

А.А.Кузнецов¹, А.М.Поршаков¹, А.Н.Матросов¹, А.А.Лопатин²**ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ И ПЛОЩАДЕЙ ЭПИЗООТИЧЕСКИХ УЧАСТКОВ В ПРИРОДНЫХ ОЧАГАХ ЧУМЫ**¹ФКУЗ «Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб», Саратов;²ФКУЗ «Противочумный центр», Москва, Российская Федерация

Пространственные параметры эпизоотий в природных очагах чумы используют для обоснованного планирования и проведения комплекса профилактических мероприятий по обеспечению эпидемиологического благополучия населения, проживающего на энзоотической территории. Параметры пораженных чумой участков определяют по реальным географическим координатам эпизоотических точек. **Цель исследования.** Разработка цифровых методов определения границ и площади эпизоотического участка по результатам эпизоотологического мониторинга. **Материалы и методы.** В работе использовали цифровые карты природных очагов чумы, данные о размещении эпизоотических точек, компьютерное программное обеспечение. **Результаты и выводы.** С помощью компьютерного приложения «ArcGIS 10.x» создавали буферные зоны вокруг каждой эпизоотической точки в виде окружностей радиусом 5 км как цифровой аналог метода круговой экстраполяции. Итоговый эпизоотический участок за конкретный сезон образовывался из нескольких налегающих друг на друга окружностей. Оценке подлежали протяженность и площадь участка, а также наличие в его пределах эпидемиологически важных объектов. Фактическое расположение участка, визуализируемое на карте очага, используют для постановки конкретных задач по проведению различных профилактических мероприятий в той или иной его части.

Ключевые слова: природный очаг чумы, эпизоотический участок, ГИС-картографирование.

Корреспондирующий автор: Кузнецов Александр Александрович, e-mail: rusrapi@microbe.ru.

А.А.Kuznetsov¹, А.М.Porshakov¹, А.Н.Matrosov¹, А.А.Lopatin²**Application of GIS Technologies for Determination of Boundaries and Area of Epizootic Regions within Natural Plague Foci**¹Russian Research Anti-Plague Institute “Microbe”, Saratov, Russian Federation; ²Plague Control Center, Moscow, Russian Federation

Spatial indicators of epizooties in natural plague foci are used for justified planning and carrying out measures on epidemiological welfare provision for the population residing in enzootic territories. Plague affected regions are identified by real geographical coordinates of epizootic sites. **Objective** of the study is to develop numerical methods for determination of boundaries and area of epizootic regions according to the results of epizootiological monitoring. **Materials and methods.** Utilized are the digital maps of the natural plague foci, the data on epizootic points, and computer software. **Results and conclusions.** Buffer zones in the form of circumference of 5 km radius were established around each epizootic point with the help of computer application “ArcGIS 10.x” as a counterpart of circular extrapolation method. Resultant epizootic region over a certain season was generated by several overlapping circumferences. Evaluated were the area and extension of the region, as well as the presence of epidemiologically significant objects within its bonds. Actual positioning of the region, visualized on the focus map, is used for specified task assignment as regards carrying out of various preventive measures in this or that part of the area.

Key words: natural plague focus, epizootic region, GIS-mapping.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Funding: The authors received no specific funding for this work.

Corresponding author: Alexander A. Kuznetsov, e-mail: rusrapi@microbe.ru.

Citation: Kuznetsov A.A., Porshakov A.M., Matrosov A.N., Lopatin A.A. Application of GIS Technologies for Determination of Boundaries and Area of Epizootic Regions within Natural Plague Foci. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2017; 4:41–44. (In Russ.). DOI: 10.21055/0370-1069-2017-4-41-44

Оценка пространственных параметров эпизоотий чумы, регистрируемых в природных очагах этой инфекции, необходима для обоснованного планирования и проведения комплекса профилактических мероприятий по обеспечению эпидемиологического благополучия населения, проживающего в зоне эпизоотии или находящегося там временно. В этих целях противочумные учреждения осуществляют регулярный эпизоотологический мониторинг закрепленных за ними энзоотических территорий. Положительным результатом мониторинга служит обнаружение за-

раженных чумным микробом носителей (грызунов и других мелких млекопитающих) и/или переносчиков (блох, клещей и других кровососущих членистоногих). Важнейшим условием регистрации факта выявления возбудителя является точное указание координат (широты и долготы) места обнаружения зараженных животных. В практике мониторинга эти места принято называть эпизоотическими точками. Территория, на которой происходит циркуляция возбудителя в популяциях носителей и переносчиков, называется эпизоотическим участком. Во время и

по завершении обследовательского сезона, который продолжается в течение всего периода обострения эпизоотического процесса (1–2, реже 3 месяца), определяют конфигурацию и площадь территории, где этот процесс протекает. По сути, нанесение эпизоотических точек и участков на карту следует оценивать как элемент картографирования очаговых территорий. Если при этом используются цифровые карты и технологии, то это уже элемент ГИС-картографирования.

Одной из важнейших характеристик эпизоотического участка является дислокация его границ. Однако именно правила проведения границ участка на карте природного очага всегда являлись наименее разработанными в теоретическом плане. Обычно такой границей служила линия, соединяющая крайние эпизоотические точки, хотя количественные критерии такого соединения однозначно никогда не определялись. Проблема ограничения эпизоотических участков наиболее остро стоит для обширных равнинных очагов чумы, где трудно вычленить отдельные поселения или популяции носителей возбудителя. В горных очагах, где участки обитания соответствующих животных-носителей легко оконтурить по ландшафтным и орографическим критериям, проблема решается поиском зараженных животных в конкретных поселениях и приданием статуса эпизоотического участка всему такому поселению с установленными границами и площадью. В настоящее время необходимо провести крупномасштабное ландшафтно-эпизоотологическое ГИС-картографирование высокогорных очагов чумы Кавказа, Горного Алтая и Тувы на современной топографической основе.

Для пространственного анализа эпизоотических проявлений в равнинных очагах чумы наиболее приемлемым, на наш взгляд, является разработанный нами способ круговой экстраполяции по каждой точке с положительным на чуму результатом [1, 2, 4]. При этом способе каждая эпизоотическая точка получает статус «центра» определенного участка местности, где в популяциях норových млекопитающих и их эктопаразитов мог циркулировать возбудитель. Сложность однозначной оценки реальных (топологических) критериев ограничения элементарного эпизоотического участка в конкретных и весьма разнообразных условиях природного очага чумы вынуждает использовать формализованный вариант его границы в виде стандартной окружности. Важным обстоятельством является определение радиуса этой окружности, соответствующего средним параметрам пространственной реализации эпизоотического процесса в период его обострения. Предлагаемый радиус экстраполяции величиной в 5 км достаточно условен, но приблизительно соответствует среднему расстоянию между точками эпизоотологического обследования в течение одного сезона и не противоречит представлениям о размерах поселений и дистанциях беспрепятственных

паразитарных контактов зверьков между собой. Контакты могут быть как прямыми, так и многоэтапными эстафетными. Несколько эпизоотических кругов, все или часть из которых могут соприкасаться и перекрываться, образуют общий эпизоотический участок за конкретный год (сезон), представленный либо единым территориальным массивом, либо областью, разделенной на несколько изолированных фрагментов.

Материалы и методы

В данном сообщении более подробно рассмотрено использование метода круговой экстраполяции в программной среде географических информационных систем (ГИС). Оработка методических приемов проведена с помощью приложения ArcGIS 10.x на материалах эпизоотии чумы среди носителей и переносчиков в Прикаспийском песчаном очаге за весну 2014 г. [3].

Все манипуляции с эпизоотическими участками проводили на интерактивной электронной карте, имеющейся на сервере ФКУЗ РосНИПЧИ «Микроб» и представленной в специализированном веб-приложении. В процессе эпизоотологического мониторинга на электронную карту наносили эпизоотические точки по координатам (широта и долгота), получаемым с помощью приемников спутниковых сигналов (навигаторов) непосредственно на местах сбора полевого материала.

Результаты и выводы

Очерчивание границ эпизоотического участка за конкретный сезон или год заключалось в построении окружностей (буферных зон) с помощью инструмента «Буфер», с центрами в точках с положительными результатами. Буферная зона (buffer zone) – это область, находящаяся внутри окружности заданного радиуса. В ГИС-приложениях буферная зона представляет собой векторный полигон (vector polygon), охватывающий в нашем случае точечный объект. Буферное расстояние (радиус) определяется в любых единицах измерения в масштабе карты. Радиус буферной зоны, построенной вокруг эпизоотической точки, равен 5 км. При построении буферных зон выбирали тип их слияния (None, All, List), что определяет, будет ли выполнено слияние с удалением внутренних границ перекрывающихся зон или с сохранением полных окружностей всех зон, независимо от наложения. В тех случаях, когда буферные зоны выходят за известные границы природного очага чумы, выступающие части полигона следует удалять. В процессе буферизации создавали слой для каждого анализируемого эпизоотического периода (сезона).

Эпизоотический участок весны 2014 г. в Прикаспийском песчаном очаге чумы, сформировавшийся в результате слияния перекрывающихся об-

ластей (All), оказался разделенным на восемь фрагментов, крайние из которых удалены друг от друга на 90–120 км, а их суммарная площадь составила 1235 км² (рис. 1).

Площадь выявленного эпизоотического участка (как сумма отдельных его фрагментов) измерена с помощью инструмента «Измерить объект», запускаемого на панели инструментов. В открывшемся окне выбрано действие «Измерить площадь полигонального объекта» (+) и по щелчку левой кнопкой мыши внутри измеряемого полигона получен результат измерения в автоматическом режиме, отображаемый в том же окне (рис. 1).

В практике работы противочумных учреждений оперативное определение величины эпизоотического участка осуществляется приближенно по сумме условных площадей секторов, где обнаружен возбудитель, приравниваемых к 100 км². Для объективного сравнения и оценки различий, получаемых разными методами, значений мы здесь приводим формализованную площадь эпизоотического участка, разместившегося на 15 секторах, равную 1365 км² при использовании реальных размеров секторов (рис. 1). Площадь участка, получаемая при округлении площади сектора, составляет 1500 км². Такой упрощенный подсчет традиционно применяется как для ускоренной (предварительной), так и для окончательной оценки размеров пораженных чумой территорий.

Различия результатов измерения площадей не критичны, что не препятствует применению формально-территориального способа для экстренного определения площадей эпизоотических участков при оперативном эпизоотологическом обследовании даже при использовании округленного (стандартного) размера сектора. Теоретически же раз-

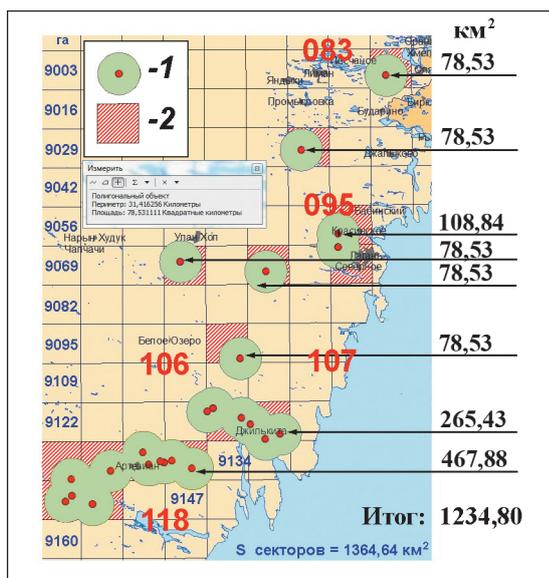


Рис. 1. Фрагментированный эпизоотический участок в Прикаспийском песчаном очаге чумы весной 2014 г.:

1 – места обнаружения возбудителя чумы и эпизоотические участки;
2 – сектора, в которых обнаружен возбудитель

личия формализованной и буферной оценок могут оказаться более существенными, причем как в одну, так и в другую сторону. Покажем это на следующем гипотетическом примере, где форма и размер эпизоотического участка поставлены в зависимость от дислокации мест выявления возбудителя (рис. 2).

На рис. 2, А показано значительное превышение формализованного участка над буферным, а рис. 2, Б – значительная недооценка формализованного участка. Хотя в реальных условиях столь различающиеся варианты дислокации эпизоотических точек маловероятны, мы все же рекомендуем в практических целях всегда применять метод круговой экстраполяции, обеспечивающий организацию экстренных профилактических мероприятий на объективной основе.

Практические цели достигаются следующим образом: при обнаружении эпизоотии чумы на территории природного очага, помимо установления эпизоотического участка на основе кругов с 5-километровым радиусом, определяют дислокацию более широкого участка экстренной профилактики без измерения его площади. Для этого вокруг всех выявленных эпизоотических точек очерчивают окружности радиусом 10 км. В этом случае реализуется давно существующее правило проводить барьерные обработки против носителей и переносчиков возбудителя вокруг населенных пунктов, расположенных на удалении до 10 км от эпизоотических точек, а также поселковую дератизацию в них. Следовательно, все жилые объекты, попавшие в буферные зоны с 10-километровым радиусом, подлежат защитным обработкам по типу экстренных профилактических мероприятий (рис. 3). Все эти манипуляции можно проводить на интерактивной цифровой карте, являющейся компонентом электронного паспорта природного очага чумы, на практике реализуя использование ГИС-технологий в противоэпидемической работе. Просмотр эпизоотических и профилактических участков следует вести в наиболее крупном доступном масштабе, чтобы избежать пропуска мелких населенных пунктов, подлежащих профилакти-

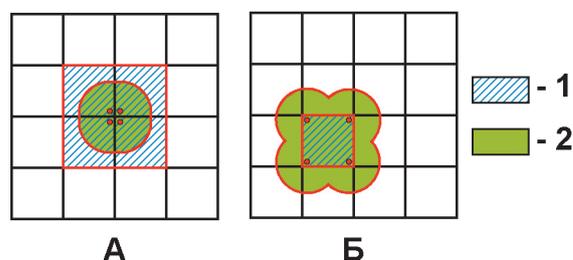


Рис. 2. Зависимость различий в оценке размера эпизоотического участка от гипотетического расположения четырех точек с положительными результатами:

А – превышение формализованного участка над буферным; Б – значительная недооценка формализованного участка при определении границ участка формально-территориальным способом (1) и методом круговой экстраполяции (2)

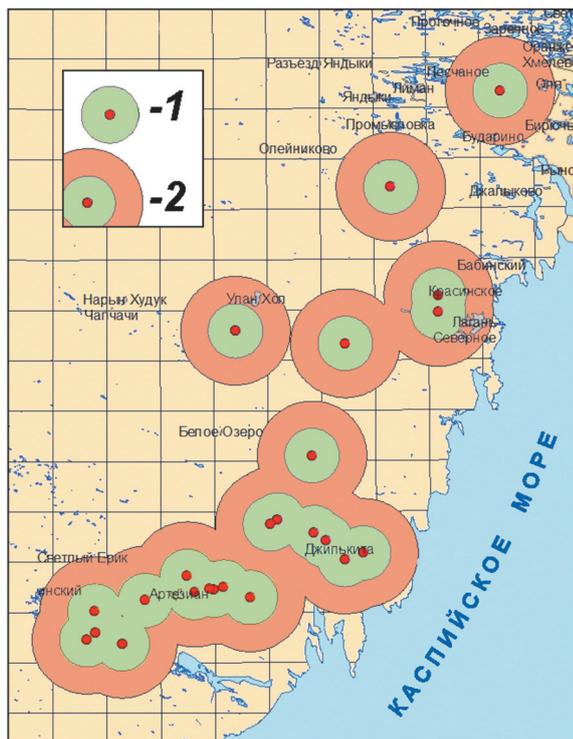


Рис. 3. Формирование профилактического участка методом круговой экстраполяции в радиусе 10 км на примере весенней эпизоотии чумы 2014 г. в Прикаспийском песчаном очаге:

1 – эпизоотические точки и участки; 2 – территории, где проводят экстренные профилактические мероприятия

ческим обработкам. Необходимость полноценного проведения экстренных профилактических мероприятий повышает также роль эпидемиологического картографирования.

Возможности пространственного анализа складывающейся эпизоотической ситуации средствами ГИС на основе метода круговой экстраполяции по своей оперативности, точности и наглядности не оставляют никакой альтернативы другим способам анализа. Поэтому считаем целесообразным закрепить представленную методику в нормативно-методических документах, регламентирующих профилактические противочумные мероприятия.

Конфликт интересов. Авторы подтверждают отсутствие конфликта финансовых/нефинансовых интересов, связанных с написанием статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов А.А., Кутырев В.В., Матросов А.Н., Топорков В.П. Совершенствование мониторинга за природными очагами чумы на основе анализа эколого-эпизоотологических закономерностей их функционирования. *Пробл. особо опасных инф.* 2004; 2(88):12–6.
2. Кузнецов А.А., Поршаков А.М., Матросов А.Н., Синцов В.К., Осипов В.П., Санджиев В.Б.-Х., Слудский А.А. Дифференциация Прикаспийского песчаного очага чумы по кратности эпизоотических проявлений. *Пробл. особо опасных инф.* 2012; 3(113):15–9.
3. Матросов А.Н., Синцов В.К., Манджиева В.С., Голосовский С.М., Ким Т.С., Лещук В.А., Кузнецов А.А., Поршаков А.М., Яковлев С.А., Удовиков А.И., Лейнерт А.Ю., Чекашов В.Н., Шилов М.М., Шарова И.Н., Куклев В.Е., Казорина Е.В., Гражданов А.К., Лопатин А.А., Скаленко С.Ю., Князева Т.В., Троицкая А.А., Давыдова Т.П., Агапов Б.Л., Кабин В.В., Санджиев В.Б.-Х., Яшкуллов К.Б., Халидов А.Х., Хасаев С.М., Бамматов Д.М., Попов Н.В., Кутырев В.В. Условия активизации эпизоотий чумы в Прикаспийском песчаном природном очаге в 2014 г. *Пробл. особо опасных инф.* 2015; 4:30–5.
4. Поршаков А.М., Кузнецов А.А., Матросов А.Н., Булычев В.П., Ларин В.В. Дифференциация Волго-Уральского песчаного очага чумы по кратности эпизоотических проявлений методом круговой экстраполяции. *Пробл. особо опасных инф.* 2013; 4:33–6.

References

1. Kuznetsov A.A., Kutyrev V.V., Matrosov A.N., Toporkov V.N. [Improvement of monitoring of natural plague foci based on the analysis of ecologic and epizootologic regularities of their functioning]. *Probl. Osobo Opasn. Infek.* 2004; 2(88):12–5.
2. Kuznetsov A.A., Porshakov A.M., Matrosov A.N., Sintsov V.K., Osipov V.P., Sandzhiev V.B.-Kh., Sludsky A.A. [Differentiation of the Pre-Caspian sandy plague foci on the basis of the frequency of epizootic manifestations]. *Probl. Osobo Opasn. Infek.* 2012; 3(113):15–9.
3. Matrosov A.N., Sintsov V.K., Mandzhieva V.S., Golosovsky S.M., Kim T.S., Leshchuk V.A., Kuznetsov A.A., Porshakov A.M., Yakovlev S.A., Udovikov A.I., Leinert A.Yu., Chekashov V.N., Shilov M.M., Sharova I.N., Kuklev V.E., Kazorina E.V., Grazhdanov A.K., Lopatin A.A., Skalenko S.Yu., Knyazeva T.V., Troitskaya A.A., Davydova T.P., Agapov B.L., Kabin V.V., Sandzhiev V.B.-Kh., Yashkulov K.B., Khalidov A.Kh., Khasaev S.M., Bammатов D.M., Popov N.V., Kutyrev V.V. [Factors that predetermined activation of plague epizooties in the Pre-Caspian sandy natural focus in 2014]. *Probl. Osobo Opasn. Infek.* 2015; 4:30–5.
4. Porshakov A.M., Kuznetsov A.A., Matrosov A.N., Bulychev V.P., Larin V.V. [Volga-Ural sandy plague focus differentiation against epizootic manifestations by means of circular extrapolation]. *Probl. Osobo Opasn. Infek.* 2013; 4:33–6.

Authors:

Kuznetsov A.A., Porshakov A.M., Matrosov A.N. Russian Research Anti-Plague Institute “Microbe”. 46, Universitetskaya St., Saratov, 410005, Russian Federation. E-mail: rusrap@microbe.ru.

Lopatin A.A. Plague Control Center. 4, Musorgskogo St., Moscow, 127490, Russian Federation. E-mail: protivochym@nl.n.ru.

Об авторах:

Кузнецов А.А., Поршаков А.М., Матросов А.Н. Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб». Российская Федерация, 410005, Саратов, ул. Университетская, 46. E-mail: rusrap@microbe.ru.

Лопатин А.А. Противочумный центр. Российская Федерация, 127490, Москва, ул. Мусоргского, 4. E-mail: protivochym@nl.n.ru.

Поступила 13.04.17.