

С.И. ЛЕСНЫХ*, О.В. МЕЛЬНИКОВА**

*Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, tyara@irigs.irk.ru

**Иркутский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский противочумный институт Сибири и Дальнего Востока Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 664047, Иркутск, ул. Триллссера, 78, Россия, melnikovaovit@gmail.com

СОЗДАНИЕ БАЗ ДАННЫХ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТЕКУЩЕЙ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА РЕГИОНА

На основе принципов геоонтологии, позволяющих выявить функциональную связность всех компонентов социобиологической системы, разработана унифицированная и научно обоснованная методика первичной обработки эпидемиологической информации и ее подготовки для дальнейшего использования. Отмечены особенности эпидемиологической информации и показана необходимость территориальной привязки исследуемых объектов и ситуаций для обеспечения адекватности управленческих решений. Согласно принципам проектирования реляционных баз данных, создана интегрированная база эпидемиологических данных, включающая в себя географические координаты исследуемых объектов и ситуаций. Такая территориальная привязка, реализованная с использованием ГИС-технологий, позволяет решать региональные задачи оценки вероятности заболевания с учетом особенностей местоположения, что обеспечивает грамотную и адресную работу системы медико-экологического мониторинга. Созданы и запатентованы пополняемые базы данных, совместимые с ArcGIS и содержащие основные эпидемиологические данные о заболеваемости клещевым энцефалитом и клещевым боррелиозом на основе информации, полученной от учреждений здравоохранения г. Иркутска. Для ввода в интегрированную базу данных информации о ландшафтной приуроченности инфекций проводятся ежегодные (с 2005 г.) экспедиции на нескольких ключевых участках Иркутской области, отличающихся ландшафтным разнообразием, численностью переносчика, посещаемостью и заболеваемостью населения. Производится отлов клещей и их прокормителей для исследования на наличие возбудителей природно-очаговых инфекций. Отловлено более 25 000 клещей, зараженность которых вирусом клещевого энцефалита составила в среднем 1,5 %. Для визуализации эпидемиологической информации использованы методы сквозного географического картографирования территории, логика которого формулирует принципы геоинформационного картографирования и естественным образом включает природный территориальный компонент.

Ключевые слова: методика обработки информации, геоонтология, базы эпидемиологических данных, геокодирование, сквозное картографирование, мониторинг динамики заболеваемости.

S.I. LESNYKH*, O.V. MEL'NIKOVA**

*V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, tyara@irigs.irk.ru

**Irkutsk Labor Red Banner Order Antiplague Research Institute of Siberia and the Far East,
Federal Service on Surveillance in the Sphere of Consumer Rights Protection and Human Welfare,
664047, Irkutsk, ul. Trilissera, 78, Russia, melnikovaovit@gmail.com

GENERATION OF DATABASES AND VISUALIZATION OF CURRENT EPIDEMIOLOGICAL INFORMATION FOR PURPOSES OF A MEDICAL-ECOLOGICAL MONITORING OF A REGION

The geoontology principles of identifying the functional connectivity of all components of the socio-biological system have been used as the basis for developing a unified and scientifically rigorous methodology of preprocessing of epidemiological information and its preparation for further use. The specific features of epidemiological information are highlighted as well as the need for territorial linkage of the objects and situations under study in order to ensure the adequacy of management decisions. According to the principles of designing relational databases, an integrated epidemiological database has been generated, which includes the geographical coordinates of the objects and situations under study. Such a territorial linkage when implemented

using GIS technologies provides a means of solving regional problems of estimating the probability of disease with due regard for the specific features of the location, which ensures competent and targeted work of the system of medical and environmental monitoring. The continually updated databases have been created and patented, which are compatible with ArcGIS and contain basic epidemiological data on the incidence of tick-borne encephalitis and tick-borne borreliosis, based on information received from hospitals in Irkutsk. For updating the integrated database with information on the occurrence of infections across landscapes, annual (since 2005) expeditions have been conducted in several key areas of Irkutsk oblast which are distinguished by landscape diversity, vector size, attendance and morbidity of the population. Ticks and their hosts are collected and analyzed for the presence of pathogens of natural focal infections. More than 25 thousand ticks were caught, whose infection with tick-borne encephalitis virus averaged 1.5 %. Visualization of epidemiological information used the methods of end-to-end geographical mapping of the territory, the logic of which formulates the principles of geoinformation mapping and naturally includes a natural territorial component.

Keywords: data processing methods, geoontology, epidemiological database, geocoding, end-to-end mapping, monitoring of morbidity rate.

ВВЕДЕНИЕ

В целях обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения постановлением Правительства Российской Федерации № 60 от 02.02.2006 г. [1] утверждено положение о социально-гигиеническом мониторинге на территории страны. Эта система призвана объединить характеристики окружающей среды и показатели здоровья населения, проанализировать их взаимовлияние и представить лицам, принимающим управленческие решения, возможные варианты развития ситуации и предотвращения негативных последствий.

Неотъемлемая часть мониторинга — это оценка и прогнозирование развития эпидемической ситуации по природно-очаговым инфекциям, тесно связанным с природными, антропогенными и социально-экономическими особенностями территории. Решение этой задачи требует регулярного (ежегодного, ежемесячного, еженедельного) слежения за всеми составляющими, характеризующими эпидемиологический процесс. В результате накапливается огромное количество разрозненной эпидемиологической информации, нуждающейся в систематизации, унификации и объединении в единую структуру базы данных, позволяющую проводить оперативный анализ для социально-гигиенического мониторинга.

Эпидемиологическая информация имеет свои особенности. Она разнообразна по содержанию (заболеваемость, носительство, демографические сведения, характеристики возбудителя и внешней среды и др.) и по источникам (официальная статистическая и полученная в результате научных полевых и аналитических исследований), для нее характерны большие объемы и сложность структуры. Наиболее трудоемкие задачи — оптимизация информационных потоков и формирование единых подходов к сбору и анализу первичной информации о выявленных случаях заболевания [2, 3]. Именно на этапе первичной обработки и систематизации информации важно соблюдать требования, предъявляемые к ее обработке (оперативность, непрерывность, качество, достоверность, методический уровень), количеству и качеству, иначе на этапе анализа и прогнозирования ситуации неизбежно появление ошибок, искажающих результаты прогноза.

К настоящему времени имеется большое количество разработок по созданию баз эпидемиологических данных по различным инфекциям: холера и чума [4–6], бруцеллез [7], сибирская язва [2, 8–10], менингококковые инфекции и ВИЧ [11], кишечные [12], природно-очаговые [13–17]. Каждая из этих баз данных имеет свою структуру, похожую, в силу характера исходной информации, но не универсальную, что значительно усложнит дальнейшую интеграцию этих данных в единую систему медико-экологического мониторинга. В связи с этим для эффективного интегрирования эпидемиологических данных в единую базу данных (БД) необходимо создать унифицированную, научно обоснованную схему сбора и первичной обработки информации с территории исследования и ее подготовки для дальнейшего использования [18].

Еще один объективный фактор, усложняющий развитие системы медико-экологического мониторинга, — это проблема территориальной привязки показателей. Как отмечают некоторые авторы [19, 20], она связана с противоречиями между необходимостью определить показатели для достаточно больших (представительных) групп исследуемых объектов и желанием использовать для этого более дробные территориальные единицы. Обычно основу составляет карта изучаемой территории, где населенные пункты или административные районы выступают в качестве объектов, а за атрибутивную информацию принимаются данные об эпидемиологическом состоянии населенного пункта или административного района в целом [11]. Карты, опирающиеся на структуру административно-

территориального деления, в основном составлены в мелком масштабе, носят аналитический характер и достаточно приближенно отражают лишь ареалы природно-очаговых инфекций без учета комплексных характеристик территории. Для обеспечения адекватности управленческих решений необходима привязка исследуемых объектов и ситуаций к конкретному местоположению.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Высокий методический и технический уровень решения поставленной задачи достигается применением ГИС-технологий, реализуемых на базе геоинформационных систем (ГИС), призванных обеспечить сбор, хранение, обработку, геокодирование, визуализацию, доступ и распространение пространственных данных. Использование ГИС-технологий позволяет проводить всесторонний анализ эпидемиологической информации, составлять точные обзоры и прогнозы развития эпидемиологической ситуации, что особенно актуально при решении задач многофакторного анализа [2, 4, 21].

В качестве методической основы создания БД взяты понятия геоонтологии, позволяющие сформировать упорядоченные по разным направлениям последовательности (сети) географических знаний и их преобразований [22]. Использование методов системного анализа позволило разработать алгоритм обработки текущей эпидемиологической информации и перевода ее в картографический вид, построить реляционную модель БД по клещевому энцефалиту (КЭ) и клещевому боррелиозу (КБ), совместимую с ArcGIS.

Объект исследования представляет собой архивные эпидемиологические материалы Управления Роспотребнадзора по Иркутской области о заболеваемости людей клещевым энцефалитом в г. Иркутске.

Создание БД, содержащих эпидемиологическую информацию, имеет свои особенности. Все исследуемые объекты (случаи регистрации или вспышки заболевания) должны рассматриваться в непосредственной взаимосвязи с природными характеристиками конкретного местоположения, где произошел случай заболевания, и с медико-социальными условиями данной территории в целом. Чем детальнее привязка, тем более точный прогноз развития ситуации будет дан для конкретного участка территории.

Для визуализации эпидемиологической информации использованы методы сквозного географического картографирования территории, логика которого базируется на единстве трех координатных начал «природа–хозяйство–население» [22]. Именно эта логика должна определять структуру проектируемых эпидемиологических БД, как наиболее четко формулирующая принципы геоинформационного картографирования и естественным образом включающая природный территориальный компонент. Также в этой триаде нашли отражение идеи, изложенные Б.Л. Черкасским [23] в социально-экологической концепции эпидемического процесса, в которой сформулированы теоретические основы формирования эпидемиологических закономерностей инфекционных болезней под влиянием постоянно меняющихся социально-экономических условий жизни общества (соцэкосистемы).

Для эпидемиологических данных триада принимает следующий вид: «природная среда обитания–паразитарная система (возбудитель)–общество» (рис. 1) и отражает структуру информационных слоев и связей между ними. Компонент «среда» включает в себя характеристики ландшафта и медико-социальные условия, а также выполняет координирующую функцию связи между возбудителем и человеком.

В зависимости от поставленной задачи возможно частичное или полное оборачивание стрелок схемы, что приводит к новому толкованию связей, в частности, координирующая функция от «среды» переходит к «обществу» (см. рис. 1). Такая модель расслоенного, координированного и связанного знания дает метод построения, кодирования и вывода знаний в рамках геоонтологии.

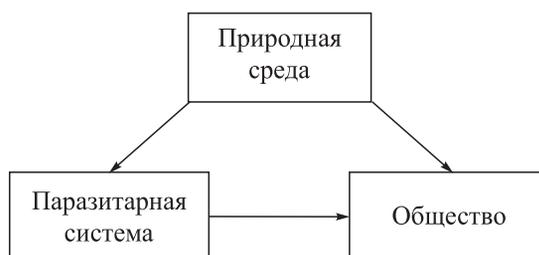


Рис. 1. Коммутативная схема взаимодействия компонентов эпидемического процесса.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исходная эпидемиологическая информация представляет из себя архивные материалы Управления Роспотребнадзора по Иркутской области на бумажных носителях, содержащие сведения о гражданах, обратившихся за медицинской помощью. В статистический расчет берутся случаи обращения граждан за помощью в больничные учреждения г. Иркутска, клинический диагноз (КЭ или КБ) которых подтвержден лабораторными методами исследования. Анализировались зарегистрированные случаи заболеваний КЭ и КБ в г. Иркутске с 1995 по 2016 г. (1539 и 809 случаев соответственно). Архивные материалы содержат следующую информацию: фамилия, имя и отчество пострадавшего, пол, возраст, место работы и социальное положение (рабочий, служащий, безработный, учащийся), даты укусов, заболевания, обращения за медицинской помощью, госпитализации и постановки диагноза; длительности инкубационного периода; текстовое описание места и обстоятельств заражения (например, 12 км Байкальского тракта, сбор черемши); место присасывания клеща на теле; форму (тяжесть) и исход заболевания. В данных по КЭ имеется дополнительная графа о наличии вакцинации.

Руководствуясь теорией проектирования БД [24], последовательно реализованы четыре этапа их создания.

На первом этапе проведен системный анализ имеющихся информационных объектов и всех возможных взаимосвязей между ними с учетом поставленной задачи — осуществление медико-экологического мониторинга. Несмотря на конкретность задачи, для проектирования БД использован не функциональный, а предметный подход, поскольку задача является многоаспектной и включает в себя блоки, обеспечивающие наблюдение за состоянием среды обитания и здоровья населения, их оценку и прогнозирование, а также направленные на выявление, предупреждение и устранение влияния вредных факторов среды обитания (факторов риска) на здоровье населения.

Выявлены объекты и процессы, которые могут представлять интерес для широкого круга пользователей (например, объектами могут быть люди, подвергшиеся нападению клещей, инфекционные агенты, ландшафты и т. д.). Согласно принципу геоонтологии (см. рис. 1), невозможно рассматривать человека и возбудителя без учета факторов среды, в которой они находятся, именно поэтому в базу введены географические координаты мест заражения (широта и долгота). Сформулированы конкретные задачи, которые могут быть решены с использованием разрабатываемой БД, описаны алгоритмы их решения, указаны требования к входящим документам, на основе которых заполняется (пополняется) БД, и варианты представления выходных данных (карты, диаграммы и т. д.), которые будут генерироваться в системе.

На втором этапе осуществлено проектирование инфологической модели БД с отражением текущих и возможных взаимосвязей типа «один к одному» или «один ко многим». Это позволило формализовать взаимосвязи объектов предметной области в терминах семантической модели, основанной на геоонтологии (см. рис. 1). Так, возможны случаи укуса одного человека несколькими клещами, инфицированными разными возбудителями; один клещ может содержать в себе несколько патогенов; в одной среде иногда циркулируют разные возбудители (сочетанные природные очаги) [25]; и т. д.

Третий этап включал в себя даталогическое (логическое) проектирование БД. Для каждого выявленного на первом этапе объекта выделен набор характеризующих его свойств (полей, реквизитов). Так, для человека, укушенного клещом, это могут быть возраст, место работы, дата укуса, вид возбудителя инфекционной болезни и пр. Для ландшафта — географические координаты, тип растительности и прочие. Выделены ключевые поля (реквизит) для взаимодействия с другими объектами; установлены тип данных и разрядность каждого поля, количество записей и другие характеристики.

На примере статистической эпидемиологической информации о заболеваемости клещевым энцефалитом создана логическая модель БД (рис. 2) [26], построенная согласно принципам проектирования реляционных БД.

Привязка логической модели к программным и техническим средствам называется физической моделью БД (четвертый этап). Она и дает конечное материализованное воплощение процессов создания БД и заключается в выборе эффективного размещения БД на внешних носителях для обеспечения наиболее эффективной работы приложения, определении особенностей хранения данных, методов доступа и пр.

В итоге созданы и запатентованы пополняемые БД, совместимые с ArcGIS и содержащие основные эпидемиологические данные о заболеваемости людей клещевым энцефалитом (Свидетельство о государственной регистрации БД № 2013620219 от 31.01.2013) и клещевым боррелиозом (Свидетельство



Рис. 2. Инфологическая модель базы данных.

о государственной регистрации БД № 2013620220 от 31.01.2013) по г. Иркутску. В базу внесен каждый случай заболевания по Иркутску со следующими данными: идентификационный номер больного, пол, возраст, занятость и профессия, даты укуса, заболевания, обращения за медицинской помощью, постановки диагноза, инкубационный период, место заражения и его географические координаты, место присасывания клеща, форма и тяжесть заболевания.

Статистическую обработку результатов проводили стандартными методами с применением программного приложения Microsoft Excel. Введение в базовые таблицы географических координат позволило значительно расширить возможности дальнейшего статистического анализа исходных данных и выполнить процедуру геокодирования — необходимую привязку информации к конкретной территории.

С помощью программы ArcGIS 9 созданы электронные карты по местам заражения (рис. 3). В данном случае ГИС-технологии не только позволяют ускорить процедуру обработки информации, но и гармонично дополняют стандартные операции с БД преимуществами наглядной визуализации и возможностью решать задачи пространственного анализа с использованием электронных карт и привлечением методов математического моделирования и сквозного картографирования [27].

Для анализа связи природных условий и факторов с заболеваемостью КЭ и КБ, уточнения ландшафтной структуры территории проводятся ежегодные (с 2005 г.) экспедиции в ряд районов Иркутской области, где расположены ключевые участки, отличающиеся ландшафтным разнообразием, численностью переносчика, посещаемостью и заболеваемостью населения. Производится отлов клещей и их прокормителей для исследования на наличие возбудителей природно-очаговых инфекций; сбор ландшафтных описаний для идентификации мест обитания хозяев и переносчиков и их сезонной активности. В ходе исследования проанализировано более 25 тыс. клещей, при этом зараженность вирусом КЭ составила в среднем 1,5 %. Чаще всего инфицированные особи встречались в лесных массивах, прилегающих к Байкальскому тракту — самой посещаемой туристами трассе Иркутск–Листвянка. Эта информация представляет собой необходимое звено для ввода в интегрированную БД информации о ландшафтной приуроченности инфекций.

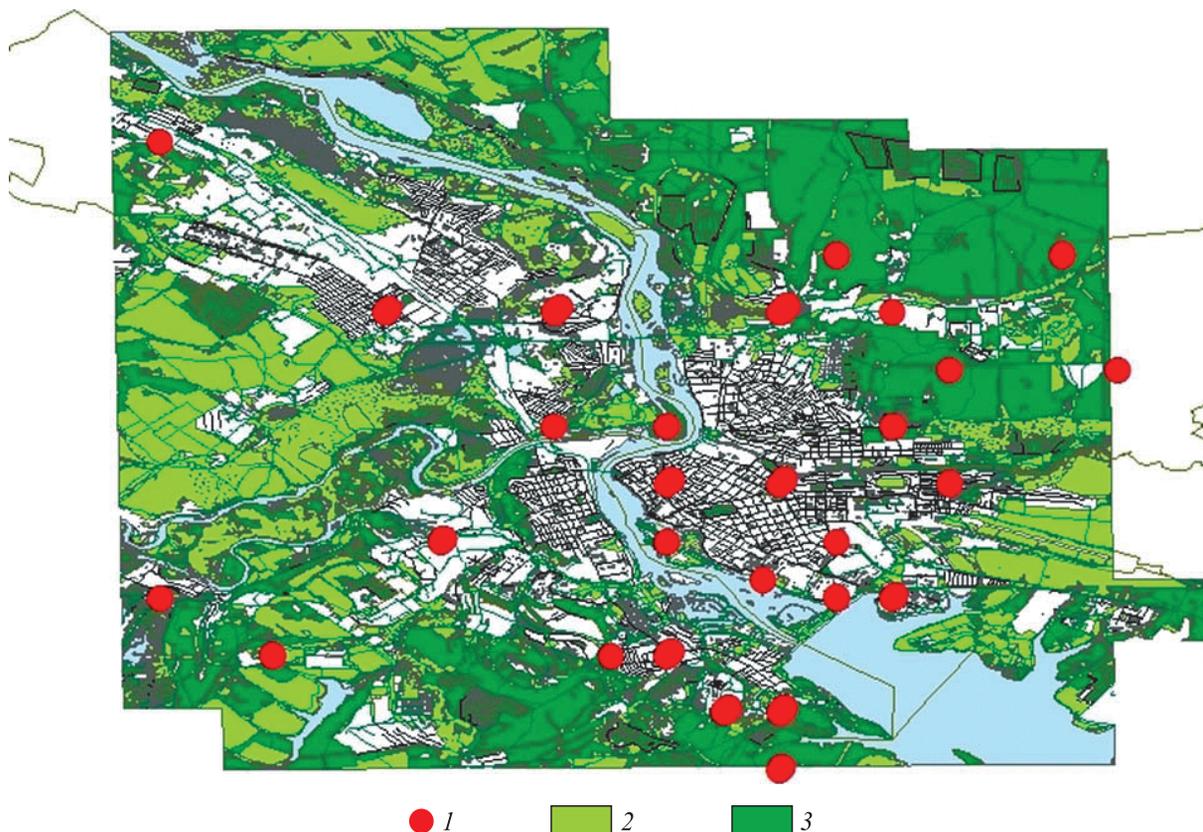


Рис. 3. Карта-схема мест нападения клещей, инфицированных вирусом клещевого энцефалита, на территории г. Иркутска.

1 — места нападения клещей; 2 — городская парковая зона; 3 — пригородная лесная зона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для включения разрозненной статистической эпидемиологической и природной информации в систему медико-экологического мониторинга необходима разработка унифицированной, научно обоснованной методики первичной обработки информации и ее подготовки для дальнейшего использования в виде интегрированных баз эпидемиологических данных. Использование принципов геоонтологии как основы для создания БД позволяет выявить функциональную связность всех компонентов социобиологической системы.

Территориальная привязка исследуемых объектов и ситуаций к конкретному местоположению (территории), осуществляемая путем введения в создаваемую базу данных географических координат (геокодирование), дает возможность решать региональные задачи оценки вероятности заболевания с учетом локальных особенностей местоположения. Использование ГИС-технологий не только визуализирует интегрированную статистическую эпидемиологическую информацию, но и определяет роль ландшафтного и климатического своеобразия исследуемой территории и обеспечивает необходимую адаптацию управленческих решений и воздействий к реальной ситуации.

Анализ интегрированных БД эпидемиологической информации в совокупности с природной, экономической и социальной информацией посредством ГИС позволяет выявить неочевидные связи факторов с частотой возникновения заболевания, всевозможные аномалии и оценить опасность заражения на конкретном участке территории. Это дает возможность оперативного реагирования на любую возникающую ситуацию по какому-либо ареалу с получением всей необходимой картографической и тематической информации и становится незаменимым для проведения эпидемиологического анализа и мониторинга заболеваемости природно-очаговыми инфекциями.

Интегрированная база эпидемиологических данных расширяет возможности построения прогнозных карт, отражающих ожидаемое состояние территории через определенное время в конкретных гео-

графо-эпидемиологических условиях. Она становится точной информационной моделью территории, первым этапом процедуры картосоставления в соответствии с технологией системного анализа [28]. Полнота, достоверность и адресность информации в БД влияет на точность прогнозирования, повышая четкость формулировки задания и проблемы и обеспечивая возможность выбора наиболее подходящей прогнозной математической модели и более тонкой регулировки показателей.

В результате проделанной работы с использованием методов ретроспективного и оперативного эпидемиологического анализа проведен мониторинг динамики заболеваемости клещевым энцефалитом людей, обратившихся за медицинской помощью в г. Иркутске. Разрабатывается методика картографо-статистического анализа связи выявленных условий и факторов с заболеваемостью населения, что получит дальнейшее развитие в геоинформационном синтезе информации в картах специального содержания с обоснованием выделения зон повышенной опасности заражения той или иной инфекцией в Прибайкалье.

В дальнейшей работе преобразованная и визуализированная эпидемиологическая информация найдет свое отображение в виде карт ландшафтной приуроченности, показателей численности и уровней зараженности хозяев и переносчиков, а также распространенности субтипов (генотипов) вируса на территории исследования.

Использование ландшафтных карт и карт растительности позволяет учесть неоднородность территории и точно зафиксировать географическое местоположение каждого описанного участка, причем не столько в смысле указания топографических координат, сколько характеристики ситуации в системе действующих в ландшафте субрегиональных и фоновых факторов. Для получения функциональных характеристик местоположений используется представление об их типологической принадлежности и классификационной позиции, а также о характере функциональных связей между искомыми оценками и параметрами классификационной позиции. Благодаря этому при минимуме входной информации (положение в структуре классификации) можно проводить оценку рисков заражения в разных местоположениях.

Созданные новые методы картографического геоинформационного анализа и синтеза разрозненной статистической и природной информации по клещевым инфекциям позволят органам здравоохранения самостоятельно обрабатывать поступающую к ним информацию и получать на ее основе новые знания.

Научный и практический интерес представляет использование ГИС-технологий в эпидемиологическом надзоре, что позволит более эффективно, оперативно и целенаправленно проводить постоянный эпидемиологический мониторинг инфекций, передаваемых клещами, в автоматическом режиме обеспечивать ретроспективный и оперативный эпидемиологический анализ, визуализировать результаты на изучаемой территории, получить новые научные данные о современных закономерностях эпидемиологического процесса и тенденциях их изменения в природной среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Постановление** Правительства Российской Федерации № 60 от 2 февраля 2006 г. «Об утверждении Положения о проведении социально-гигиенического мониторинга» (В редакции постановлений Правительства Российской Федерации от 04.09.2012 г. № 882; от 25.05.2017 г. № 63) [Электронный ресурс]. — <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102104563&rdk=&backlink=1> (дата обращения 29.03.2018).
2. **Локтионова М.Н.** Закономерности территориального распределения и проявления активности стационарно неблагополучных по сибирской язве пунктов Российской Федерации: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — М., 2011. — 24 с.
3. **Горшков М.В.** Экологический мониторинг. Учебное пособие. — Владивосток: Изд-во Тихоокеан. эконом. ун-та, 2010. — 313 с.
4. **Кирьякова Л.С., Хайтович А.Б., Коваленко И.С., Дулицкий А.И.** Использование географических информационных технологий в эпидемиологической диагностике особо опасных инфекций // Проблемы особо опасных инфекций. — 2004. — Вып. 87. — С. 24–28.
5. **Васильева О.В., Москвитина С.И., Савельев В.Н., Бабеньшев Б.В.** Создание информационной системы «Холера на Кавказе» // Инфекция и иммунитет. — 2012. — Т. 2, № 1–2. — С. 126.
6. **Дубянский В.М.** Концепция использования ГИС-технологий и дистанционного зондирования в эпиднадзоре за чумой // Врач и инфекционные технологии. — 2012. — № 2. — С. 42–46.
7. **Манин Е.А.** Научное обоснование применения ГИС-технологий в эпидемиологическом надзоре за бруцеллезом (на примере Ставропольского края): Автореф. дис. ... канд. мед. наук [Электронный ресурс]. — <http://snipchi.ru/updoc/manin.pdf> (дата обращения 25.01.2018).

8. **Жолдошев С.Т., Васикова С.Г.** Совершенствование эпидемиологического надзора сибирской язвы на основе автоматизированной базы данных // Санитарный врач. — 2012. — № 10. — С. 21–26.
9. **Буравцева Н.П., Мезенцев В.М., Рязанова А.Г., Плужникова О.В., Еременко Е.И., Малецкая О.В., Куличенко А.Н.** Использование ГИС-технологий при разработке кадастра стационарного неблагополучных по сибирской язве пунктов в Краснодарском крае // Журн. микробиол., эпидемиол., иммунобиол. — 2014. — № 2. — С. 59–64.
10. **Лухнова Л.Ю., Айкимбаев А.М., Садовская В.П., Позылов С.К., Мека-Мечеченко Т.В., Некрасова Л.Е., Сармантаева А.Б.** Использование ГИС-технологий для составления базы данных очагов сибирской язвы в Казахстане // Дезинфекция. Антисептика. — 2011. — № 6. — С. 42–49.
11. **Солнцев Л.А.** Электронный атлас как средство систематизации эпидемиологических данных и мониторинга эпидемиологической ситуации // Актуальные проблемы эпидемиологии и профилактической медицины. — Ставрополь: Изд-во ООО «Экспо-Медиа», 2014. — С. 42–44.
12. **Поступайло В.Б.** Совершенствование эпидемиологического анализа инфекционной заболеваемости на основе автоматизированной базы данных: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — Пермь: Изд-во Перм. мед. академии, 2008. — 21 с.
13. **Zou L., Miller S.N., Schmidtman E.T.** A GIS tool to estimate West Nile virus risk based on a degree-day model // Environ. Monit. Assess. — 2007. — N 129 (1–3). — P. 413–420.
14. **Linard C., Lamarque P., Heyman P., Ducoffre G., Luyasu V., Tersago K., Vanwambeke S.O., Lambin E.F.** Determinants of the geographic distribution of Puumala virus and Lyme borreliosis infections in Belgium // Int. Journ. Health Geogr. [Электронный ресурс]. — www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1867807 (дата обращения 25.01.2018).
15. **Wu W., Guo J.Q., Yin Z.H., Wang P., Zhou B.S.** GIS-based spatial, temporal, and space-time analysis of haemorrhagic fever with renal syndrome // Epidemiol. Infect. — 2009. — Vol. 137 (12). — P. 1766–1775.
16. **Ratmanov P., Mediannikov O., Raoult D.** Vectorborne diseases in West Africa: geographic distribution and geospatial characteristics // Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg. — 2013. — Vol. 107 (5). — P. 273–284.
17. **Данчинова Г.А., Хаснатинов М.А., Ляпунов А.В., Фёдоров Р.К., Парамонов В.В., Манзарова Э.Л., Болотова Н.А., Чумаченко И.Г., Ружников Г.М.** Опыт геокодирования местообитаний иксодовых клещей и создание ГИС-технологий в Прибайкалье // Национальные приоритеты России. — 2016. — № 4. — С. 17–26.
18. **Ефимов Е.И., Никитин П.Н., Ершов В.И., Рябикова Т.Ф.** Развитие и использование геоинформационных технологий в противоэпидемической практике. Цели, задачи, методы, результаты // Медицинский альманах. — 2009. — № 2. — С. 43–47.
19. **Стурман В.И.** Экологическое картографирование: Учебное пособие. — М.: Аспект Пресс, 2003. — 251 с.
20. **Кокорина И.П.** К вопросу о применении ГИС-технологий в медико-географическом картографировании // Сб. материалов междунар. науч. конгресса «ГЕО-Сибирь-2006». — Новосибирск: Изд-во Сиб. ун-та геосистем и технологий, 2006. — Т. 1, ч. 2. — С. 252–255.
21. **Мельникова О.В., Вершинин Е.А., Корзун В.М., Лесных С.И., Сидорова Е.А., Андаев Е.И.** Применение ГИС-технологий в сравнительном анализе заболеваемости трансмиссивными клещевыми инфекциями (на примере города Иркутска) // География и природ. ресурсы. — 2014. — № 3. — С. 164–172.
22. **Мясникова С.И., Черкашин А.К.** Геоонтология создания серии карт муниципальных районов // Геодезия и картография. — 2012. — № 12. — С. 41–48.
23. **Черкасский Б.Л.** Системный подход в эпидемиологии. — М.: Медицина, 1988. — 288 с.
24. **Карпова Т.С.** Базы данных: модели, разработка, реализация. — СПб.: Питер, 2001. — 304 с.
25. **Коренберг Э.И., Помелова В.Г., Осин Н.С.** Природноочаговые инфекции, передающиеся иксодовыми клещами. — М.: ООО «Комментарий», 2013. — 464 с.
26. **Лесных С.И., Мельникова О.В.** Создание баз данных текущей эпидемиологической информации для целей медико-экологического мониторинга региона // Экология. Экономика. Информатика: Сб. статей. Т. 2: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. — Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерал. ун-та, 2014. — С. 115–118.
27. **Лесных С.И., Черкашин А.К.** Принципы сквозного картографирования муниципальных районов // Геодезия и картография. — 2015. — № 8. — С. 10–16.
28. **Мясникова С.И., Черкашин А.К.** Прогнозное геоинформационное картографирование // Геодезия и картография. — 2010. — № 11. — С. 30–33.

Поступила в редакцию 28.03.2018

После доработки 05.04.2018

Принята к публикации 27.12.2018