

## ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

УДК 616.981.45.+519.25.

Н.А. Кол, М.Г. Ростовцев, А.Ф. Чульдум

ОПТИМИЗАЦИЯ СРОКОВ ЭПИЗООТОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ  
КАРГИНСКОГО МЕЗООЧАГА ТУВИНСКОГО ПРИРОДНОГО ОЧАГА ЧУМЫ*Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (Кызыл)  
Тувинская противочумная станция (Кызыл)*

*На основе анализа многолетних данных был получен сглаженный тренд для описания сезонного хода эпизоотического процесса. Сглаженный тренд аппроксимировали суммой трех гауссовских распределений. С использованием сглаженной кривой тренда определены наиболее благоприятные даты начала и окончания обследования Каргинского мезоочага Тувинского природного очага чумы для всех теоретически возможных интервалов времени. Показана зависимость между протяженностью временного отрезка, затраченного на обследование, и процентом охвата годового эпизоотического цикла.*

**Ключевые слова:** чума, статистические закономерности

OPTIMIZATION OF TERMS OF EPIZOOTOLOGICAL INVESTIGATION  
OF KARGY MESONIDUS OF TUVINIAN NATURAL PLAGUE NIDUS

N.A. Kol, M.G. Rostovtsev, A.F. Chuldum

*Tuvian institute of integrated development of natural resources SB RAS (Kyzyl)  
Tuvian antiplague station (Kyzyl)*

*On the basis of long-term data analysis we've got a smoothed trend for description of seasonal course of the epizootic process. We approximated the smoothed trend by the sum of three Gaussian distributions. We determined the most favorable dates for the beginning and the end of investigation Kargy mesonidus in Tuvian natural plague nidus for all theoretically possible time lags with the use of the smoothed trend curve. We showed the dependence between the extension of the time lag spent for the investigation and rate of coverage of annual epizootic cycle.*

**Key words:** plague, statistical regularities

Вопросы, связанные с оптимизацией мониторинга природных очагов чумы, в том числе определение наиболее благоприятных сроков работы эпидотрядов, по-прежнему актуальны для специалистов противочумных учреждений. В связи с тем, что Тувинская противочумная станция в течение последних десятилетий не располагает возможностью проводить мониторинг природного очага чумы в ходе всего летнего сезона, эпизоотологическое обследование очага силами выставленного эпидотряда проводится в сжатые сроки. Согласно методическим рекомендациям по эпизоотологическому обследованию Тувинского природного очага чумы, сбор материала для лаборатории эпидотряда рекомендуется проводить с 15 июля по 5 августа [4]. Ввиду того, что сроки поступления и объемы выделяемых денежных средств для его работы ежегодно варьируют, длительность времени эпизоотологического обследования лимитирована, а фактические даты работы эпидотряда зачастую не всегда совпадают с рекомендованными. Так, в 2006 году сбор полевого материала зооотрядом эпидотряда проводился

с 12 июля по 2 августа, в 2005 году — с 22 июля по 8 августа, в 2004 г. — с 16 июля по 1 августа, в 2003 г. — с 12 июля по 4 августа. В представляемой работе мы попытались установить оптимальные (в смысле наиболее высокого по вероятности процента охвата эпизоотии) календарные даты поиска чумы при заранее известной продолжительности обследования для всех временных отрезков сезона. Заблаговременно зная объемы выделяемых денежных средств (а именно этот фактор определяет продолжительность обследования), руководство противочумной станции может наиболее точно планировать даты начала и окончания работы эпидотряда.

## МЕТОДИКА

Для анализа нами была выбрана наиболее репрезентативная часть Тувинского природного очага этой инфекции — Каргинский мезоочаг (юго-западная Тува). Этот мезоочаг характеризуется одним ярко выраженным пиком сезонной активности [2, 3, 5, 8], что позволяет облегчить решение поставленной задачи.

Были рассмотрены все случаи выделения возбудителя чумы с 1965 по 2006 годы с известной датой сбора материала. Даты сбора полевого материала взяты из отчетов Монгун-Тайгинского эпидотряда и картотеки культур чумы Тувинской противочумной станции, а также из лабораторных журналов «Вскрытие грызунов» и «Посевы эктопаразитов» Монгун-Тайгинского эпидотряда. Для рассмотрения сезонной активности Каргинского мезоочага выбрана методика подсчета количества результативных дней, эффективность этого подхода показана М.Г. Ростовцевым с соавт. [7]. Под результативным днем подразумевался календарный день работы зоологической группы, в ходе которого была выделена одна или более культура чумы. В качестве единицы измерения напряженности эпизоотического процесса выбран подсчет суммы количества результативных дней за все годы обследования, приходящихся на каждое календарное число года. Проводя анализ, мы исходили из того предположения, что объем выполненных работ в каждый календарный день численно однороден.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Чтобы получить максимально точно соответствующую действительности картину хода эпизоотического процесса, необходимо было обработать исходные данные так, чтобы не потерять особенностей его неравномерного течения. Эту задачу удалось решить путем применения процедуры сглаживания исходного ряда, а на основе полученной сглаженной кривой была подобрана модельная кривая тренда.

Для каждого календарного дня в отрезке с 1 мая по 30 сентября была подсчитана сумма количества

результативных дней за 42 года обследования. Затем временной ряд обработали, используя метод многократного сглаживания динамического ряда с помощью скользящего окна по трем точкам [1] в программе Microsoft Excel. Для этого к первому значению последовательности чисел применили формулу:

$$S_1 = \frac{(5 \times X_1 + 2 \times X_2 - X_3)}{6} \quad (1).$$

Конечное значение последовательности чисел рассчитывалось по формуле:

$$S_k = \frac{(-X_{k-2} + 2 \times X_{k-1} + 5 \times X_k)}{6} \quad (2).$$

И к остальным значениям последовательности чисел применили формулу:

$$S_{n+1} = \frac{(X_n + X_{n+1} + X_{n+2})}{3} \quad (3),$$

где  $S_i$  — сглаженные значения ряда;  $X_i$  — значения исходного ряда.

Полученная сглаженная кривая (рис. 1.) хорошо выявляет сезонные особенности течения эпизоотического процесса: невысокий рост активности (1 мая — 5 июня), плавное возрастание эпизоотической активности (5 июня — 13 июля), затем более резкое возрастание ее активности с максимумом, приходящимся на 24 июля, после чего начинается резкий спад активности, длящийся до 17 августа, — а также осеннюю активизацию (максимум ее наблюдается 30 августа), продолжающуюся с 19 августа по 8 сентября.

Сглаженная кривая была аппроксимирована с помощью суммы трех гауссовских распределений:

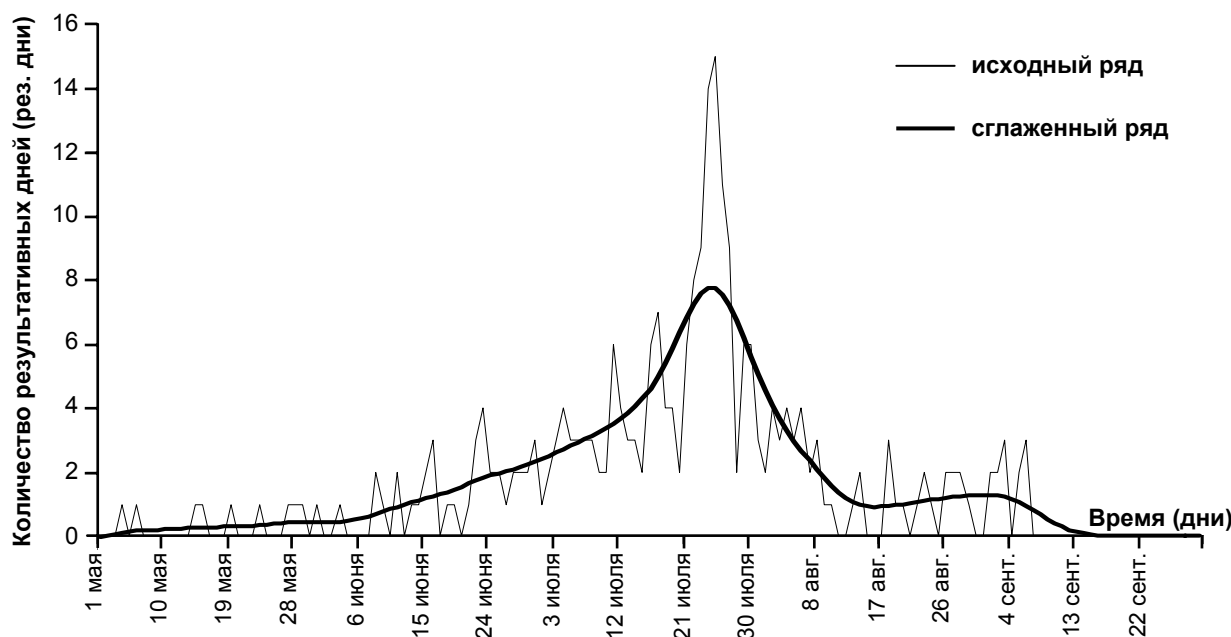


Рис. 1. Ход сезонного эпизоотического процесса в Каргинском мезоочаге Тувинского природного очага чумы (1965–2006 гг.) до и после процедуры сглаживания динамического ряда с помощью скользящего окна по трем точкам.

$$Y = 2,86 \times \exp\left(-\left(\frac{X - 74,5}{29,5}\right)^2\right) + 5,32 \times \exp\left(-\left(\frac{X - 86}{8,9}\right)^2\right) + 1,14 \times \exp\left(-\left(\frac{X - 123,5}{9,2}\right)^2\right) \quad (4),$$

где  $Y$  – значения количества результативных дней с чумой;  $X$  – номер дня сезона (от 1 до 153). Коэффициент детерминации этого уравнения и исходного несглаженного ряда составляет  $R^2 = 0,72$ .

График уравнения представлен на рис. 2. Полученное уравнение описывает три биологических процесса. Первый,  $Y_1$ , с плавным равномерным течением и меньшей интенсивностью. Он характеризуется более ранним началом, более поздним завершением и максимумом, приходящимся на 13 и 14 июля. Этот график соответствует общему ходу эпизоотической активности в Каргинском мезоочаге. Второй,  $Y_2$ , характеризуется более интенсивным и кратковременным течением. Для  $Y_2$  характерно более позднее начало (с максимум 25 июля) и более раннее завершение, чем для первого. Активизация второго процесса  $Y_2$  совпадает по времени с моментом средненоголетнего начала расселения молодняка длиннохвостого суслика [6] и предположительно описывает влияние расселения на ход эпизоотий. Третий,  $Y_3$ , (максимум 31 августа и 1 сентября) соответствует осеннему всплеску активности мезоочага.

Сглаженная кривая (рис. 1) послужила основой для вычисления оптимальных сроков поиска эпизоотий чумы. Нами была написана программа, позволившая определить оптимальные даты начала и окончания полевых работ в Каргинском мезоочаге для всех возможных отрезков времени (продолжительностью от 1 дня до 153 дней работы) в периоде с 1 мая до 30 сентября. Программа численно определяет площадь под сглаженной кривой

на отрезке выбранного временного интервала. При пошаговом перемещении выбранного интервала по оси  $OX$  были рассчитаны площади всех полученных фигур. Оптимальные даты начала и конца обследования Каргинского мезоочага чумы определялись путём нахождения месторасположения фигуры с наибольшей площадью. Вся площадь фигуры под сглаженной кривой была принята нами за 100 %. Площади фигур с оптимальными датами выразили в процентах по отношению ко всей площади под сглаженной кривой. Таким образом, для каждого отрезка, располагающегося в оптимальных сроках, был вычислен процент площади соответствующей ему фигуры. Значение процента характеризует степень охвата эпизоотического цикла. Например, при двухнедельном промежутке работы в оптимальные сроки он составляет 34,9 %.

В таблице 1 приведены оптимальные даты начала и завершения работы эпидотряда для наиболее часто используемых в практике Тувинской противочумной станции промежутков времени, а также процент охвата эпизоотического цикла. Например, если денежные средства выделены на 20 дней, глядя на таблицу 1 можно понять, что начать эпизоотическое обследование следует 13 июля, а закончить 2 августа. Процент охвата эпизоотического цикла составит 44,99 %.

Как и предполагалось, при увеличении времени, затраченного на обследование очага, увеличивается процент охвата эпизоотического цикла (рис. 3). Однако это происходит не линейно. Процент охвата эпизоотии быстро нарастает (с 2,88 %

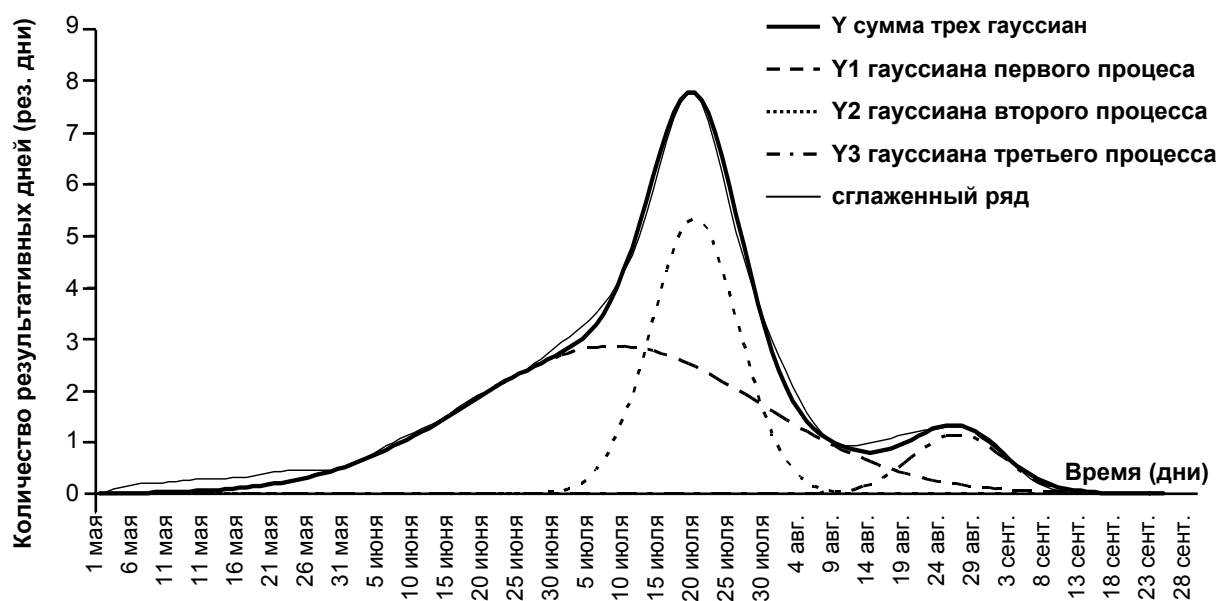


Рис. 2. Графики уравнения (4):  $Y$  – график суммы двух гауссиан;  $Y_1$  – график гауссианы первого процесса;  $Y_2$  – график гауссианы второго процесса;  $Y_3$  – график осенней активизации.

Оптимальные сроки обследования Каргинского мезоочага чумы

Промежуток работы в днях	Оптимальная дата начала работ	Оптимальная дата окончания работ	Процент охвата эпизоотического цикла (%)
14	17 июля	31 июля	34,90
15	16 июля	31 июля	36,72
16	16 июля	1 августа	38,54
17	15 июля	1 августа	40,24
18	15 июля	2 августа	41,89
19	14 июля	2 августа	43,49
20	13 июля	2 августа	44,99
21	13 июля	3 августа	46,48
22	12 июля	3 августа	47,93
23	11 июля	3 августа	49,31
24	11 июля	4 августа	50,65
25	10 июля	4 августа	51,98
26	9 июля	4 августа	53,27
27	8 июля	4 августа	54,51
28	8 июля	5 августа	55,73
29	7 июля	5 августа	56,93
30	6 июля	5 августа	58,10
31	5 июля	5 августа	59,23
32	5 июля	6 августа	60,33
33	4 июля	6 августа	61,41
34	3 июля	6 августа	62,46
35	2 июля	6 августа	63,47
36	2 июля	7 августа	64,45
37	1 июля	7 августа	65,42
38	30 июня	7 августа	66,35
39	29 июня	7 августа	67,24
40	29 июня	8 августа	68,12

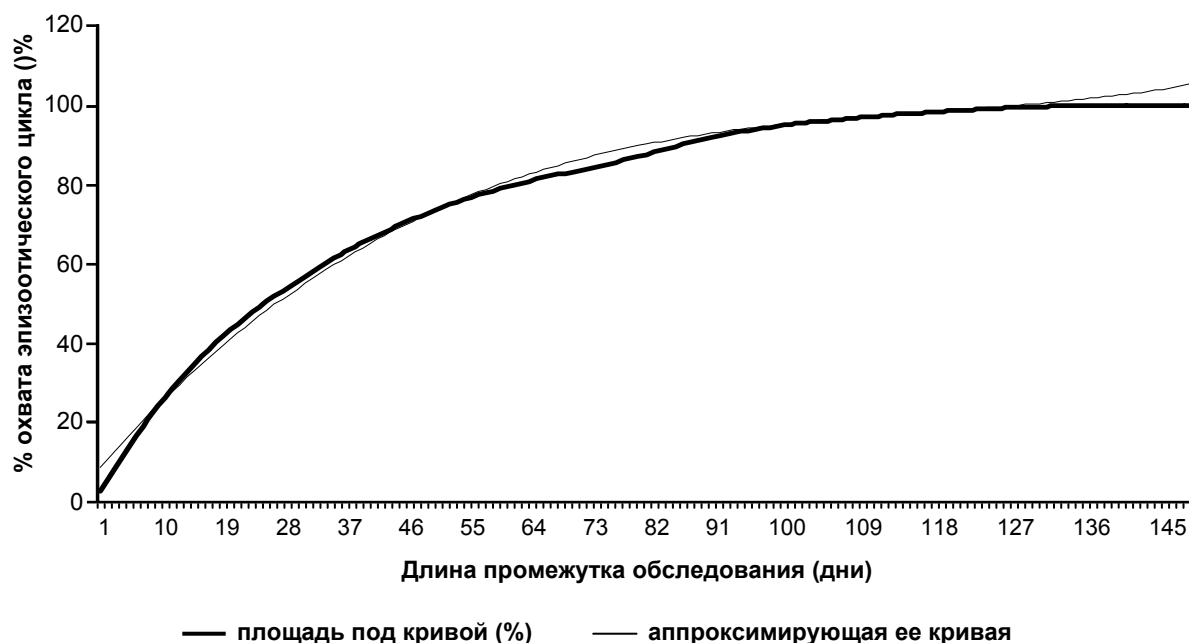


Рис. 3. Зависимость охвата эпизоотического цикла от времени, затраченного на его обследование.

до 30 %) на первом этапе увеличения длительности обследования (с 1 до 12 дней). На втором этапе увеличения длительности обследования (с 13 до 32 дней) скорость роста процента охвата эпизоотии замедляется (30–60 %) и почти совсем останавливается при длине промежутка обследования, равном 120 и более дням. Полученная кривая аппроксимируется кубическим полиномом:

$$Y = 5 \times 10^{-5} \times X^3 - 0,0173 \times X^2 + 2,126 \times X + 6,6861 \quad (5),$$

где  $Y$  – значения аппроксимирующей функции;  $X$  – длина промежутка обследования мезоочага, начиная от 1 до 153 дня. При этом коэффициент детерминации этого уравнения составил  $R^2 = 0,996$ .

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная работа имеет большое практическое значение для работы Тувинской противочумной станции. В результате проведенного анализа определены даты начала и конца эпизоотологического обследования, которые обеспечивают наиболее высокий по вероятности процент охвата эпизоотии Каргинского мезоочага Тувинского природного очага. В зависимости от объема выделяемых ресурсов руководство станции будет иметь возможность наиболее точно планировать работу эпидотряда.

Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 07-05-96812 р\_енисей\_a).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов / Т. Андерсон. – М.: Мир, 1976. – 744 с.
2. Крюков И.Л. Взаимосвязь сезонной жизнедеятельности длиннохвостого суслика и блохи

*Ceratophyllus tesquorum* в Тувинском природном очаге чумы / И.Л. Крюков // Современные аспекты профилактик. зоонозных инфекций: Тез. докл. к Всесоюзн. науч. конф. специалистов противочумн. учреждений. – Иркутск, 1984. – Ч. 1. – С. 85–87.

3. Кузнецов В.И. Материалы к эпизоотологической характеристике Монгун-Тайги / В.И. Кузнецов, И.Л. Крюков, В.А. Саржинский // Докл. Иркут. противочумн. ин-та Сибири и ДВ. – Кызыл, 1969. – Вып. 8. – С. 25–28.

4. Методические рекомендации по эпизоотологическому обследованию Тувинского природного очага чумы. – Иркутск, 2004. – 19 с.

5. Некоторые итоги изучения Тувинского природного очага чумы (1964–1974 гг.). Сообщение 2. Биоценотическая структура очага / И.М. Устюжина [и др.] // Междунар. и нац. аспекты эпиднадзора при чуме. – Иркутск, 1975. – Ч. 1. – С. 52–57.

6. Некоторые черты пространственно-экологической структуры популяции длиннохвостого суслика (*Citellus undulatus*) и попытки ее направленного изменения / С.А. Шилова [и др.] // Зоологический журнал. – 1979. – Т. 58, Вып. 7. – С. 1042–1046.

7. Новый подход к оценке сезонной активности Каргинского участка очаговости Тувинского очага чумы / М.Г. Ростовцев [и др.] // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2004. – Т. 2, № 1. – С. 157–160.

8. Родионов А.А. Современное состояние Тувинского природного очага чумы / А.А. Родионов, А.З. Феоктистов // Докл. Иркут. противочумн. ин-та Сибири и ДВ. – Чита, 1974. – Вып. 10. – С. 51–54.