

ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

УДК 616.981.452:614.40

**Н.Ш. Ниязбеков, З.Ж. Абделиев, З.А. Сагиев, А.М. Матжанова, А. Абдразакова,
Б. Айсауытов, М. Балибаев, Н. Токсанбаева, Ш. Ибраева, А. Ермаханов,
М. Бурамбаева, С. Жадырасын, Б.К. Аймаханов, Л.Б. Куптлеуова, К.У. Акмамбетова**

**РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ И ГИС-МЕТОДЫ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭПИЗООТИЧЕСКОЙ
АКТИВНОСТИ ПРИРОДНЫХ ОЧАГОВ ЧУМЫ КАЗАХСТАНА**

**Казахский научный центр карантинных и зоонозных инфекций им. М. Айкимбаева (Алматы, Казахстан)
Кызылординская противочумная станция (Кызылорда, Казахстан)
Араломорская противочумная станция (Аральск, Казахстан)**

*Природные очаги чумы Казахстана представляют собою сложную систему взаимоотношения возбудителя, переносчика и теплокровного хозяина. Для изучения закономерностей протекания эпизоотии, прогнозирования течения эпизоотии чумы используется комплексный подход. Использование новых методов изучения с классическими методами позволяет обрабатывать данные в пространстве и времени. Для эпидемиологического и эпизоотического анализа были обработаны паспортные данные штаммов *Y. pestis*, выделенные Жосалинским противочумным отделением Республики Казахстан за период с 1990–2012 гг. Жосалинское противочумное отделение проводит эпизоотологическое обследование территорий ландшафтно-эпизоотологических районов (ЛЭР) Северные Кызылкумы, Восточные Каракумы и западной части Арысқумско-Дариялықтақырського ЛЭР. С 1990–2012 гг. на территории данных очагов изолировано 295 штаммов чумного микроба, из них 57 % – от грызунов и 49,3 % – от эктопаразитов.*

Паспортные данные за 1990–2011 гг. по трем вышеуказанным ЛЭР были обработаны с помощью программы STATA 12, и созданы регрессионные модели по двум ЛЭР: Северные Кызылкумы и Восточные Каракумы. Модель показала, что в настоящее время активность эпизоотия чумы в ЛЭР Восточные Каракумы снижается в динамике по годам. Вторая модель показывает, что активность эпизоотии в Северо-Кызылқумском ЛЭР возрастает в динамике по годам. Также в программе ArcGIS 10 обработаны паспортные данные по штаммам чумного микроба, выделенным в двух автономных очагах Среднеазиатского пустынного природного очага чумы – Кызылқумском и Арысқумо-Дариялықтақырському.

Регрессионный анализ и инструменты моделирования ArcGIS 10 дают возможность проводить анализ пространственной и временной характеристики состояний эпизоотической активности природных очагов чумы, определять наиболее возможные участки заражения людей и верблюдов в данных очагах и тем самым предупреждать вовлечение людей в эпизоотический процесс чумы. Применение данного анализа в комплексе с эпизоотологическим и эпидемиологическим анализом дает возможность прогнозировать возможные эпидемические осложнения по чуме и делать отдаленный прогноз для проведения соответствующих профилактических мероприятий в условиях антропогенного влияния для совершенствования системы эпидемиологического мониторинга и обеспечения благополучия населения, проживающего на энзоотической территории по чуме.

Использование регрессионного анализа в эпизоотологическом мониторинге за чумой позволит прогнозировать динамику эпизоотического процесса в природных очагах, определять корреляцию между носителями, переносчиками и возбудителем чумы.

Ключевые слова: чума, природный очаг, эктопаразиты, большая песчанка, эпизоотия, ГИС, регрессионный анализ, ЛЭР

**REGRESSION ANALYSIS AND GIS METHODS FOR ASSESSMENT OF THE PLAGUE
EPIZOOTIC ACTIVITY OF KAZAKH NATURAL PLAGUE FOCI**

**N. Niyazbekov, Z. Abdeliyev, Z. Sagiyev, A. Matzhanova, A. Abdrazakova, B. Aysauytov,
M. Balibayev, N. Toksanbayeva, Sh. Ibrayeva, A. Yermakhanov, M. Burambayeva,
S. Zhadyrassyn, B. Aimaghanov, L. Kupteleuova, K. Akmambetova**

**M. Aikimbayev's Kazakh Scientific Center of Quarantine and Zoonotic Diseases, Almaty, Kazakhstan
Qyzylorda Anti-Plague Station, Qyzylorda, Kazakhstan
Aral Anti-Plague Station, Aralisk, Kazakhstan**

*The plague natural foci of Kazakhstan are a complicated system of relations between the plague microbe, warm-blood host and vector. The complex approaches used for study of the processes of the plague epizooty and prognosis it. Use of computerized programs with the classic methods of study helps to process the data in time and space. For epidemiological and epizootological analysis the passport data of the strains *Y. pestis* isolated by Zhosaly Anti-plague Station of the Republic of Kazakhstan in 1990–2012 were processed. The Anti-plague Station carries out the epizootic study of the landscape and epizootology regions as the North Qizilqum, East Karakum, and West part of Arysқum-Dariyalıqtakıyr. From 1990 to 2012 there were 295 plague strains isolated, 57 % of them were isolated from rodents, and 49,3 % of them were isolated from vectors (ticks and fleas).*

The passport data for 1990–2011 of three mentioned above landscape and epizootology regions were processed by

STATA 12 program; and the regression models of the North Qizilqum and East Karakum were created. The model shows that the plague epizooty activity has been declining by the years. The second model shows that the plague activity in the North Qizilqum has been increasing by the years. Also the passport data of the strains *Y. pestis* isolated in two natural plague foci of Central Asia desert plague focus as Qizilqum and Aryskum-Dariyalыктакыр natural foci were processed by ArcGIS 10.

The regression analysis and modeling in ArcGIS 10 give the opportunities for carrying out of spatial and temporal characteristics of conditions of epizootic activities of the natural plague foci, for detection more possible regions where people livestock as camels can be infected with plague and for prevention of infection of people during their activities. Application of this analysis in the complex of epizootic and epidemiological analysis gives the possibility to prognosis of possible plague epidemic complications and make remote prognosis for carrying out of the prophylaxis measurements under the influences of anthropogenic transformation of the foci, social and climatic factors and can help to survey the foci and protect the population who live there.

Use of the regression analysis in the epidemiological and epizootological monitoring of the plague in the natural plague foci can help to prognosis the dynamics of the plague epizooty in the foci and detect a correlation between the microbe, vector, and host of the plague.

Key words: plague, natural focus, vectors, great gerbil, epizooty, GIS, regression analysis, landscape and epizootology region

Природные очаги чумы занимают в Казахстане более 1 млн км² или 41 % территории. Изучение природных очагов чумы и эпидемиологический мониторинг за чумой осуществляется противочумными станциями и Казахским научным центром карантинных и зоонозных инфекций им. М. Айкимбаева. В связи с изменением климата, антропогенной трансформацией территории, социальными факторами эпидемиологический надзор за чумой требует постоянного совершенствования. В настоящее время для эпидемиологического и эпизоотического мониторинга и анализа используют инструменты пространственного и регрессионного анализа, которые позволяют анализировать пространственную и временную характеристику определенных явления и проводить их статистическую обработку [1].

Для анализа использовались статистические методы и методы регрессионного и пространственного анализа. Использовались программы STATA 12, ArcGIS 10, в которых учитывались такие параметры, как абсолютное число штаммов *Y. pestis* и годы выделения. Для анализа эпизоотической активности природных очагов чумы применялись инструменты ГИС Spatial Statistics Tools. Для определения экстенсивности эпизоотии чумы применялись инструменты Mean Center (центр эпизоотии) и Standard Distance (стандартный радиус эпизоотии). Для построения модели эпизоотической активности использовались паспортные данные за 1990–2012 гг. по следующим ландшафтно-эпизоотологическим районам (ЛЭР) Казахстана: Северные Кызылкумы, Восточные Каракумы и западная часть Арыскум-Дариялыктакырского ЛЭР. Паспортные данные предоставлены Жосалинским противочумным отделением (ПЧО). Для сравнительной характеристики эпизоотической активности

обрабатывались паспортные данные по эпизоотической активности Арыскум-Дариялыктакырского и Кызылкумского автономных очагов чумы за 2011 г. Паспортные данные предоставлены Араломорской и Кызылординской противочумными станциями [2].

Собранные паспортные данные по трем ЛЭР (Северные Кызылкумы, Восточные Каракумы и западная часть Арыскум-Дариялыктакырский) представлены информацией о выделении *Y. pestis* от носителей и переносчиков за 1990–2012 гг. Данные обработаны статистическими методами исследования. Результаты обработки показали, что за данный период в вышеуказанных ЛЭР было изолировано 295 штаммов чумного микроба, из них 57 % – от грызунов и 49,3 % – от эктопаразитов (табл. 1).

Общая площадь Приаральско-Каракумского автономного очага составляет 75000 км², систематическое обследование начали проводить с середины 40-х гг, непосредственно курируемая ПЧО площадь равна 41900 км² (56 % очага). По данным многолетних наблюдений большая песчанка заселяет территорию очага неравномерно. Из второстепенных носителей чумы наиболее многочисленны и широко распространены полуденная и краснохвостая песчанка [3]. Основной переносчик – *X. skrjabini*. Среди второстепенных переносчиков наибольшее значение имеют *Nos. laeviceps* и *Copt. lamellifer*. Численность основных и второстепенных переносчиков относительно устойчива. Наиболее высокие показатели эпизоотической активности очага были зарегистрированы в 1990–1994, 1998–2000, 2002–2007 и 2010–2011 гг. В период с 1990 по 2012 гг. по ЛЭР Восточные Каракумы изолировано 211 штаммов чумного микроба. Наибольшее количество выделенных культур приходится на долю 1990–1994, 2003, 2006 и 2011 гг., причем

Таблица 1
Изолированные штаммы за 1990–2012 гг. по ландшафтно-эпизоотическим районам обследования Жосалинского ПЧО

№	Автономные очаги, ЛЭР	Изолировано штаммов чумного микроба	
		Грызунов	Эктопаразитов
1	Приаральско-Каракумский (ЛЭР Восточные Каракумы)	53,4 %	47 %
2	Кызылкумский (ЛЭР Северные Кызылкумы)	32 %	68 %
3	Арыскум-Дариялыктакырский (западная часть Арыскум-Дариялыктакырского ЛЭР)	67 %	33,3 %

пики подъема эпизоотий составляют 1–5 лет. За 1990–2011 гг. по ЛЭР Восточные Каракумы обследовано 935 секторов, где эпизоотии зарегистрированы на 161 секторе (17,2 %), причем как весной, так и осенью. Для определения интенсивности эпизоотии в данном ЛЭР и динамики эпизоотического процесса данные были обработаны с помощью программы STATA 12 [6]. На основе обработанных данных в данной программе была создана регрессионная модель по эпизоотической ситуации в ЛЭР Восточные Каракумы за 1990–2011 гг. Модель показала, что в настоящее время активность эпизоотии чумы в данном ЛЭР снижается в динамике по годам (рис. 1А).

Общая площадь Арыскум-Дариялыктакырского автономного очага чумы составляет 43000 км². Курлируемая ПЧО территория по очагу (западная часть Арыскум-Дариялыктакырского ЛЭР) равна 7800 км², что составляет 18,1 % от общей территории. Эпизоотологическое обследование проводится с 1947 г. По территории очага большая песчанка распространена неравномерно. Поселения песчанок диффузного и островного типов. Из второстепенных носителей наиболее многочисленна краснохвостая песчанка. Основные переносчики чумы – блохи рода *Xenopsylla* (*X. skrjabini* и *X. qerbili*). В 1998 и 2000 гг. изолировано 12 штаммов чумного микроба. Начиная с 2003 г. здесь эпизоотии чумы не регистрируются (табл. 2).

Третьим изучаемым ЛЭР являются Северные Кызылкумы, входящие в состав Кызылкумского автономного очага. Общая площадь автономного очага составляет 40000 км², обследуемая ПЧО территория равна 21300 км², что составляет 53,2 % очага. Эпизоотологи-

ческий мониторинг ЛЭР Северные Кызылкумы данного очага начато в 1949 г. Впервые эпизоотия чумы здесь зарегистрирована в 1924 г. Здесь, за исключением большой песчанки, в эпизоотиях участвуют *M. meridianus*, *M. libycus*. Основные переносчики чумы представлены блохами рода *Xenopsylla*. Поселения песчанок ленточного и островного типов. Эпизоотии чумы регистрируются в 1992–1993, 1999–2004 и 2011 г. с бактериологическими подтверждениями [4]. В промежутках между данными периодами наблюдаются локальные эпизоотии в разных частях очага с регистрацией серологически позитивных грызунов. В вышеуказанный период изолировано 72 штамма *Y. pestis* (табл. 3).

Паспортные данные по эпизоотологическому мониторингу Северо-Кызылкумского ЛЭР за 1990–2011 гг. были внесены и обработаны в программе STATA 12. С помощью данной программы была построена регрессионная модель динамики активности эпизоотии чумы в Северо-Кызылкумском ЛЭР. Модель показывает, что в данном ЛЭР активность эпизоотии возрастает в динамике по годам (рис. 1Б).

Для определения экстенсивности эпизоотического процесса в природных очагах чумы были использованы данные по эпизоотической активности двух автономных очагов Среднеазиатского пустынного природного очага чумы – Кызылкумского и Арыскум-Дариялыктакырского. Для пространственного анализа были использованы паспортные данные штаммов *Y. pestis*, выделенных от носителей и переносчиков в 2011 г. по двум автономным очагам. Паспортные данные показали, что в Арыскум-Дариялыктакырском пустынном очаге

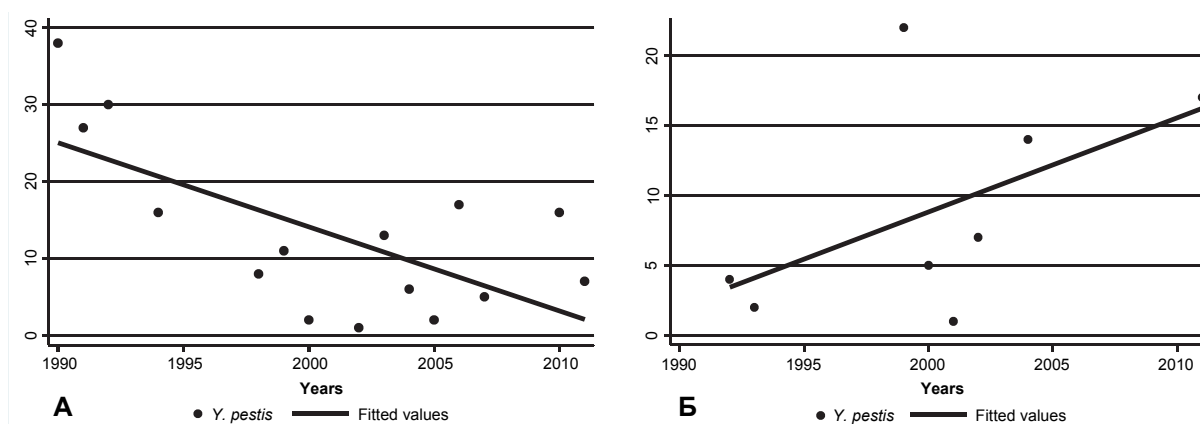


Рис. 1. Регрессионные модели эпизоотической активности ЛЭР Восточные Каракумы за 1990–2012 гг. (А) и Северные Кызылкумы за 1990–2011 гг. (Б).

Таблица 2
Данные эпизоотического мониторинга по западной части Арыскум-Дариялыктакырского ЛЭР

Зарегистрировано эпизоотий чумы		Обследовано секторов			Изолировано культур чумы			Динамика эпизоотии
Годы	Сезон	Всего	Зарегистрировано эпизоотий		Всего	в т.ч. от эктопаразитов (%)	Соотношение на 1 сектор	
			абс.	%				
1998	Весна	23	2	9	4	50	2	17,2
2000	Весна	16	4	25	8	25	2	50
Всего		39	6	15,3	12	33,3	2	30,6

Таблица 3

Данные эпизоотологического мониторинга по Кызылкумскому автономному очагу чумы (Северо-Кызылкумский ЛЭР) за 1999–2011 гг.

Зарегистрировано эпизоотий чумы		Обследовано секторов			Зарегистрировано штаммов чумы			Динамика эпизоотии
Годы	Сезон	Всего	Зарегистрировано эпизоотий		Всего	из них эктопаразитов (%)	Соотношение на 1 сектор	
			Абс.	%				
1992	Осень	21	4	19,0	4	50	1,0	19
1993	Весна	30	2	6,6	1	–	0,5	3,3
	Осень	32	2	6,2	1	–	0,5	3,1
1999	Весна	28	9	32,1	22	63,3	2,4	77,0
2000	Весна	22	3	13,6	5	–	1,6	21,7
2001	Весна	45	2	4,4	1	–	0,5	2,2
2002	Весна	38	1	2,6	7	57,1	7	18,2
2004	Весна	50	11	22	14	92,8	1,2	27,9
2011	Весна	70	5	7,1	17	64,7	3,4	24,1
Всего		336	30	8,9	72	68,0	2,4	21,36

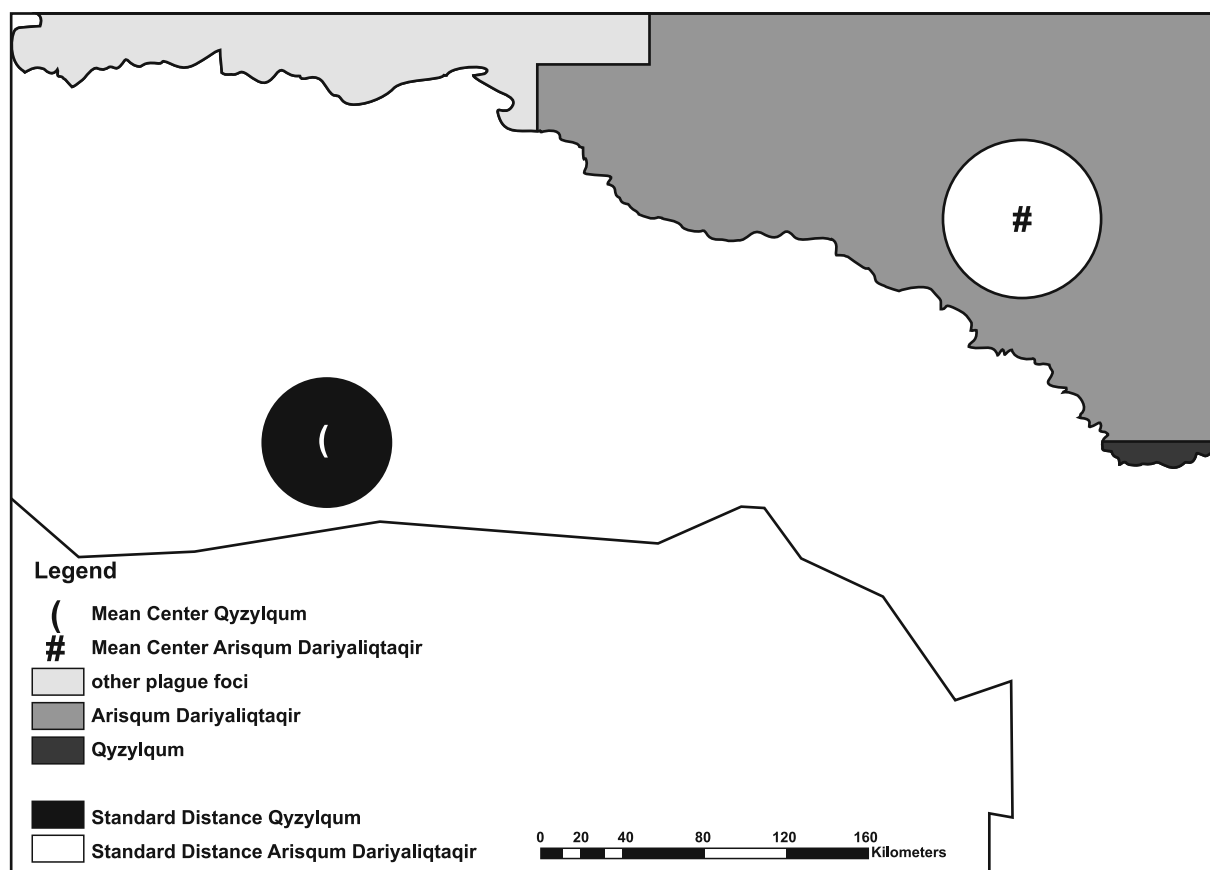


Рис. 2. Стандартное расстояние эпизоотии чумы в Арыскумо-Дариялыктақырском и Кызылкумском пустынном очагах Кызылординской области.

штаммы *Y. pestis* были изолированы от мигрирующих блох *Xenopsylla skrjabini*. В Кызылкумском пустынном очаге штаммы чумного микроба были выделены от носителей *R. opimus*, *M. libycus* и от переносчиков *X. gerbilli*, *Ech. oshanini*, *Nos. laeviceps*. Для обработки данных использовалась программа ArcGIS 10. Данные обрабатывались с использованием инструментов Spatial Statistics Tools в ArcToolbox. Для анализа при-

менили инструменты моделирования ArcGIS 10, определяющие среднюю величину эпизоотии (Mean Center) и стандартную дистанцию (Standard Distance) эпизоотии в пределах природного очага [5]. Данные по двум исследуемым очагам были внесены и обработаны с помощью этих инструментов. Данные обрабатывались для определения двух значений – теоретического центра эпизоотии и стандартного

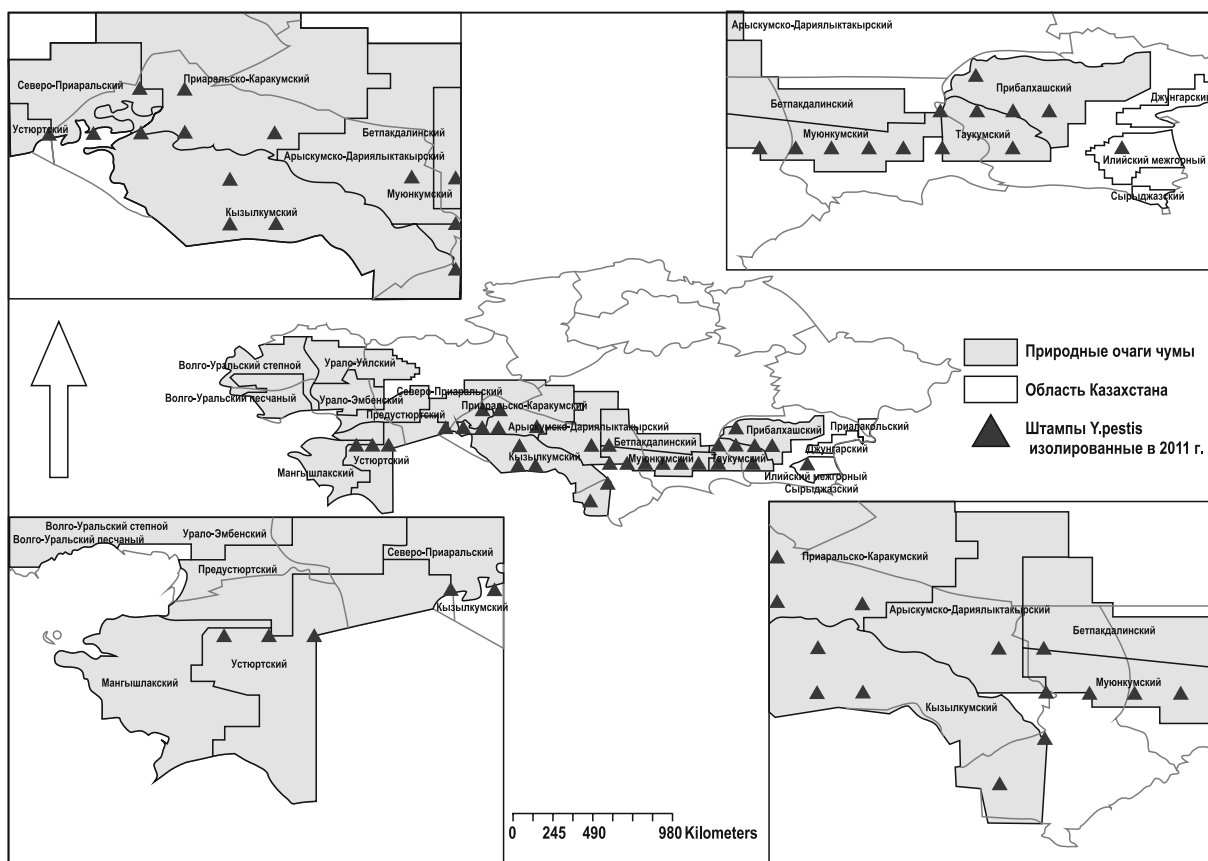


Рис. 3. Пространственная характеристика штаммов *Y. pestis*, выделенных в природных очагах Казахстана в 2011 г.

расстояния эпизоотии. Теоретический центр прокажает, где находится центр эпизоотии в созданной модели, а стандартное расстояние определит радиус эпизоотии. Были получены модели эпизоотии чумы исследуемых очагов чумы, которые показали, что эпизоотия чумы Арыскумо-Дариялыктакырского пустынного очага в 2011 г. была намного активнее – радиус стандартного расстояния эпизоотии больше, чем в Кызылкумском пустынном очаге, где радиус стандартного расстояния меньше (рис. 2).

Данная модель эпизоотического состояния очагов показывает, что зона наиболее вероятного распространения эпизоотии чумы занимает больше площади в Арыскумо-Дариялыктакырском пустынном очаге и протекает более активно, по сравнению с Кызылкумским очагом.

При относительно равных условиях, включая среднюю плотность населения и количество домашних животных, вероятность вовлечения человека в природный цикл циркуляции возбудителя чумы в результате определенного поведения человека (выпас домашних животных, охоты, путешествия) в Арыскумо-Дариялыктакырском пустынном очаге выше, по сравнению с Кызылкумским природным очагом чумы, так как радиус эпизоотии чумы охватывает больше территории данного очага, в отличие от Кызылкумского очага. Средняя величина обработанных данных по эпизоотии чумы показывает, где находится наиболее вероятный центр (Mean Center) эпизоотии. Используя среднюю величину в дина-

мике эпизоотии чумы по годам, можно определить степень расширения площади эпизоотии. Средняя величина эпизоотии является местом, где вероятность вовлечения человека в природный цикл чумы очень высока.

В 2011 г. целом по Казахстану наблюдалась относительно высокая эпизоотическая активность природных очагов чумы. С помощью программы ArcGIS 10 были обработаны данные и определены их пространственные характеристики.

Пространственная характеристика показывает, что *Y. pestis* были выделены в 10 природных очагах чумы. Наиболее активными очагами чумы были Прибалхашский, Приаральско-Каракумский, Арыскумско-Дариялыктакырский природные очаги чумы (рис. 3).

Таким образом, методы регрессионного анализа и инструменты моделирования ArcGIS 10 дают возможность проводить анализ пространственной и временной характеристики состояний эпизоотической активности природных очагов чумы, определять наиболее возможные участки заражения людей и верблюдов в данных очагах и, тем самым, предупреждать вовлечение людей в эпизоотический процесс чумы. Применение данного анализа в комплексе с эпизоотологическим и эпидемиологическим дает возможность прогнозировать возможные эпидемические осложнения по чуме и делать отдаленный прогноз для проведения соответствующих профилактических мероприятий в условиях антропогенного влияния

для совершенствования системы эпидемиологического мониторинга и обеспечения благополучия населения, проживающего на энзоотичной территории по чуме.

Использование регрессионного анализа в эпизоотологическом мониторинге чумы позволит прогнозировать динамику эпизоотического процесса в природных очагах, определять корреляцию между носителями, переносчиками и возбудителем чумы.

**ЛИТЕРАТУРА
REFERENCES**

1. Атлас распространения особо опасных инфекций в Республике Казахстан. – Алматы, 2012. – 232 с.

Atlas of incidence of highly infectious diseases in Kazakhstan. – Алматы, 2012. – 232 p. (in Russian)

2. Отчеты Кызылординской противочумной станции за 1990–2012 гг.

Reports of Qyzylorda Anti-Plague Station for 1990–2012. (in Russian)

3. Отчеты Араломорской противочумной станции за 1990–2012 гг.

Reports of Aral Anti-Plague Station for 1990–2012. (in Russian)

4. Руководство по ландшафтно-эпизоотологическому районированию природных очагов чумы Средней Азии и Казахстана. – Алматы, 1990.

Guidance on the landscape-epizootic zonation of natural foci of plague of Central Asia and Kazakhstan. – Алматы, 1990. (in Russian)

5. Getting to know ArcGIS // ESRI Press. – 584 p.

6. STATA manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.stata.com>.

Сведения об авторах

Ниязбеков Н.Ш. – младший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии, микробиологии и эпизоотологии чумы Казахского научного центра карантинных и зоонозных инфекций им. М. Айкимбаева (050054, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Капал, 14; тел.: +7 (727) 251-02-93; e-mail: niyazbekov-n@kscqzd.kz)

Абделиев З.Ж. – заведующий лабораторией эпидемиологии, микробиологии и эпизоотологии чумы Казахского научного центра карантинных и зоонозных инфекций им. М. Айкимбаева (e-mail: abdeliyevz@kscqzd.kz)

Сагиев З.А. – заведующий лабораторией холеры Казахского научного центра карантинных и зоонозных инфекций им. М. Айкимбаева (e-mail: zsagiyev@kscqzd.kz)

Матжанова А.М. – начальник Кызылординской противочумной станции (e-mail: a.matganova@mail.ru)

Абдразакова А. – сотрудник Кызылординской противочумной станции (e-mail: kyzylordapchs@mail.ru)

Айсауытов Б. – сотрудник Кызылординской противочумной станции

Балибаев М. – сотрудник Кызылординской противочумной станции

Токсанбаева Н. – сотрудник Кызылординской противочумной станции

Ибраева Ш. – сотрудник Кызылординской противочумной станции

Ермаханов А. – сотрудник Кызылординской противочумной станции

Бурамбаева М. – сотрудник Араломорской противочумной станции (e-mail: maira_burambaeva@mail.ru)

Жадырасын С. – сотрудник Араломорской противочумной станции

Аймаханов Б.К. – сотрудник Казахского научного центра карантинных и зоонозных инфекций им. М. Айкимбаева (e-mail: baimakhanov@kscqzd.kz)

Куптлеуова Л.Б. – сотрудник Кызылординской противочумной станции

Акмамбетова К.У. – сотрудник Кызылординской противочумной станции

Information about the authors

Niyazbekov N. – junior research officer of the laboratory of epidemiology, microbiology and plague epizootology of M. Aikimbayev's Kazakh Scientific Center of Quarantine and Zoonotic Diseases (Kapal str., 14, Almaty, Kazakhstan, 050054; tel.: +7 (727) 251-02-93; e-mail: niyazbekov-n@kscqzd.kz)

Abdeliyev Z.Zh. – head of the the laboratory of epidemiology, microbiology and plague epizootology of M. Aikimbayev's Kazakh Scientific Center of Quarantine and Zoonotic Diseases (e-mail: abdeliyevz@kscqzd.kz)

Sagiyev Z.A. – head of the the laboratory of cholera of M. Aikimbayev's Kazakh Scientific Center of Quarantine and Zoonotic Diseases (e-mail: zsagiyev@kscqzd.kz)

Matzhanova A.M. – chief of Qyzylorda Anti-Plague Station (e-mail: a.matganova@mail.ru)

Abdrzakova A. – officer of Qyzylorda Anti-Plague Station (e-mail: kyzylordapchs@mail.ru)

Aysauytov B. – officer of Qyzylorda Anti-Plague Station

Balibayev M. – officer of Qyzylorda Anti-Plague Station

Toksanbayeva N. – officer of Qyzylorda Anti-Plague Station

Ibrayeva Sh. – officer of Qyzylorda Anti-Plague Station

Yermakhanov A. – officer of Qyzylorda Anti-Plague Station

Burambayeva M. – officer of Aral Anti-Plague Station (e-mail: maira_burambaeva@mail.ru)

Zhadyrassyn S. – officer of Aral Anti-Plague Station

Aimakhanov B.K. – сотрудник Казахского научного центра карантинных и зоонозных инфекций им. М. Айкимбаева (e-mail: baimakhanov@kscqzd.kz)

Kuptleuova L.B. – officer of Qyzylorda Anti-Plague Station

Akmambetova K.U. – officer of Qyzylorda Anti-Plague Station