

СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКТИВНОСТИ ОЧАГА ПУУМАЛА ХАНТАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ

И.А. Кшняев¹, О.А. Жигальский¹, А.Д. Бернштейн², Н.С. Апекина², М.Г. Останина³

¹ИЭРиЖ УрО РАН, Екатеринбург, kia@ipae.uran.ru;

²ИПиВЭ им. М.П. Чумакова, РАМН, Москва, centrglps@rambler.ru;

³Центр гигиены и эпидемиологии УР, Ижевск

Понимание механизмов колебаний активности природных очагов и предсказание вспышек хантавирусных (ХВ) эпидемий у человека – одна из актуальных проблем медицинской териологии и эпидемиологии. Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС) – ХВ инфекция, широко распространённая в Евразии. В Европе и Европейской части России большинство случаев ГЛПС вызывает ХВ Пуумала (ПУУ), основной хозяин которого рыжая полевка (РП, *Myodes glareolus*). Материалом для настоящего исследования послужил данные многолетнего мониторинга ПУУ-ГЛПС в Удмуртской Республике (УР). Для анализа использованы: данные (рис. 1) о заболеваемости ГЛПС (23419 случаев) за 38 лет (1973-2010), от 55 до 2053 случаев за «эпидсезон» – апрель (t) – март (t+1); оценки численности (рис. 2) и

структуры популяции РП в окрестностях Ижевска (56°50'СШ 53°11' ВД) в апреле, июне, августе, октябре. Критерием раннего начала репродукции РП служило наличие самок со второй беременностью и/или прибылых особей в апреле. Урожай семян липы и ели (важных зимних кормов РП) оценен в шкале (0-5) В.Г. Каппера. Мерой эпизоотической активности очага служила численность инфицированных РП⁺ (рис. 3). Наличие ПУУ-антигена в лёгких РП установлено иммуноферментным методом (Бернштейн и др., 2010) в течение 25 лет (1981-2005) в августе (рис.4), а 15 первых лет и во все указанные месяцы (рис. 3). Всего зоологически обследовано – более 30 тыс., а эпизоотически - порядка 10 тыс. РП.

Для заболеваемости ГЛПС характерна регулярная трехлетняя (2-4) повторяемость «вспышек», на фоне восходящего s-образного тренда (рис. 1). Эпидемические вспышки соответствуют пику эпизоотической активности (рис. 3-5). Ранним предиктором вспышки ГЛПС является высокий (4 и более баллов) урожай плодов липы в предыдущем году (таблица), а наиболее точным – ранняя репродукция РП (рис. 4-5).

Работа выполнена при поддержке РФФИ: 10-04-01657.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бернштейн А. Д., Гавриловская И. Н., Апекина Н. С. Особенности природной очаговости хантавирусных зоонозов // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2010. № 2. С. 5-13.

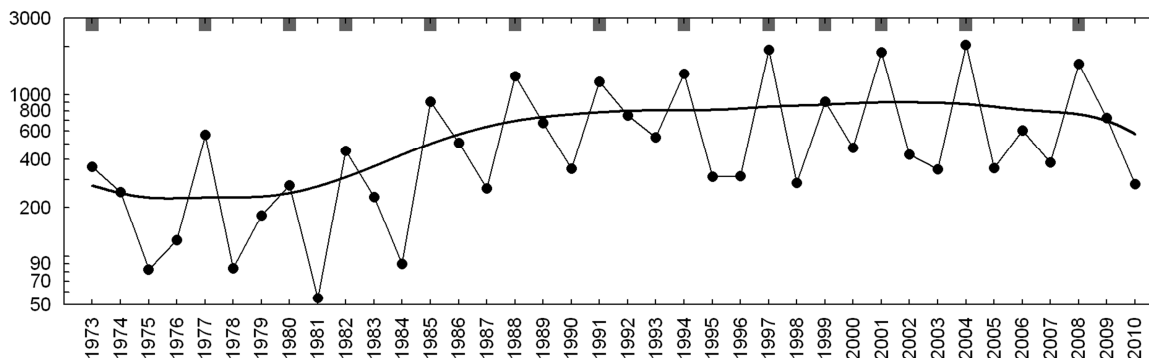


Рисунок 1. Число случаев (лог-масштаб) заболевания ГЛПС в Удмуртской республике, за эпидсезоны 1973-2010 гг., от 55 до 2053 случаев. Локальные максимумы, значения, большие, чем таковые в предшествующем и последующем году и/или большие, чем скользящее среднее (жирная линия) рассмотрены как «вспышки». Столбики сверху – раннее начало репродукции рыжей полевки.

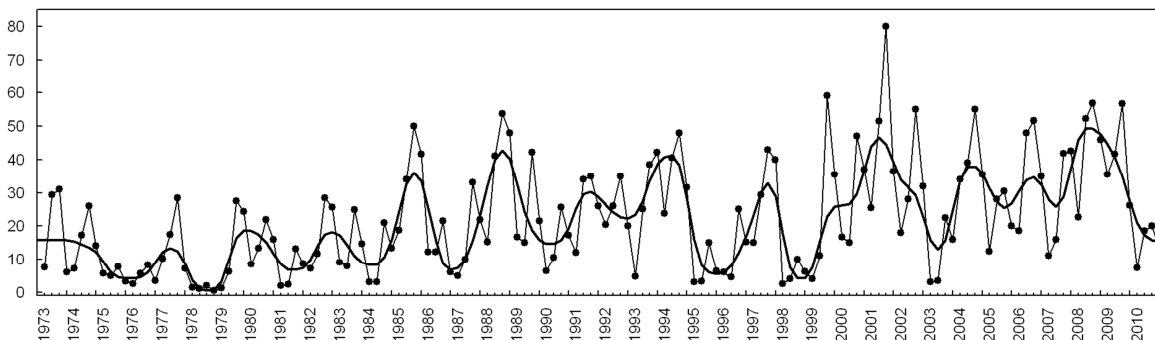


Рисунок 2. Динамика численности (особей на 100 ловушко-суток) РП в окрестностях Ижевска (56°50'СШ 53°11' ВД), точки - апрель, июнь, август, октябрь 1973-2010 гг., жирная линия – 4253N скользящее среднее, использовано для удаления сезонности.

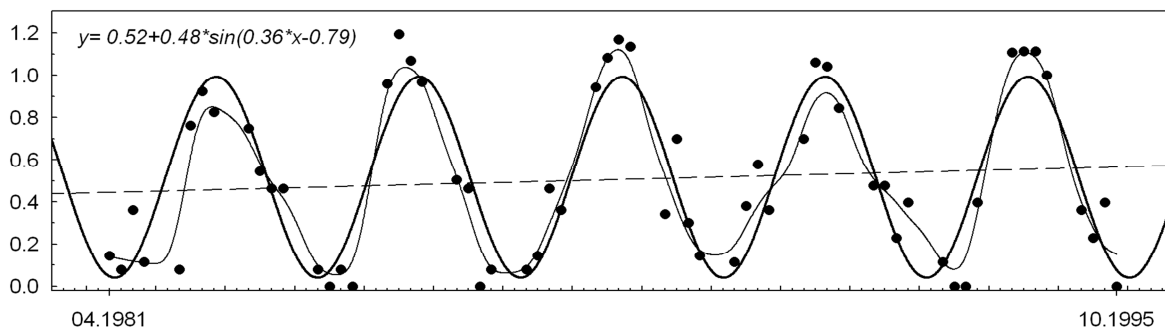


Рисунок 3. Динамика эпизоотической активности очага Пуумала ХВ как численности ($\lg(N+1)$) РП⁺. Точки – данные эпизоотического обследования, тонкая линия – скользящее среднее (4253Н фильтр) удаляет сезонную компоненту и «ВЧ шумы», жирная линия – гармоническое колебание $R^2=0.79$, $y = \lg(N+1) = 0.52 + 0.48\sin(0.36x+0.79)$, $T = (2\pi/\omega)/6 = 2.9$ (2.85–3.0) года; x – номер отсчета (апрель 1981, $x=1$), 6 отсчетов = 1 год. Ижевск, апрель-октябрь, 1981-1995 гг.

Таблица
Отбор моделей ($\lg(\text{Число случаев ГЛПС за эпидсезон})=b_0+b_1x_i$) для описания и упреждающего (*Prior desirability*) прогноза заболеваемости населения ГЛПС в Удмуртской республике, эпидсезоны 1973-2010 гг. (для удаления эффекта тренда, скользящее среднее было использовано как *offset* - переменная). Рассмотрены регрессии только первого порядка в следствие коллинеарности предикторов.

Предикторы (X _i)	K	Девianza, -2LogL	G(1)	$\Delta CAIC$	«Вес» w	Prior desirability	Posterior desirability
1. Ранняя репродукция РП, 0/1	2	-27.63	39.0	0	0.994	0.125	0.951
2. Урожай семян липы, (t-1), 0-5 б	2	-16.99	28.36	10.64	0.005	1	0.037
3. Урожай семян липы (t-1), \square 4 б = 1	2	-14.66	26.03	12.97	0.002	1	0.012
4. Численность РП в июне (t)	2	-6.32	17.69	21.31	2E-05	0.063	1E-05
5. Численность РП в апреле (t)	2	-1.99	13.36	25.64	3E-06	0.125	3E-06
6. Численность РП в августе (t)	2	3.95	7.42	31.58	1E-07	0.032	3E-08
7. [H0]	1	11.37		34.36	3E-08		
8. Урожай семян ели (t-1), 0-5 б	2	9.17	2.2	36.8	1E-08	1	8E-08

$CAIC = -2\log L + K[1 + \log(n)]$, $\Delta CAIC_i = CAIC_i - CAIC_{best}$, $w_i = [\exp(-0.5 \Delta CAIC_i)] / [\sum \exp(-0.5 \Delta CAIC_i)]$

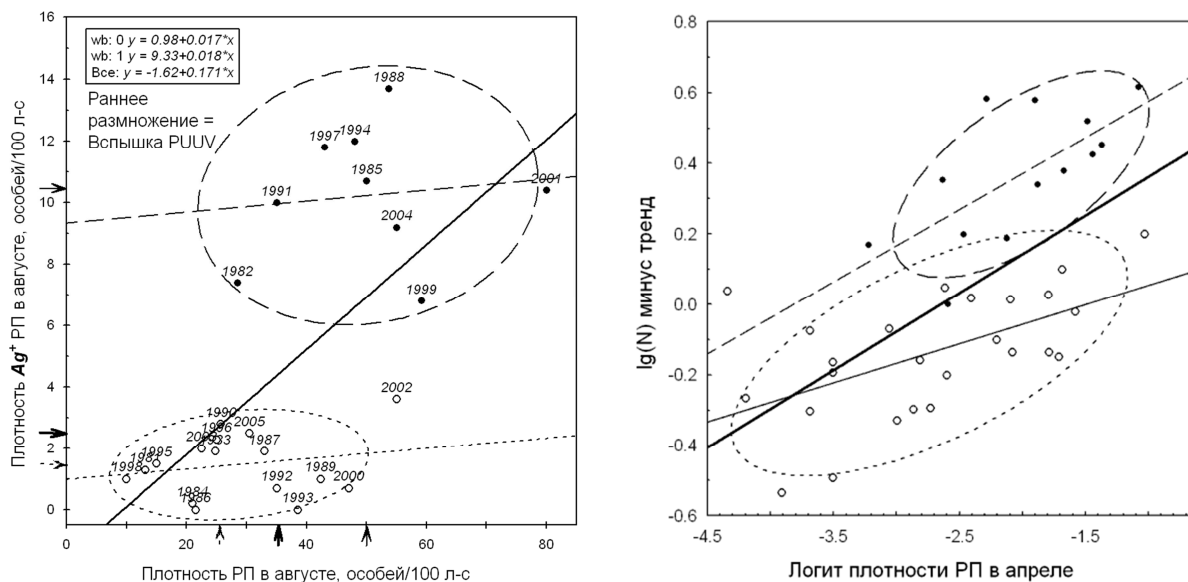


Рисунок 4. Регрессия плотности РП⁺ на общую плотность РП, в зависимости от срока начала размножения, 1981-2005 гг.. Линии регрессии и доверительные эллипсоиды: кружки и короткий штрих – годы без раннего размножения; точки и длинный штрих – годы раннего размножения; угловые коэффициенты сходны, свободные члены различаются ($\chi^2(1)=21.0$), жирная линия «кажущаяся» зависимость РП⁺ от плотности. Тонкие и толстая стрелки – частные и общая медианы.

Рисунок 5. Связь логарифма заболеваемости ГЛПС в УР (многолетний тренд удален) в t-эпидсезоне в зависимости от плотности РП в апреле, 1973-2010 гг.. Линии регрессии и доверительные эллипсоиды: кружки и короткий штрих – годы без раннего размножения, $z=0$: $y=0.16(0.09)+0.11(0.03)x$; точки и длинный штрих – годы раннего размножения: $z=1$: $y=0.78(0.14)+0.20(0.07)x$; угловые коэффициенты сходны, свободные члены различаются, $\Delta=0.62(0.17)$; жирная линия $y=0.58(0.12)+0.22(0.04)x$ – «кажущаяся» зависимость от плотности. Лучшая модель: $y=0.42(0.07)+0.21(0.03)z+0.13(0.03)x$