

Е.И. Ефимов¹, М.В. Вьюшков², Г.Г. Побединский³, С.А. Сарсков⁴

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ГИС «ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЙ АТЛАС РОССИИ»

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены основные этапы становления и развития в ФБУН ННИИЭМ им. академика И.Н. Блохиной Роспотребнадзора научного направления геоинформационные технологии в эпидемиологическом надзоре за инфекционной заболеваемостью. Приведены основные результаты НИР, выполненных в рамках Отраслевой научно-исследовательской программы Роспотребнадзора на 2016–2020 гг. Раскрыта методология и основные этапы разработки территориально распределенного геоинформационного программного комплекса «Электронный эпидемиологический атлас Российской Федерации» (ГИС «Эпидемиологический атлас России»), описана его структура. Согласованные по единым классификаторам и форматам хранения базы данных ГИС «Эпидемиологический атлас России», содержащие административно-территориальную, геопространственную, статистическую и эпидемиологическую информацию, универсальны для всех федеральных округов, не зависят от количества субъектов Российской Федерации в конкретном федеральном округе, позволяют изменять состав или структуру федеральных округов или субъектов Российской Федерации. Специализированная база данных «Справочник болезней», представляющая собой самостоятельный информационный ресурс, построена на принципе взаимодействия внутренних информационных ресурсов атласа, нормативных документов Роспотребнадзора и активных ссылок на внешние информационные ресурсы, в качестве которых выбраны источники, допускающие использовать активные ссылки (гиперссылки) на данные интернет-ресурсы, без нарушения исключительного права правообладателя. Актуальное научное направление деятельности ФБУН ННИИЭМ им. академика И.Н. Блохиной Роспотребнадзора – геоинформационные технологии в эпидемиологическом надзоре – позволило реализовать геоинформационный проект «Эпидемиологический атлас ПФО», разработка которого началась в 2000–2005 гг. специалистами института и АО «Верхневолжское аэрогеодезическое предприятие», и приступить к созданию ГИС «Эпидемиологический атлас России». Приведены основные результаты разработки ГИС «Электронный эпидемиологический атлас России» и направления дальнейшей деятельности лаборатории ГИС-технологий и биоинформатики.

¹ Нижегородский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии Роспотребнадзора им. акад. И.Н. Блохиной, ул. Малая Ямская, д. 71, 603950, Нижний Новгород, Россия; e-mail: efimov.ei@mail.ru

² Нижегородский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии Роспотребнадзора им. акад. И.Н. Блохиной, ул. Малая Ямская, д. 71, 603950, Нижний Новгород, Россия; e-mail: vimihail@yandex.ru

³ Нижегородский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии Роспотребнадзора им. акад. И.Н. Блохиной, ул. Малая Ямская, д. 71, 603950, Нижний Новгород, Россия; e-mail: pobedinskij-gg@yandex.ru

⁴ Нижегородский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии Роспотребнадзора им. акад. И.Н. Блохиной, ул. Малая Ямская, д. 71, 603950, Нижний Новгород, Россия; e-mail: sarskov@bk.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электронный эпидемиологический атлас, геоинформационные системы и технологии, базы данных, инфраструктура пространственных данных, интерфейс пользователя, справочник болезней

Evgeny I. Efimov¹, Mikhail V. Vyushkov², Gennady G. Pobedinskiy³, Stanislav A. Sarskov⁴

THE CURRENT STATE AND DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF GIS “EPIDEMIOLOGICAL ATLAS OF RUSSIA”

ABSTRACT

The main stages of formation and development in the Academician I.N. Blokhina Nizhny Novgorod Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology of the scientific direction geoinformation technologies in epidemiological surveillance of infectious diseases are considered. The main results of research carried out within the framework of the Industry Research Program of Rospotrebnadzor for 2016–2020 are presented. The methodology and the main stages of the development of the geographically distributed geoinformation software complex “Electronic Epidemiological Atlas of the Russian Federation” (GIS “Epidemiological Atlas of Russia”) are disclosed as well as its structure. The GIS “Epidemiological Atlas of Russia” databases, which contain administrative-territorial, geospatial, statistical and epidemiological information, are universal for all federal districts, do not depend on the number of subjects of the Russian Federation in a particular federal district, and allow changing the composition or structure of federal districts or subjects of the Russian Federation. The specialized database “Directory of Diseases”, which is an independent information resource, is based on the principle of interaction of internal information resources of the atlas, regulatory documents of Rospotrebnadzor and active links to external information resources, as which sources are selected that allow the use of active links (hyperlinks) to these Internet resources, without violating the exclusive right of the copyright holder. The actual scientific direction of the activity of the Academician I.N. Blokhina Nizhny Novgorod Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology – geoinformation technologies in epidemiological surveillance allowed to implement the geoinformation project “Epidemiological Atlas of the Volga Federal District”, the development of which began in 2000–2005 by specialists of the Institute and JSC “Verkhnevolzhsky Aerogeodetic Enterprise”, and to begin the development of GIS “Epidemiological Atlas of Russia”. The main results of the development of GIS “Electronic Epidemiological Atlas of Russia” and the directions of further work of the laboratory of GIS technologies and bioinformatics are presented.

KEYWORDS: electronic epidemiological Atlas, GIS, geographic information systems and technologies, databases, spatial data infrastructure, user interface, directory of diseases

¹ Nizhny Novgorod Research Institute of Epidemiology and Microbiology of Academician I.N. Blokhina of Rospotrebnadzor, Malaya Yamskaya str., 71, 603950, Nizhny Novgorod, Russia; *e-mail:* efimov.ei@mail.ru

² Nizhny Novgorod Research Institute of Epidemiology and Microbiology of Academician I.N. Blokhina of Rospotrebnadzor, Malaya Yamskaya str., 71, 603950, Nizhny Novgorod, Russia; *e-mail:* vimihail@yandex.ru

³ Nizhny Novgorod Research Institute of Epidemiology and Microbiology of Academician I.N. Blokhina of Rospotrebnadzor, Malaya Yamskaya str., 71, 603950, Nizhny Novgorod, Russia; *e-mail:* pobedinskiy-gg@yandex.ru

⁴ Nizhny Novgorod Research Institute of Epidemiology and Microbiology of Academician I.N. Blokhina of Rospotrebnadzor, Malaya Yamskaya str., 71, 603950, Nizhny Novgorod, Russia; *e-mail:* sarskov@bk.ru

ВВЕДЕНИЕ

Согласно классическим определениям, медицинская география – это междисциплинарная наука на стыке географии и медицины, изучающая влияние особенностей географической среды на здоровье человека, а также законы географического распространения болезней и других патологических состояний человека. Медико-географические исследования приобретают в настоящее время особую актуальность в связи с глобальным потеплением климата и возникающими эпидемиологическими проблемами – изменениями ареалов переносчиков, интродукцией новых хозяев-прокормителей и перемещаемых ими переносчиков и др. [Дубинина, 2017; Малхазова и др., 2017; Геоинформационное обеспечение..., 2017]. Основной вклад в развитие медицинской географии в России внесли научные школы, сформировавшиеся во второй половине XX века [Чистобаев, Семенова, 2012; Побединский, Сарсков, 2019]:

- ленинградская научная школа на базе отделения медицинской географии Русского географического общества и Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова;
- московская медико-географическая школа на базе двух научных центров: МГУ им. М.В. Ломоносова и Института географии РАН;
- иркутская медико-географическая школа на базе Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН [Чистобаев, Семенова, 2013].

Медико-географические исследования немыслимы без картографического представления собранной информации и результатов ее обработки в виде картографических произведений – тематических карт, комплексных или тематических атласов. Одними из первых медико-географических произведений являются «Медико-географический атлас Красноярского края», вышедший в 1970 г. [Поспелов, 1970], «Ландшафтно-эпидемиологический атлас Европейской части РСФСР, Урала и Крымской области УССР», вышедший в 1987 г. [Поспелов, 1987]. А в 1995 г. вышел атлас «Окружающая среда и здоровье населения России» на русском и английском языках [Абросимова и др., 1995; Abrosimova et al., 1995].

Примером медико-географических произведений московской школы является разработанный в 2015 г. и обновленный в 2017 г. Медико-географический атлас России «Природноочаговые болезни» [Ватлина и др., 2015, 2017]. В издании представлено более 100 авторских карт, фотографий и иллюстраций. Карты отображают ареалы заболеваемости населения по субъектам Российской Федерации. На отдельных диаграммах, сериях карт и «кольцевых картах» представлена многолетняя динамика заболеваемости населения субъектов Российской Федерации различными нозологиями (клещевой энцефалит, клещевой сыпной тиф Северной Азии, туляремия, лихорадка Западного Нила, псевдотуберкулез, крымская геморрагическая лихорадка, орнитоз, бешенство, сибирская язва, столбняк, чума и др.). Глубина проработки пространственно-временных рядов информации для большинства карт составляет 19 лет (1997–2015 гг.). Источниками информации послужили картографические, литературные, архивные, фондовые материалы, государственные статистические данные Росстата по социально-экономическим показателям, Роспотребнадзора по заболеваемости населения природноочаговыми болезнями, а также результаты полевых экспедиций.

Примером включения в комплексные атласы разделов и тематических карт, раскрывающих тему здоровья населения, является Том 3 «Население. Экономика» Национального атласа России¹.

¹ Национальный атлас России. В 4 т. Т. 1: Общая характеристика территории. 2004. 496 с. Т. 2: Природа и экология, 2007. 496 с. Т. 3: Население и экономика. 2008. 496 с. Т. 4: История и культура. 2008. 496 с. М.: Федеральное агентство геодезии и картографии России.

Развитие медицинской географии было связано с применением ЭВМ и математических методов. В работе «Эпидемиологический атлас СССР» рассмотрена попытка создания эпидемиологического атласа на «машинной основе» с целью оценить закономерности распространения болезней, более полно изучить их этиологию, взаимосвязи и особенности образования нозоареалов. В работе было высказано утверждение, что построение эпидемиологических моделей и банков данных для мониторинга – дело будущего, вместе с тем, оно уже начало реализовываться в рамках АСУ «Санэпидслужба»¹.

Новый этап развития медицинской географии, связанный с освоением и использованием идей и методов, базирующихся на ГИС-технологиях, сформировался в 2000–2010 гг. В это время были не только изданы фундаментальные картографические произведения World Atlas of Epidemic Diseases («Всемирный атлас эпидемических заболеваний») [Cliff et al., 2004], «Атлас распространения возбудителей природноочаговых вирусных инфекций на территории Российской Федерации» [Львов и др., 2001], «Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации» [Абшаев и др., 2005], но также проведены первые исследования по вопросам создания и использования геоинформационных систем медико-эпидемиологического назначения. Наличие положительных результатов таких исследований явилось поводом к проведению 26–27 мая 2011 г. в г. Санкт-Петербурге I-й Всероссийской конференции «Геоинформационные системы в здравоохранении РФ: данные, аналитика, решения»². Журнал ArcReview компании Esri (США) – производителя геоинформационных систем ArcInfo, ArcGIS в 2012 г. – выпустил тематический номер журнала «ГИС в здравоохранении и медицине»³. Всего в 2011–2015 гг. в г. Санкт-Петербурге успешно прошли I, II, III и IV Всероссийские конференции в рамках модернизации здравоохранения «Геоинформационные системы в здравоохранении РФ: данные, аналитика, решения». За 4 года в конференциях приняли участие более 430 человек из 200 организаций 70 городов России, представители из других стран (США, Германия, Азербайджан, Узбекистан, Казахстан, Швеция). Был отмечен высокий интерес к геоинформационным технологиям и системам в сфере медицины как к эффективному инструментарию многих региональных информационных систем в сфере здравоохранения⁴.

Начиная с 2015 г., применение геоинформационных технологий в эпидемиологическом надзоре – состоявшееся научное направление. Эта тематика вошла в Отраслевую научно-исследовательскую программу Роспотребнадзора на 2016–2020 гг.⁵ Журнал ArcReview в 2017 г. выпустил тематический номер журнала «ГИС и здоровье общества»⁶. В Отраслевую

¹ Эпидемиологический атлас СССР. Медицина. Научно-популярный журнал. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://medjour.ru/nauka/437-epidemiologicheskij-atlas-sssr/> (дата обращения 15.04.2022).

² Некоторые итоги конференции «Геоинформационные системы в здравоохранении РФ: данные, аналитика, решения». Журнал ArcReview. Тематический выпуск «ГИС в здравоохранении и медицине». № 1 (60). 2012 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arcreview.esri-cis.ru/2012/03/08/некоторые-итоги-конференции/> (дата обращения 15.04.2022).

³ Журнал ArcReview. Тематический выпуск «ГИС в здравоохранении и медицине». № 1 (60). 2012 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arcreview.esri-cis.ru/category/2012/2012-1-60-gis-in-healthcare-and-medicine/> (дата обращения 15.04.2022).

⁴ Всероссийская конференция «ГИС в здравоохранении РФ: данные, аналитика, решения» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://gishealth.ru/?page_id=441 (дата обращения 15.04.2022).

⁵ Отраслевая научно-исследовательская программа Роспотребнадзора на 2016–2020 гг. «Проблемно-ориентированные научные исследования в области эпидемиологического надзора за инфекционными и паразитарными болезнями». Утверждена приказом Роспотребнадзора от 13 января 2016 г. № 5.

⁶ Журнал ArcReview. Тематический выпуск «ГИС и здоровье общества». № 1 (80). 2017 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arcreview.esri-cis.ru/category/2017/2017-80-gis-and-public-health/> (дата обращения 15.04.2022).

научно-исследовательскую программу Роспотребнадзора на 2021–2025 гг.¹ включен п. 1.3.7 «Управление эпидемиологическими рисками с помощью ГИС-технологий».

Исследование возможностей применения геоинформационных технологий для анализа эпидемиологической ситуации по инфекционной заболеваемости в Приволжском федеральном округе (ПФО) было выполнено совместно с ФБУН ННИИЭМ им. академика И.Н. Блохиной Роспотребнадзора (ННИИЭМ) и АО «Верхневолжское аэрогеодезическое предприятие» (ВАГП) в начале 2000-х гг. Основой для такого исследования были работы ВАГП по созданию атласа «Российская Федерация. Приволжский федеральный округ» в полиграфическом и электронном виде, а затем и в виде геоинформационной системы органов государственной власти ПФО, с одной стороны, а также эпидемиологический мониторинг инфекционной заболеваемости населения 14 субъектов ПФО, традиционно проводимый в ННИИЭМ, с другой [Ефимов, Побединский, 2020].

Опыт создания и эксплуатации электронного эпидемиологического атласа ПФО подтвердил актуальность данного направления для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, востребованность полученных результатов практическим звеном организаций здравоохранения и Роспотребнадзора. Основные результаты были доложены на II-й Всероссийской конференции «Геоинформационные системы в здравоохранении РФ: данные, аналитика, решения» 24–25 мая 2012 г. [Ефимов и др., 2013], других научных конференциях и подробно рассмотрены в публикациях, раскрывающих опыт разработки и ведения ГИС «Электронный эпидемиологический атлас» [Ефимов, Побединский, 2020].

Можно выделить следующие этапы развития в ННИИЭМ научного направления геоинформационные технологии в эпидемиологии [Ефимов, Побединский, 2020]:

I. Начальный этап – 2000–2005 гг. Экспериментальные работы с использованием пакета программ эпидемиологического анализа, геоинформационной системы ГИС MapInfo Professional 6.0, а также подготовленных ВАГП электронных карт.

II. Создание методологических основ 2006–2010 гг. Выполнение НИР «Разработка геоинформационного проекта «Электронный эпидемиологический атлас Приволжского Федерального округа» по отдельным, наиболее актуальным для ПФО, инфекциям².

III. Электронный эпидемиологический атлас ПФО 2011–2015 гг. Выполнение НИР «Разработка геоинформационного проекта «Электронный эпидемиологический атлас Приволжского Федерального округа»³ в рамках Отраслевой научно-исследовательской программы Роспотребнадзора на 2011–2015 гг.⁴ Перечень нозологий был существенно расширен, база данных была зарегистрирована в Роспатенте, свидетельство о регистрации № RUS 2015621143.

IV. Развитие проекта 2016–2018 гг. Выполнение НИР «Совершенствование эпидемиологического надзора за природноочаговыми инфекциями в ПФО с использованием

¹ Отраслевая научно-исследовательская программа Роспотребнадзора на 2021–2025 гг. «Научное обеспечение эпидемиологического надзора и санитарной охраны территории Российской Федерации, создание новых технологий, средств и методов контроля и профилактики инфекционных и паразитарных болезней». Утверждена приказом Роспотребнадзора от 24 декабря 2020 г. № 869.

² НИР «Разработка геоинформационного проекта «Электронный эпидемиологический атлас Приволжского Федерального округа». Регистрационный номер НИР – 01200612238 от 14 июля 2006 г. Регистрационный номер отчета о НИР – 03201153265 от 17 июня 2011 г.

³ НИР «Разработка геоинформационного проекта – электронный эпидемиологический атлас Приволжского федерального округа (ПФО)». Регистрационный номер НИР – 01201175707 от 05 октября 2011 г. Регистрационный номер отчета о НИР – АААА-Б16-216022570159-0 от 25 февраля 2016 г.

⁴ Отраслевая научно-исследовательская программа Роспотребнадзора на 2011–2015 гг. «Научные исследования и разработки с целью обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия и снижения инфекционной заболеваемости в Российской Федерации». Утверждена Руководителем Роспотребнадзора 21 декабря 2010 г.

ГИС-технологий»¹ в рамках Отраслевой научно-исследовательской программы Роспотребнадзора на 2016–2020 гг.² разработан протокол получения исходных данных, спроектирована и реализована структура базы данных. В 2017 г. получены свидетельства Роспатента о государственной регистрации 14 баз данных по материалам 2016 г., соответствующих отдельным субъектам Российской Федерации в ПФО. В 2018 г. получены свидетельства о регистрации 15 баз данных по материалам 2017 г. по отдельным субъектам Российской Федерации в ПФО и по округу в целом, свидетельство о регистрации RU 2018621866.

V. Электронный эпидемиологический атлас России 2019–2025 гг. Постановка и выполнение в 2019–2020 гг. НИР «Разработка территориально распределенного геоинформационного программного комплекса «Эпидемиологический атлас России. Территория федерального округа»³ в рамках Отраслевой научно-исследовательской программы Роспотребнадзора на 2016–2020 гг.⁴. В рамках НИР были разработаны методические подходы к созданию ГИС «Эпидемиологический атлас России», Концепция ГИС «Эпидемиологический атлас России», Техническое задание на разработку ГИС «Эпидемиологический атлас России. Территория федерального округа» [Ефимов, Побединский и др., 2019], геоинформационный программный комплекс и программная документация ГИС «Эпидемиологический атлас России. Территория федерального округа»⁵. В 2019 и 2020 гг. получены свидетельства о регистрации 15 и 16 баз данных по отдельным субъектам Российской Федерации в ПФО и по округу в целом, включая экспериментальную базу данных «Справочник болезней», свидетельства о регистрации RU 2019622175, RU 2020622378, RU 2020622427.

В рамках анализа инфекционной заболеваемости в 2019–2020 гг. подготовлены и размещены на сайте Эпидемиологического атласа ПФО Информационные бюллетени «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях населения Приволжского федерального округа» № 9⁶ и № 10⁷.

¹ НИР «Совершенствование эпидемиологического надзора за природноочаговыми инфекциями в ПФО с использованием ГИС-технологий». Регистрационный номер НИР – АААА-А16-116040810129-3 от 08 апреля 2016 г. Регистрационный номер отчета о НИР – АААА-Б18-218122090154-9 от 20 декабря 2018 г.

² Отраслевая научно-исследовательская программа Роспотребнадзора на 2016–2020 гг. «Проблемно-ориентированные научные исследования в области эпидемиологического надзора за инфекционными и паразитарными болезнями». Утверждена приказом Роспотребнадзора от 13 января 2016 г. № 5.

³ НИР «Разработка территориально распределенного геоинформационного программного комплекса «Эпидемиологический атлас России. Территория федерального округа». Регистрационный номер НИР – АААА-А19-119011790218-8 от 17 января 2019 г. Регистрационный номер отчета о 1 этапе НИР – АААА-А19-219120590046-7 от 05 декабря 2019 г. Регистрационный номер отчета о 2 этапе НИР – АААА-Б21-221012290266-5 от 22 января 2021 г.

⁴ Отраслевая научно-исследовательская программа Роспотребнадзора на 2016–2020 гг. «Проблемно-ориентированные научные исследования в области эпидемиологического надзора за инфекционными и паразитарными болезнями». Утверждена приказом Роспотребнадзора от 13 января 2016 г. № 5.

⁵ НИР «Разработка территориально распределенного геоинформационного программного комплекса «Эпидемиологический атлас России. Территория федерального округа». Регистрационный номер НИР – АААА-А19-119011790218-8 от 17 января 2019 г. Регистрационный номер отчета о 1 этапе НИР – АААА-А19-219120590046-7 от 05 декабря 2019 г. Регистрационный номер отчета о 2 этапе НИР – АААА-Б21-221012290266-5 от 22 января 2021 г.

⁶ Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях населения Приволжского федерального округа за 2018 год. Информационный бюллетень № 9. Нижний Новгород. ФБУН ННИИЭМ. 2019. 55 с., илл. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://epid-atlas.nniiem.ru/txt_data/pdf/informatsionnyy-byulleten2018.pdf (дата обращения 15.04.2022).

⁷ Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях населения Приволжского федерального округа за 2019 год. Информационный бюллетень № 10. Нижний Новгород. ФБУН ННИИЭМ. 2020. 130 с., илл. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://epid-atlas.nniiem.ru/txt_data/pdf/informatsionnyy-byulleten2019.pdf (дата обращения 15.04.2022).

Согласно анализу, выполненному в рамках научно-исследовательской работы «Исследование и прогнозирование потребностей экономики в пространственных данных, данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологиях»¹ в 2018–2019 гг. Национальным исследовательским университетом «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ) по заказу Росреестра, «Эпидемиологический атлас Приволжского федерального округа» вошел в число 15 лучших отечественных практик внедрения в деятельность пространственных данных, данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий².

Постановка и выполнение в 2021–2025 гг. НИР «Разработка территориально распределенного геоинформационного программного комплекса «Эпидемиологический атлас России. Территория Российской Федерации»³ в рамках Отраслевой научно-исследовательской программы Роспотребнадзора на 2021–2025 гг.⁴ В рамках НИР в 2021 г. был подготовлен аналитический обзор «Современное состояние и направления развития ГИС эпидемиологического направления» [Побединский, Ефимов и др., 2021] и разработано Техническое задание на создание ГИС «Эпидемиологический атлас России. Территория Российской Федерации». В 2021 г. получены свидетельства о регистрации 16 баз данных по материалам 2020 г. (свидетельства о регистрации RU 2021621809, RU 2021621808).

В рамках анализа инфекционной заболеваемости в 2021 г. подготовлен и размещен на сайте Эпидемиологического атласа ПФО Информационный бюллетень «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях населения Приволжского федерального округа» № 11⁵.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В 2018–2019 гг. при разработке Концепции ГИС «Эпидемиологический атлас России» был сформулирован общий облик системы [Ефимов, Побединский, 2018; Ефимов и др., 2019; Побединский, Сарсков, 2019].

В соответствии с Концепцией создания территориально распределенного геоинформационного программного комплекса «Электронный эпидемиологический атлас Российской Федерации» (ГИС «Эпидемиологический атлас России»), предусмотрено два уровня реализации и, соответственно, разработка двух подсистем. На уровне федерального округа разрабатывается подсистема «Электронный эпидемиологический атлас Российской

¹ Исследование и прогнозирование потребностей экономики в пространственных данных, данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологиях. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pd.gosreforma.ru/> (дата обращения 15.04.2022).

² Лучшие практики создания геоинформационных систем, формирования пространственных данных, данных дистанционного зондирования Земли. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pd.gosreforma.ru/practices/> (дата обращения 15.04.2022).

³ НИР «Разработка территориально распределенного геоинформационного программного комплекса «Эпидемиологический атлас России. Территория Российской Федерации». Регистрационный номер НИР – 121091400200-8 от 14 сентября 2021 г. Регистрационный номер отчета о 1 этапе НИР – 222011900145-3 от 19 января 2022 г.

⁴ Отраслевая научно-исследовательская программа Роспотребнадзора на 2021–2025 гг. «Научное обеспечение эпидемиологического надзора и санитарной охраны территории Российской Федерации, создание новых технологий, средств и методов контроля и профилактики инфекционных и паразитарных болезней». Утверждена приказом Роспотребнадзора от 24 декабря 2020 г. № 869.

⁵ Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях населения Приволжского федерального округа за 2020 год. Информационный бюллетень № 11. Нижний Новгород. ФБУН ННИИЭМ. 2021. 139 с., илл. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://epid-atlas.nniiem.ru/txt_data/pdf/informatsionnyy-byulleten2020.pdf (дата обращения 15.04.2022).

Федерации. Территория федерального округа». На уровне Российской Федерации разрабатывается подсистема «Электронный эпидемиологический атлас Российской Федерации. Территория Российской Федерации» – федеральный уровень ГИС «Эпидемиологический атлас России».

На уровне федерального округа ГИС «Эпидемиологический атлас России» предназначена для применения в органах государственного и муниципального управления, в территориальных надзорных органах и учреждениях Роспотребнадзора, в медицинских организациях субъектов Российской Федерации; на федеральном уровне – в федеральных органах исполнительной власти, в надзорных органах и учреждениях Роспотребнадзора, в медицинских организациях Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Подсистема ГИС «Эпидемиологический атлас России. Территория федерального округа» разработана в 2019–2020 гг.¹ [Ефимов и др., 2019; Ефимов, Побединский, 2020].

Подсистема ГИС «Эпидемиологический атлас России. Территория Российской Федерации» разрабатывается в новой НИР².

До недавнего времени аналитико-прогностическая информация в ГИС эпидемиологической направленности основывалась на ретроспективных данных о числе заболевших и не учитывала динамику факторов среды [Потехина и др., 2009; Побединский, Сарсков, 2019; Побединский, Ефимов и др., 2021]. В настоящее время при использовании геоинформационных технологий в эпидемиологии характерна разработка комплексных оценок факторов риска развития заболевания, совместно с ретроспективным анализом. В качестве примера многофакторной системы в эпидемиологическом мониторинге можно рассматривать геопортал ЕЗ³. Цель создания геопортала ЕЗ – содействие геопространственному моделированию случаев инфекционных заболеваний в Европе и его интеграции в сферу общественного здравоохранения. Наборы геопространственных данных, содержащиеся в геопортале ЕЗ, охватывают потенциальные детерминанты различных инфекционных заболеваний в Европе в самом широком смысле. Они включают: климатические параметры, наблюдавшиеся в прошлом, текущие и прогнозируемые в будущем (сценарии изменения климата); особенности ландшафта и землепользования; социально-экономические данные. Геопортал ЕЗ разрабатывался в соответствии с рекомендациями Директивы Европейского парламента и Совета Европы об установлении инфраструктуры пространственной информации в ЕС (INSPIRE), чтобы обеспечить надежность и сопоставимость данных^{4,5}. К сожалению, в настоящее время геопортал ЕЗ не поддерживается.

¹ НИР «Разработка территориально распределенного геоинформационного программного комплекса «Эпидемиологический атлас России. Территория федерального округа». Регистрационный номер НИР – АААА-А19-119011790218-8 от 17 января 2019 г. Регистрационный номер отчета о 1 этапе НИР – АААА-А19-219120590046-7 от 05 декабря 2019 г. Регистрационный номер отчета о 2 этапе НИР – АААА-Б21-221012290266-5 от 22 января 2021 г.

² НИР «Разработка территориально распределенного геоинформационного программного комплекса «Эпидемиологический атлас России. Территория Российской Федерации». Регистрационный номер НИР – 121091400200-8 от 14 сентября 2021 г. Регистрационный номер отчета о 1 этапе НИР – 222011900145-3 от 19 января 2022 г.

³ E3 Geportal European Environment and Epidemiology Network. (Геопортал ЕЗ Европейской сети по окружающей среде и эпидемиологии). [Electronic resource]. URL: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/e3-geportal> (accessed 15.04.2022).

⁴ Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE). [Electronic resource]. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2007/2/2019-06-26> (accessed 15.04.2022).

⁵ INSPIRE KNOWLEDGE BASE. Infrastructure for Spatial Information in the European. [Electronic resource]. URL: <https://inspire.ec.europa.eu/> (accessed 15.04.2022).

Учитывая сложившиеся тенденции в использовании геоинформационных технологий в эпидемиологии и имеющийся в ННИИЭМ опыт создания, применения, дальнейшего совершенствования ГИС «Эпидемиологический атлас ПФО», а также расширения функций ГИС для использования в других федеральных округах, были сформулированы основные направления продолжения работы [Ефимов и др., 2019; Побединский, Сарсков, 2019; Ефимов, Побединский, 2020]:

- I. Структура и содержание баз данных.
- II. Аналитические методы и технологии.
- III. Средства и методы картографической визуализации тематических данных.
- IV. Интерфейс пользователя эпидемиологической ГИС.

При этом основной целью работы является развитие методов аналитической обработки и представления статистической информации об инфекционных и паразитарных болезнях с использованием ГИС «Эпидемиологический атлас России» для применения в системе мониторинга, лабораторной диагностики инфекционных и паразитарных болезней и индикации патогенных биологических агентов (ПБА) в Российской Федерации.

По отдельным направлениям работы исследования начаты, вместе с тем, многое предстоит реализовать в рамках НИР «Разработка территориально распределенного геоинформационного программного комплекса «Электронный эпидемиологический атлас Российской Федерации. Территория Российской Федерации».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Структура и содержание баз данных

В рамках НИР¹ был выполнен анализ структуры баз данных ГИС «Эпидемиологический атлас ПФО» и выработаны предложения по новой структуре баз данных ГИС «Эпидемиологический атлас России» [Ефимов и др., 2019; Ефимов и др., 2020].

Система согласованных по единым классификаторам и форматам хранения баз данных ГИС «Эпидемиологический атлас России», содержащих административно-территориальную, геопространственную, статистическую и эпидемиологическую информацию, должна предусматривать следующие самостоятельные структуры:

- БД уровня субъекта Российской Федерации;
- БД уровня федерального округа;
- БД уровня Российской Федерации.

Структура таблиц БД должна позволять получение БД следующего уровня с необходимым обобщением информации по территориям. Структура таблиц БД должна позволять осуществлять функции контроля, корректировки и резервного копирования.

В БД ГИС «Эпидемиологический атлас России» предусмотрены три группы таблиц. Первую группу составляют однократно формируемые таблицы наименований и кодов округов, субъектов Российской Федерации, муниципальных образований, таблиц формы федерального статистического наблюдения № 2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях», таблиц наименований и кодов заболеваний, групп заболеваний, нормативных документов, территориальных управлений и центров мониторинга Роспотребнадзора. Во вторую группу вошли ежегодно дополняемые новыми данными таблицы численности

¹ НИР «Разработка территориально распределенного геоинформационного программного комплекса «Эпидемиологический атлас России. Территория федерального округа». Регистрационный номер НИР – АААА-А19-119011790218-8 от 17 января 2019 г. Регистрационный номер отчета о 1 этапе НИР – АААА-А19-219120590046-7 от 05 декабря 2019 г. Регистрационный номер отчета о 2 этапе НИР – АААА-Б21-221012290266-5 от 22 января 2021 г.

населения муниципальных образований, населения субъектов Российской Федерации, таблицы средних многолетних уровней заболеваемости. Третья группа – это ежемесячно дополняемые новыми данными таблицы инфекционной заболеваемости в разрезе муниципальных образований, субъектов Российской Федерации, регистрации введенных данных и входов пользователей в систему.

Преимуществами новой структуры баз данных являются:

- структура БД универсальна для всех округов, не зависит от количества субъектов в округе, позволяет изменять состав или структуру округов или субъектов Российской Федерации;

- структура таблиц БД не требует пересмотра при изменении отчетных форм. Появление новых таблиц, строк или граф задается через интерфейс программы;

- в таблицах с данными отсутствуют нулевые и пустые значения.

Новая структура БД ГИС «Эпидемиологический атлас России» позволит провести практически без изменений тиражирование и установку системы во всех округах Российской Федерации, создать интегрированную базу данных в целом по России.

В рамках расширения функций в блок информационно-справочной поддержки атласа добавлен справочник болезней, включающий описания различных нозологий инфекционного генеза, меры профилактики и их предупреждения. Справочник болезней содержит систематизированную совокупность самостоятельных информационных материалов из действующих нормативных актов, достоверных баз данных, энциклопедий, справочников, имеющихся на медицинских сайтах, и, по сути, представляет собой самостоятельный информационный ресурс, который может быть полезен специалистам санэпидслужбы, организаций здравоохранения и другим пользователям. БД «Справочник болезней» зарегистрирована в Роспатенте в 2020 и 2021 гг., свидетельства о регистрации RU 2020622427, RU 2021621808 [Сарсков, Вьюшков, 2020].

Отличительной чертой справочника болезней как самостоятельной базы данных является работа не только с внутренними таблицами, но и взаимодействие с внешними базами данных, так как вся информация, касающаяся данных по инфекционным и паразитарным заболеваниям из наиболее авторитетных источников, не является совокупностью базы в виде собственного справочника. Для взаимодействия с внешними базами данных было выбрано два отечественных и два зарубежных источника: Медицинский справочник болезней АО «Красота и медицина»¹, Большая Медицинская Энциклопедия под редакцией Б. В. Петровского², Справочник Компании «Мерк энд Ко. Инкорпорейтед» (MSD)³ и Официальный сайт Центров по контролю и профилактике заболеваний Министерства здравоохранения и социальных услуг США (CDC)⁴.

Критериями выбора данных источников является наличие исчерпывающей информации по различным нозологиям и возможность использовать активные ссылки (гиперссылки) на данные интернет-ресурсы, без нарушения исключительного права правообладателя.

¹ Красота и медицина. Медицинский справочник болезней. Инфекционные болезни. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.krasotaimedicina.ru/diseases/infectious/> (дата обращения 15.04.2022).

² Большая медицинская энциклопедия. В 29 т. Под ред. акад. Б.В. Петровского. 3-е изд. М.: Советская энциклопедия, 1974–1989. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://бмэ.орг/> (дата обращения 15.04.2022).

³ Справочник Компании «Мерк энд Ко. Инкорпорейтед» (MSD). Профессиональная версия (MSD Manual. Professional Version) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.msmanuals.com/ru-ru/профессиональный> (дата обращения 15.04.2022).

⁴ Centers for Disease Control and Prevention (CDC) of the U.S. Department of Health and Human Services. (CDC. Официальный сайт Центров по контролю и профилактике заболеваний Министерства здравоохранения и социальных услуг США). [Electronic resource]. URL: <https://www.cdc.gov/> (accessed 15.04.2022).

Аналитические методы и технологии

В работе «Математические модели в иммунологии и эпидемиологии инфекционных заболеваний» [Романюха, 2015] рассмотрены модели эпидемических процессов инфекционных заболеваний по отдельным нозологиям, без анализа количественных критериев оценки эпидемиологической ситуации территории.

Анализ пространственно-временной структуры инфекционной заболеваемости является одной из актуальных и важных задач современной эпидемиологии. Решением данной задачи являются: разработка новых теоретических представлений о самой сущности структурно-функциональной организации инфекционной заболеваемости, анализ пространственного распределения отдельных нозологических форм и характера их многолетних тенденций заболеваемости и распространенности, комплексная эпидемиологическая оценка территории [Болотин и др., 2011]. В практической эпидемиологии проблема оценки эпидемиологической ситуации всегда являлась актуальной и важной задачей. В последние годы появилось понимание того, что методология данного вида деятельности специалиста-эпидемиолога разработана и применяется недостаточно, что требует особого внимания и оптимизации подходов [Иванников, 2011].

При комплексной оценке степени эпидемиологического благополучия или неблагополучия той или иной территории и (или) здоровья какой-либо группы населения специалисты основываются, преимущественно, на сопоставлении отдельных статистических показателей (заболеваемость, смертность, инвалидность и др.). Такой анализ бывает недостаточным для объективного и всестороннего обобщения эпидемиологической ситуации в динамике за несколько лет или на разных территориях. В таких случаях целесообразно дополнительно опираться и на обобщенный показатель, без которого бывает весьма проблематично адекватно оценивать сходные объекты как «во времени», так и «в пространстве». Таким образом, задача построения некоторого обобщающего, сводного или интегрального показателя всегда будет актуальна [Макарова, 2015; Савилов и др., 2011].

На сегодняшний день критерии эпидемиологической активности и оценки эпидемиологической ситуации на территории страны для большинства инфекций отсутствуют. В нормативных документах Роспотребнадзора и Минздрава России приведены количественные критерии только некоторых отдельных инфекций: описторхоз, геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС), туляремия, корь, краснуха, эпидемический паротит, дифтерийная инфекция, менингококковая инфекция, грипп и ОРВИ.

При решении задачи построения интегрального показателя необходимо пройти несколько этапов. Первый этап – отбор показателей, входящих в интегральный набор. Он может быть выполнен путем отбора из множества доступных частных показателей многими способами в зависимости от основной задачи. Второй этап – выбор обобщающей, интегральной функции, которая также может быть различной, но чаще аддитивной или мультипликативной. И третий этап – определение важности отобранных частных показателей, другими словами, весовых коэффициентов, используемых в интегральных функциях.

Из всего многообразия предлагаемых методов наиболее доступным и подходящим на данный момент для работы эпидемиологической службы, на наш взгляд, является разработанный на основе [Макарова, 2015] метод использования весовых коэффициентов [Сарсков, Вьюшков, 2021]. Группа из n экспертов, специалистов в исследуемой области, определяет ранг r для каждого из m частных показателей. Самому важному показателю соответствует ранг m , следующему – $(m - 1)$ и т. д., ранг, равный 1, соотнесен с наименее важным показателем. Суммарный ранг для каждого показателя определяется по формуле:

$$r_j = \sum_{i=1}^n r_{ij}, \quad (1)$$

где j – индекс показателя, i – индекс эксперта.

Весовой коэффициент для каждого показателя определяется по формуле:

$$w_j = \frac{r_j}{\sum_{j=1}^m r_j}. \quad (2)$$

В ходе исследования была рассмотрена возможность использования эпидемиологического атласа для анализа заболеваемости по нескольким нозологиям, объединенным в группы. Это, в первую очередь, 11 групп в перечне нозологий формы федерального статистического наблюдения № 2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях»¹. Затем две группы заболеваний, определенных постановлением Правительства Российской Федерации². Еще одна группа «Заболевания, требующие проведения мероприятий по санитарной охране территории Российской Федерации» определена Методическими указаниями³. В соответствии с рейтинговой оценкой экономического ущерба, приведенного в Государственном докладе «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году»⁴, были дополнительно сформированы 5 групп инфекций с экономическим ущербом: высоким, выше среднего, средним, ниже среднего, низким.

Интерфейс пользователя эпидемиологической ГИС

В связи с развитием web-ГИС и геопорталов в условиях доступа к ним неограниченного числа пользователей, не имеющих опыта работы с геоинформационными системами, повысилось значение интерфейсов пользователя. Проблема проектирования геопортальных интерфейсов различного назначения неоднократно рассматривалась в специальной литературе по геоинформатике. Современное состояние проектирования геопортальных интерфейсов включает не только взаимодействие в системе «человек–ЭВМ», но также стандарты и правила инфраструктуры пространственных данных, веб-дизайн, психологические аспекты взаимодействия с веб-ГИС [Шевин, 2016; Бородаев, 2006; Уэйншенк, 2011; Мандругин, 2012]. На основе многокритериальной оценки пользовательских интерфейсов порталных проектов [Шмелев, 2004] была разработана система критериев оценки интерфейсов проблемно-ориентированных веб-ГИС медико-эпидемиологического назначения для перехода от субъективного подхода «нравится – не нравится», «удобно – неудобно», «понятно – непонятно» к количественной оценке, базирующейся на методе экспертной оценки. Разработанные критерии сведены в шесть групп: безопасность геопортала, визуальная часть интерфейса, информационная часть интерфейса, пользовательская часть интерфейса, управленческая часть интерфейса (разработчик), фидбэк (обратная связь).

С использованием полученных критериев выполнена оценка семи действующих геопортальных реализаций медико-эпидемиологического назначения, представленных в ана-

¹ Приказ Росстата от 22 ноября 2019 г. № 694 «Об утверждении форм федерального статистического наблюдения с указаниями по их заполнению для организации Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека федерального статистического наблюдения за санитарным состоянием субъекта Российской Федерации».

² Постановление Правительства Российской Федерации от 1 декабря 2004 г. № 715 «Об утверждении перечня социально значимых заболеваний и перечня заболеваний, представляющих опасность для окружающих».

³ МУ 3.4.2552–09. 3.4. Санитарная охрана территории. Организация и проведение первичных противоэпидемических мероприятий в случаях выявления больного (группа), подозрительного на заболевания инфекционными болезнями, вызывающими чрезвычайные ситуации в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения: метод. указания, утв. главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 17 сентября 2009 г.

⁴ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 г.: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2020. 299 с. ISBN 978–5–7508–1742–9.

литическом обзоре «Геоинформационные системы и технологии в противоэпидемической практике. Интеграция пространственных данных в целях эпидемиологического мониторинга территорий» [Побединский, Сарсков, 2019]. Результаты оценки и полученные критерии используются при разработке интерфейса ГИС «Эпидемиологический атлас России» [Кутаева, 2020].

Экспериментальные работы по организации и проведению картографического учета в геоинформационной системе инфицированных SARS-CoV-2 (заболевших COVID-19)

Аналитический аппарат ГИС «Эпидемиологический атлас ПФО»¹ и проектируемой ГИС «Эпидемиологический атлас России» [Ефимов, Побединский, 2020] основан на наиболее часто встречающемся в эпидемиологии методе ретроспективного анализа случаев инфекционной заболеваемости, фиксируемых в системе федерального статистического наблюдения [Потехина и др., 2009]. Однако этот метод мало применим для анализа текущего эпидемического процесса, такого, как подъем заболеваемости геморрагической лихорадкой с почечным синдромом (ГЛПС) в Приволжском федеральном округе в 2019 г., ситуации с пандемией COVID-19 в 2019–2022 гг.

На сегодняшний день существует ряд работ по визуальному (картографическому) отображению эпидемиологической ситуации, связанной с COVID-19. Одним из ярких примеров является работа европейского бюро ВОЗ «Ситуация с COVID-19 в Европейском регионе ВОЗ» (рис. 1)².

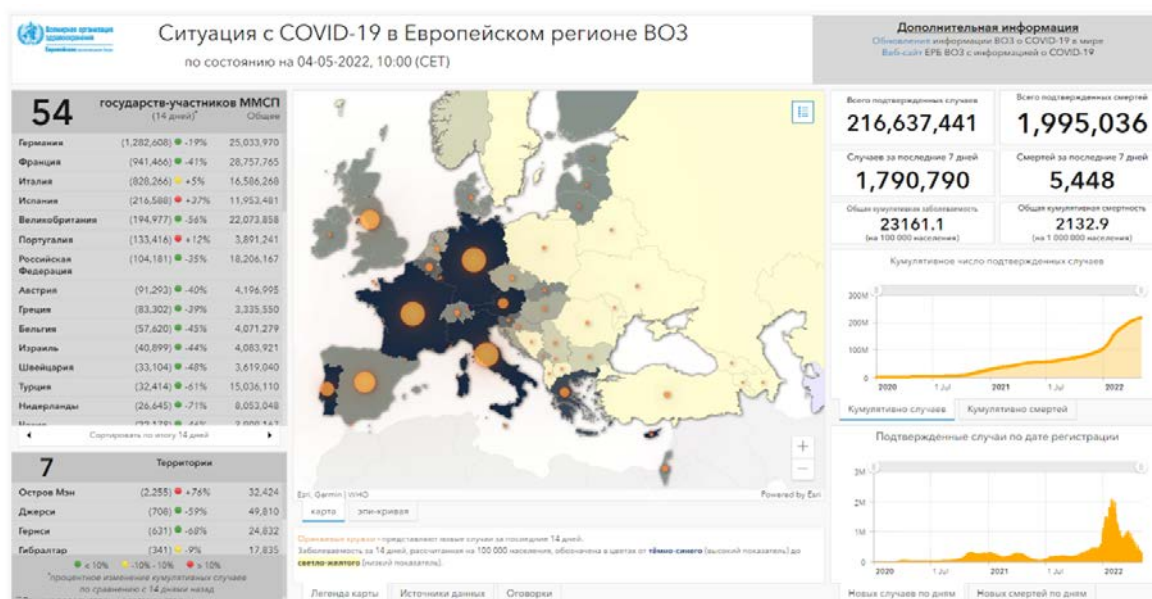


Рис. 1. Пример картографического отображения заболеваемости COVID-19 на сайте европейского бюро ВОЗ

Fig. 1. Example of mapping the incidence of COVID-19 on the website of the WHO European Office

¹ Электронный эпидемиологический атлас Приволжского федерального округа [Электронный ресурс]. Электрон. базы данных, текстовые, граф. дан. и прикладная прогр. Нижний Новгород: ННИИЭМ, 2018. Режим доступа: <http://epid-atlas.nniiem.ru/> (дата обращения 15.04.2022).

² Ситуация с COVID-19 в Европейском регионе ВОЗ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://who.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/a19d5d1f86ee4d99b013eed5f637232d> (дата обращения 15.04.2022).

Другим примером является картографическое представление случаев заболеваний в США (рис. 2) на официальном сайте Центров по контролю и профилактике заболеваний Министерства здравоохранения и социальных услуг США (Centers for Disease Control and Prevention (CDC) of the U.S. Department of Health and Human Services)¹.

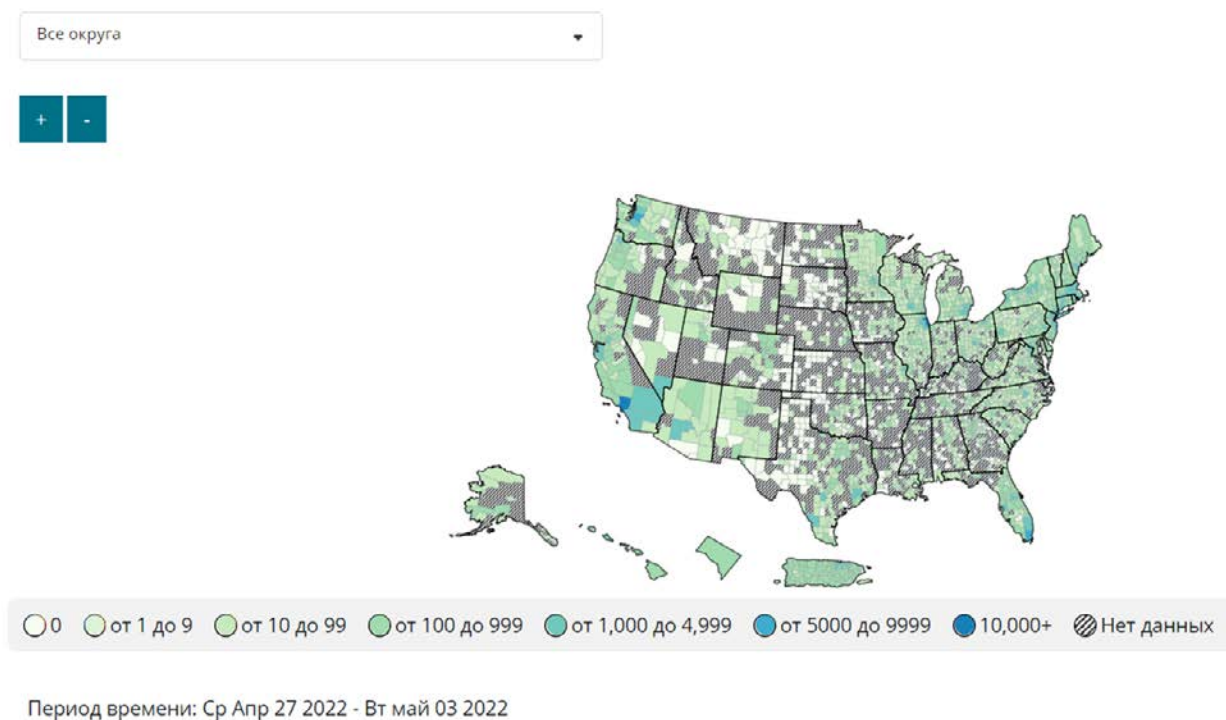


Рис. 2. Пример картографического отображения заболеваемости COVID-19 на сайте CDC (США)

Fig. 2. An example of a cartographic display the incidence of COVID-19 on the CDC website (USA)

Среди отечественных примеров отображения эпидемиологической ситуации, связанной с COVID-19, необходимо отметить работу сайта Яндекс карты «Карта распространения коронавируса в России и мире» (рис. 3)².

Все приведенные примеры объединяет способ предоставления информации, а именно – отображение на картографической основе общего количества случаев заболевания COVID-19 в регионах страны или административно-территориальных образованиях. Отличительной особенностью разрабатываемого в рамках ГИС «Эпидемиологический атлас Российской Федерации» тематического раздела атласа «Мониторинг заболеваемости COVID-19» является предоставление информации с детализацией до улицы и дома, что дает возможность оценивать эпидемиологическую ситуацию в конкретной местности, знать активные эпидемические очаги и проводить на основе оперативного эпидемиологического анализа необходимые санитарно-эпидемиологические мероприятия.

¹ Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) [Electronic resource]. URL: <https://covid.cdc.gov/covid-data-tracker/#county-view> (accessed 15.04.2022).

² Карта распространения коронавируса в России и мире. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://yandex.ru/maps/covid19?ll=41.775580%2C54.894027&z=3> (accessed 15.04.2022).

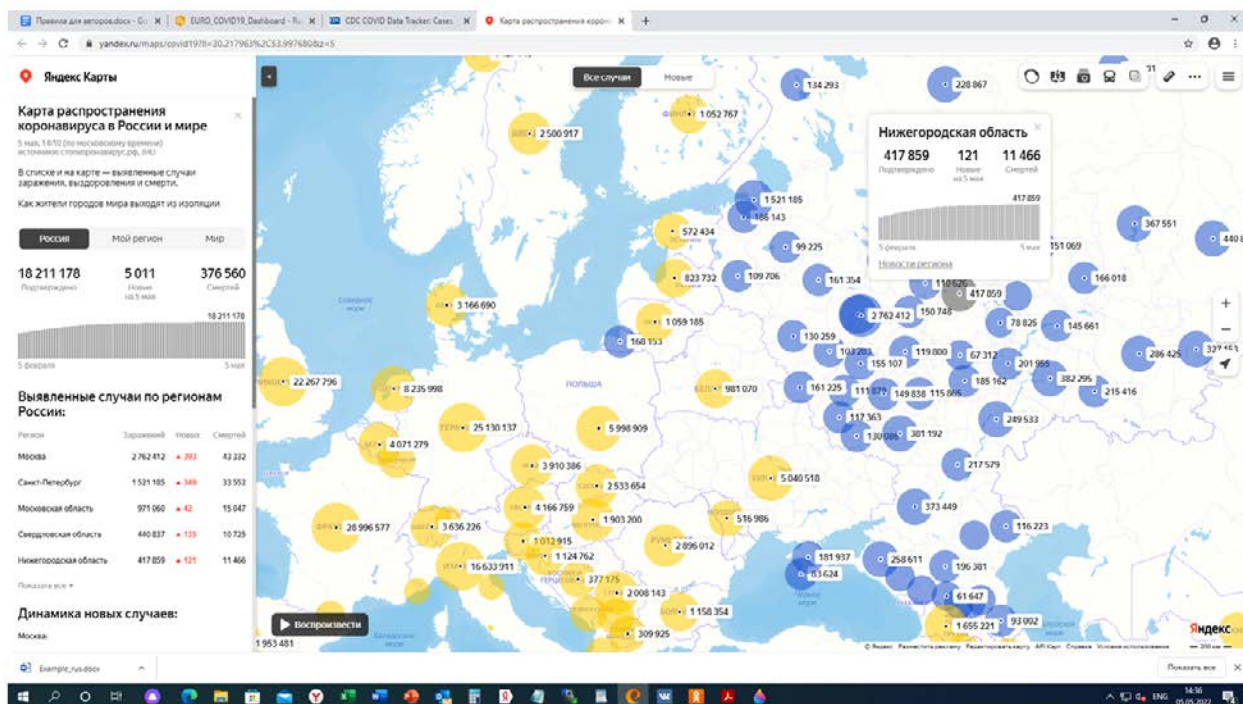


Рис. 3. Пример картографического отображения заболеваемости COVID-19 на сайте Яндекс карты

Fig. 3. An example of a cartographic display the incidence of COVID-19 on the Yandex Maps website

В настоящее время завершена разработка прототипа раздела эпидемиологического атласа «Мониторинг заболеваемости COVID-19»¹ [Побединский и др., 2020] и осуществлено размещение данных, представленных Управлением Роспотребнадзора по Нижегородской области. Размещены данные о 65,5 тыс. инфицированных COVID-19 по Нижегородской области, в том числе по месяцам: январь – 5, февраль – 5, март – 144, апрель – 2 451, май – 949, июнь – 17 417, июль – 10 479, август – 13 379, сентябрь – 5 871, октябрь – 9 134, ноябрь – 5 667. Ввод данных, предоставляемых Управлением, в 2021 г. прекращен в связи с изменением условий доступа к сервисам геокодирования и отсутствием средств на приобретение лицензионного программного обеспечения (лицензии на доступ к сервисам геокодирования).

В локальную базу данных «Мониторинг заболеваемости COVID-19» включены следующие данные: координаты места нахождения инфицированного, описание места локализации, включающее наименование области, района, населенного пункта, улицы, эпидномер, дата заболевания и дата подтверждения. Координаты места нахождения инфицированного определяются по почтовому адресу (без указания квартир) с использованием функции геокодирования.

Модуль картографического отображения позволяет осуществить выбор картографической основы, выбор месяца (или группы месяцев), изменение масштаба отображения, группировку инфицированных при уменьшении масштаба, вывод на экран справочной информации при нажатии на условное обозначение инфицированного, вывод на экран названия района (функция востребована при увеличении масштаба отображения).

¹ Мониторинг заболеваемости COVID-19. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://epid-atlas.nniiem.ru/atlas3/> (дата обращения 15.04.2022).

Опыт эксплуатации прототипа раздела эпидемиологического атласа «Мониторинг заболеваемости COVID-19» показал большую зависимость качества работы от полноты исходных данных. Так, если в марте 2020 г. в подготовленных данных в большинстве случаев были заполнены все поля данных, то в ноябре полнота данных оставляла желать лучшего. Незаполненными остаются поля – номер дома, эпидномер. У значительной части инфицированных SARS-Cov-2 адрес неполный, и соответственно функция геокодирования относит эти случаи к геометрическому центру области, города или района.



Рис. 4. Пример картографического отображения инфицированных SARS-Cov-2 в ноябре–декабре 2020 г. в Нижнем Новгороде по некорректным данным

Fig. 4. Example of cartographic mapping of infected SARS-Cov-2 in November-December 2020 in Nizhny Novgorod according to incorrect data

В соответствии с поручением руководителя Роспотребнадзора А. Ю. Поповой от 05.06.2020 о проведении мониторинга и анализа эпидситуации по заболеваемости COVID-19 подготовлены предложения по дополнению содержания планируемых на 2021–2025 гг. работ в рамках НИР¹ созданием дополнительного тематического раздела атласа «Мониторинг заболеваемости COVID-19».

В рамках НИР разработка тематического модуля ГИС «Эпидемиологический атлас России. Территория Российской Федерации», обеспечивающего углубленную работу со специальной эпидемиологической информацией по отдельным нозологиям, запланирована на 2024 г., после разработки и внедрения основного модуля ГИС, обеспечивающего работу с информацией о нозологиях формы федерального статистического наблюдения.

¹ НИР «Разработка территориально распределенного геоинформационного программного комплекса «Эпидемиологический атлас России. Территория Российской Федерации». Регистрационный номер НИР – 121091400200-8 от 14 сентября 2021 г. Регистрационный номер отчета о 1 этапе НИР – 222011900145-3 от 19 января 2022 г.

ВЫВОДЫ

Актуальное научное направление деятельности ФБУН ННИИЭМ им. академика И. Н. Блохиной Роспотребнадзора – геоинформационные технологии в эпидемиологическом надзоре – позволило реализовать геоинформационный проект «Эпидемиологический атлас ПФО», к разработке которого приступили в начале 2000-х годов специалисты института и АО «Верхневолжское аэрогеодезическое предприятие». Эпидемиологический атлас ПФО является ярким примером комплементарности статистического анализа и картографической визуализации данных в мониторинге инфекционной заболеваемости в необходимом для исследователя масштабе. Разрабатываемый территориально распределенный геоинформационный программный комплекс «Электронный эпидемиологический атлас Российской Федерации» (ГИС «Эпидемиологический атлас России») предназначен для совершенствования методов аналитической обработки и представления статистической и оперативной информации об инфекционных и паразитарных болезнях, детализированной и объективной эпидемиологической информации по отдельным нозологиям в системе мониторинга, лабораторной диагностики инфекционных и паразитарных болезней и индикации ПБА в Российской Федерации. Завершение в 2020 г. НИР «Разработка территориально распределенного геоинформационного программного комплекса «Электронный эпидемиологический атлас Российской Федерации. Территория федерального округа» в рамках Отраслевой научно-исследовательской программы Роспотребнадзора на 2016–2020 гг. «Проблемно-ориентированные научные исследования в области эпидемиологического надзора за инфекционными и паразитарными болезнями» и продолжающая ее НИР «Разработка территориально распределенного геоинформационного программного комплекса «Электронный эпидемиологический атлас Российской Федерации. Территория Российской Федерации» являются очередным этапом развития в ННИИЭМ научного направления: геоинформационные технологии в эпидемиологическом надзоре за инфекционной заболеваемостью.

Главной задачей новой НИР будет переход от локальной веб-ГИС с территориальным охватом одного федерального округа к территориально распределенной ГИС «Эпидемиологический атлас России» с территориальным охватом всей территории Российской Федерации, аналогично такой фундаментальной работе, как Медико-географический атлас России «Природноочаговые болезни», но при этом сохраняя достигнутый уровень предыдущих разработок, включающий более 120 нозологий, пространственную детализацию информации о заболеваемости до уровня муниципального района и временную детализацию 1 месяц.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено в рамках Отраслевой научно-исследовательской программы Роспотребнадзора на 2021–2025 гг.¹.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was carried out within the framework of the Industry Research Program of Rospotrebnadzor for 2021–2025.

¹ Отраслевая научно-исследовательская программа Роспотребнадзора на 2021–2025 гг. «Научное обеспечение эпидемиологического надзора и санитарной охраны территории Российской Федерации, создание новых технологий, средств и методов контроля и профилактики инфекционных и паразитарных болезней». Утверждена приказом Роспотребнадзора от 24 декабря 2020 г. № 869.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абросимова Ю.Е., Артюхов В.В., Ермаков С.П. и др.* Окружающая среда и здоровье населения России: Атлас. М.: ПАИМС, 1995. 448 с.
2. *Абшаев М.Т., Агзагова М.Б., Аджиев А.Х. и др.* Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации. М.: ДИК, 2005. 271 с.
3. *Болотин Е.И., Ананьев В.Ю., Федорова С.Ю.* Инфекционная заболеваемость: некоторые теоретические и практические обобщения. Здоровье населения и среда обитания. 2011. № 1. С. 27–30.
4. *Бородаев Д.В.* Веб-сайт как объект графического дизайна. Харьков: Септима ЛТД, 2006. 288 с.
5. *Ватлина Т.В., Котова Т.В., Малхазова С.М. и др.* Медико-географический атлас России «Природноочаговые болезни». Москва: Географический факультет МГУ, 2015. 208 с.
6. *Ватлина Т.В., Котова Т.В., Малхазова С.М. и др.* Медико-географический атлас России «Природноочаговые болезни». 2-е изд.: исправ. и доп. Москва: Географический факультет МГУ, 2017. 216 с.
7. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата. Материалы международной конференции «Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных климатических изменений» (Южно-Сахалинск, Сеул, Вашингтон, 26 июня – 07 июля 2017 г.). Т. 1. Ред. В.С. Тикунов, М.В. Грибок. М.: Изд-во МГУ, 2017. 448 с.
8. *Дубинина О.Е.* Глобальное потепление климата, изменение ареалов переносчиков, появление видов-вселенцев и переносимых ими возбудителей болезни. Научно-практический журнал «Пест-Менеджмент». 2017. № 1. С. 14–24.
9. *Ефимов Е.И., Побединский Г.Г.* О новой концепции Эпидемиологического атласа. Великие реки'2018. Труды научного конгресса. В 3 т. Нижний Новгород: ННГАСУ, 2018. Т. 1. С. 304–309.
10. *Ефимов Е.И., Побединский Г.Г., Вьюшков М.В., Сарсков С.А.* Структура баз данных ГИС «Эпидемиологический атлас России». Великие реки'2020. Труды научного конгресса. Нижний Новгород: ННГАСУ, 2020. С. 258–263.
11. *Ефимов Е.И., Побединский Г.Г.* Опыт разработки ГИС «Электронный эпидемиологический атлас». Интерэкспо ГЕО-Сибирь, 2020. Т. 1. № 2. С. 3–18. DOI: 10.33764/2618-981X-2020-1-2-3-18.
12. *Ефимов Е.И., Никитин П.Н., Ершов В.И.* Электронный эпидемиологический атлас ПФО. Опыт создания, перспективы использования в противоэпидемической практике. Геоинформационные системы в здравоохранении РФ: данные, аналитика, решения. Труды 1-й и 2-й Всероссийских конференций. М.: Береста, 2013. С. 120–122.
13. *Ефимов Е.И., Побединский Г.Г., Ершов В.И., Вьюшков М.В., Сарсков С.А., Белых Ю.Р.* Разработка методических подходов к созданию ГИС «Эпидемиологический атлас России». Нижний Новгород: ФБУН ННИИЭМ им. акад. И.Н. Блохиной, 2019. 113 с. Деп. ВИНТИ РАН 16.12.2019. № 119-В2019. DOI: 10.36535/0202-6120-2020-01-119-2019.
14. *Иванников Ю.Г.* Очерки общей эпидемиологии. СПб: ВМА им. С.М. Кирова, 2011. 176 с.
15. *Китаева Л.С.* Критерии оценки интерфейсов для проектирования web-ГИС медико-эпидемиологического назначения. Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения: материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2020. С. 407–415.

16. Львов Д.К., Дерябин П.Г., Аристова В.А., Бутенко А.М., Галкина И.В., Громашевский В.Л., Давыдова А.А., Колбухина Л.В., Львов С.Д., Щелканов М.Ю. Атлас распространения возбудителей природноочаговых вирусных инфекций на территории Российской Федерации. М.: НПЦ ТМГ МЗ РФ, 2001. 192 с.
17. Макарова И.Л. Анализ методов определения весовых коэффициентов в интегральном показателе общественного здоровья. Символ науки. 2015. № 7. С. 87–94.
18. Малхазова С.М., Миронова В.А., Пестина П.В., Прасолова А.И. Новые и возвращающиеся природноочаговые болезни в России как актуальная проблема в связи с глобальными изменениями климата. VI Семеновские чтения: наследие П.П. Семенова-Тян-Шанского и современная наука: Материалы Международной научной конференции, посвященной 190-летию со дня рождения П.П. Семенова-Тян-Шанского. Липецк: Липецкий государственный педагогический университет им. П.П. Семенова-Тян-Шанского, 2017. С. 85–90.
19. Мандругин В.В. Психологические аспекты интерфейса в проектировании дизайна веб-ГИС. Интерэкспо Гео-Сибирь, 2012. Т. 1. № 1–2. С. 62–65.
20. Побединский Г.Г., Сарсков С.А. Геоинформационные системы и технологии в противоэпидемической практике. Интеграция пространственных данных в целях эпидемиологического мониторинга территорий. Нижний Новгород: ФБУН ННИИЭМ им. академика И.Н. Блохиной, 2019. 59 с. Деп. ВИНТИ РАН. 16.12.2019. № 118-В2019. DOI: 10.36535/0202-6120-2020-01-118-2019.
21. Побединский Г.Г., Ефимов Е.И., Сарсков С.А., Вьюшков М.В., Китаева Л.С., Носова А.Ю. Современное состояние и направления развития ГИС эпидемиологического направления. Аналитический обзор. Нижний Новгород: ФБУН ННИИЭМ им. акад. И.Н. Блохиной, 2021. 171 с.
22. Побединский Г.Г., Сарсков С.А., Вьюшков М.В. Прототип раздела эпидемиологического атласа «Мониторинг заболеваемости COVID-19». Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения: материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2020. С. 394–402.
23. Поспелов В.П. Медико-географический атлас Красноярского края. Красноярск, 1970. 41 с.
24. Поспелов В.П. Ландшафтно-эпидемиологический атлас Европейской части РСФСР, Урала и Крымской области УССР. М.: Мин-во здравоохранения СССР, 1987. 162 с.
25. Потехина Н.Н., Ковалишина О.В., Пискарев Ю.Г. и др. Основы ретроспективного анализа инфекционной заболеваемости: Учеб. пособие для студентов мед. вузов. Нижний Новгород: Изд-во НижГМА, 2009. 160 с.
26. Романюха А.А. Математические модели в иммунологии и эпидемиологии инфекционных заболеваний. Эл. изд. М.: БИНОМ, 2015. 296 с.
27. Савилов Е.Д., Алексеева Г.И., Мальцева М.В. и др. Методический подход к оценке эпидемиологической ситуации по обобщенному критерию. Якутский медицинский журнал. 2011. № 4. С. 58–59.
28. Сарсков С.А., Вьюшков М.В. Справочник болезней ГИС «Эпидемиологический атлас России». Великие реки'2020. Труды научного конгресса. Нижний Новгород: ННГАСУ, 2020. С. 245–258.
29. Сарсков С.А., Вьюшков М.В. Исследование методологии оценки эпидемиологической ситуации. Эпидемиологический надзор за актуальными инфекциями: новые угрозы и вызовы. Сборник научных трудов. Нижний Новгород: Изд-во «Медиаль», 2021. С. 246–251.

30. Уэйнишенк С. Интуитивный веб-дизайн. Что заставляет людей переходить по ссылкам. Пер. с англ. Серия «Компьютер на 100 %». М.: Эксмо, 2011. 160 с.
31. Чистобаев А.И., Семенова З.А. Медико-географические научные школы в СССР и постсоветских странах. География и природные ресурсы. 2012. № 2. С. 155–160.
32. Чистобаев А.И., Семенова З.А. Медико-географическое картографирование в бывшем СССР и современной России. Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 7. 2013. Вып. 4. С. 109–118.
33. Шевин А.В. Геопорталы как базовые элементы инфраструктуры пространственных данных: Анализ текущего состояния вопроса в России. Вестник СГУГиТ, 2016. Вып. 3 (35). С. 102–110.
34. Шмелев А.Г. Многокритериальная оценка пользовательских интерфейсов порталных проектов. Интернет-порталы: содержание и технологии. Т. 2. М.: Просвещение, 2004. С. 346–361.
35. Abrosimova Yu.Ye., Artyukhov V.V., Ermakov S.P. et al. Environmental and Health Atlas of Russia. М.: PAIMS, 1995. 448 p.
36. Cliff A., Haggett P., Smallman-Raynor M. World Atlas of Epidemic Diseases. New York: Arnold, London, and distributed by Oxford University Press, Inc. 2004. 212 p.

REFERENCES

1. Abrosimova Yu.E., Artyukhov V.V., Ermakov S.P. et al. Environment and health of the Russian population: Atlas. Moscow: PAIMS, 1995. 448 p. (in Russian).
2. Abrosimova Yu.Ye., Artyukhov V.V., Ermakov S.P. et al. Environmental and Health Atlas of Russia. Moscow: PAIMS, 1995. 448 p.
3. Abshaev M.T., Agzagova M.B., Adzhiev A.H. et al. Atlas of natural and man-made hazards and emergency risks in the Russian Federation. Moscow: DIK, 2005. 271 p. (in Russian).
4. Bolotin E.I., Ananyev V.Yu., Fedorova S.Yu. Infectious morbidity: some theoretical and practical generalizations. Public Health and Life Environment. 2011. No. 1. P. 27–30 (in Russian).
5. Borodaev D.V. Web-site as an object of graphic design. Kharkiv: Septima LTD, 2006. 288 p. (in Russian).
6. Chistobaev A.I., Semenova Z.A. Medico-geographical mapping in the former USSR and modern Russia. Bulletin of St. Petersburg University. Ser. 7. 2013. Iss. 4. P. 109–118 (in Russian).
7. Chistobaev A.I., Semenova Z.A. Medico-geographical scientific schools in the USSR and post-Soviet countries. Geography and natural resources. 2012. No. 2. P. 155–160 (in Russian).
8. Cliff A., Haggett P., Smallman-Raynor M. World Atlas of Epidemic Diseases. New York: Arnold, London, and distributed by Oxford University Press, Inc. 2004. 212 p.
9. Dubinina O.E. Global climate warming, changes in vector ranges, the appearance of alien species and the pathogens they carry. Scientific and practical journal “Pest Management”, 2017. No. 1. P. 14–24 (in Russian).
10. Efimov E.I., Pobedinskiy G.G. Experience in the development of GIS “Electronic Epidemiological Atlas”. Interexpo GEO-Siberia. 2020. Vol. 1. No. 2. P. 3–18. DOI: 10.33764/2618-981X-2020-1-2-3-18 (in Russian).
11. Efimov E.I., Nikitin P.N., Ershov V.I. Electronic Epidemiological Atlas of the Volga Federal District. The experience of creating. prospects for use in anti-epidemic practice. Geoinformation systems in healthcare of the Russian Federation: Data, Analytics, Solutions. Proceedings of the 1st and 2nd All-Russian Conferences. Moscow: Beresta, 2013. P. 120–122 (in Russian).
12. Efimov E.I., Pobedinskiy G.G. On the new concept of the Epidemiological Atlas. Great Rivers’ 2018. Proceedings of the Scientific Congress. In 3 vols, Vol. 1. Nizhny Novgorod: NNGASU, 2018. P. 304–309 (in Russian).

13. *Efimov E.I., Pobedinskiy G.G., Vyushkov M.V. et al.* Structure of GIS databases “Epidemiological Atlas of Russia”. Great Rivers ‘2020. Proceedings of the Scientific Congress. Nizhny Novgorod: NNGASU, 2020. P. 258–263 (in Russian).
14. *Efimov E.I., Pobedinsky G.G., Ershov V.I. et al.* Development of methodological approaches to the creation of GIS “Epidemiological Atlas of Russia”. Nizhny Novgorod: Academician I.N. Blokhina Nizhny Novgorod Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology. 2019. 113 p. Deposited by VINITI RAS 16.12.2019. No. 119-B2019. DOI: 10.36535/0202-6120-2020-01-119-2019 (in Russian).
15. Geoinformation support of sustainable development of territories in the context of global climate change. Materials of the international conference “Geoinformation support of sustainable development of territories in conditions of global climate change” (Yuzhno-Sakhalinsk, Seoul, Washington, June 26–July 07, 2017). Ed. V.S. Tikunov, M.V. Gribok Vol. 1. Moscow: Publishing House of Moscow State University. 2017. 448 p. (in Russian).
16. *Ivannikov Yu.G.* Essays of general epidemiology. Saint Petersburg: S.M. Kirov Military Medical Academy, 2011. 176 p. (in Russian).
17. *Kitaeva L.S.* Criteria for evaluating interfaces for designing web-GIS for medical and epidemiological purposes. Fundamental and applied aspects of population health risk analysis: materials of the All-Russian scientific and practical Internet conference of young scientists and specialists of Rospotrebnadzor with international participation. Perm.: Publishing House of the Perm National Research Polytechnic University, 2020. P. 407–415 (in Russian).
18. *Lviv D.K., Deryabin P.G., Aristova V.A., Butenko A.M., Galkina I.V., Gromashevsky V.L., Davydova A.A., Kolbukhina L.V., Lviv S.D., Shchelkanov M.Yu.* Atlas of the spread of pathogens of natural focal viral infections in the territory of the Russian Federation. Moscow: SPC TMG of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2001. 192 p. (in Russian).
19. *Makarova I.L.* Analysis of methods for determining the weight coefficients in the integral indicator of public health. Science Symbol. 2015. No. 7. P. 87–94 (in Russian).
20. *Malkhazova S.M., Mironova V.A., Petina P.V., Prasolova A.I.* New and returning natural focal diseases in Russia as an urgent problem in connection with global climate change. VI Semenovs Readings: the legacy of P.P. Semenov-Tyan-Shansky and Modern Science: Materials of the International Scientific Conference dedicated to the 190th anniversary of the birth of P.P. Semenov-Tyan-Shansky. Lipetsk.: Lipetsk State Pedagogical University named after P.P. Semenov-Tyan-Shansky. 2017. P. 85–90 (in Russian).
21. *Mandrugin V.V.* Psychological aspects of the interface in the design of web GIS design. Interexpo Geo-Siberia. 2012. Vol. 1. No. 1–2. P. 62–65 (in Russian).
22. *Pobedinskiy G.G., Efimov E.I., Sarskov S.A., Vyushkov M.V., Kitaeva L.S., Nosova A.Yu.* The current state and directions of development of GIS epidemiological direction. Analytical review. Nizhny Novgorod: Academician I.N. Blokhina Nizhny Novgorod Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology. 2021. 171 p. (in Russian).
23. *Pobedinskiy G.G., Sarscov S.A.* Geoinformation systems and technologies in epidemiological practice. Integration of spatial data for the purpose of epidemiological monitoring of territories. Nizhny Novgorod.: Academician I.N. Blokhina Nizhny Novgorod Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology, 2019. 59 p. Deposited by VINITI RAS on 16.12.2019. No. 118-B2019. DOI: 10.36535/0202-6120-2020-01-118-2019 (in Russian).
24. *Pobedinskiy G.G., Sarskov S.A., Vyushkov M.V.* Prototype of the section of the epidemiological atlas “Monitoring of the incidence of COVID-19”. Fundamental and applied aspects of population health risk analysis: materials of the All-Russian scientific and practical Internet conference of young scientists and specialists of Rospotrebnadzor with international

- participation. Perm.: Publishing House of the Perm National Research Polytechnic University, 2020. P. 394–402 (in Russian).
25. *Pospelov V.P.* Landscape-epidemiological atlas of the European part of the RSFSR, the Urals and the Crimean region of the Ukrainian SSR. Moscow, 1987. 162 p. (in Russian).
 26. *Pospelov V.P.* Medico-geographical atlas of the Krasnoyarsk territory. Krasnoyarsk, 1970. 41 p. (in Russian).
 27. *Potekhina N.N., Kovalishena O.V., Piskarev Yu.G. et al.* Fundamentals of retrospective analysis of infectious morbidity: textbook. manual for students of medical universities. Nizhny Novgorod: Publishing House of the Nizhny Novgorod State Medical Academy, 2009. 160 p. (in Russian).
 28. *Romaniukha A.A.* Mathematical models in immunology and epidemiology of infectious diseases. Moscow: BINOM, 2015. 296 p. (in Russian).
 29. *Sarscov S.A., Vyuchkov M.V.* Handbook of diseases of the GIS “Epidemiological Atlas of Russia”. Great Rivers ‘2020. Proceedings of the Scientific Congress. Nizhny Novgorod: NNGASU, 2020. P. 245–258 (in Russian).
 30. *Sarskov S.A., Vyushkov M.V.* Investigation of the methodology for assessing the epidemiological situation. Epidemiological surveillance of current infections: new threats and challenges. Collection of scientific papers. Nizhny Novgorod: Publishing house “Medial”, 2021. P. 246–251 (in Russian).
 31. *Savilov E.D., Alekseeva G.I., Maltseva M.V. et al.* Methodological approach to the assessment of the epidemiological situation by a generalized criterion. Yakut Medical Journal. 2011. No. 4. P. 58–59 (in Russian).
 32. *Shevin A.V.* Geoportals as basic elements of spatial data infrastructure: Analysis of the current state of the issue in Russia. Vestnik SGUGiT. Iss. 3 (35). 2016. P. 102–110 (in Russian).
 33. *Shmelev A.G.* Multicriteria evaluation of user interfaces of portal projects. Internet portals: contents and technologies. Vol. 2. Moscow: Prosveshchenie, 2004. P. 346–361 (in Russian).
 34. *Vatlina T.V., Kotova T.V., Malkhazova S.M. et al.* Medico-geographical Atlas of Russia “Natural Focal Diseases”. Moscow: Faculty of Geography. Lomonosov Moscow State University, 2015. 208 p. (in Russian).
 35. *Vatlina T.V., Kotova T.V., Malkhazova S.M. et al.* Medico-geographical Atlas of Russia “Natural Focal Diseases”. 2nd revised edition. Moscow: Faculty of Geography. Lomonosov Moscow State University, 2017. 216 p. (in Russian).
 36. *Weinschenk S.* Neuro Web Design. What Makes Them Click? Series “Computer for 100 %”. Moscow: Eksmo, 2011. 160 p. (in Russian).
-