

А.Л.Павленко^{1,2}, И.С.Коваленко¹, А.Б.Хайтович^{1,2}

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В ЭПИДНАДЗОРЕ НА ПРИМЕРЕ ЛЕПТОСПИРОЗА

¹ГУ «Украинская противочумная станция Министерства здравоохранения Украины»*, Симферополь;

²ГУ «Крымский медицинский университет имени С.И.Георгиевского», Симферополь

Для оптимизации применения ГИС-технологий в анализе лептоспироза были использованы данные эпидемиологического и эпизоотологического исследования лептоспироза в Европе, Украине и Крыму. В статье описан методологический подход, состоящий из 4 этапов, который применен для совершенствования эпиднадзора за лептоспирозом. Первый этап основан на изучении опыта ранее проведенного картографирования лептоспироза и выявлении особенностей территории. Второй этап – использование ГИС в эпидемиологическом анализе для разработки критериев районирования энзоотичных территорий, оценки динамических качественных и количественных изменений эпидемического процесса, определения влияния социально-экологических особенностей территории на эпидемический и эпизоотический процессы. Третий этап – создание баз данных (атрибутивные таблицы) с географической привязкой изучаемых явлений (природные очаги лептоспироза, точки выявления животных-хозяев, места возможного инфицирования человека, показатели заболеваемости и др.). Четвертый этап – проведение комплексного анализа полученных карт. Использование подхода позволяет не только определить значимость очагов и изучить комплексное влияние социально-экологических факторов на риск заражения людей, но и провести районирование территории, с учетом эпидемически значимых факторов, что является научно обоснованной основой для разработки адекватных профилактических и противоэпидемических мероприятий.

Ключевые слова: ГИС, эпидемиологический надзор, лептоспироз.

A.L.Pavlenko^{1,2}, I.S.Kovalenko¹, A.B.Khaitovich^{1,2}

Methodological Approach to Application of GIS-Technologies for Epidemiological Surveillance by the Example of Leptospirosis

¹Ukrainian Plague Control Station at the Ministry of Health of Ukraine, Simferopol; ²Crimean S.I.Georgievsky Medical University, Simferopol

In order to optimize application of GIS-technologies for studies of leptospirosis, utilized have been the data on epidemiological and epizootiological investigations of leptospirosis cases in Europe, Ukraine, and Crimea. Described has been a methodological approach to the issue, comprising 4 phases and aimed at enhancement of epidemiological surveillance over leptospirosis. The first stage consists in learning the lessons of previously conducted leptospirosis mapping and specification of peculiarities of the territory. The second one is application of GIS-technologies for epidemiological analysis with a view to outlining the criteria for enzootic territory zoning, to assess dynamic qualitative and quantitative changes of epidemiological process, and estimate the impact of socio-ecological factors on the epidemic and epizootic processes. The third phase is databases creation, (attributive charts) compiled with information on geographically referenced phenomena under discussion (natural leptospirosis foci, sites of host-animal allocation, potentially hazardous areas, morbidity rates, etc.). The fourth one – complex analysis of the software designed maps.

Implementation of this methodology makes it possible not only to evaluate epidemiological significance of the foci, to investigate integrated impact of socio-ecological factors on the occasion of population exposure to the infection, but also to carry out zoning of the territory taking into consideration epidemically significant factors. Therewith, it forms scientifically substantiated premises for the development and implementation of prophylactic and anti-epidemic measures.

Key words: GIS, epidemiological surveillance, leptospirosis.

Современный эпидемиологический надзор, который базируется на теоретической базе, в настоящее время требует дополнительных методологических подходов для проведения анализа данных, поскольку в эпидемиологии многих заболеваний под влиянием глобализации, урбанизации, изменения климатических условий и локальных экологических факторов, интенсификации миграционных процессов, увеличения скорости передвижения и т.д. появились новые особенности. Традиционные способы оценки эпидемиологической информации трудоемки и сложны.

В последние десятилетия в эпидемиологическом

и эпизоотологическом анализе используются новые методы обработки информации, повышающие их точность и наглядность. Одним из таких методов является географическая информационная система (ГИС) – универсальный способ накопления и хранения баз данных и электронных карт, позволяющий аналитически и статистически обрабатывать показатели, отображая их пространственно. В настоящее время ГИС широко применяется для эпидемиологического анализа инфекционных заболеваний [2, 3, 4, 6, 7]. Использование ГИС позволяет одновременно визуализировать и проводить математическую обработку первичных эпидемиологических, эпизоотических и других данных, что, в свою очередь, является много-

*В настоящее время – ФГКУЗ «Противочумная станция Республики Крым» Роспотребнадзора

факторным анализом. Одновременное использование пространственной характеристики явления (процесса) и применение статистических методов создает научную основу прогнозирования и предупреждения осложнений эпидемической ситуации [4, 7].

Эпидемиологический надзор за конкретной инфекцией имеет особенности и требует определенно-го алгоритма, включающего использование новых информационно-аналитических инструментов.

Лептоспироз – острая природно-очаговая инфекция диких, домашних животных и человека, вызываемая различными серогруппами патогенных лептоспир и имеющая большой полиморфизм клинических проявлений. Для проведения эпидемиологического надзора за данной инфекцией эпидемический и эпизоотический процессы следует рассматривать во взаимосвязи. Анализ материалов предусматривает обработку большого объема различных данных как составных частей целостной сложной системы, имеющих функциональные зависимости.

Целью исследования является разработка модели анализа с использованием ГИС-технологий эпидемиологических (эпизоотологических) данных для совершенствования эпидемиологического надзора на примере лептоспироза.

Материалы и методы

Для исследования использованы: перечень энзоотических территорий (районов) по лептоспирозу; данные о заболеваемости лептоспирозом в странах Европы с 1985 по 2010 год [8] и Украине с 1981 по 2011 год (официальные статистические материалы Министерства здравоохранения Украины); материалы архива санитарно-эпидемиологической станции АР Крым с 1946 по 2011 год; карты эпидемиологического обследования очагов лептоспироза АР Крым и Севастополя с 1981 по 2011 год (196 карт); результаты исследования мелких млекопитающих на лептоспироз, добытых в АР Крым и Севастополе с 1980 по 2009 год. Визуальное отображение и проведение пространственного и статистического анализов выполнено с использованием географической информационной технологии, программа ArcGIS 9.2 (лицензия E300 3/02, ESRI, США).

Результаты и обсуждение

Географические информационные системы в эпидемиологии используются для визуализации и анализа географического распространения болезней в определенных временных промежутках, показывая пространственно-временные тенденции, которые сложно обнаружить в табличных или других форматах отображения данных. Наиболее значимой функцией ГИС является пространственный и статистический анализ: описание пространственных изменений динамики заболеваемости, районирование территорий по уровню заболеваемости, создание карты ри-

ска заражения в регионе [6]. Полученные результаты открывают возможность формулировать эпидемиологические гипотезы и определять направления для проведения профилактических мер [7]. Однако, как показал опыт, для полноценного использования ГИС необходимо объективно сформулировать задачи анализа конкретного заболевания, которые должны быть решены с помощью технологии.

Большинство заболеваний, имеющих одинаковые механизмы передачи инфекции и пути заражения людей и животных, обладают множеством особенностей, связанных с возбудителями, резервуаром инфекции в природе, восприимчивостью населения и т.д. Поэтому для формирования задач ГИС-анализа необходимо изучить эпидемиологические, эпизоотологические, микробиологические, экологические и другие особенности заболевания.

Для лептоспироза характерна неоднородность эпидемических и эпизоотических проявлений на различных территориях, т.к. популяции возбудителя и животных-хозяев гетерогенны и динамически изменчивы под воздействием факторов внешней среды. Преимущественные пути инфицирования людей в разных регионах определяются влиянием разных социальных факторов и могут существовать определенные местные условия, способствующие расширению или сужению ареала возбудителя.

Современные особенности эпидемического и эпизоотического процессов лептоспироза показали, что требуются дополнительные методологические подходы для проведения эпидемиологического анализа с использованием ГИС-технологий. На примере полученных материалов по лептоспирозу в Европе, Украине и Крыму показано, что одним из таких подходов является поэтапное проведение анализа.

На *первом этапе* изучается опыт проведенного картографирования лептоспироза и выявление особенностей для территории, подлежащей изучению, по литературным источникам. Для Крыма одной из первых известных публикаций, характеризующих распространение лептоспироза, является карта «Примерные границы распространения лептоспирозных заболеваний людей и животных в Крыму» (1954 г.). Эти данные были использованы в ГИС-анализе для реализации исторического подхода, предусматривающего составление картографических моделей за разные промежутки времени. Е.П.Бернасовской (1971 г.) проведено изучение территории Украины по значению ландшафтно-географических зон для распространения природных очагов лептоспироза, который может использоваться в ГИС-технологии для выявления многолетних динамических изменений в формировании и распространении природных очагов. Позднее опубликована карта «Украина. Региональные особенности риска заражения населения лептоспирозом», где территория Украины районирована на 5 категорий (2004 г.). Данные для составления карты основывались на официальной статистике и расчете количества случаев

заболевания лептоспирозом на 1000 кв.км. В соответствии с правилами общепринятого учета инфекционных заболеваний, регистрация проводится по месту выявления больного, независимо от места заражения. Поэтому данные, использованные для составления карты, не являлись информативными по отношению к возможному месту заражения (природный, антропоургический и др. очаги). Представленная карта, хотя явилась принципиально новым подходом для эпидемиологической оценки лептоспироза по риску возможного заражения, но объективно не отображала зоны риска заражения. Современные представления о заболеваемости лептоспирозом показывают, что необходимо осуществлять географическую привязку каждого случая заболевания человека к месту вероятного заражения или выделения возбудителя из окружающей среды и от животных-носителей. И только при комплексной оценке имеющихся данных можно достоверно определить территории риска и адаптировать противоэпидемические мероприятия к определенному региону или конкретной территории [5]. В конце 90-х годов создана карта энзоотичных по лептоспирозу территорий, которая отображает наличие энзоотичных территорий в Украине, но не дает количественную и качественную характеристику явления, не учитывает пространственную и функциональную структуру отдельных очагов лептоспироза на разных территориях. Проведенная оценка ранее созданных карт показала несовершенство в наглядности отображения и недостаточной информативности характеристик распространения лептоспироза среди людей и животных, что позволило определить направления для второго этапа эпидемиологического анализа.

Второй этап предусматривает использование ГИС в эпидемиологическом анализе: для разработки критериев районирования энзоотичных территорий, оценки динамических качественных и количественных изменений эпидемического процесса лептоспироза, определения влияния социально-экологических особенностей территории на эпидемический и энзоотический процессы. Реализация данного этапа может происходить по шести направлениям.

Первое направление связано с глобализацией эпидемических процессов. Эпидемический и энзоотический процессы лептоспироза на локальных территориях и их особенности, которые сложились под влиянием региональных экологических и социальных факторов, в свою очередь являются частью глобального процесса. Поэтому лептоспироз на отдельной территории не может рассматриваться изолированно от процессов, происходящих в стране, на континенте и в мире. Это определяет необходимость проведения пространственной визуализации для выявления территорий аналогичных по уровню заболеваемости лептоспирозом, например в странах Европы, Украине и Крыму. При визуальном сравнении нескольких карт данные, отображенные за определенный временной промежуток и имеющие

одинаковые атрибутивные величины, характеризующие уровень заболеваемости лептоспирозом в каждом регионе (страна, область, район), должны иметь одинаковое цветовое окрашивание в соответствии с градацией диапазона показателей.

Второе направление связано с зависимостью заболеваемости лептоспирозом в отдельных административных регионах и наличием энзоотичных территорий (на примере Украины). Реализация возможна совмещением слоев, отображающих средний многолетний уровень заболеваемости лептоспирозом по административным регионам и энзоотичным районам по лептоспирозу.

Третье направление определяет особенности распространения энзоотичных территорий. Известно, что на природные очаги лептоспироза оказывают влияние климатогеографические факторы, поэтому для анализа в масштабах больших территорий (Европа, Украины), слой с энзоотичными территориями накладывается на ГИС слой с экорегионами, который определяет комплексную характеристику ландшафтно-географических, климатических, топографических, геоботанических, гидрологических и других параметров [2]. Как показал проведенный анализ, для определения влияния экологических факторов на природные очаги лептоспироза на малых территориях (Крым) использовать ГИС-слой с экорегионами не целесообразно, т.к. информация не достаточная для выявления локальных закономерностей распространения природных очагов. Экорегионы – это комплексный параметр, который характеризует большие государственные, континентальные и межконтинентальные территории, но не отображают местных антропогенных изменений природной среды и ландшафтное разнообразие. Проведенный анализ многих факторов (отображены разными слоями), которые влияют на распространение лептоспироза в Крыму, показал, что наиболее информативными для обработки являются конкретные слои с различными климатическими и экологическими параметрами территории. Это могут быть например слой по мезоклиматическому районированию Крыма, слой по природной ландшафтной экотонизации и современных ландшафтов Крыма [1], слой с естественными и искусственными водоемами Крымского полуострова.

Четвертое направление – пространственно-временное отображение заболеваемости. Созданные карты по отдельным годам или периодам могут быть использованы для ретроспективного анализа и выявления причин роста или снижения заболеваемости. При использовании архивных материалов санитарно-эпидемиологической станции АР Крым с 1946 по 2011 год, пространственно-временные карты позволили определить 3 периода в динамике эпидемического процесса лептоспироза в Крыму, имеющие отличительные эпидемиологические особенности.

Пятое направление – характеристика природных и антропоургических очагов по разным серологическим группам лептоспир и видам мелких млекопи-

тающих. Различные серогруппы лептоспир вызывают относительно одинаковые по патогенезу заболевания, но они отличаются по патогенным свойствам (тяжесть клинических проявлений). Известно, что существует избирательность разных серогрупп к видам животных-хозяев, основным носителям инфекции, и неодинаковая устойчивость во внешней среде. Данные особенности обуславливают неодинаковую эпидемиологическую значимость природных очагов.

Шестое направление – районирование территории по риску заражения в антропоургических и природных очагах и эпидемическому проявлению очагов.

Третий этап – создание баз данных (атрибутивные таблицы) с географической привязкой изучаемых явлений (природные очаги лептоспироза, точки выявления животных-хозяев, места возможного инфицирования человека, показатели заболеваемости и др.), необходимых для реализации задач, поставленных на втором этапе и проведения картографирования. На этом этапе сведения из имеющихся баз данных импортируются в атрибутивные таблицы ГИС, на основе которых создаются ГИС-слои.

Четвертый этап – проведение комплексного анализа полученных карт. Это научная основа, которая позволяет сформировать и подтвердить гипотезы о состоянии и тенденциях развития эпидемического и эпизоотического процессов, а также определить разработку дополнительных и динамических пространственных моделей для осуществления полноценного эпидемиологического надзора за лептоспирозом, что позволяет своевременно принять решения, обеспечивающие проведение мероприятий, адекватных ситуации и региональным условиям.

Методы применения ГИС-технологий для эпидемиологического анализа должны основываться на фундаментальных знаниях выбранной нозологической формы и на современных научных исследованиях континентального, государственного и регионального уровня. Разработанные этапы и направления в анализе эпизоотического и эпидемического процессов с использованием ГИС-технологий позволяют реализовать интегративный подход для характеристики инфекционных заболеваний.

Таким образом, определен и апробирован методологический подход, состоящий из 4 этапов, для анализа эпидемиологических и эпизоотологических данных с использованием ГИС-технологий на примере лептоспироза. Использование подхода позволяет объективно сформулировать задачи анализа и определить значимость очагов, изучить комплексное влияние социально-экологических факторов на их поддержание и заражение людей, провести районирование территории по степени риска заражения, с

учетом социальных и экологических факторов, что явится основой для разработки адекватных профилактических и противоэпидемических мероприятий. Представленный подход может быть использован как алгоритм для анализа других нозоформ на различных административных территориях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лычак А.И., Бобра Т.В. Геоэкологическая ситуация и проблемы формирования экологической сети в Крыму. *Геополитика и экогеодинамика регионов*. 2009; 5(1):63–9.
2. Павленко А.Л., Хайтович А.Б., Коваленко И.С., Шварсалон Н.К. Экорегинальные особенности энзоотических территорий лептоспироза в Украине. *Профілактична медицина*. 2011; 2(14):63–9.
3. Clarke K.C., McLafferty S.L., Tempalski B.J. On Epidemiology and Geographic Information Systems: A Review and Discussion of Future Directions. *Emerg. Infect. Dis.* 1996; 2(2):85–92.
4. Jacques G. M. Spatial analysis in epidemiology: Nascent science or a failure of GIS? *J. Geograph. Syst.* 2000; 2:91–7.
5. John T.J. The prevention and control of human leptospirosis. *J. Postgrad. Med.* 2005; 51(3):205–9.
6. Ruankaew N. GIS and Epidemiology. *J. Med. Assoc. Thai.* 2005; 88(11):1735–8.
7. Rytkönen M.J.P. Not all maps are equal: GIS and spatial analysis in epidemiology. *Int. J. Circumpolar. Health.* 2004; 63 (1): 9–24.
8. 6084 - Leptospirosis - Incidence (cases per 100 000 population): Computerized information system for infectious diseases (CISID) [Электронный ресурс]/World Health Organization Regional Office for Europe. URL <http://data.euro.who.int/cisid/?TabID=323781> (дата обращения 01.05.2013).

References

1. Lychak A.I., Bobra T.V. [Geo-ecological situation and issues of ecological network formation in Crimea]. *Geopolitika i Ekogeodinamika Regionov*. 2009; 5(1):63–9.
2. Pavlenko A.L., Khaitovich A.B., Kovalenko I.S., Shvarsalon N.K. [Eco-regional peculiarities of leptospirosis enzootic territories in Ukraine]. *Profilaktychna Meditsina*. 2011; 2(14):63–9.
3. Clarke K.C., McLafferty S.L., Tempalski B.J. On Epidemiology and Geographic Information Systems: A Review and Discussion of Future Directions. *Emerg. Infect. Dis.* 1996; 2(2):85–92.
4. Jacques G.M. Spatial analysis in epidemiology: Nascent science or a failure of GIS? *J. Geograph. Syst.* 2000; 2:91–7.
5. John T.J. The prevention and control of human leptospirosis. *J. Postgrad. Med.* 2005; 51(3):205–9.
6. Ruankaew N. GIS and Epidemiology. *J. Med. Assoc. Thai.* 2005; 88(11):1735–8.
7. Rytkönen M.J.P. Not all maps are equal: GIS and spatial analysis in epidemiology. *Int. J. Circumpolar. Health.* 2004; 63 (1): 9–24.
8. 6084 - Leptospirosis - Incidence (cases per 100 000 population): Computerized information system for infectious diseases (CISID) [cited 01.05.2013]/World Health Organization Regional Office for Europe. Available from: <http://data.euro.who.int/cisid/?TabID=323781>.

Authors:

Pavlenko A.L., Khaitovich A.B. Ukrainian Anti-Plague Station. (42, Promyshlennaya St., Simferopol, 95023. E-mail: plaguestat@e-mail.ua); Crimean State Medical University named after S.I.Georgievsky (5/7 Lenin Avenue, Simferopol, 95006).

Kovalenko I.S. Ukrainian Anti-Plague Station. 42, Promyshlennaya St., Simferopol, 95023. E-mail: plaguestat@e-mail.ua

Об авторах:

Павленко А.Л., Хайтович А.Б. Украинская противочумная станция (95023, Симферополь, ул. Промышленная, 42. E-mail: plaguestat@e-mail.ua); Крымский медицинский университет им. С.И.Георгиевского (95006, Симферополь, бульвар Ленина, 5/7).

Коваленко И.С. Украинская противочумная станция. 95023, Симферополь, ул. Промышленная, 42. E-mail: plaguestat@e-mail.ua

Поступила 29.10.13.