

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРОДНОГО ОЧАГА ЧУМЫ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ИНТЕРВАЛЬНОГО АНАЛИЗА

В.З. Абдуллина

*Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева, г. Алматы,
Республика Казахстан, abdullina_val@mail.ru*

Природные очаги чумы в Казахстане, занимающие площадь около 130 миллионов га, представляют собой крупнейшие в мире очаги чумы. На протяжении последних пятидесяти лет очаги чумы Казахстана являются и наиболее активными по чуме регионами мира. Природный очаг чумы – это весьма сложный природно-биологический объект, в котором необходимо учитывать множество взаимозависимых и взаимодействующих факторов живой и неживой природы во временной динамике.

Эпизоотическая и эпидемическая активность природных очагов чумы Казахстана сравнительно мало изучены в системном плане и трудно поддаются прогнозированию традиционно применяемыми методами. Это объясняется тем, что очаги имеют различные механизмы регуляции на популяционном, видовом и биоценоотическом уровнях [1]. Кроме того, недостаточно изучено поведение отдельных элементов чумной эпизоотической триады «возбудитель – переносчик – носитель» в многолетней динамике. Рассмотрим совокупность значимых факторов воздействия и набор характеристик процессов популяции в природном очаге чумы для возбудителя чумы, переносчика чумы и носителя чумы.

Состояние возбудителя – чумного микроба – характеризуется дифференциально-диагностическими признаками (морфология колоний, чувствительность к бактериофагу, кальцийзависимость, вирулентность и др.) и численностью, выраженной через такие косвенные показатели, как зараженность грызунов и блох, доля зверьков, в крови у которых обнаружен чумной антиген.

Состояние переносчиков чумного микроба – блох – выражается их численностью, сезонной активностью нападения, половым и возрастным составом имагинальной фазы и др., а также характеризуется относительными показателями численности такими, как индекс обилия, индекс встречаемости, индекс доминирования, индекс интенсивности.

Состояние носителей – грызунов – характеризуется набором параметров популяций на биоценоотическом (видовой состав, степень доминирования по численности и встречаемости видов и др.), популяционном (численность грызунов на 1 нору и на 1 га, возрастная и половая структура популяции и др.) и организменном (возраст, пол, генеративное состояние, уровень индивидуальной инфекционной чувствительности и др.) уровнях. Динамика этих показателей должна отслеживаться во времени по годам и сезонам (весна – осень).

Показателями внешних факторов служат погодные условия, включающие такие характеристики как температура воздуха и почвы по дням и месяцам, объем выпавших осадков по дням и декадам, число дней с осадками определенной градации и др.

Одним из природных очагов чумы, расположенных на территории Казахстана, является Прибалхашский автономный природный очаг, включающий в свой состав 12 ландшафтно-экологических районов (ЛЭР) и являющийся очагом чумы песчаночьевого типа, где главным носителем чумы является большая песчанка. Каждый из ландшафтно-экологических районов этого очага имеет самостоятельную зону возникновения эпизоотий.

Поскольку чума относится к числу наиболее опасных инфекций, исследование базы данных с временной динамикой по чумной эпидемиологии и чумной эпизоотии с помощью методов интервального анализа с целью выявления особенностей изменения численности носителя является весьма актуальной задачей.

Для создания базы данных с временной динамикой данных в природном очаге чумы была формализована реляционная модель данных с временной динамикой

(РМДВД) [2, 4]. РМДВД содержит время как обязательный атрибут отношения, который соответствует моменту реального времени формирования данных.

Реляционная модель данных с временной динамикой может быть формализована следующим образом:

$$M_{VD} = \langle G_s^A, G_s^R, G_c^A, G_c^R, G_c^F, O \rangle, \quad (1)$$

где G_s^A – правила формирования характеристик атрибутов данных, G_s^R – правила построения схем отношений данных, G_c^A – ограничения целостности для атрибутов данных, G_c^R – структурные ограничения целостности для отношений данных, G_c^F – функциональные ограничения целостности для атрибутов данных, O – операции обработки данных.

Правила формирования характеристик атрибутов данных G_s^A позволяют для каждого атрибута задать имя и описание назначения. Ограничения целостности G_c^A включают тип значения и множество значений атрибута данных. Описание схемы элементарного реляционного отношения с временной динамикой R_j^t имеет вид:

$$R_j^t = \langle T_j, A_{1j}, A_{2j}, \dots, A_{nj}, G_j^t, G_j^o \rangle, \quad j=1,2,\dots \quad (2)$$

где T_j – временной атрибут; $A_{ij}, i = \overline{1, n}$ – множество атрибутов данных реляционного отношения R_j^t ; G_j^t – ограничения целостности, включающие зависимость атрибутов от времени $T_j \rightarrow A_{ij}$; G_j^o – ограничения целостности по области определения атрибута времени T_j .

Правила построения G_s^R заключаются в объединении таких элементов данных, у которых ограничения целостности G_j^o совпадают. Структурные ограничения целостности G_c^R означают, что в качестве первичного ключа отношения может использоваться временной атрибут T_j . Функциональные ограничения целостности G_c^F на отношениях данных в РМДВД означают, что в отношениях имеют место вычислительные зависимости между атрибутами.

Операции обработки данных определяются следующим образом:

$$O = \langle O_V, O_K, O_{VB}, O_U, O_{FI}, O_P, O_F, O_{\min}, O_{\max} \rangle, \quad (3)$$

где O_V – включение новых данных за определенное время, O_K – корректировка данных за определенное время, O_{VB} – выборка данных за определенный период времени, O_U – удаление данных за определенное время, O_{FI} – формирование интегральных характеристик данных путем суммирования временных интервалов за определенный период времени, O_P – просмотр данных на заданное время назад (в прошлое), O_F – формирование данных на заданное время вперед (в будущее), O_{\min} – поиск минимального значения элемента данных на заданном временном интервале, O_{\max} – поиск максимального значения элемента данных на заданном временном интервале.

В результате применения операций O_{\min} и O_{\max} формируется интервальное значение требуемого показателя:

$$x = [\underline{x}, \bar{x}],$$

где \underline{x} – infimum (x), нижняя граница показателя, а \bar{x} – supremum (x), верхняя граница показателя. Множество всех интервалов над R определяется следующим образом:

$$IR = \{[\underline{x}, \bar{x}] : \underline{x}, \bar{x} \in R, \underline{x} < \bar{x}\},$$

где R – область определения показателя x .

Созданная реляционная модель данных с временной динамикой (1) – (3) послужила основой для проектирования базы данных с временной динамикой для сложных природно-биологических объектов, примером которых является Прибалхашский природный очаг чумы. РБДВД формировалась на основе материалов, собранных в ЛЭР «Равнина Акдала» и «Баканасская равнина» за полевые сезоны 1975 – 1998 годов сотрудниками Казахского противочумного института (КазПЧИ) и Талды-Курганской противочумной станции по триаде «возбудитель – переносчик – носитель». Структура РБДВД проектировалась на основе полного перечня всех данных, используемых в работе сотрудниками противочумной службы при оценке эпизоотического и эпидемиологического состояния отдельных ландшафтно-экологических районов и очага чумы в целом [3]. Во всех таблицах присутствуют атрибуты времени: день, месяц, год, позволяющие вести обработку данных с временной динамики.

РБДВД содержит таблицы с данными по журналу исследования полевого материала за 1974-1999 годы по триаде «возбудитель – переносчик – носитель», данные по большой песчанке и данные по чумному микробу, таблицы с метеорологическими данными (температура воздуха и почвы, влажность воздуха, температура почвы на глубинах, ветер по румбам и т. д.) за 1974 – 1989 годы по трем метеорологическим пунктам, таблицы с данными по атласу за 1949 – 1995 годы, некоторые справочные таблицы (очаг, ЛЭР, сектор, носитель, переносчик и др.).

На основе информации, хранящейся в РБДВД, для проведения анализа данных в нужном временном разрезе формировались временные ряды, которые отражают временную динамику хранимых данных и формируют итоговые характеристики по триаде «возбудитель – переносчик – носитель» совместно с метеорологическими данными, итоговые данные по большой песчанке по сезонам весна – осень, итоговые данные для секторов, в которых был обнаружен чумной микроб [3].

С помощью операций O_{\min} и O_{\max} формировалось интервальное значение такого показателя как численность большой песчанки (БП), являющейся основным носителем чумы в исследуемом природном очаге. На основе полученных интервальных данных построены следующие графики: интервальная численность БП весной (рис. 1) и осенью (рис. 2) по годам, отражающие временную динамику изменения численности носителя.

Созданная РБДВД и полученные на ее основе интервальные данные по численности большой песчанки служат основой для дальнейшего исследования эпизоотических процессов в природных очагах чумы. Полученные научные и практические результаты были использованы при выполнении двух международных проектов: проекта К-159-98 МНТЦ «Мониторинг количественных и качественных параметров особо опасных инфекций на природных очагах чумы в Республике Казахстан» и гранта Inco-Copernicus «STERICA» ICA2-СТ-2000-10048 «Чума в Центральной Азии – эпидемиологическое исследование, основанное на пространственно - временной динамике».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айкимбаев А.И. и др. Эпидемиологический надзор за чумой в Урало-Эмбенском и Предустюртском автономных очагах. – Алма-Ата: «Гылым», 1994. – 129 с.
2. Абдуллина В.З. Реляционная модель данных с временной динамикой. Вестник КазНТУ, 1, 2005, с. 147 – 153 .
3. Sokolova S.P., Abdullina V.Z., et. al. Artificial Immune System for the gerbil natural plague focus. Almaty, 2002, 180 p.
4. Абдуллина В.З. Исследование реляционной и алгебраической семантики ANU-исчисления в реляционной модели данных с временной динамикой. Вестник КазНТУ, 5, 2007, с. 166 – 170 .

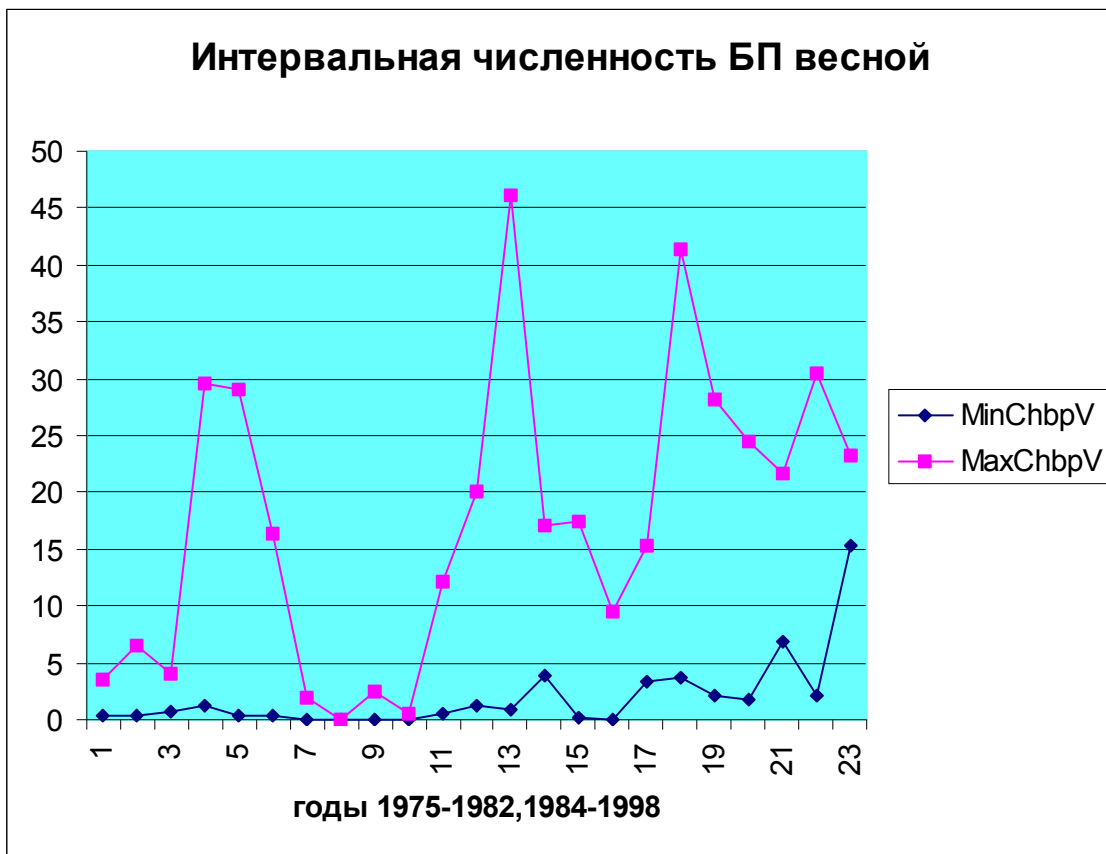


Рис. 1 – Интервальная численность БП весной

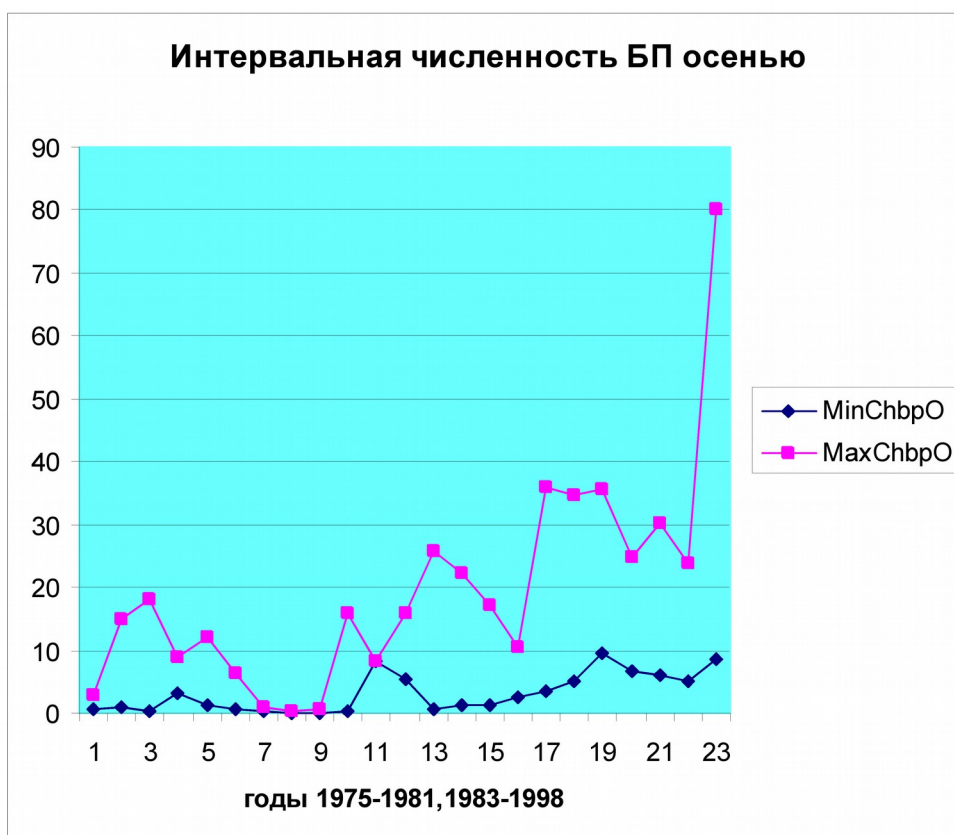


Рис. 2 – Интервальная численность БП осенью