

ПОЛИКАРПОВ А.В.,

к.м.н., ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России, г. Москва, Россия,
e-mail: polikarpov@mednet.ru

ГОЛУБЕВ Н.А.,

к.м.н., ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России, г. Москва, Россия,
e-mail: golubev@mednet.ru

ОГРЫЗКО Е.В.,

д.м.н., ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России, г. Москва, Россия,
e-mail: ogrid@mednet.ru

РУГОЛЬ Л.В.,

д.м.н., ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России, г. Москва, Россия,
e-mail: rugol@mednet.ru

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В МИРЕ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ

DOI: 10.25881/18110193_2023_4_4

Аннотация. Картографическое представление информации является особенно востребованным и наглядным для освещения глобальных и региональных событий, а также оценки размещения на исследуемой территории стационарных и не стационарных объектов. Геоинформационные системы (ГИС) в эпидемиологическом надзоре за паразитарными болезнями обеспечивают сбор, хранение, обработку, доступ к информации, отображение и распространение пространственно-координированных данных, которые могут быть применены для решения научных и прикладных задач: анализа, мониторинга, оценки, прогноза распространения паразитов и поддержания санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Цель. Изучить основные этапы истории развития геоинформационных систем в мире с учетом возможностей применения для нужд здравоохранения.

Материалы и методы. Были использованы научные публикации отечественных и зарубежных авторов по изучаемой проблеме за период с 2000 по 2023 годы. Контекстный поиск включал ключевые слова «геоинформационный», «ГИС», «GIS». Инструменты поиска включали научную электронную библиотеку eLIBRARY.RU и поисковые системы google и Яндекс. Был отобран 31 источник, из них 17 отечественных. Используются описательный, аналитический методы, метод ретроспективного исторического анализа, контент-анализа.

Результаты. В статье приводится история развития ГИС в мире, в которой условно можно выделить четыре этапа: пионерский период, период государственных инициатив, период коммерческого развития, пользовательский период. Приведены сферы и примеры использования ГИС в эпидемиологии и планировании систем здравоохранения.

Заключение. Совершенствование ГИС-технологий и программных средств в здравоохранении позволяет упростить анализ информации о стационарных и нестационарных объектах, повысить качество аналитической информации и ее достоверность.

Ключевые слова: геоинформационные системы, ГИС, здравоохранение.

Для цитирования: Поликарпов А.В., Голубев Н.А., Огрызко Е.В., Руголь Л.В. История развития геоинформационных систем в мире и их использование в здравоохранении. Врач и информационные технологии. 2023; 4: 4-13. doi: 10.25881/18110193_2023_4_4.

POLIKARPOV A.V.,

PhD, Federal State Budgetary Institution «Central Research Institute of Organization and Informatization of Healthcare» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia, e-mail: pov_alex@rambler.ru

GOLUBEV N.A.,

PhD, Federal State Budgetary Institution «Central Research Institute of Healthcare Organization and Informatization» of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia, e-mail: golubev@mednet.ru

OGRYZKO E.V.,

DSc, Federal State Budgetary Institution «Central Research Institute of Organization and Informatization of Healthcare» of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia, e-mail: ogrev@mednet.ru

RUGOL L.V.,

DSc, Federal State Budgetary Institution «Central Research Institute for Organization and Informatization of Health Care» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia, e-mail: rugollv@mednet.ru

HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF GEOINFORMATION SYSTEMS IN THE WORLD AND THEIR USE IN HEALTHCARE

DOI: 10.25881/18110193_2023_4_4

Abstract. Cartographic presentation of information is especially in demand and visual for covering global and regional events, as well as assessing the location of stationary and non-stationary objects in the study area. Geoinformation systems (GIS) in epidemiological surveillance of parasitic diseases provide collection, storage, processing, access to information, display and dissemination of spatially coordinated data that can be used to solve scientific and applied problems: analysis, monitoring, assessment, forecasting the spread of parasites and maintaining sanitary epidemiological well-being of the population.

Aim. To study the main stages of the history of GIS development in the world considering the possibilities of GIS application in healthcare.

Materials and methods. Scientific publications of domestic and foreign authors on the problem from 2000 to 2023 were used. The contextual search included the keywords “geographic information”, “GIS” (in Russian and English). Search tools included the scientific electronic library eLIBRARY.RU and search engines Google and Yandex. 31 sources were found, of which 17 were domestic. Descriptive, analytical methods, the method of retrospective historical analysis, and content analysis were used.

Results. The article presents the history of GIS development in the world, consisting of four stages — the pioneer period, the period of government initiatives, the period of commercial development, the user period. The areas and examples of the use of GIS in epidemiology and in the planning of healthcare systems are given.

Conclusion. Improvement of GIS technologies and software in healthcare makes it easier to analyze data on stationary and non-stationary objects, as well as it improves quality and validity of analytical information.

Keywords. Geoinformation systems, history, healthcare.

For citation: Polikarpov A.V., Golubev N.A., Ogryzko E.V., Rugol L.V. History of the development of geoinformation systems in the world and their use in healthcare. Medical doctor and information technology. 2023; 4: 4-13. doi: 10.25881/18110193_2023_4_4.

ВВЕДЕНИЕ

Картографическое представление информации является особенно востребованным и наглядным для освещения глобальных и региональных событий, а также оценки размещения на исследуемой территории стационарных и нестационарных объектов [3]. Геоинформационные системы (ГИС) в эпидемиологическом надзоре за паразитарными болезнями обеспечивают сбор, хранение, обработку, доступ к информации, отображение и распространение пространственно-координированных данных, которые могут быть применены для решения научных и прикладных задач: анализа, мониторинга, оценки, прогноза распространения паразитов и поддержания санитарно-эпидемиологического благополучия населения [5, 6].

Цель исследования. Изучить основные этапы истории развития ГИС в мире с учетом возможностей применения для нужд здравоохранения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Были использованы научные публикации отечественных и зарубежных авторов по изучаемой проблеме за период с 2000 по 2023 годы. Контекстный поиск включал ключевые слова «геоинформационный», «ГИС», «GIS». Инструменты поиска включали научную электронную библиотеку eLIBRARY.RU и поисковые системы google и Яндекс. Был отобран 31 источник, из них 17 отечественных. Используются описательный, аналитический методы, метод ретроспективного исторического анализа, контент-анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате контент-анализа были отобраны материалы, которые характеризовали историю развития ГИС в системе здравоохранения: начиная от первых эпидемиологических исследований, до современного территориального планирования сети медицинских организаций.

Анализ отобранных литературных источников позволяет осуществить периодизацию этапов развития ГИС с точки зрения их применения в здравоохранении как в Российской Федерации, так и в мире.

Основы применения методов геоинформационного отображения в медицинской географии были заложены английским анестезиологом и эпидемиологом Джоном Сноу еще в 1854 году во

время вспышки холеры в Лондоне. В поисках источника распространения холеры Джон Сноу наносил на карту места вспышки инфекции. Таким образом, он обнаружил, что очагом возникновения заболевания являлся водозаборный насос [1]. Далее картографический анализ размещения исследуемых объектов применялся и в других аспектах здравоохранения и эпидемиологии.

Особый толчок для развития ГИС дало массовое применения электронных вычислительных машин (ЭВМ). Историю развития ГИС можно условно разделить на три этапа [2–5] (рис. 1).

I этап развития ГИС, пионерский, характеризуется успехом внедрения компьютерных технологий во все сферы деятельности человека и охватывает период с поздних 1950 по ранние 1970 годы. На данном этапе появляются ЭВМ, оцифровщики, плоттеры, графические дисплеи и другие периферийные устройства. Создаются программные алгоритмы и процедуры графического отображения информации на дисплеях и с помощью плоттеров, формальные методы пространственного анализа, а также программные средства управления базами данных.

Первые геоинформационные технологии были разработаны в 1950–1960 годах в Западной Европе, США и Канаде. К числу главных достижений этого периода в теории ГИС можно отнести определение принципиальных возможностей ГИС, в практической сфере — разработку первых крупных ГИС.

Самой масштабной и успешной разработкой была ГИС Канады, Canada Geographic Information System (CGIS), созданная под руководством известного английского географа Роджера Томлинсона (Roger Tomlinson). Новаторская работа Роджера Томлинсона по созданию ГИС Канады привела к появлению первой компьютеризированной ГИС в мире в 1963 году. Правительство Канады поручило Томлинсону создать систему по учету природных ресурсов страны. Под руководством Томлинсона была создана автоматизированная вычислительная система для хранения и обработки больших объемов данных, что позволило Канаде начать свою национальную программу управления землепользованием. Также на развитие ГИС оказала Гарвардская лаборатория компьютерной графики и пространственного анализа (Harvard Laboratory for Computer Graphics & Spatial Analysis) Массачусетского

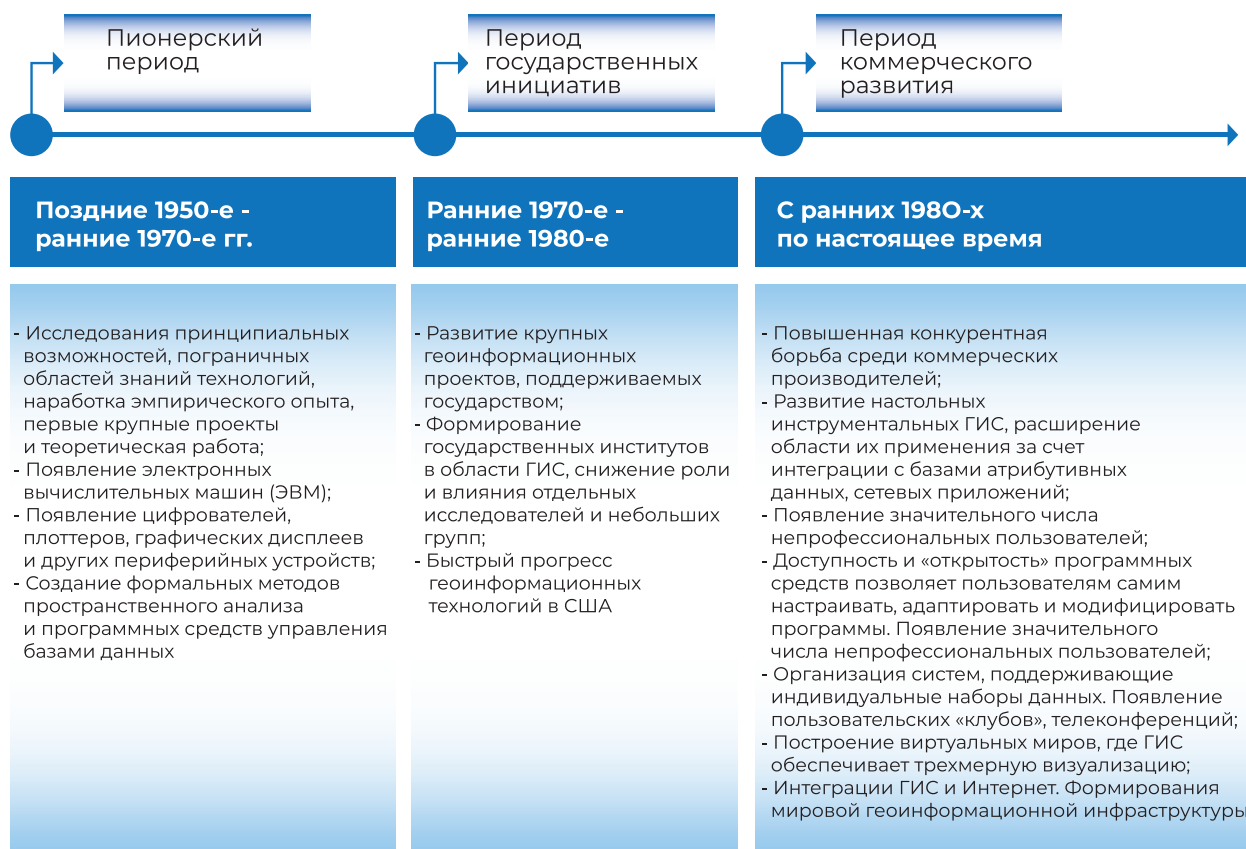


Рисунок 1 — Периодизация развития геоинформационных систем.

технологического университета. Ее основал в середине 1960 годов Говард Фишер (Howard Fisher) с целью разработки программных средств многофункционального компьютерного картографирования, которые сделали существенные шаги в алгоритмическом совершенствовании ГИС. Программное обеспечение Гарвардской лаборатории широко распространилось и помогло создать базу для развития многих ГИС-приложений. Именно в этой лаборатории Дана Томлин (Dana Tomlin) заложила основы картографической алгебры, создав знаменитое семейство растровых программных средств Map Analysis Package (пакет для анализа карт, MAP), включая Professional Map Analysis Package (профессиональный пакет для анализа карт, pMAP), Academic Map Analysis Package (пакет для анализа академических карт, aMAP). Одним из производных программных продуктов, свободно распространяемых в сети интернет, являлся OSU-MAP, созданный в университете штата Огайо выходцами из Гарвардской лаборатории.

Благодаря работам Гарвардской лаборатории в области компьютерного картографирования была закреплена ведущая роль картографических моделей данных, картографического метода исследования и картографических способов представления информации в современных ГИС. Наиболее известными программными продуктами Гарвардской лаборатории являются SYMAP (система многоцелевого картографирования), CALFORM (программа вывода картографического изображения на плоттер), SYMVU (просмотр перспективных (трехмерных) изображений), ODVSSEV (предшественник ARC/INFO). Специалисты этой лаборатории занимались разработкой программного обеспечения для многофункционального компьютерного картографирования.

II этап развития ГИС, период государственных инициатив, характеризуется созданием и развитием крупных геоинформационных проектов под покровительством государства в период с начала 1970 до начала 1980 годов.

Наиболее известной из государственных инициатив данного периода является проведение переписи населения Национальным Бюро Переписей США (U. S. Census Bureau) в 1970 году с использованием специального топологического подхода к организации управления географической информацией на основе формата представления картографических данных Dual Independent Map Encoding (двойное независимое кодирование карты, DIME). Алгоритмы обработки и представления картографических данных были заимствованы у разработчиков ГИС Канады и Гарвардской лаборатории и оформлены в виде программы POLYVRT (POLYgon conVerTer, конвертер полигона), осуществляющей конвертирование адресов проживания в соответствующие координаты, описывающие графические сегменты улиц. Таким образом, в этой разработке впервые был широко использован топологический подход к организации управления географической информацией, содержащий математический способ описания пространственных взаимосвязей между объектами.

Государственная поддержка ГИС стимулировала развитие экспериментальных работ в области ГИС, основанных на использовании баз данных по уличным сетям, включая автоматизированные системы навигации, системы вывода городских отходов и мусора, движение транспортных средств в чрезвычайных ситуациях и т.д.

Одновременно на основе этой информации была создана серия атласов крупных городов, содержащих результаты Переписи 1970 г., а также большое количество упрощенных компьютерных карт для маркетинга, планирования, розничной торговли и т.д.

III этап развития ГИС, период коммерческого развития, длится с ранних 1980 годов по настоящее время.

Для этого периода характерна массовая коммерческая эксплуатация программных продуктов и приложений ГИС. В 1969 году Джек Денджермонд из Гарвардской лаборатории и его жена Лора (Jack, Laura Dangermond) основали Институт исследования систем окружающей среды (Environmental Systems Research Institute — ESRI). Работы компании продемонстрировали преимущества геоинформационного подхода в решении различных задач. Для более эффективного анализа растущего числа проектов компания

ESRI разработала первый коммерческий продукт — APC/INFO в 1981 году. Семейство разработанных компанией ESRI программных продуктов (ArcGIS) получило широкое распространение в мире и, в частности, в России.

Среди коммерческих ГИС мировых производителей также следует выделить компанию Intergraph Corporation — разработчика в области компьютерной графики и полноценной среды для проектирования и моделирования, Корпорацию Autodesk, которая в 1996 году выпустила программный продукт AutoCAD Map для создания ГИС, компанию MapInfo Corporation — разработчика ГИС MapInfo.

Кроме того, с поздних 1980 годов данный период характеризуется новым отношением к пользователям. Повышенная конкуренция среди коммерческих производителей геоинформационных технологий и услуг, доступность и «открытость» программных средств дают пользователям ГИС возможность использовать и даже модифицировать программы, что стимулирует появление пользовательских «клубов», телеконференций, территориально разобщенных, но связанных единой тематикой пользовательских групп.

Программные средства становятся более доступными для рядовых пользователей. Так, американские военные специалисты (Army Corps of Engineers) — разработчики геоинформационного программного продукта GRASS (Geographic Resources Analysis Support System, Система поддержки анализа географических ресурсов), созданного для задач планирования природопользования и землеустройства, открыли его для бесплатного пользования (public-domain), включая снятие авторских прав на исходные тексты программ. В результате, пользователи и программисты могли создавать собственные приложения, интегрируя GRASS с другими программными продуктами. В 1994 году для неограниченного бесплатного пользования был открыт программный продукт «ArcView 1 for Windows», который также стал доступен в сетях интернет.

Насыщение рынка программных средств для ГИС, в особенности предназначенных для персональных компьютеров (Desktop GIS), резко увеличило область применения ГИС-технологий, что потребовало существенных наборов цифровых геоданных, а также наличия специалистов по ГИС. В ряде странах проблемы квалификации

специалистов решались путем формирования государственных национальных и международных инициатив по разработке и созданию так называемых Инфраструктур Геопространственных Данных, включающих вопросы ГИС-технологий, телекоммуникаций, стандартизации данных и профессиональной подготовки.

Так, например, 19 октября 1990 года в США был опубликован Циркуляр А-16, направленный на максимальное развитие национальных цифровых ресурсов пространственной информации с привлечением к этой деятельности федеральных, региональных и местных органов управления, а также частного сектора. Эти национальные информационные ресурсы, взаимосвязанные с помощью единых критериев и стандартов, обеспечивали распространение и эффективный обмен пространственными данными между производителями и пользователями. Для этих целей был создан Федеральный Комитет Пространственных Данных. В развитие Циркуляра А-16 11 апреля 1994 года в США было издано Правительственное распоряжение под названием «Координация в области получения и доступа к данным: Национальная Инфраструктура Пространственных данных» [6].

Nyikiforuk C., Flaman I (2003 год) выделили четыре основных вида использования ГИС в организации здравоохранения:

1. Эпиднадзор за заболеваниями, включая составление карт заболеваний и моделирование болезней;
2. Анализ рисков для здоровья;
3. Доступ к медицинскому обслуживанию и планированию;
4. Профилирование здоровья населения [8, 9].

ГИС является эффективным инструментом для решения вопросов оказания медицинской помощи, особенно связанных с размещением объектов здравоохранения. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) и Всемирный банк подчеркивают, что почти половина населения планеты сталкивается с трудностями в доступе к здравоохранению [7].

Использование ГИС в здравоохранении разных стран мира началось в 1990 годах XX века в рамках Программы ВОЗ по борьбе с дракунгулезом, где одной из первых была разработана и применена компьютерная программа на базе MapObjects компании ESRI HealthMapper

(Медицинский картограф) [10]. С помощью данной программы оказалось возможным достоверно определить сельские районы с неблагоприятными экологическими и социальными условиями в передаче дракунгулеза. Более того, программа HealthMapper позволила визуально определять границы очагов болезни, осуществлять мониторинг первично или повторно инфицированного населения деревень (очагов), что обеспечило возможность оптимального распределения затрат и ресурсов на проведение необходимых мероприятий [11, 12].

Одной из ведущих мировых организаций, использующих ГИС — программное обеспечение в планировании здравоохранения и борьбе с заболеваниями, является Центр по контролю и профилактике заболеваний (CDC), который начал использовать ГИС в 1990 годах [13]. С этого времени ГИС-технологии стали основным инструментом в CDC. Центр использовал эту технологию для улучшения здоровья населения путем эпиднадзора за заболеваниями, распределения ресурсов здравоохранения, оценки экологических рисков, а также управления, анализа и моделирования пространственных данных. В начале двухтысячных годов CDC в сотрудничестве с ВОЗ запустил «Атлас сердечных заболеваний и инсульта», основанный на технологии ArcGIS. Цель разработки этого атласа состояла в том, чтобы предоставить доступный справочник для лиц, принимающих решения в области общественного здравоохранения, что в конечном итоге привело бы к снижению смертности от сердечно-сосудистых заболеваний и инсульта в США за счет распределения ресурсов здравоохранения в соответствии с потребностями в конкретных географических районах.

Современные ГИС сегодня становятся все более важными инструментами для проведения прогнозно-аналитических исследований в эпидемиологии и эпизоотологии. Они позволяют существенно сократить время и снизить трудоемкость исследований, получить требуемые результаты по ходу развития эпидемий или эпизоотий [14]. ГИС используется в эпидемиологическом надзоре за особо опасными инфекциями. Разработка математической имитационной модели чумного эпизоотического процесса и внедрение ГИС в работу противочумных учреждений позволили подготовить концепцию использования

ГИС и технологий дистанционного зондирования в эпиднадзоре за чумой [15].

Согласно Методическому пособию ВОЗ, отличным средством управления данными эпидемиологического надзора и программой их сбора является ГИС. Картирование эпидемиологической информации в целях обзора данных является мощным инструментом не только для мониторинга результатов эпиднадзора, но и для оперативного планирования и направления мероприятий и ресурсов в нуждающиеся районы и сообщества [16].

Технологии ГИС показали свою эффективность в мониторинге пандемии новой коронавирусной инфекции, планировании и разворачивании усилий по борьбе с ней и ее последствиями, оценке доступных ресурсов здравоохранения. Картографические информационные панели, показывающие сложившуюся ситуацию по распространению COVID-19, стали массовыми в использовании благодаря их информативности и наглядности. Так, портал мониторинга распространения коронавируса от университета Джона Хопкинса в Балтиморе был основан на веб-приложении ArcGIS Dashboards от компании ESRI. На 40 Всемирной пользовательской конференции ESRI 2020 года эта разработка была удостоена престижной награды за особые достижения, оказавшие глобальное влияние и привлекшие всеобщее внимание (около 90 тысячч. зарегистрированных участников из 180 стран) [17]. ВОЗ также использует ГИС-карты и дашборды для представления и анализа данных по коронавирусу [18]. На территории России один из вариантов такой панели создан специалистами ESRI GIS на основе веб-приложения ArcGIS Dashboards и размещен на сайте ESRI GIS и, в модифицированном виде, — на сайте агентства РИА новости.

Моделирование в сочетании с обработкой пространственных данных временного пространства позволяют ГИС стать более мощным инструментом для широкого спектра задач в системе здравоохранения не только в эпидемиологических исследованиях, но и в планировании сети медицинских организаций. Среди пионерских работ в сфере родовспоможения следует выделить исследование, в котором приводятся результаты разработки модели, направленной на определение надлежащего уровня сети родильных домов в Британской Колумбии (Канада) [19].

Применение ГИС-технологий для оптимизации оказания медицинской помощи 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 численности женщин репродуктивного возраста, проживающих на обслуживаемой территории. Путем наложения картографических слоев данных были выделены три района Москвы, в которых в первую очередь необходимо строительство новых родильных домов [20].

Forbers H. и Todd P. предложили возможные места расположения новых центров для лечения онкологических больных в Англии с использованием ГИС [21]. Luo W. и Wang F. с помощью ГИС разработали модель доступности первичной медико-санитарной помощи населению помощи в районе Чикаго [22]. Tao Z., Cheng Y. изучали доступность медицинских услуг для пожилых людей в Пекине [23].

Проводились работы по анализу состояния и рациональному управлению медицинским обслуживанием населения сельского административного региона с применением ГИС-технологий, анализу доступности медицинской помощи детям на примере г. Санкт-Петербурга, по оценке пространственной доступности межрайонных медицинских центров Забайкальского края [24-26].

В последние годы (с начала второго десятилетия XXI века) в России широко развивается ГИС ЕГИСЗ, которая позволяет оценивать территориальную доступность медицинской помощи населению и на этой основе планировать строительство новых объектов здравоохранения [27].

ОБСУЖДЕНИЕ

Использование ГИС и пространственное представление данных позволяет лучше визуализировать различные проблемы в здравоохранении и обеспечивать оперативное принятие верных рациональных управленческих решений [28].

Агрегированные оперативные данные о числе заболевших и умерших от COVID-19, благодаря применению ГИС-технологий, становятся доступными исследователям всего мира. При этом, для обеспечения сопоставимости информации необходимо использование единообразных критериев [29].

ГИС с большим успехом возможно использовать органам управления здравоохранением для создания региональных интерактивных схем-карт расположения медицинских организаций с целью расчета доступности медицинской помощи, планирования сети медицинских организаций, размещения филиалов и подразделений медицинских организаций, особенно первичного звена, в малонаселенных пунктах, сельской местности. С помощью ГИС можно обеспечить более равномерное распределение ресурсов по территории субъекта РФ и/или муниципального образования, в том числе коеchnого фонда, медицинского оборудования и т.п. Оценка и анализ инфраструктуры здравоохранения с помощью ГИС крайне важны для регионов с большой долей сельского населения, с низкой плотностью населения, районов Крайнего Севера, Дальнего Востока. Управляя инфраструктурой здравоохранения с помощью ГИС, можно решать и вопросы кадрового обеспечения отрасли, например, проблемы доступности врачей-специалистов для сельских жителей и жителей отдаленных районов. В перспективе использование ГИС позволит снизить уровень смертности населения, особенно сельского, за счет улучшения транспортной доступности медицинских организаций и повышения качества оказания медицинской помощи.

Необходимо отметить, что качество и полнота информации, которая обрабатывается ГИС и используется для принятия управленческих решений, в значительной мере зависит от качества первичных данных, формируемых на уровне медицинских организаций. Применение регистровой или транзакционной модели на основе структурированных электронных медицинских документов (СЭМД) позволяет использовать для визуализации с применением ГИС не только агрегированную отчетную информацию, но и данные регистров и реестров, функционирующих в системе здравоохранения Российской Федерации, что повышает оперативность данных и актуальность использования ГИС [30].

Для проведения работ с использованием ГИС необходимо иметь кадровый потенциал, способный совершенствовать процесс оказания медицинской помощи населению как в отношении принятия управленческих решений, так и в отношении представления полной и достоверной информации о здоровье населения.

При применении ГИС в области здравоохранения в настоящее время существуют проблемы не только в нашей стране, но и в других странах. Например, во Вьетнаме:

- нехватка высококвалифицированных специалистов по ГИС;
- подавляющее большинство работников здравоохранения не имеет понимания о ГИС, а системы ГИС довольно сложны и требуют определенной квалификации для использования;
- специализированные базы данных ГИС в основном создаются по результатам исследовательских технологических проектов и впоследствии (после их завершения) не обновляются;
- отсутствие специализированного оборудования и программного обеспечения;
- инвестиции в ГИС требуют много времени, усилий и финансирования (особенно данные спутниковых изображений [31]).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Историческое развитие ГИС в мире привело к разработкам мощных ГИС такими крупными фирмами как INTERGRAPH, ESRI и др. В подобных ГИС используются большие базы данных, качественная графика, требующая больших объемов машинной памяти. В России ГИС-технологии стали эксплуатироваться лишь в конце 1980 годов, намного позже, чем в Европе и США.

Применение ГИС в здравоохранении особенно востребовано для организации оказания медицинской помощи в сельской местности, отдаленных районах и районах с малой плотностью населения. Необходимо подчеркнуть, что она должна содержать достоверную информацию о состоянии здоровья населения, которая позволит осуществлять мониторинг здоровья и принимать эффективные меры по его поддержанию и укреплению, предотвращению угроз эпидемий. В то же время ГИС является инструментом для анализа распределения медицинских организаций по профилям медицинской помощи, доступности медицинской помощи для населения, в результате которого можно построить модель территориальной доступности медицинских организаций, не допустить ее ухудшения в процессе проведения оптимизации сети медицинских организаций.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Mcleod K.S. Our sense of Snow: The myth of John Snow in medical geography. *Social Science and Medicine*. 2000; 923-935.
2. Родина У.С. Сущность и понятие геоинформационных систем. Студенческий научный форум — 2017. IX Международная студенческая научная конференция. [Rodina U. S. The essence and concept of geoinformation systems. Student Scientific Forum — 2017. IX International Student Scientific Conference. (In Russ.)]
3. Джамединова У.С., Шалтынов А.Т., Конабеков Б.Е., Абильтаев А.М., Мысаев А.О. Применение геоинформационных систем в здравоохранении: обзор литературы // Наука и здравоохранение. — 2018. — №6(20). — С.39-47. [Dzhamedinova US, Shaltynov AT, Konabekov BE, Abiltaev AM, Mусаev AO. Application of geoinformation systems in healthcare: literature review. *Science and healthcare*. 2018; 6(20): 39-47. (In Russ.)]
4. Дупленко АГ. Этапы и тенденции развития геоинформационных систем // Молодой ученый. — 2015. — №9(89). — С.115-117. [Duplenko AG. Stages and trends in the development of geoinformation systems. *A young scientist*. 2015; 9(89): 115-117. (In Russ.)]
5. Жукова Н.В. Использование геоинформационных систем в здравоохранении // Ученые заметки ТОГУ. — 2013. — №4(4). — С.1715-1726. [Zhukova NV. The use of geoinformation systems in healthcare. *Scientific notes of TOGU*: 2013; 4(4): 1715-1726. (In Russ.)]
6. История развития геоинформационных систем <https://e-lib.gasu.ru/eposobia/gis/2.html>. [History of geoinformation systems development <https://e-lib.gasu.ru/eposobia/gis/2.html> (In Russ.)]
7. КТО. Всемирный банк и ВОЗ: половина населения мира не имеет доступа к основным медицинским услугам, 100 миллионов человек по-прежнему живут в крайней нищете из-за расходов на здравоохранение. <https://www.who.int/news-room/detail/13-12-2017-world-bank-and-who-half-the-world-backs-access-to-essential-health-services-100-million-still-pushed-into-extreme-poverty-because-of-health-expenses/> [WHO. World Bank and WHO: Half of the world's population lacks access to essential health services, 100 million people still live in extreme poverty due to health care costs. https://www.who.int/news-room/detail/13-12-2017-world-bank-and-who-half-the-world-backs-access-to-essential-health-services-100-million-still-pushed-into-extreme-poverty-because-of-health-expenses. (In Russ.)]
8. Nykiforuk C, Flaman I. Geographic information systems (GIS) for health promotion and public health: a review. *Health Promotion Practice*. 2003; 12(1): 63-73.
9. Ананченкова П.И. Геоинформационные системы и их использование в организации здравоохранения: обзор зарубежных исследований // Ремедиум. — 2023. — №2(27). — С.183-186. [Ananchenkova PI. Geoinformation systems and their use in healthcare: a review of foreign research. *Remedium*. 2023; 2(27): 183-186. (In Russ.)] doi:10.32687/1561-5936-2023-27-2-183-186.
10. Using the HealthMapper for disease surveillance and public health: a training course for public health. World Health Organization, 2008. 121 p.
11. Geographical information systems (GIS): mapping for epidemiological surveillance. WHO: Geneva, 2008. 285 p.
12. Данилов А.Н. Совершенствование эпидемиологического надзора за инфекционными болезнями в Саратовской области на основе ГИСТехнологии: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Саратов, 2005. [Danilov AN. Improvement of epidemiological surveillance of infectious diseases in the Saratov region on the basis of GIS-technology. [dissertation]. Saratov, 2005. (In Russ.)]
13. Croner C. Public Health Geographic information systems (GIS) news and information; 1994-1997. Center of Disease Control and Prevention. Available at: <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/13298>. Accessed 6 February 2020.
14. Морозова Л.Ф. Географические информационные системы в эпидемиологическом надзоре за паразитарными болезнями: автореф. дис. ... канд. наук. Москва, 2015. [Morozova, L.F. Geographical information systems in epidemiological surveillance of parasitic diseases. [dissertation]. Moscow, 2015. (In Russ.)]
15. Дубянский В.М. Концепция использования ГИС-технологий и дистанционного зондирования в эпиднадзоре за чумой // Врач и геоинформационные технологии. — 2012. — №2. — С.42-46. [Dubynsky VM. The concept of using GIS-technologies and remote sensing in plague surveillance. *Doctor and geoinformation technologies*. 2012; 2: 42-46. (In Russ.)]
16. Методическое пособие для укрепления информационных систем здравоохранения: руководство по оценке информационных систем здравоохранения и разработке соответствующих стратегий. Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ; 2021. Лицензия CC BY-NC-SA 3.0 IGO. [Methodological guide for strengthening health information systems: a guide for evaluating

- health information systems and developing appropriate strategies. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2021. CC license BY-NC-SA 3.0 IGO. (In Russ.)]
17. Михайлова Ю.А., Савватеева О.А. ГИС в здравоохранении. Студенческий научный форум 2022. XIV Международная студенческая научная конференция. [Mikhailova YuA, Savvateeva OA. GIS in healthcare. Student Scientific Forum 2022. XIV International Student Scientific Conference. (In Russ.)]
 18. ВОЗ трекер коронавируса. <https://covid19.who.int/> [WHO coronavirus tracker. <https://covid19.who.int/> (In Russ.)]
 19. Grzybowski S, et al. Planning the optimal level of local maternity service for small rural communities: a systems study in British Columbia. Health policy. 2009.
 20. Сомов Э.В., Тимонин С.А. Применение геоинформационных методов в решении задач оптимизации медицинского обслуживания г. Москвы // Врач и информационные технологии. — 2012. — №2. — С.30-41 [Somov EV, Timonin SA. Application of geoinformation methods in solving problems of optimization of medical care in Moscow. Doctor and information technology. 2012; 2: 30-41. (In Russ.)]
 21. Forbers H, Todd P. Review of Cancer Services, Northwest Regional Health Authority; Urban Research and Policy Evaluation Regional Research Laboratory. University of Liverpool: Liverpool, UK, 1995.
 22. Luo W, Wang F. Measures of Spatial Accessibility to Health Care in a GIS Environment: Synthesis and a Case Study in the Chicago Region. Environ. Plan. B Plan. 2003; 30: 865-884.
 23. Tao Z, Cheng Y. Modelling the spatial accessibility of the elderly to healthcare services in Beijing, China. Environ. Plan B: Urban Anal. City Sci. 2018; 46: 1132-1147.
 24. Сафонов П.О. Анализ состояния и рациональное управление медицинским обслуживанием населения сельского административного района с применением ГИС-технологий: автореф. дисс. Воронеж, 2007. [Safonov PO. Analysis of the state and rational management of medical care for the population of a rural administrative district using GIS technologies. [dissertation]. Voronezh, 2007. (In Russ.)]
 25. Струков Д.Р., Чигинева А.С. Пространственный метод анализа доступности медицинской помощи детям на примере Санкт-Петербурга // Геоматика. — 2014. — №3. — С.51-55. [Strukov DP, Chigineva AS. Spatial method of analyzing the availability of medical care for children on the example of St. Petersburg. Geomatics. 2014; 3:51-55. (In Russ.)]
 26. Парфенова К.В., Фалейчик Л.М. Оценка транспортной доступности межрайонных медицинских центров Забайкальского края // Социальные аспекты здоровья населения. — 2020. — №66(4). — С.8. [Parfenova KV, Faleychik LM. Assessment of transport accessibility of interdistrict medical centers of the Trans-Baikal Territory. Social aspects of public health. 2020; 66(4):8. (In Russ.)] doi: 10.21045/20715021-2020-66-4-8.
 27. Поликарпов А.В., Голубев Н.А., Левахина Ю.С., Махов В.А. Геоинформационная система как элемент территориального планирования в здравоохранении // Вестник Росздравнадзора. — 2022. — №6. — С.68-74. [Polikarpov AV, Golubev NA, Levakhina YuS, Makhov VA. Geoinformation system as an element of territorial planning in healthcare. Bulletin of Roszdravnadzor. 2022; 6: 68-74. (In Russ.)]
 28. O'Carroll P.W. Introduction to Public Health Informatics. Springer, New York, NY, 2003: 3-15.
 29. Данилова И.А. Заболеваемость и смертность от COVID-19. Проблема сопоставимости данных // Демографическое обозрение. — 2020. — №7(1). — С.6-26. [Danilova IA. Morbidity and mortality from COVID-19. The problem of data comparability. Demographic review. 2020; 7(1): 6-26. (In Russ.)]
 30. Кобякова О.С., Голубев Н.А., Поликарпов А.В., Сидоров К.В. Модель автоматизации системы сбора статистической информации о показателях системы здравоохранения на основании первичных данных // Профилактическая медицина. — 2023. — №26(1). — С.11-16. [Kobyakova OS, Golubev NA, Polikarpov AV, Sidorov KV. A model for automating a system for collecting statistical information on health care system indicators based on primary data. Preventive medicine. 2023; 26(1): 11-16. (In Russ.)]. doi: 10.17116/profmed20232601111.
 31. Хоанг В.Т., Зобова А.А., Епифанов В.Н. Современное состояние и проблемные вопросы использования ГИС-технологий для оценки эпидемиологической обстановки в социалистической Республике Вьетнам. Всероссийская межведомственная научно-практическая конференция «От теории саморегуляции к мировой самоизоляции: современные вызовы эпидемиологической науке и практике», посвященная 100-летию со дня рождения академика В.Д.Белякова. 10-11 ноября 2022 г. С.105-110. [Hoang VT, Zobova AA, Epifanov VN. The current state and problematic issues of using GIS technologies to assess the epidemiological situation in the socialist Republic of Vietnam. All-Russian interdepartmental scientific and practical conference «From the theory of self-regulation to global self-isolation: modern challenges to epidemiological science and practice», dedicated to the 100th anniversary of the birth of Academician V. D. Belyakova. November 10-11. 2022: 105-110. (In Russ.)]