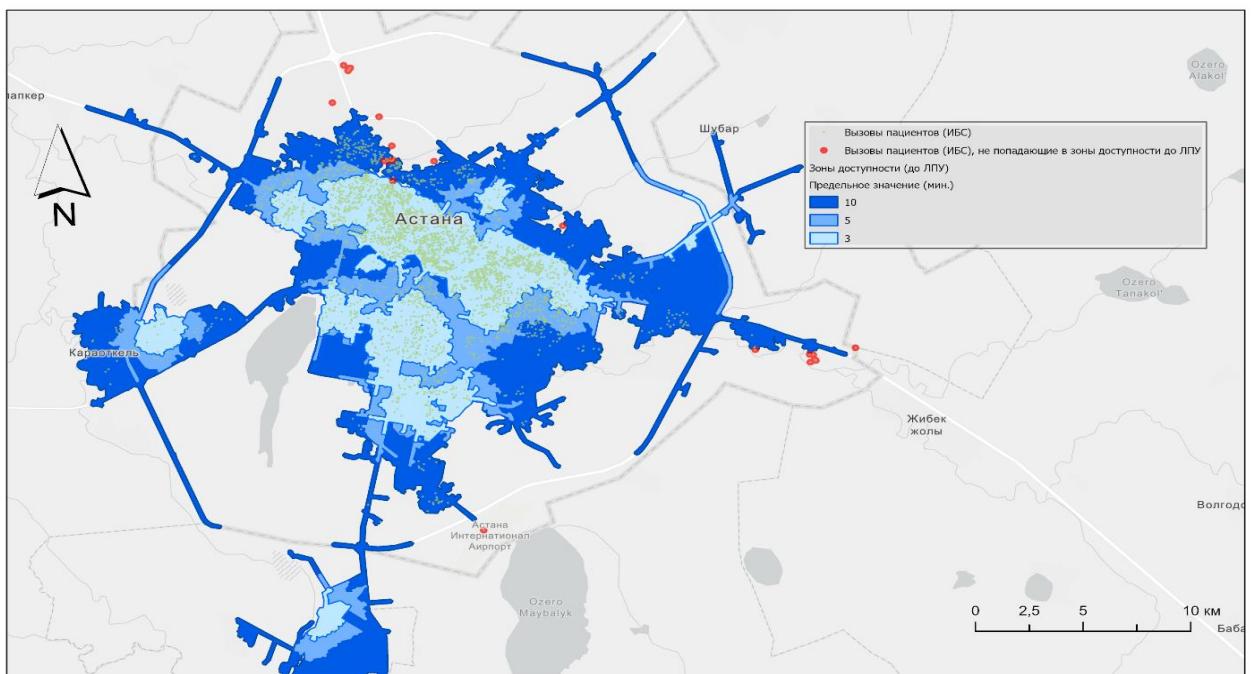


Рисунок 28 – Зоны доступности до ОЗ для вызовов пациентов с ИБС

Таблица 14 – Количество и доля вызовов пациентов с ИБС по зонам доступности до ОЗ

Зона доступности до ОЗ (мин.)	Количество вызовов (ИБС)	Доля вызовов (ИБС), %	Количество пациентов, доставленных на госпитализацию (ИБС)	Доля пациентов, доставленных на госпитализацию (ИБС), %
0-3	7778	76,39	1742	75,64
3-5	1359	13,35	284	12,33
5-10	951	9,34	257	11,16
Не входят	94	0,92	20	0,87
Всего	10182	100	2303	100

Плотность размещения вызовов (COVID-19)

Основные наблюдения:

1. Высокая плотность вызовов: на карте идентифицируются зоны с наивысшей плотностью вызовов пациентов с COVID-19, окрашенные в красный цвет (751 - 1000 вызовов на кв.км.). Эти зоны сосредоточены в центре Астаны, что может указывать на высокую плотность населения и, соответственно, более высокий риск передачи инфекции.

2. Умеренная и низкая плотность вызовов: жёлтые и зеленые области представляют зоны с умеренной и низкой плотностью вызовов пациентов (101 - 500 и 0 - 100 вызовов на кв.км.). Эти территории можно найти в пригородах и на

окраинах города, где плотность населения ниже.

3. Влияние инфраструктуры: размещение основных дорог, железных дорог и других транспортных связей на карте позволяет сделать предположение, что высокая плотность вызовов COVID-19, вероятно, коррелирует с районами с большей доступностью транспорта и мобильностью населения.

На карте наблюдается совпадение плотности населения Астаны и ядерной оценки плотности для вызовов по COVID-19. Проживание молодого и старшего поколения играет меньшую роль в отличие от вызовов по ИБС. В этом случае наблюдается другая зависимость – плотность городской застройки, плотность населения и плотность вызовов по COVID-19.

Большая плотность вызовов по COVID-19 наблюдается в следующих районах: Байконурский район, Есильский, Алматинский и район Сарайшык – это районы как Нового, так и Старого города. Это объясняется высокой плотностью городской застройки в этих районах (рисунок 29).

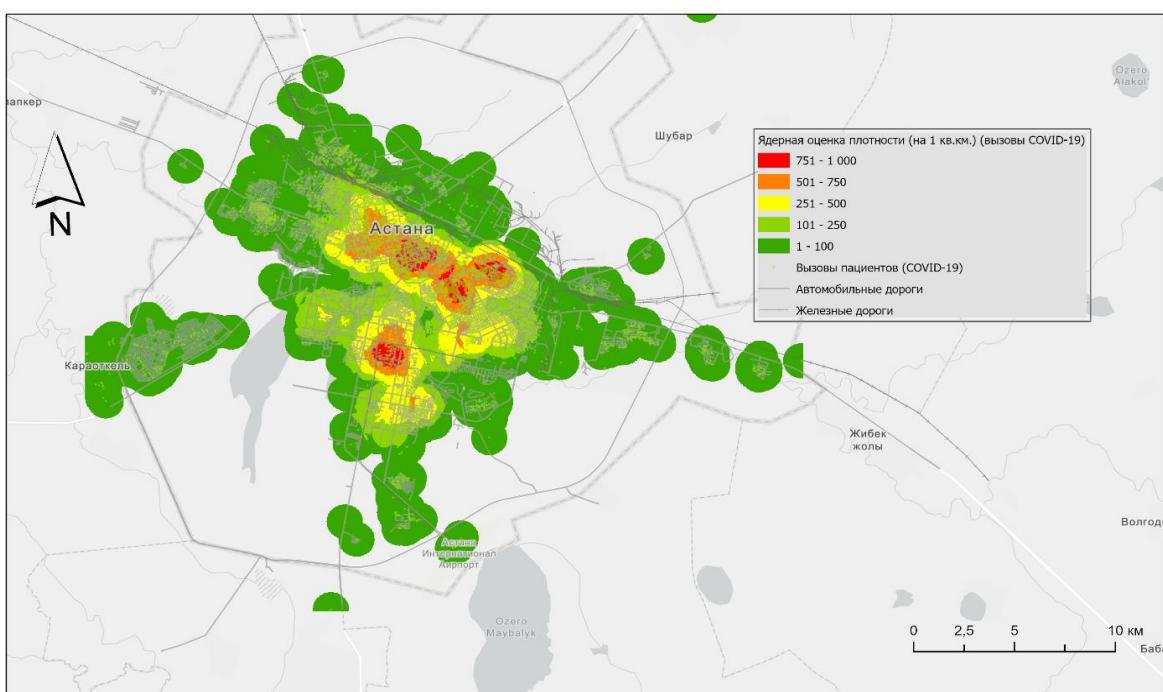


Рисунок 29 – Ядерная оценка плотности (на 1 кв.км.) для вызовов пациентов с COVID-19

Кластеризация вызовов - Горячие точки (COVID-19)

Основные наблюдения:

На карте ядерной оценки плотности вызовов пациентов с COVID-19 в Астане выделены горячие и холодные точки с различными уровнями достоверности (99, 95, 90%).

1. Горячие точки в основном сосредоточены в южных и центральных районах города - Байконурский район, Есильский, западные части Алматинского района и района Сарайшык. Обозначают области с высокой плотностью вызовов пациентов с COVID-19. Самые насыщенные «горячие точки» имеют 99%

достоверность, что указывает на высокую вероятность концентрации случаев в этих областях.

2. Холодные точки сосредоточены в северо-восточных и частично юго-западных районах города – Сарыаркинский район и восточная часть района Сарайшык. Эти области имеют значительно меньшую плотность вызовов пациентов с COVID-19. Холодные точки с 99% достоверностью показывают зоны с наименьшей вероятностью концентрации случаев. Это связано с менее плотной городской застройкой, частные сектора.

3. Зоны с 95 и 90% достоверностью: переходят по интенсивности между горячими и холодными точками, обозначают районы со средней плотностью случаев COVID-19. Покрывают значительные части города, указывая на то, что пандемия затронула большинство районов, но с разной интенсивностью.

Выводы (рисунок 30):

1. Центр города и южная часть Астаны (Байконурский район, Есильский, западные части Алматинского района и района Сарайшык) имеют горячие точки по вызовам COVID-19: высокая концентрация вызовов связана с плотной городской застройкой

2. Западная часть и южная части города (Сарыаркинский район и восточная часть района Сарайшык) имеют холодные точки по вызовам COVID-19: низкая концентрация вызовов связана с менее плотной городской застройкой, частный сектор.

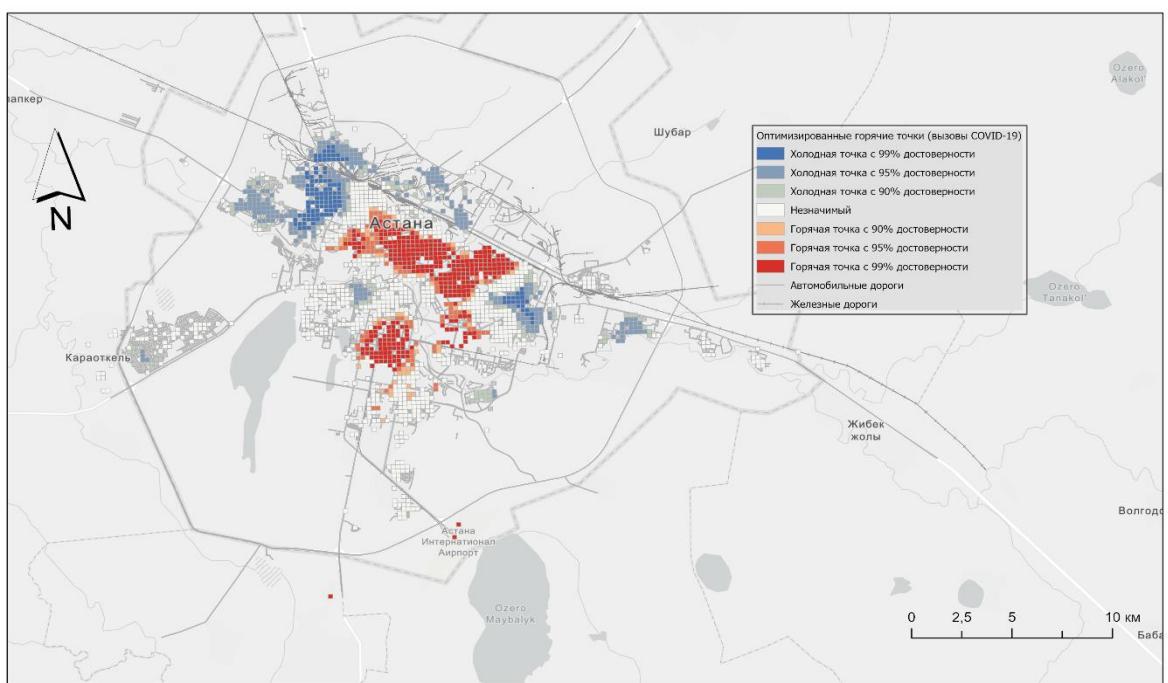


Рисунок 30 - Оптимизированный анализ горячих точек для вызовов пациентов с COVID-19

Моделирование зон доступности от ЭМП (COVID-19)

Построены зоны доступности от ЭМП для вызовов по COVID-19. Территориальная доступность по г. Астана показывает, что экстренная помощь

покрывает участки с высокой плотностью вызовов с 3-х минутной доступностью на большей части старого и нового города; большая часть районов города находится в пределах 10-минутной зоны доступности от ЭМП.

Выделены вызовы, которые не попали в 3-х, 5-ти, 10-ти минутные зоны доступности от ЭМП – таких вызовов 729 из 38333 (1,9%), вызовы находятся в следующих районах города: Байконурский район, район Сарайшык и Есильский и Алматинский районы.

Таким образом, большинство районов города находятся в пределах 10-минутной зоны доступности от ЭМП, что свидетельствует о хорошей организации экстренной помощи; необходимо обратить внимание на части районов, которые не попадают в зоны доступности от ЭМП для более эффективной медицинской помощи города (рисунок 31, таблица 12).

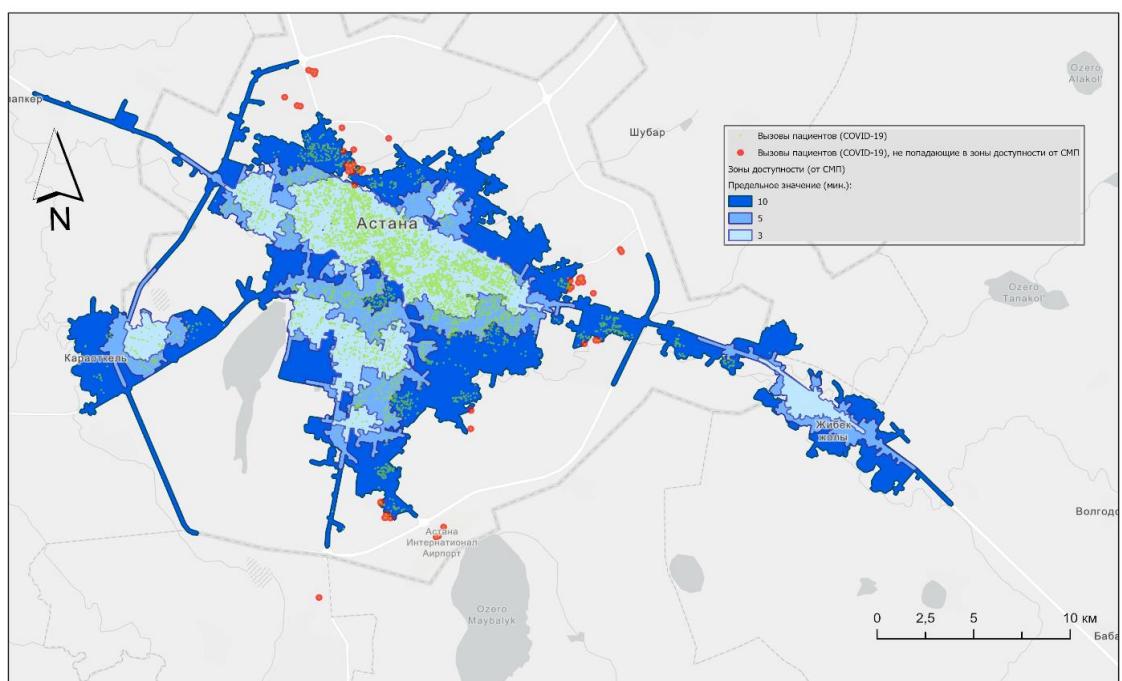


Рисунок 31 – Зоны доступности от ЭМП для вызовов пациентов с COVID-19

Таблица 15 – Количество и доля вызовов пациентов с COVID-19 по зонам доступности от ЭМП

Зона доступности от ЭМП (мин.)	Количество вызовов (COVID-19)	Доля вызовов (COVID-19), %
0-3	26076	68,02
3-5	7630	19,90
5-10	3898	10,17
Не входят	729	1,90
Всего	38333	100

Моделирование зон доступности до ОЗ (COVID-19)

Построены зоны доступности до ОЗ для вызовов по COVID-19. Территориальная доступность по г. Астана показывает, что экстренная помощь покрывает участки с высокой плотностью вызовов с 3-х минутной доступностью на большей части старого и нового города; большая часть районов города находится в пределах 10-минутной зоны доступности до ОЗ.

Выделены вызовы, которые не попали в 3-х, 5-ти, 10-ти минутные зоны доступности до ОЗ – таких вызовов 469 из 38333 (1,22%), вызовы находятся в следующих районах города: Байконурский район, район Сарайшык и Сарыаркинский район.

Таким образом, большая часть города находится в пределах 10-минутной зоны доступности до ОЗ, что свидетельствует о хорошем уровне экстренной помощи для большинства населения. Вызовы, не попавшие в зоны доступности, сосредоточены в Байконурском, Сарайшык и Сарыаркинском районах. Это может говорить о необходимости дополнительного анализа и улучшения доступа к экстренной помощи на этих конкретных территориях (рисунок 32, таблица 13).

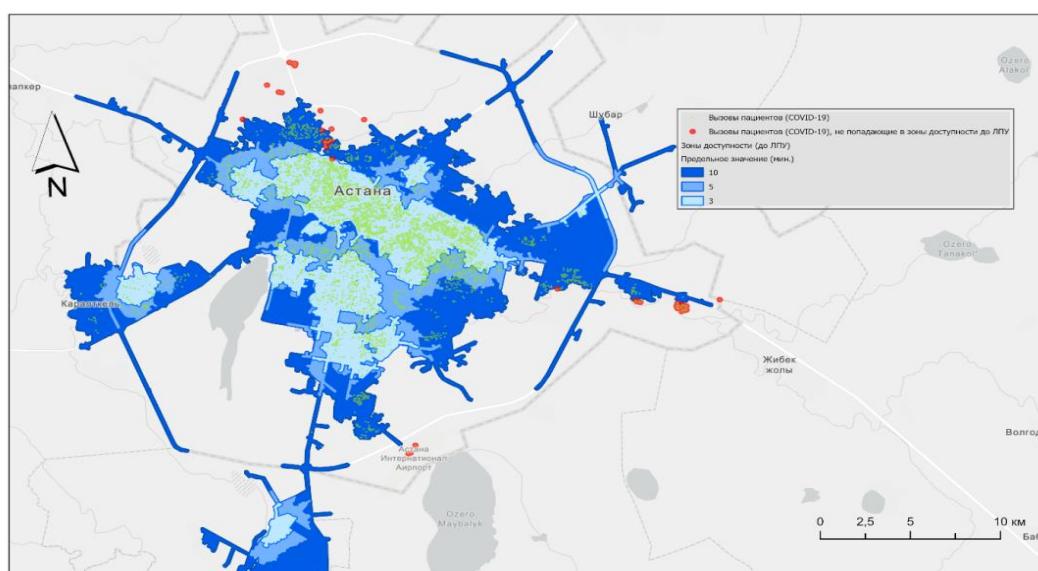


Рисунок 32 – Зоны доступности до ОЗ для вызовов пациентов с COVID-19

Таблица 16 – Количество и доля вызовов пациентов с COVID-19 по зонам доступности до ОЗ

Зона доступности до ОЗ (мин.)	Количество вызовов (COVID-19)	Доля вызовов (COVID-19), %	Количество пациентов, доставленных на госпитализацию (COVID-19)	Доля пациентов, доставленных на госпитализацию (COVID-19), %
0-3	30530	79,64	20752	81,61
3-5	2940	7,67	2863	11,26
5-10	4394	11,46	1544	6,07
Не входят	469	1,22	268	1,05
Всего	38333	100	25427	100

Выводы по разделу 5.2

1. Анализ карт плотности показал, что вызовы по поводу ИБС сконцентрированы в центральных и старых районах Астаны, таких как Сарыаркинский, Байконурский, и Алматинский районы. Это связано с высокой плотностью населения, возрастной структурой жителей и плотной застройкой. Напротив, вызовы по поводу COVID-19 были более равномерно распределены по городу, но с явной концентрацией в густонаселенных районах, что указывает на распространение заболевания среди всех возрастных групп и различные типы застройки.

2. В старых районах города (правый берег) наблюдается более высокая плотность вызовов по поводу ИБС. В новых районах города (левый берег) плотность вызовов по поводу ИБС ниже. В частности, в Есильском и Нуринском районах было отмечено значительно меньше случаев ИБС.

3. Горячие точки вызовов по поводу ИБС сосредоточены в центральных и северо-восточных частях города. В западных районах Астаны (например, в районах Нура и Есильский) наблюдаются холодные точки, что говорит о низкой плотности вызовов.

4. Расположение медицинских учреждений, ОЗ и отделения ЭМП, также влияет на плотность вызовов. Наибольшее число вызовов наблюдается вблизи крупных медицинских учреждений, что подтверждает важность доступности экстренной медицинской помощи в районах с высоким риском.

5. Выявленные горячие точки в центральных районах Астаны указывают на необходимость пересмотра стратегий по распределению ресурсов экстренной медицинской помощи. Увеличение количества вызовов в старых районах требует усиления медицинской инфраструктуры, включая создание дополнительных отделений скорой помощи и оптимизацию логистики для снижения времени реагирования.

6. Моделирование зон доступности ЭМП для вызовов по поводу ИБС показало, что в районах, таких как Байконурский, Сарайшык и Есильский, наблюдаются 1,74% вызовы, которые выходят за пределы 10-минутной зоны доступности, что указывает на необходимость усиления медицинской инфраструктуры или улучшения логистики экстренной помощи в этих районах.

7. Аналогично анализу доступности ЭМП, моделирование зон доступности до ОЗ для вызовов по ИБС также показало, что вызова, не попавшие в зону оперативной доступности, сосредоточены в Байконурском, Сарайшык и Алматинском районах.

8. Моделирование зон доступности от ЭМП для вызовов по COVID-19 показало, что 1,9% вызовов в районах Байконурский, Сарайшык, Есильский и Алматинский остались вне зоны доступности в пределах 10-минутной зоны.

9. Для ОЗ 1,22% вызовов по COVID-19 остались вне границ 10-минутной зоны, что указывает на высокую степень территориального покрытия медицинских учреждений, и подчеркивает необходимость дополнительных мер для Байконурского, Сарайшык и Сарыаркинского районов.

10. Байконурский район, Сарайшык и частично Есильский и Алматинский районы были выделены как зоны с недостаточным охватом

экстренной помощи (по времени доступа к ЭМП и ОЗ). Это требует улучшения инфраструктуры или перенаправления ресурсов для обеспечения равного доступа к медицинской помощи в этих районах.

6 РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ МОДЕЛИ ОКАЗАНИЯ ЭКСТРЕННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ С УЧЕТОМ ВЫЯВЛЕННЫХ БАРЬЕРОВ ПРИ ПОМОЩИ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

6.1 Разработанная модель оказания экстренной медицинской помощи на основе географических данных

Для выбора оптимальных маршрутов от ЭМП до пунктов назначения (вызовы) построены маршруты от всех ЭМП до ближайших адресов (рисунок 36); для ОЗ построены маршруты от ближайших адресов до всех ОЗ (рисунок 37). Максимальное значение времени – 10 минут – оптимальное время для прибытия бригады ЭМП на место и транспортировки пациентов.

На картах показано равномерное распределение маршрутов от ЭМП до пункта назначения и от пункта назначения до ОЗ. Каждый объект ЭМП и ОЗ имеет оптимальный вариант охвата территории от или до ближайшего пункта назначения.

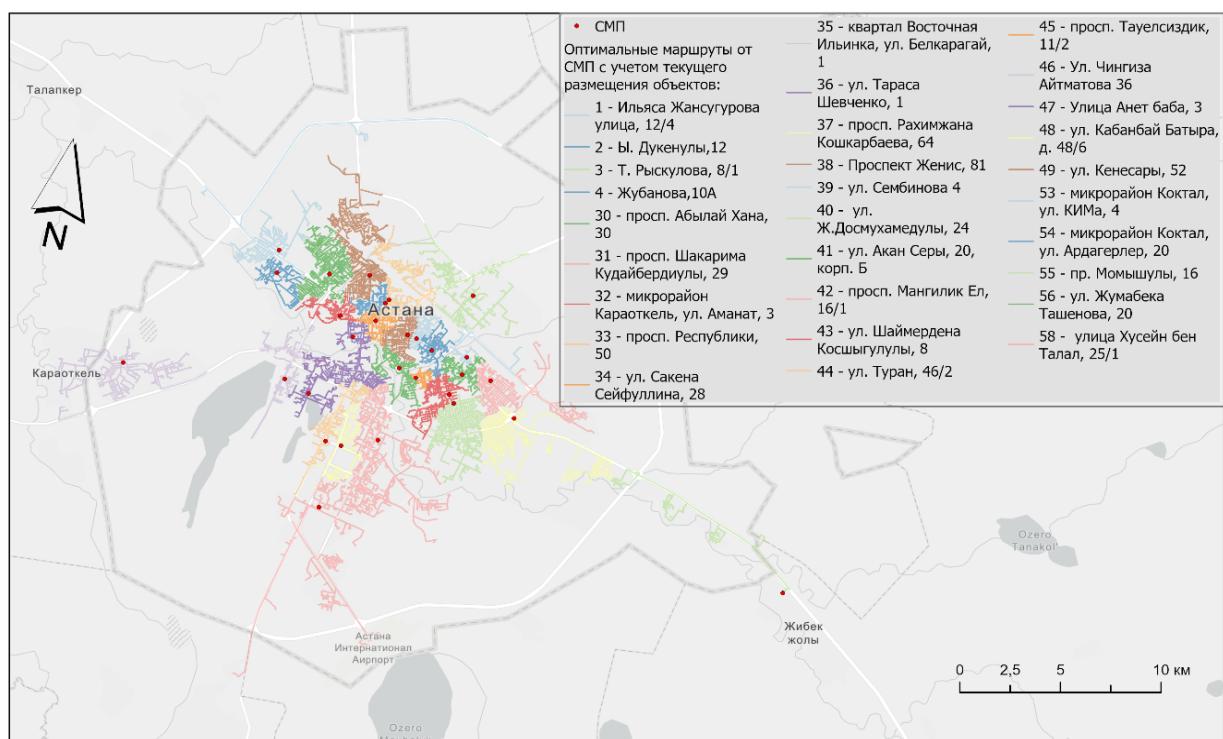


Рисунок 36 – Оптимальные маршруты от ЭМП с учетом текущего размещения объектов

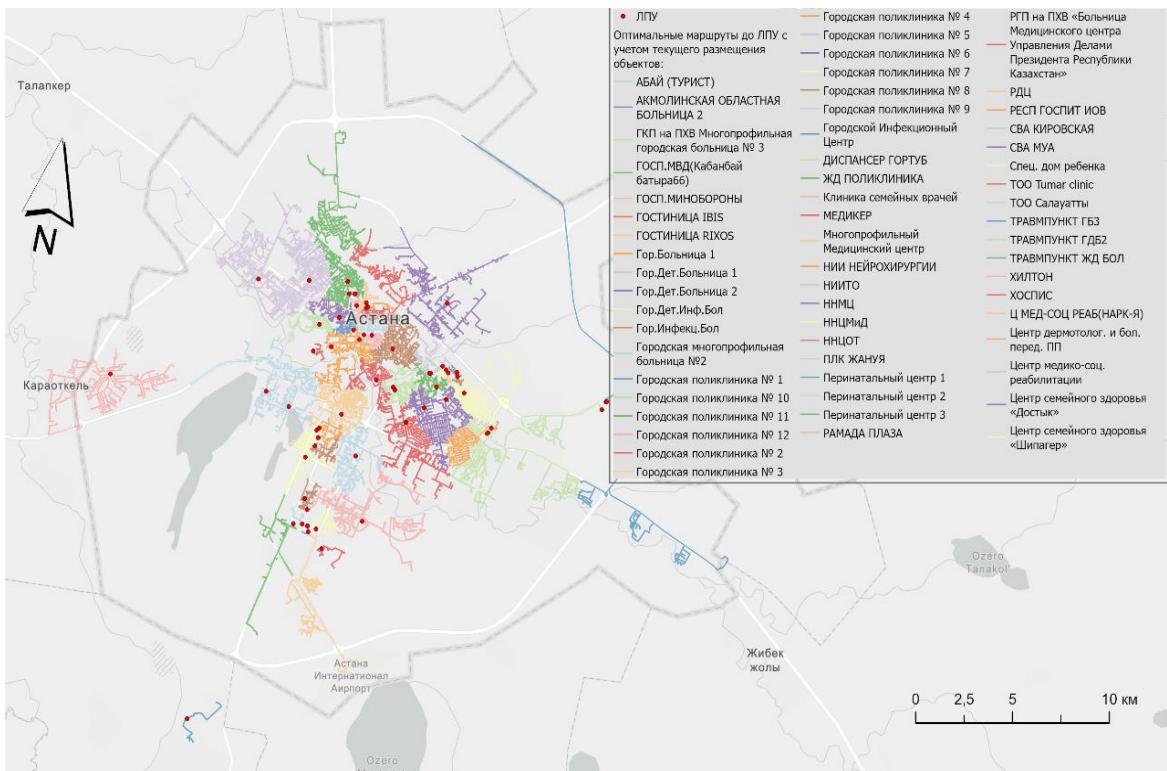


Рисунок 37 – Оптимальные маршруты до ОЗ с учетом текущего размещения объектов

Моделирование зоны обслуживания для ЭМП и ОЗ

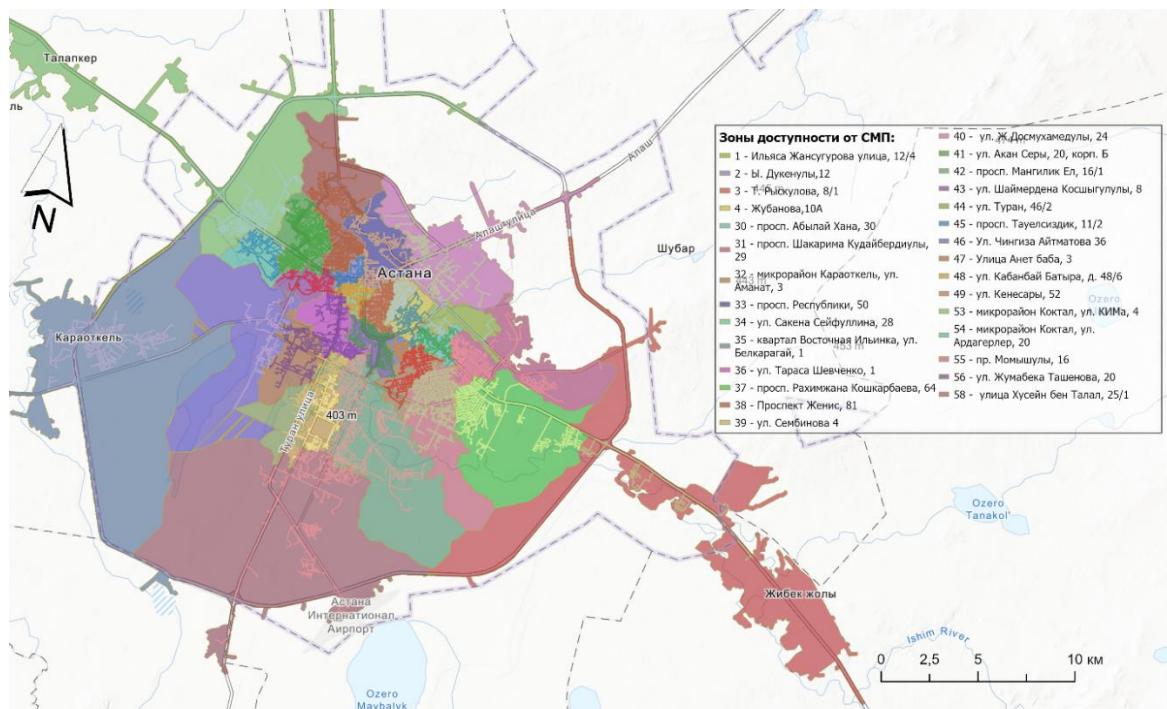


Рисунок 38 – Оптимальные зоны обслуживания станций ЭМП с учетом текущего размещения

Для каждого пункта ЭМП (рисунок 38) и ОЗ (рисунок 39) построены зоны доступности, максимальное время - 10 минут, изучено деление территории на

области, потенциально обслуживающие определенные адреса и зоны. Зоны доступности объединены с оптимальными маршрутами, полученными на предыдущем этапе.

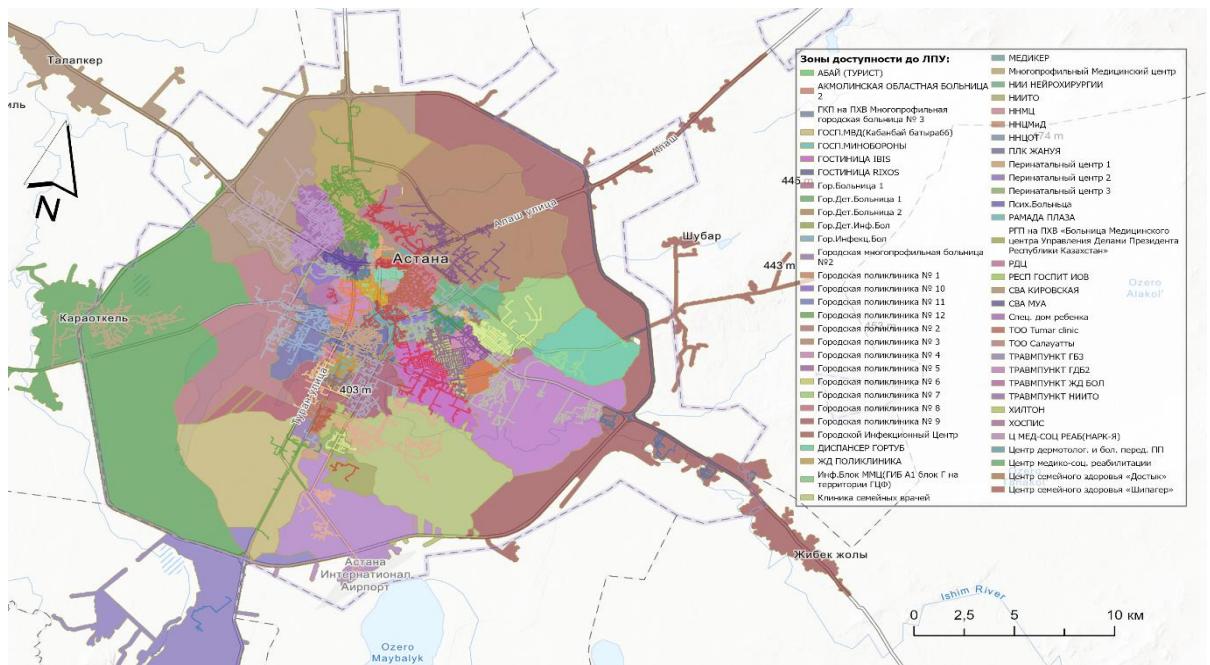


Рисунок 39 – Оптимальные зоны обслуживания ОЗ с учетом текущего размещения

Моделирование оптимального размещения новых объектов ЭМП и ОЗ

Для построения модели оптимального размещения объектов СМП и ОЗ выбраны «места-кандидаты» на основе проведенного раннее анализа, упор сделан на время маршрутов от станций ЭМП до пунктов назначения и от пунктов назначения до ОЗ. Выбрано 5 «кандидатов-места» для размещения новых ЭМП (на улице Талгата Нигматуллина 2, на улице Полет 2 и на улице Баканас 3, микрорайон Лесная Поляна - Косшы 1, Жанатурмыс 3) и 5 «кандидатов-места» для размещения новых ОЗ (улица Джунусова (Коянды) 2, Астана Объездная дорога 2, улица №229 1, 201-я улица 3, Улытау улица 3).

С помощью сетевого анализа сконструирована модель, которая выявила оптимальные места из «кандидатов» для нового размещения пунктов ЭМП и ОЗ (рисунок 23). Вычислено среднее время, затраченное на маршрут от ЭМП или до ОЗ и изменения в % для всего города (таблица 1), для каждого случая: все существующие ЭМП (ОЗ), все существующие ЭМП (ОЗ) + 1 «кандидат-победитель»; все существующие ЭМП (ОЗ) + 3 «кандидата-победителя»; все существующие ЭМП (ОЗ) + 5 «кандидатов».

1 «кандидат-победитель» - 1 приоритет; 3 «кандидата-победителя» - 2 приоритет; 5 «кандидатов-победителей» - 3 приоритет. К 1 приоритету относятся: микрорайон Лесная Поляна – Косшы (ЭМП), улица №229 (ОЗ). Ко 2 приоритету относятся: улицы Талгата Нигматуллина и Полет (ЭМП), Объездная дорога и улица Джунусова (ОЗ). К 3 приоритету относятся: улицы Баканас и Жанатурмыс (ЭМП), 201-я и Улытау улицы (ОЗ) (рисунок 41).

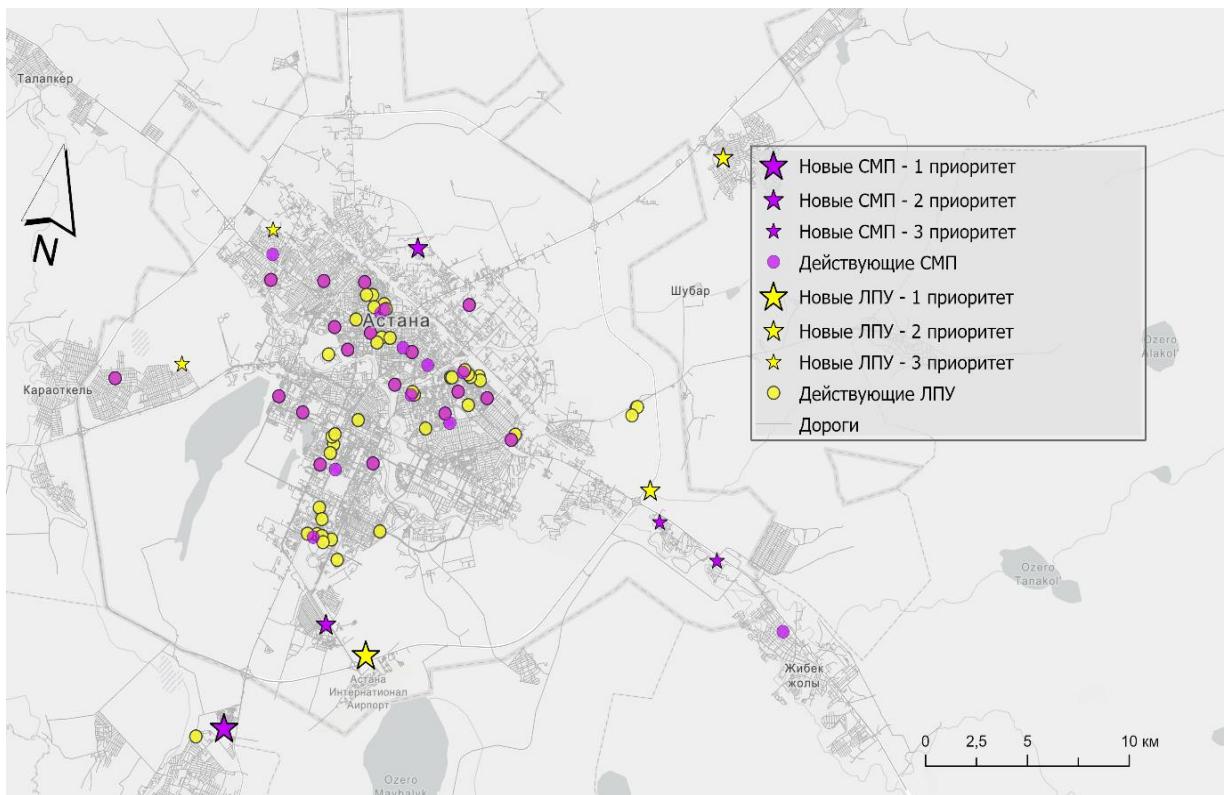


Рисунок 41 – Модель оптимального размещения объектов ЭМП и ОЗ

После выявления оптимальных мест для новых ЭМП и ОЗ вычислено изменение в % для всех адресов: среднее время, затраченное на маршрут от ЭМП, сократилось на 6,66 п.п., а среднее время, затраченное на маршрут до ОЗ, сократилось на 4,51 п.п. при условии размещения 5 новых пунктов ЭМП и 5 новых пунктов ОЗ (таблица 17).

Таблица 17 – Изменение среднего времени бригады ЭМП в пути для разных сценариев

Бригады ЭМП	ЭМП +1	ЭМП +3	ЭМП +5
Изменение в % для всех адресов	-2,65	-6,08	-6,66
пунктов ОЗ	OЗ + 1	OЗ + 3	OЗ + 5
Изменение в % для всех адресов	-1,26	-3,09	-4,51

Для того, чтобы понять, насколько улучшилось время для адресов со временем «более 30 минут», вычислено время для каждой ситуации: для ОЗ, ЭМП; для 1, 2, 3 приоритетов и по типам вызовов – COVID-19 и ИБС (таблица 18). По таблице 18 можно заметить, что создание новых ЭМП ведет к улучшению ситуации в городе от 10 до 20 п.п., а для ОЗ – от 2 до 6 п.п., что говорит о наилучшем исходе в городе.

Таблица 18 – Изменение среднего времени для адресов со значением текущего времени «более 30 минут»

Улучшение времени для ячеек более 30 минут	Среднее время от пункта назначения до ОЗ (COVID-19), %	Среднее время от пункта назначения до ОЗ (ИБС), %
OЗ+1	-2,20	-1,78
OЗ+3	-3,30	-1,78
OЗ+5	-5,49	-5,69
Улучшение времени для ячеек более 30 минут	Среднее время от пункта назначения до ЭМП (COVID-19), %	Среднее время от пункта назначения до ЭМП (ИБС), %
ЭМП+1	-11,93	-14,58
ЭМП +3	-15,74	-21,06
ЭМП +5	-16,50	-21,06

Выводы по разделу 6.1

1. Моделирование зон доступности с максимальным значением в 10 минут выявили проблемные территории с недостаточным покрытием экстренной помощи. К числу таких районов относятся улицы Талгата Нигматуллина, Баканас и микрорайон Жанатурмыс, где требуется оптимизация логистики и расширение инфраструктуры.

2. На основе сетевого анализа определены оптимальные «места-кандидаты» для размещения новых станций ЭМП и ОЗ. Приоритетными зонами для новых ЭМП являются:

- 1-й приоритет: Лесная Поляна – Косшы;
- 2-й приоритет: улицы Талгата Нигматуллина и Полет;
- 3-й приоритет: улицы Баканас и Жанатурмыс.

Для ОЗ;

- 1-й приоритет: улица №229;
- 2-й приоритет: Объездная дорога и улица Джунусова;
- 3-й приоритет: 201-я улица и Улытау улица.

3. Внедрение новых объектов ЭМП и ОЗ позволило добиться значительного сокращения среднего времени транспортировки:

- время от ЭМП до адресов вызова снизилось на 6,66 п.п.;
- время от адресов до ОЗ сократилось на 4,51 п.п.

4. Анализ показал, что размещение новых объектов особенно эффективно для адресов с изначально высоким временем прибытия. Создание новых ЭМП сократило количество таких вызовов на 10–20 п.п., а для ОЗ улучшение составило 2–6 п.п.

5. На основе результатов моделирования рекомендовано:

- реализовать приоритетное размещение объектов ЭМП в районах Лесная Поляна – Косшы, улиц Талгата Нигматуллина и Полет;
- для ОЗ приоритетными зонами являются улица №229, Объездная дорога и улица Джунусова;
- продолжить мониторинг логистической эффективности маршрутов и зон доступности с использованием географических данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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 [8; 9, р. 830–833; 14, р. 39-1–39-8]. 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 [51, р. 7–9; 52; 71, р. 75–82; 73].

РК, как и многие страны, сталкивается с высокой распространённостью сердечно-сосудистых заболеваний и значительным вкладом ИБС в общую смертность населения [75, 76, 92]. 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 [51, р. 7–9; 71, р. 75–82; 79, р. 25–42; 86, р. 149-1–149-10; 87, р. 170-1–170-19; 95, р. 557–578].

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 Сарайшык, 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 150%, 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 п.п.), а время транспортировки от адреса пациента до медицинской организации с 56,49 до 53,19 минут (на 4,51 п.п.).

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 организаций здравоохранения, необходимо оптимизировать маршруты доставки пациентов, особенно с ишемической болезнью сердца.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Knowles K., Beltran G.W., Grover L. Emergency Department Operations I: Emergency Medical Services and Patient Arrival // Emerg Med Clin North Am. – 2020. – Vol. 38, Issue 2. – P. 311-321.
- 2 Marshall B., McGlynn E., King A. Sobering centers, emergency medical services, and emergency departments: A review of the literature // Am J Emerg Med. – 2021. – Vol. 40. – P. 37-40.
- 3 Ningwa A., Kennedy M. et al. The state of emergency medical services and acute health facility care in Uganda: findings from a National Cross-Sectional Survey // BMC Health Serv Res. – 2020. – Vol. 20, Issue 1. – P. 634-1-634-10.
- 4 Mould-Millman N.-K., Rominski S.D. Barriers to Accessing Emergency Medical Services in Accra, Ghana: Development of a Survey Instrument and Initial Application in Ghana // Glob Heal Sci Pract. – 2015. – Vol. 3, Issue 4. – P. 577-590.
- 5 Menbeu S., Yonas A. Trends and barriers of emergency medical service use in Addis Ababa; Ethiopia // BMC Emerg Med. – 2019. – Vol. 19, Issue 1. – P. 28-1-28-8.
- 6 Murad A.A. Creating a GIS application for health services at Jeddah city // Comput Biol Med. – 2007. – Vol. 37, Issue 6. – P. 879-889.
- 7 Lo S.M., Yu Y.M. et al. Overview of the Shenzhen emergency medical service call pattern // World J Emerg Med. – 2012. – Vol. 3, Issue 4. – P. 251-256.
- 8 Cardiovascular diseases (CVDs) // [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
- 9 Malden D.E. et al. Hospitalization and Emergency Department Encounters for COVID-19 After Paxlovid Treatment - California, December 2021-May 2022 // MMWR Morb Mortal Wkly Rep. – 2022. – Vol. 71, Issue 25. – P. 830-833.
- 10 Levy M.J., Klein E., Chizmar T.P. et al. Correlation between Emergency Medical Services Suspected COVID-19 Patients and Daily Hospitalizations // Prehosp Emerg Care. – 2021. – Vol. 25, Issue 6. – P. 785-789.
- 11 Постановление Правительства Республики Казахстан. Об утверждении национального проекта "Качественное и доступное здравоохранение для каждого гражданина "Здоровая нация": утв. 12 октября 2021 года, №725 // <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2100000725>. 10.06.2024.
- 12 Jensen T.W., Holgersen M.G., Jespersen M.S. et al. Strategies to handle increased demand in the COVID-19 crisis: a corona telephone hotline and a web-based self-triage system // Eur PMC. – 2020. – Vol. 25, Issue 1. – P. 28-38.
- 13 Dami F., Berthoz V. Lausanne medical dispatch center's response to COVID-19 // Scand J Trauma Resuscit Emerg Med. – 2020. – Vol. 28, Issue 1. – P. 1-3.
- 14 Ferron R., Agarwal G., Cooper R. et al. The effect of COVID-19 on emergency medical service call volumes and patient acuity: a cross-sectional study in Niagara, Ontario // BMC Emerg Med. – 2021. – Vol. 21, Issue 1. – P. 39-1-39-8.
- 15 Murad A.A. Using geographical information systems for defining the accessibility to health care facilities in Jeddah City, Saudi Arabia // Geospat Health. – 2014. – Vol. 8, Issue 3. – P. S661-S669.

- 16 Tansley G., Schuurman N., Amram O. et al. Spatial Access to Emergency Services in Low- and Middle-Income Countries: A GIS-Based Analysis // PLoS One. – 2015. – Vol. 10, Issue 11. – P. e0141113.
- 17 Al-Thani H., Mekkodathil A. et al. Emergency Medical Services (EMS) Transportation of Trauma Patients by Geographic Locations and In-Hospital Outcomes: Experience from Qatar // Int J Environ Res Public Health. – 2021. – Vol. 18, Issue 8. – P. 4016-1-4016-13.
- 18 Doumouras A., Gomez D. et al. Comparing Methodologies for Evaluating Emergency Medical Services Ground Transport Access to Time-critical Emergency Services: A Case Study Using Trauma Center Care // Acad Emerg Med. – 2012. – Vol. 19, Issue 9. – P. E1099-E1108.
- 19 Utami I.Q., Ramdani F. GEMAR: web-based GIS for emergency management and ambulance routing // Inform Health Soc Care. – 2022. – Vol. 47, Issue 2. – P. 123-131.
- 20 International Organization for Standardization. (2014). ISO 19115-1:2014 Geographic information — Metadata — Part 1: Fundamentals.
- 21 Open Geospatial Consortium. (2006). OpenGIS Web Map Service Implementation Specification 1.3.0.
- 22 Health Level Seven International // <https://www.hl7.org/>
- 23 World Health Organization. (2021). Global Influenza Surveillance and Response System (GISRS) strategic framework 2022-2032.
- 24 Lo C.P., Yeung A.K.W. Concepts and Techniques of Geographic Information Systems. – London, 2007. – 532 p.
- 25 Joseph G., Jeganathan C. Fundamentals of Remote Sensing. – Hyderabad, 2018. – 606 p.
- 26 Peterson G.N. GIS Cartography: A Guide to Effective Map Design. – Boca Raton, 2009. – 246 p.
- 27 Sarkar A. Practical Geography: A Systematic Approach // In book: Orient Blackswan Private Limited. – Hyderabad, 2019. – P. 395-415.
- 28 Weng Q. Remote Sensing and GIS Integration. – NY., 2010. – 416 p.
- 29 Snow J. On the Mode of Communication of Cholera. London: John Churchill, 1855.
- 30 Koontz L.D. Geographic Information Systems Challenges to Effective Data Sharing // Information Management Issues viewed at www.gao.gov. 12.03.2020.
- 31 Wieczorek WF, Delmerico AM. Geographic Information Systems. Comput Stat. 2009;1(2):167-186. doi: 10.1002/wics.21. PMID: 20717487; PMCID: PMC2921721.
- 32 Rura-Porterfield M.J. et al. In Memoriam: Roger Tomlinson – The Father of GIS and the Transition to Computerized Geographic Information // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. – 2014. – Vol. 80, Issue 5. – P. 400-401.
- 33 U.S. Geological Survey and U.S. Census Bureau Collaborate on National Roads and Boundaries Data // <https://resources.data.gov/resources/usgs>. 13.07.2020.
- 34 Ordnance Survey Limited. Annual Report and Financial Statements 2019-2020. Southampton: Ordnance Survey; 2020. 106 p

- 35 Curran, Paul J. "Geographic Information Systems." *Area*, vol. 16, no. 2, 1984, pp. 153–58. JSTOR, <http://www.jstor.org/stable/20002046>. Accessed 19 May 2025.
- 36 Maguire, D.J., Goodchild, M.F., & Rhind, D.W. (1991). *Geographic Information Systems: Principles and Applications*. Longman Scientific & Technical.
- 37 Cromley, E.K., & McLafferty, S.L. (2011). *GIS and Public Health*. 2nd Edition. The Guilford Press.
- 38 Chrisman, N. (2006). *Charting the Unknown: How Computer Mapping at Harvard Became GIS*.
- 39 Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., & Rhind, D.W. (2015). *Geographic Information Science and Systems*. 4th Edition. Wiley.
- 40 Chrisman, N.R. *Exploring Geographic Information Systems*. Wiley, 2002.
- 41 Clawson J J., Dernocoeur K.B. *Principles of Emergency Medical Dispatch*. – Ed. 3rd. – Salt Lake City: Priority Press, 2003. – 512 p.
- 42 Blackwell T.H., Kaufman J.S. *Response Time Effectiveness: Comparison of Response Time and Survival in an Urban Emergency Medical Services System // Academic Emergency Medicine*. – 2002. – Vol. 9, Issue 4. – P. 288-295.
- 43 Svensson A. et al. *Response times in rural areas for emergency medical services, fire and rescue services and voluntary first responders during out-of-hospital cardiac arrests // Resusc Plus*. – 2024. – Vol. 17. – P. 100548.
- 44 Santosa B. et al. *Decentralization of Medical Emergency Service to Minimize Response Time // Procced. internat. conf. on Industrial Engineering and Operations Management*. – Bangkok, 2019. – P. 1072-1081.
- 45 Mell H.K., Mumma S.N. et al. *Emergency Medical Services Response Times in Rural, Suburban, and Urban Areas // JAMA Surg*. – 2017. – Vol. 152, Issue 10. – P. 983-984.
- 46 Nicoară P.S. et al. *A GIS-based network analysis for the identification of shortest route access to emergency medical facilities // Geographia Technica*. – 2014. – Vol. 9, Issue 2. – P. 60-67.
- 47 Deng Y, Zhang Y, Pan J. *Optimization for Locating Emergency Medical Service Facilities: A Case Study for Health Planning from China*. Risk Manag Healthc Policy. 2021 Apr 30;14:1791-1802. doi: 10.2147/RMHP.S304475. PMID: 33967578; PMCID: PMC8097057.
- 48 Chen A.Y. et al. *Predictive modeling for ambulance demand forecasting using machine learning techniques // IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*. – 2015. – Vol. 19, Issue 6. – P. 1824-1831.
- 49 Groenendaal J. et al. *A Critical Examination of the Assumptions Regarding Centralized Coordination in Large-Scale Emergency Situations // Journal of Homeland Security and Emergency Management*. – 2012. – Vol. 10, Issue 1. – P. 113-135.
- 50 Fan B. *Hybrid spatial data mining methods for site selection of emergency response centers // Natural Hazards*. – 2014. – Vol. 70. – P. 643-656.
- 51 Ahsan R. et al. *Leveraging GIS and spatial analysis for informed decision-making in COVID-19 pandemic // Health Policy and Technology*. – 2020. – Vol. 10, Issue 1. – P. 7-9.
- 52 Ozdenerol E. *The Role of GIS in COVID-19 Management and Control*. – Boca Raton: CRC Press, 2024. – 310 p.

- 53 Bridgelall R. Spatial Analysis of Advanced Air Mobility in Rural Healthcare Logistics // *Information*. – 2024. – Vol. 15, Issue 7. – P. 397-1-397-20.
- 54 Lowe J.W. Homeland Homework: Reconfiguring for Wider Spatial Integration // *Geospatial Solutions*. – 2002. – Vol. 12. – P. 42-45.
- 55 Steiniger, S., & Bocher, E. (2009). An overview on current free and open source desktop GIS developments. *International Journal of Geographical Information Science*, 23(10), 1345–1370. <https://doi.org/10.1080/13658810802634956>
- 56 Boulos M.N.K., Roudsari A.V., Carson E.R. Health Geomatics: An Enabling Suite of Technologies in Health and Healthcare (Methodological Review) // *Journal of Biomedical Informatics*. – 2001. – Vol. 34, Issue 3. – P. 195-219.
- 57 Richards T.B., Croner C.M., Rushton G. et al. Geographic information systems and public health: Mapping the future // *Public Health Reports*. – 1999. – Vol. 114, Issue 4. – P. 359-373.
- 58 Geographic Information System Technology has emerged as a crucial factor in preparing for and responding to health emergencies and disasters // <https://www.healthmappers.com/>
- 59 Boyer E.R. A New Approach to Acute Care Hospital Bed Management: A Case Study. Proceedings of the 23rd Annual Esri International User Conference; 7-11 July 2003; San Diego (CA). Redlands (CA): Esri; 2003. 8 p. URL: <https://proceedings.esri.com/library/userconf/proc03/proc03/p0112.pdf>.
- 60 Ulugtekin N. et al. Use of GIS in Epidemiology: A Case Study in Istanbul // *Journal of Environmental Science and Health Part A*. – 2006. – Vol. 41, Issue 9. – P. 2013-2026.
- 61 Liu H., Weng Q., Gaines D. Spatio-temporal analysis of the relationship between WNV dissemination and environmental variables in Indianapolis, USA // *International J of Health Geographics*. – 2008. – Vol. 7, Issue 1. – P. 66-1-66-13.
- 62 Лукьяненко Н.В., Базарова Г.Х., Сафьянова Т.В. и др. Методологический подход использования ГИС-технологий в эпиднадзоре за сибирской язвой на территории Алтайского края и Республики Алтай // *Медицинский Альманах*. – 2016. – №3(43). – С. 103-108.
- 63 Гохман В.В. Геоинформационные системы для здравоохранения и медицины // *Век качества*. – 2012. – №3. – С. 74-75.
- 64 Бойков В.Н., Субботин С.А. Анализ дорожно-транспортных происшествий с использованием ГИС // *САПР и ГИС автомобильных дорог*. – 2014. – №1(2). – С. 74-76.
- 65 Soboh Sababhi S., Khreishah A., Hammad E. Safety on Jordan's highways: A GIS-Based approach to identifying road accident hotspots // *GeoJournal*. – 2024. – Vol. 89, Issue 3. – P. 105.
- 66 Shafabakhsh G., Saeedi H., Heidari A. GIS-based spatial analysis of urban traffic accidents: Case study in Mashhad, Iran // *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*. – 2017. – Vol. 4, Issue 3. – P. 290-299.
- 67 Сомов Э.В. Применение геоинформационных методов в решении задач оптимизации медицинского обслуживания населения г. Москвы // *Врач и информационные технологии*. – 2012. – Т. 2. – С. 30-41.

68 Pedigo A., Aldrich T., Odoi A. Neighborhood disparities in stroke and myocardial infarction mortality: a GIS and spatial scan statistics approach // BMC Public Health. – 2011. – Vol. 11. – P. 644-1-644-13.

69 Рапаков Г.Г., Банщиков Г.Т. Организация системы раннего выявления больных артериальной гипертензией и доступность антигипертензивных средств в Вологодской области. Опыт использования кластерного анализа // Архивъ внутренней медицины. – 2013. – №4(12). – С. 16-23.

70 Соколов И.М. Анализ распространенности острого инфаркта миокарда в Саратовской области с использованием ГИС-технологий и прогностического моделирования // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2012. – Т. 8, №3. – С. 745-750.

71 Thrall G.I. The Future of GIS in Public Health Management and Practice // J Public Health Manag Pract. – 1999. – Vol. 5, Issue 4. – P. 75-82.

72 Information for Health: A Strategy for Building the National Health Information Infrastructure: Report and Recommendations from / National Committee on Vital and Health Statistics. – Washington, DC, 2001. – 100 p.

73 Centres for Disease Control and Prevention (CDC) // <https://www.cdc.gov/>. 10.09.2024.

74 Haisoufi D., Abdelghani E., Bouaiti A. Use of the Geographical Information System (GIS) in epidemiology: Systematic review // Journal of Epidemiology. – 2023. – Vol. 53. – P. 1081-1095.

75 Академия профилактической медицины Республики Казахстан. Отчёт о состоянии общественного здоровья и деятельности служб здравоохранения за 2023 год. — Алматы; 2024. — 152 с.// academypm.org

76 Shaltynov, A., Rocha, J., Jamedinova, U., & Myssayev, A. (2022). Assessment of primary healthcare accessibility and inequality in north-eastern kazakhstan. Geospatial Health, 17(1). <https://doi.org/10.4081/gh.2022.1046>

77 Абыльтаев А.М. Совершенствование организации оказания экстренной кардиологической медицинской помощи городскому населению (на примере городов Павлодара и Семей) // https://nabrk.kz/ru/e-catalog?page=2&sphere=5&title_first_letter=%D0%A1&topic=&publication_type=1_3

78 Садовская В. П., Мека-Меченко В.Г., Жумадилова З.Б., Мека-Меченко Т.В. Результаты интеграции геопространственных технологий для мониторинга энзоотичных территорий в Казахстане. Материалы Международного научно-практического симпозиума «Биобезопасность и устойчивое развитие: стратегические подходы» 24-25 сентября 2024 года, г. Алматы // <https://nscedi.kz/wp-content/uploads/2024/10/2-Sbornik-Tezisov-Simpoziuma-2024-god.pdf>

79 McLafferty S.L. GIS and health care // Annual Review of Public Health. – 2003. – Vol. 24. – P. 25-42.

80 van der Pols H., Mencl F., de Vos R. The impact of an emergency motorcycle response vehicle on prehospital care in an urban area // European Journal of Emergency Medicine. – 2011. – Vol. 18, Issue 6. – P. 328-333.

81 Hjälte L., Suserud B.O., Herlitz J. et al. Why are people without medical needs transported by ambulance? A study of indications for pre-hospital care // European Journal of Emergency Medicine. – 2007. – Vol. 14, Issue 3. – P. 151-156.

82 Tanaka Y., Yamada H., Tamasaku S. et al. The fast emergency vehicle pre-emption system improved the outcomes of out-of-hospital cardiac arrest // American Journal of Emergency Medicine. – 2013. – Vol. 31, Issue 10. – P. 1466-1471.

83 Musa G.J., Chiang P.H., Sylk T. et al. Use of GIS Mapping as a Public Health Tool: From Cholera to Cancer // Health Services Insights. – 2013. – Vol. 6. – P. 111-116.

84 Pell J.P., Sirel J.M., Marsden A.K. et al. Effect of reducing ambulance response times on deaths from out of hospital cardiac arrest: cohort study // British Medical Journal. – 2001. – Vol. 322, Issue 7299. – P. 1385-1388.

85 Sladjana A., Gordana P., Ana S. Emergency response time after out-of-hospital cardiac arrest // European Journal of Internal Medicine. – 2011. – Vol. 22, Issue 4. – P. 386-393.

86 Rocha T.A.H., Rocha J.S.Y., Alvares V. et al. Addressing geographic access barriers to emergency care services: A national ecologic study of hospitals in Brazil // International Journal for Equity in Health. – 2017. – Vol. 16, Issue 1. – P. 149-1-149-10.

87 Khakh A.K., Fast V. Spatial Accessibility to Primary Healthcare Services by Multimodal Means of Travel: Synthesis and Case Study in the City of Calgary // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2019. – Vol. 16, Issue 2. – P. 170-1-170-19.

88 Пешкун А.В. Организационные аспекты оказания в догоспитальном периоде экстренной скорой медицинской помощи пострадавшим в дорожно-транспортных происшествиях // Медицина катастроф. – 2012. – №1. – С. 42-49.

89 Московский городской фонд обязательного медицинского страхования. Годовой отчёт о деятельности и исполнении бюджета МГФОМС за 2023 год. — Москва: МГФОМС; 2024. — 232 с // <http://www.mgfoms.ru>. 06.01.2025.

90 Элькис И.С. История создания и развития станции скорой и неотложной медицинской помощи в г. Москве // Скорая медицинская помощь. – 2004. – №3. – С. 18-28.

91 Terzi O., Sisman A. A geographic information system-based analysis of ambulance station coverage area in Samsun, Turkey // Singapore Medical Journal. – 2013. – Vol. 54, Issue 11. – P. 653-668.

92 Совершенствование оказания скорой медицинской помощи в Республике Казахстан: отчет / Министерство здравоохранения Республики Казахстан. – Астана, 2017. – 75 с.

93 Yasobant S. et al. Geographic Information System Applications in Public Health: Advancing Health Research // In book: Healthcare Policy and Reform: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications. – NY., 2019. – P. 538-561.

94 Kumar V. GIS for Healthcare Access: A Bibliometric Analysis // International Research Journal of Management Sociology & Humanities. – 2023. – Vol. 4, Issue 7. – P. 2348-9359.

95 Davenhall W.F., Kinabrew C. GIS in Health and Human Services // In book: Springer Handbook of Geographic Information. – London, 2012. – P. 557-578.

96 Shaw N.T., McGuire S.K. Understanding the use of geographical information systems (GISs) in health informatics research: A review // Journal of Innovation in Health Informatics. – 2017. – Vol. 24, Issue 2. – P. 106-122.

97 Nicholson C. An interactive geographic information system to inform optimal locations for healthcare services // PLOS Digital Health. – 2023. – Vol. 2, Issue 5. – P. e0000253.

97 Okumu B.A., Tenant M., Kruger E. et al. Geospatial Analysis of Dental Access and Workforce Distribution in Kenya // Annals of Global Health. – 2022. – Vol. 88, Issue 1. – P. 104-1-104-13.

99 Igarashi Y., Yabuki M., Norii T. et al. Quantitative analysis of the impact of COVID-19 on the emergency medical services system in Tokyo // Acute Medicine & Surgery. – 2021. – Vol. 8, Issue 1. – P. e709-1-e709-5.

100 Saberian P., Conovaloff J.L. et al. How the COVID-19 Epidemic Affected Prehospital Emergency Medical Services in Tehran, Iran // Western Journal of Emergency Medicine. – 2020. – Vol. 21, Issue 6. – P. 110-116.

101 Cheng Y.-Y., Chen C.-M. et al. Rehabilitation programs for patients with Coronavirus Disease 2019: Consensus statements of Taiwan Academy of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation // Journal of the Formosan Medical Association. – 2021. – Vol. 120, Pt 1. – P. 83-92.

102 Zhussupov B., Saliev T. et al. Analysis of COVID-19 pandemics in Kazakhstan // Journal of Research in Health Sciences. – 2021. – Vol. 21, Issue 2. – P. e00512-1-e00512-7.

103 Chayakova A., Dauletyarova M., Aldyngurov D. et al. Trends of emergency calls during the COVID-19 pandemic in Astana // Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences. – 2021. – Vol. 9(E). – P. 665-669.

104 Chayakova A., Musina A., Aldanysh A. Trends in emergency medical calls before and after COVID-19 in Kazakhstan // Georgian Medical News. – 2024. – Vol. 354, Issue 9. – P. 85-91.

105 Website for 2019-nCoV / World Health Organization // <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/>. 06.01.2025.

106 Atzrodt C.L., Maknojia I. et al. A Guide to COVID-19: A global pandemic caused by the novel coronavirus SARS-CoV-2 // FEBS Journal. – 2020. – Vol. 287, Issue 17. – P. 3633-3650.

107 Haussner W., DeRosa A.P. et al. COVID-19 associated myocarditis: A systematic review // American Journal of Emergency Medicine. – 2022. – Vol. 51. – P. 150-155.

108 Maguire B.J., Dean S., Bissell R.A. et al. Epidemic and bioterrorism preparation among emergency medical services systems // Prehospital and Disaster Medicine. – 2007. – Vol. 22, Issue 3. – P. 237-242.

109 Beyramijam M., Farrokhi M., Ebadi A. et al. Disaster preparedness in emergency medical service agencies: A systematic review // Journal of Education and Health Promotion. – 2021. – Vol. 10. – P. 258-1-258-10.

110 Alwidyan M.T., Oteir A.O., Trainor J. Working during pandemic disasters: views and predictors of EMS providers // Disaster Medicine and Public Health Preparedness. – 2022. – Vol. 16, Issue 1. – P. 116-122.

111 Al Amiry A., Maguire B.J. Emergency Medical Services (EMS) Calls During COVID-19: Early Lessons Learned for Systems Planning (A Narrative Review) // Open Access Emergency Medicine. – 2021. – Vol. 13. – P. 407-414.

112 Igarashi Y., Yabuki M., Norii T. et al. Quantitative analysis of the impact of COVID-19 on the emergency medical services system in Tokyo // Acute Medicine & Surgery. – 2021. – Vol. 8, Issue 1. – P. e709-5-e709-5.

113 Thomas S, Foley C, Kane B, Johnston BM, Lynch B, Smith S, Healy O, Droog E, Browne J. Variation in resource allocation in urgent and emergency Care Systems in Ireland. BMC Health Serv Res. 2019 Sep 11;19(1):657. doi: 10.1186/s12913-019-4504-4. PMID: 31511009; PMCID: PMC6737720.

114 Dami F., Berthoz V. Lausanne medical dispatch center's response to COVID-19 // Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine. – 2020. – Vol. 28(1). – P. 37-1-37-3.

115 Cantwell K., Morgans A., Smith K. Time of day and day of week trends in EMS demand // Prehospital Emergency Care. – 2015. – Vol. 19. – P. 425-431.

116 Численность населения г. Астана//
<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D0%BF>

117 Постановление Главного государственного санитарного врача. Об ограничительных карантинных мерах и поэтапном их смягчении: утв. 25 декабря 2020 года, №68 // https://online.zakon.kz/Document/?doc_id.06.01.2025.

118 Conference call of the Interdepartmental Commission (IAC) to prevent the spread of coronavirus infection in the territory of the Republic of Kazakhstan // <https://primeminister.kz/ru/news/v-kazahstane-usilyat-ogranichitelnye>. 06.01.2025.

119 Azbel M., Heinänen M., Lääperi M. et al. Effects of the COVID-19 pandemic on trauma-related emergency medical service calls: A retrospective cohort study // Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine. – 2021. – Vol. 29. – P. 1-8.

120 Alhraiwil N.J., Al-Aqeel S., AlFaleh A.F. et al. Impact of COVID-19 on the 937 Telephone Medical Consultation Service in Saudi Arabia // International Journal of Telemedicine and Applications. – 2022. – Vol. 2022. – P. 4181322.

121 Frounfelker R.L., Santavicca T., Li Z.Y. et al. COVID-19 Experiences and Social Distancing: Insights From the Theory of Planned Behavior // American Journal of Health Promotion. – 2021. – Vol. 35, Issue 8. – P. 1095-1104.

122 Sonkin R., Alpert E.A., Katz D.E. et al. Maximizing the Role of Emergency Medical Services in COVID-19 Response // Disaster Medicine and Public Health Preparedness. – 2021. – Vol. 17. – P. e87-1-e87-7.

123 Gebhard C., Regitz-Zagrosek V., Neuhauser H.K. et al. Impact of sex and gender on COVID-19 outcomes in Europe // Biology of Sex Differences. – 2020. – Vol. 11. – P. 29-1-29-13.

- 124 Wang D., Hu B., Hu C. et al. Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus-infected pneumonia in Wuhan, China // JAMA. – 2020. – Vol. 323. – P. 1061-1069.
- 125 New York City Health as of May 13, 2020: COVID-19 Daily Data Summary – Deaths // <https://www1.nyc.gov/assets/doh/downloads/pdf>. 06.01.2025.
- 126 Passport of socio-economic development of the city of Astana for January–October 2021 // https://astana.gov.kz/ru/news/soc_econom. 06.01.2025.
- 127 Peacock P.J., Peacock J.L. Emergency call workload, deprivation, and population density: An investigation into ambulance services across England // Journal of Public Health. – 2006. – Vol. 28, Issue 2. – P. 111-115.
- 128 Timonin S., Kontsevaya A., McKee M. et al. Reducing geographic inequalities in access times for acute treatment of myocardial infarction in a large country: The example of Russia // International Journal of Epidemiology. – 2018. – Vol. 47, Issue 5. – P. 1594-1602.
- 129 Terzi O., Sisman A., Canbaz S. et al. A geographic information system-based analysis of ambulance station coverage area in Samsun, Turkey // Singapore Medical Journal. – 2013. – Vol. 54, Issue 11. – P. 653-668.
- 130 Navaeifar M.R., Poudineh Ghazaghi M. et al. Fever with Rash is One of the First Presentations of COVID-19 in Children: A Case Report // International Medical Case Reports Journal. – 2020. – Vol. 13. – P. 335-340.
- 131 Choron R.L. et al. Fever in the ICU: A Predictor of Mortality in Mechanically Ventilated COVID-19 Patients // Journal of Intensive Care Medicine. – 2021. – Vol. 36, Issue 4. – P. 484-493.
- 132 Valent F., Licata S. Emergency Medical Services Calls During Italy's COVID-19 Lockdown // Annals of Emergency Medicine. – 2020. – Vol. 76, Issue 6. – P. 812-814.
- 133 Lange S.J., Ritchey M.D., Goodman A.B. et al. Potential Indirect Effects of the COVID-19 Pandemic on Use of Emergency Departments for Acute Life-Threatening Conditions: United States, January–May 2020 // Morbidity and Mortality Weekly Report. – 2020. – Vol. 69, Issue 25. – P. 795-800.
- 134 Luo W., Qi Y. An enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method for measuring spatial accessibility to primary care physicians // *Health & Place*. 2009. Vol. 15, № 4. P. 1100–1107. DOI: 10.1016/j.healthplace.2009.06.002.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Авторское свидетельство

КАЗАКСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ

РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН



АВТОРЛЫҚ КИКІЛПЕН КОРГАЛАТЫН ОБЪЕКТИЛЕРГЕ КИКІЛТАРДЫН
МЕМЛЕКЕТТІК ТІЗІЛІМГЕ МӘЛІМЕТТЕРДІ ЕҢГІЗУ ТУРАЛЫ

КУӘЛІК

2022 жылғы «24» мамыр № 26453

Автордың (парлың) жөні, аты, ахесінің аты (егер ол жеке басын куаландыратын күштің көрсетілсе).
ЧАЙКОВА АКЕРКЕ МАМБЕТҚЫзы

Авторлық құбылған объекті: **Рыльми тұныны**

Объекттің атты: **Использование геоинформационных систем для оценки медико-санитарных и инфраструктурных барьеров оказания экстренной медицинской помощи**

Объекттің жасаған күн: **01.04.2022**



Антал жетекшілікке берілген көзделдіктер мен сабактар

Авторлық құны: белгілеуде беріледі. [Пәннен ажыратылғанда](#)

Пәннен ажыратылғанда олардың орталық мемлекеттік мәдениеттік мұнисипалитеттерге

и разработчикам

ЭЦК қол жылды

Е. Оспанов



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Акт внедрения

«УТВЕРЖДАЮ»
Главный врач ГКП на ПХВ «ССМП»
УЗ г. Шымкент Г.М. Курманбекова
«2» 12 2024г.

А К Т

Внедрения результатов научно-исследовательской работы
Государственное коммунальное предприятие на праве хозяйственного ведения «Станция скорой медицинской помощи» Управления здравоохранения г. Шымкент

Наименование предложения: Алгоритм использования модели оказания экстренной медицинской помощи с применением ГИС-технологий

Краткая аннотация: В представленном акте внедрения алгоритма использования модели оказания экстренной медицинской помощи с применением ГИС-технологий описывается оптимизированный подход к работе служб скорой помощи. Ключевой элемент оптимизации заключается в интеграции геоинформационных систем (ГИС) в процессе принятия решений и маршрутизации бригад скорой помощи. Использование ГИС-технологий позволяет учитывать географические данные, дорожную обстановку и расположение станций скорой помощи, что способствует сокращению времени отклика, эффективному использованию ресурсов и повышению качества оказываемой медицинской помощи.

Работа внедрена: в инициативном порядке

Форма внедрения: внедрение алгоритма оптимизации маршрутизации экстренной медицинской помощи в лечебно-профилактическом учреждении

Ответственный за внедрение и исполнитель: Докторант по специальности «Общественное здравоохранение» Чаякова Акерке Мамбетовна, преподаватель-исследователь кафедры ОЗ и эпидемиологии, заведующая кафедрой ОЗ и эпидемиологии Мусина А.А.

Эффективность внедрения:
Лечебно-диагностическая эффективность: сокращение времени прибытия бригад скорой помощи на место вызова, за счет расчета ГИС-технологии наиболее быстрые и безопасные маршруты с учетом текущей дорожной обстановки и других факторов, влияющих на скорость передвижения, что позволяет быстрее оказывать экстренную медицинскую помощь и снижает риски для пациентов.

Экономическая эффективность: улучшение планирования ресурсов ведут к снижению общих затрат на обслуживание вызовов, за счет ГИС-анализа

«УТВЕРЖДАЮ»
Гл. врач ГКП
«Областная станция скорой неотложной медицинской помощи»
на ПХВ Актауской области
Жапыков М.Х.
«2» 12 2024г.

А К Т

Внедрения результатов научно-исследовательской работы

ГКП «Областная станция скорой неотложной медицинской помощи» на ПХВ Актауской области

Наименование предложения: Алгоритм использования модели оказания экстренной медицинской помощи с применением ГИС-технологий

Краткая аннотация: В представленном акте внедрения алгоритма использования модели оказания экстренной медицинской помощи с применением ГИС-технологий описывается оптимизированный подход к работе служб скорой помощи. Ключевой элемент оптимизации заключается в интеграции геоинформационных систем (ГИС) в процессе принятия решений и маршрутизации бригад скорой помощи. Использование ГИС-технологий позволяет учитывать географические данные, дорожную обстановку и расположение станций скорой помощи, что способствует сокращению времени отклика, эффективному использованию ресурсов и повышению качества оказываемой медицинской помощи.

Работа внедрена: в инициативном порядке

Форма внедрения: внедрение алгоритма оптимизации маршрутизации экстренной медицинской помощи в лечебно-профилактическом учреждении

Ответственный за внедрение и исполнитель: Докторант по специальности «Общественное здравоохранение» Чаякова Акерке Мамбетовна, преподаватель-исследователь кафедры ОЗ и эпидемиологии, заведующая кафедрой ОЗ и эпидемиологии Мусина А.А.

Эффективность внедрения:
Лечебно-диагностическая эффективность: сокращение времени прибытия бригад скорой помощи на место вызова, за счет расчета ГИС-технологии

«УТВЕРЖДАЮ»
и.о. Директора ГКП на ПХВ «Городская
станиця скорой медицинской помощи»
акимата г. Астана
Н. Беркнегали

«_____» 2025 г.

А К Т

Внедрения результатов научно-исследовательской работы ГКП на ПХВ «Городская станция скорой медицинской помощи»

акимата г. Астана

(наименование учреждения, где внедряется работа)

Наименование предложения: Акт внедрения модели организации экстренной медицинской помощи с применением ГИС-технологий

Краткая аннотация: В представленном акте внедрения модели организации экстренной медицинской помощи с применением ГИС-технологий описывается оптимизированный подход к работе служб скорой помощи. Ключевой элемент оптимизации заключается в интеграции геоинформационных систем (ГИС) в процесс принятия решений и маршрутизации бригад скорой помощи. Использование ГИС-технологий позволяет учитывать географические данные, дорожную обстановку и расположение станции скорой помощи, что способствует сокращению времени отклика, эффективному использованию ресурсов и повышению качества оказываемой медицинской помощи.

Работа внедрена: в инициативном порядке

Форма внедрения: внедрение модели организации экстренной медицинской помощи с применением ГИС-технологий

Ответственный за внедрение и исполнитель: Докторант по специальности «Общественное здравоохранение» Чаякова Акерке Мамбетовна, преподаватель-исследователь кафедры ОЗ и эпидемиологии.

Эффективность внедрения:

Лечебно-диагностическая эффективность: сокращение времени прибытия бригад скорой помощи на место вызова, за счет расчета ГИС-технологии наиболее быстрые и безопасные маршруты с учетом текущей дорожной обстановки и других факторов, влияющих на скорость передвижения, что

Активаци
Чтобы акти
параметра

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Данные вызовов

Министерство
здравоохранения
Республики Казахстан
ГОРОД АСТАНА

Медицинская документация
Форма № 085/У
утверждена приказом
н.о. Министра здравоохранения
Республики Казахстан от 30
октября 2020 года № 175

КАРТА ВЫЗОВА БРИГАДЫ СМП №:							
Дата создания вызова		Время приема вызова		АРМ	Категория срочности		Тип выезда
Идентификатор вызова		Диспетчер приема			Старший врач евакуатор		
Подстанция		Адрес		ул.лица			
Телефон		Кем приходится звонящий		Домашний адрес		ул.лица	
ФИО				Пол		ИИН	
Возраст		КВИ		Номер повторного вызыва		Результат вызова	
Примечание к адресу							
Поликлиника по адресу		Актив для		Поликлиника по РИН			
Пол		Отказ от осмотра	Отказ от помощи	Отказ от госпитализации	Кто отказался	ЭПП Сотрудниками бригады скорой помощи и предупрежден о возможных сложнениях и последствиях своего отказа	
Проверка записи		Диспетчер евакуатор		Диспетчер подстанции			
Время передачи	Время выезда	Время прибытия		Время госпитализации	Время ЛПУ	Время освобождения	Время возвращения
Номер бригады		Тип бригады				Старший бригады	
Помощник 1		Помощник 2				Водитель	
Состояние больного		Житель/Резидент				ЛПУ доставки	
Диагноз DS-1						Диагноз DS-2	
Диагноз DS-3						Социальное положение	
Дефект зависит						Причина НС	
Причина повтора						Специфика вызова	
Жалобы							
Анамнез настоящего заболевания							
Анамнез жизни							
Доставлен в пункт (ФИО)	Дополнительная информация по вызову						
Результаты лечения							
Диагноз скорой помощи							

Актив
Чтобы а
параметр