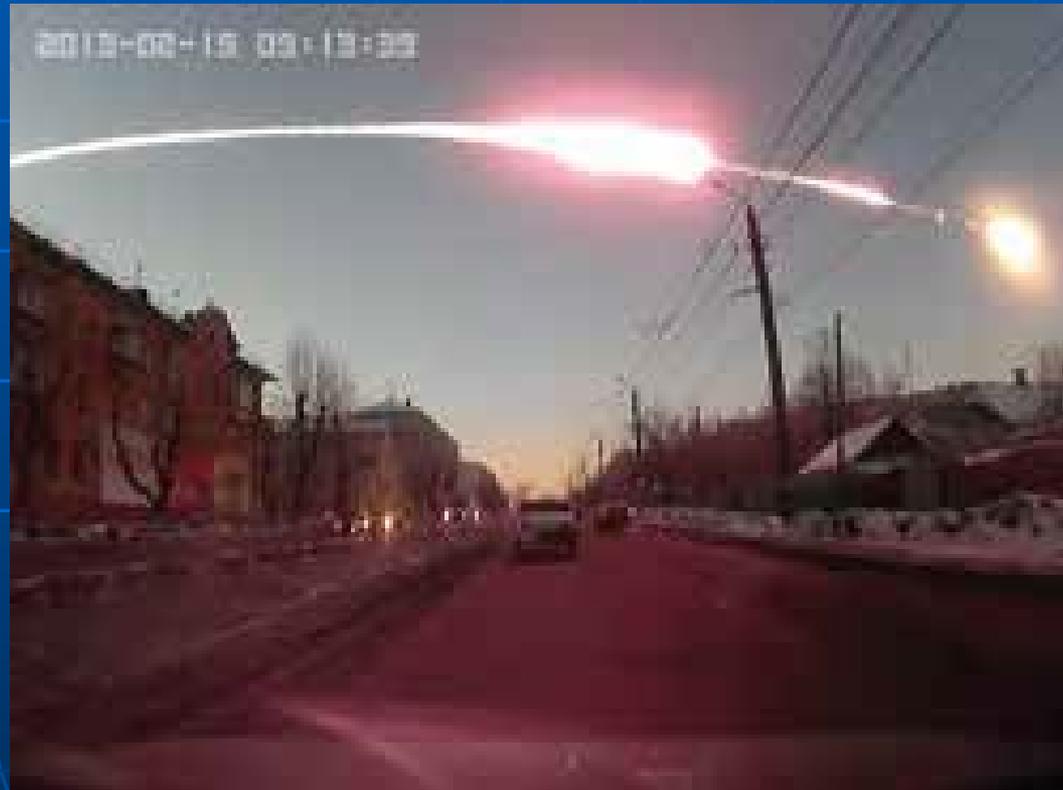


# ЧАСТОТА ПАДЕНИЯ МЕТЕОРИТОВ И БОЛИДОВ

А.Е. Дудоров, О.В. Еретнова

Челябинский государственный университет



Международная конференция  
XIII Забабахинские научные чтения  
20-25 марта 2017 г.

# Введение

Статистический анализ данных о падениях метеоритов за большой промежуток времени:

- позволит выявить закономерности в распределении метеоритов по различным параметрам (типам, массам, времени падения и т.д.);
- может нести новую информацию о их происхождении.

Сведения о зарегистрированных падениях метеоритов собраны в Catalogue of Meteorites [1] и Meteoritical Bulletin Database [2] с 1801 г.

Число регистрируемых падений метеоритов  $\sim 6$  за год (хотя ежегодно на поверхность Земли выпадает  $\sim 10^4\div 10^5$  тонн космического вещества).

Это затрудняет анализ распределения числа падения метеоритов по годам.

1. URL: <http://www.nhm.ac.uk/our-science/data/metcat/search/indexmany.dsml>

2. URL: <http://www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php>

# Введение

Среднее число падений болидов, регистрируемых спутниками, болидными сетями и инфразвуковыми станциями ~ 29 в год (почти в 5 раза превышает среднее число метеоритов).

Данные о 682 болидах с 1995 г., у которых энергия больше, чем 0,07 килотонн в тротиловом эквиваленте, приведены на сайте NASA [1].

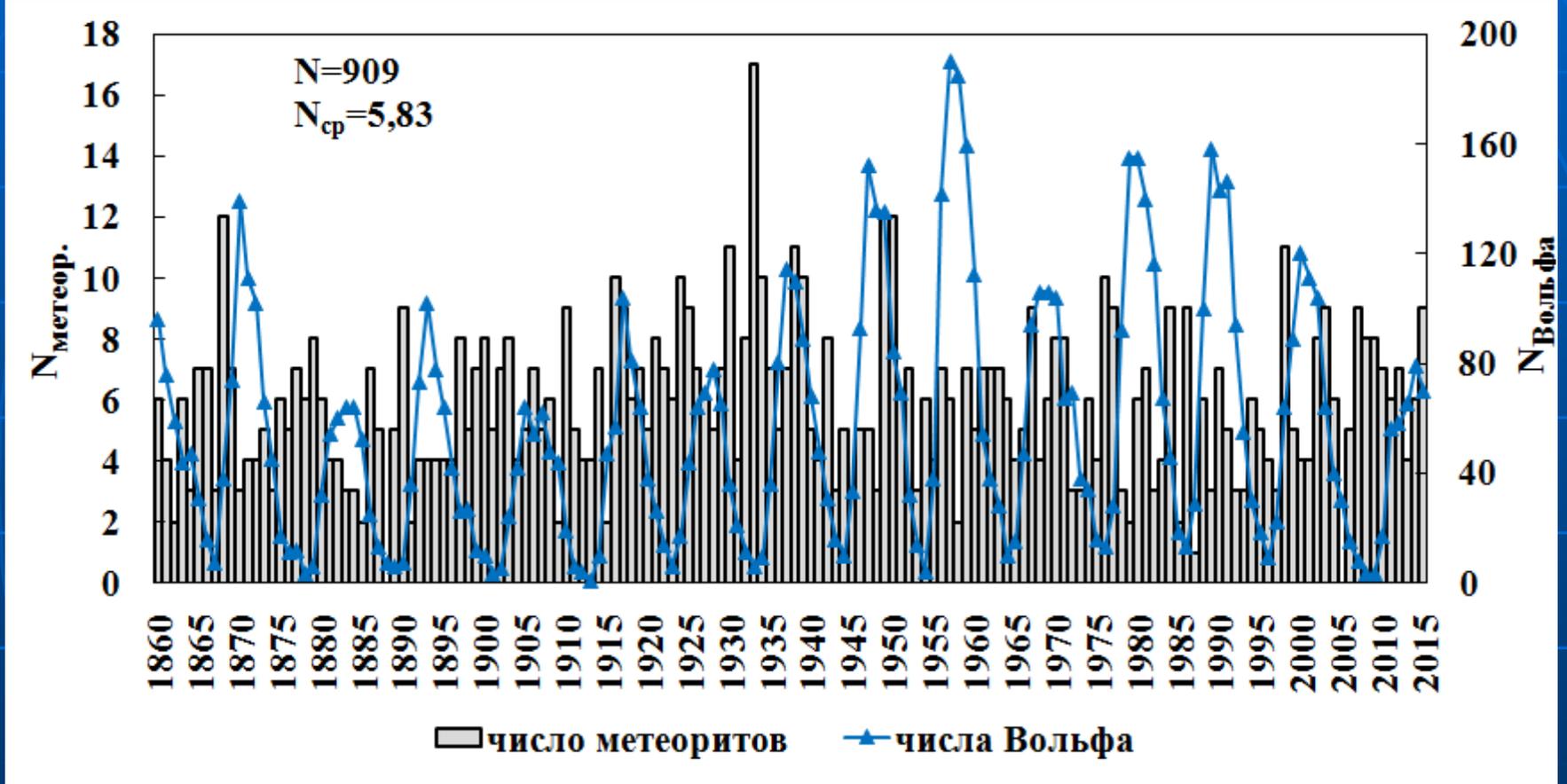
В настоящей работе мы провели сравнение распределений падений метеоритов по годам, месяцам года и времени суток с аналогичными распределениями для болидов.

# Распределение метеоритов по типам

С 1860 по 2015 гг. зарегистрировано 909 падений метеоритов.

Тип метеоритов	Число падений	%	Подтип	Число падений	%	Группа	Число падений	%	% из [1]	
каменные	848	93,3	ахондриты	74	8,1				92,5	
			хондриты	774	85,2	LL	72	8,0		
						L	332	36,3		
						H	294	32		
						углистые	41	4,6		
						др. группы	6	0,8		
						группа не определена	29	2,8		
железные	47	5,2					5,7			
железокам.	10	1,1						1,3		
аномальн.	4	0,4						0,5		

# Распределение числа падений метеоритов по годам



с 1860 по 1880 – 116, с 1910 по 1930 гг. – 144, с 1950 по 1970 – 127, с 1995 по 2015 гг. – 127 падений → выборка наиболее полная

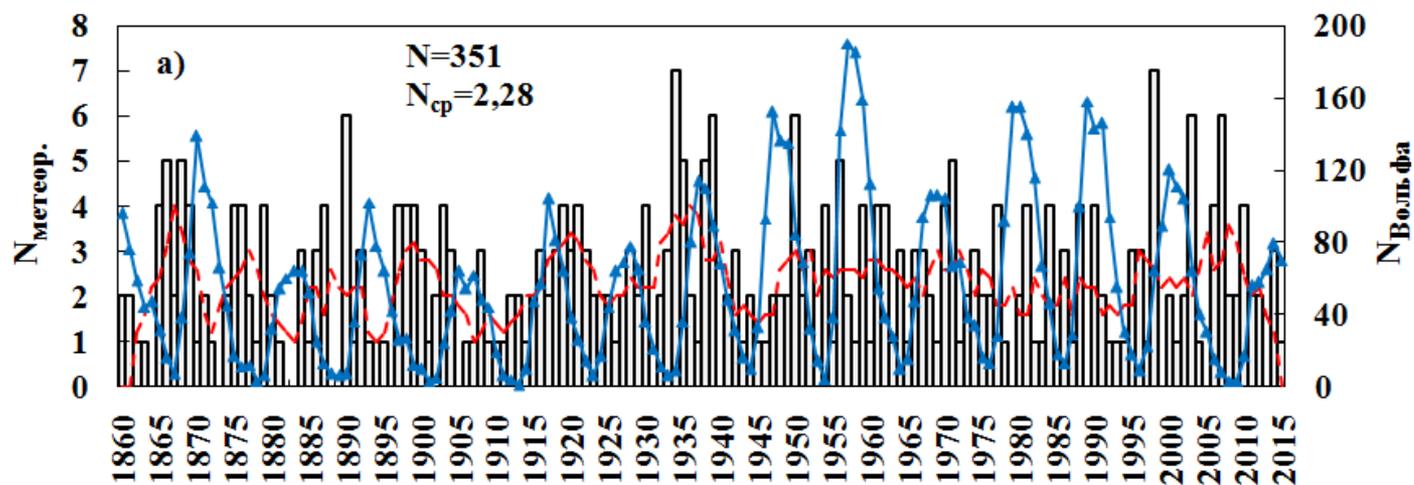
Максимумы числа метеоритов близки к минимумам солнечной активности: 1867-1868, 1933-1934, 1976-1977, 2007-2009 годы.

# Распределение числа падений метеоритов по годам

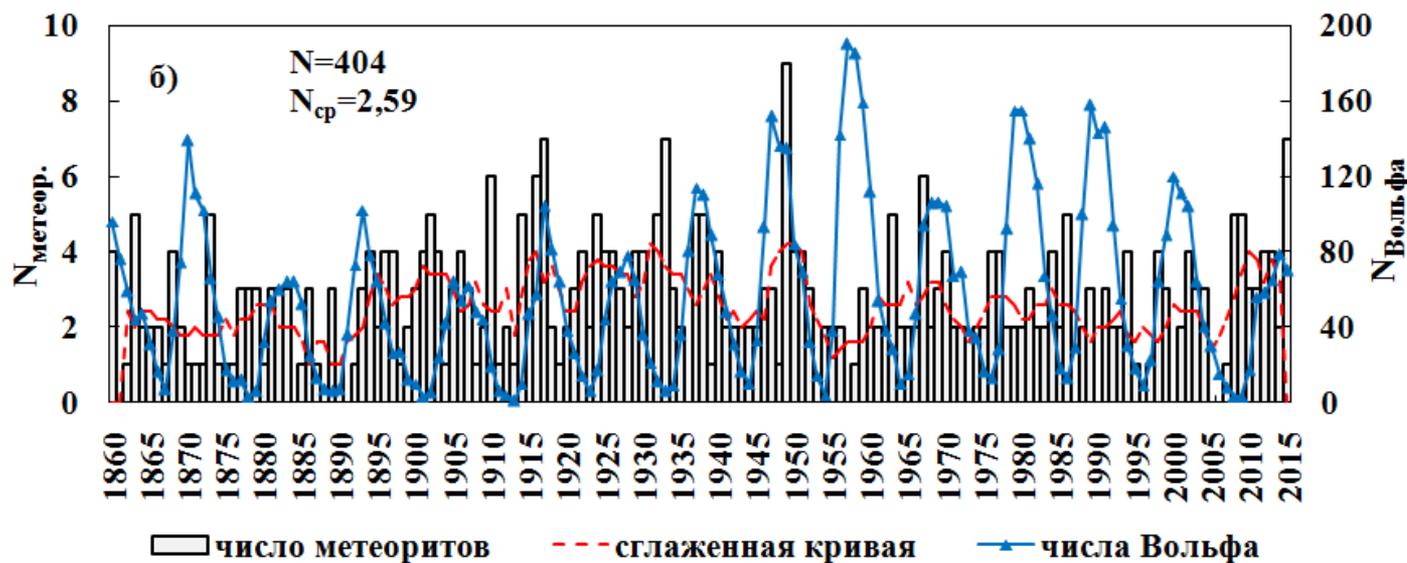
## Исследуемые группы

1. Группа HIR: H-хондриты (Fe в металлической фазе  $12 \div 20\%$ ), железные, железокосмогенные – 351
2. Группа L: L, LL – хондриты (Fe в металлической фазе  $5 \div 10\%$  и  $<5\%$ ) – 404
3. Группа AC: углистые хондриты, ахондриты (Fe в металлической фазе  $<1\%$ ) – 88

# Распределение числа падений метеоритов по годам



а – группа NIR  
б – группа L



Сглаживание –  
методом  
скользящей  
средней с  
интервалом  
усреднения 5  
лет.

На сглаженных кривых число метеоритов практически постоянно с 1980 по 2005 гг. у группы NIR, с 1860 по 1885 и с 1895 по 1908 у группы L.

# Исследование периодичности

Автокорреляционный метод: позволяет исследовать связь между рядом  $x_1, x_2, \dots, x_{n-T}$  и рядом  $x_{1+T}, x_{2+T}, \dots, x_n$ , где  $T$ - положительное целое число.

Коэффициент автокорреляции:

$$r_{t,t-T} = \frac{\overline{x_t \cdot x_{t-T}} - \bar{x}_t \cdot \bar{x}_{t-T}}{\sigma(x_t) \cdot \sigma(x_{t-T})}$$

$\overline{x_t \cdot x_{t-T}}, \bar{x}_t, \bar{x}_{t-T}$  - средние значения рядов,

$\sigma(x_t), \sigma(x_{t-T})$  - среднеквадратичные отклонения для соответствующих рядов.

$T$  – шаг по времени

$$-1 < r_{t,t-T} < 1$$

# Исследование периодичности

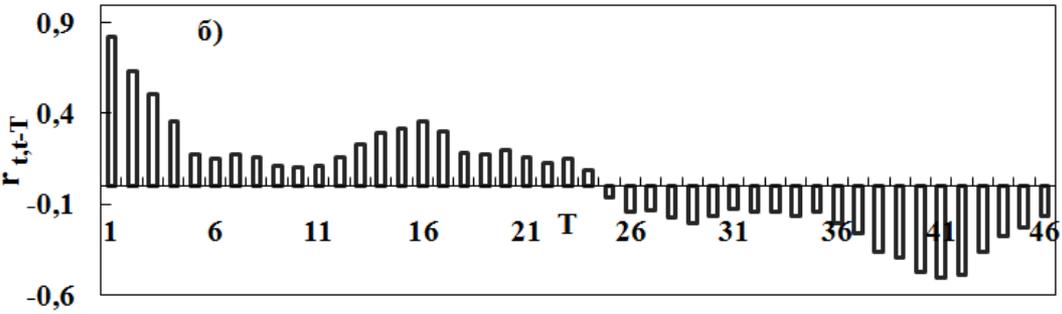
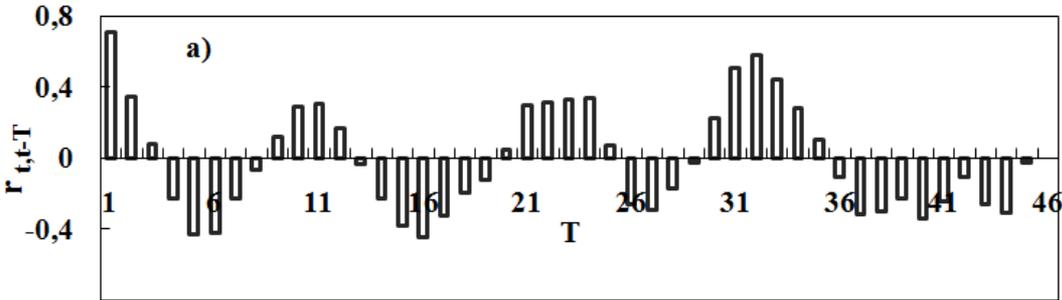
Автокорреляционная функция на интервале с 1860 по 1960 гг.

а – группа НИР

$T = 10 \div 11$  лет (корреляция с 11-летними вариациями числа солнечных пятен).

б – группа L

$T = 80 \div 84$  года ?



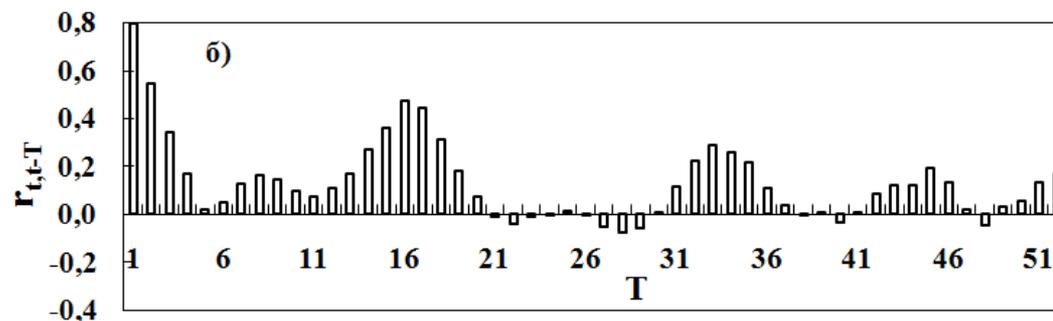
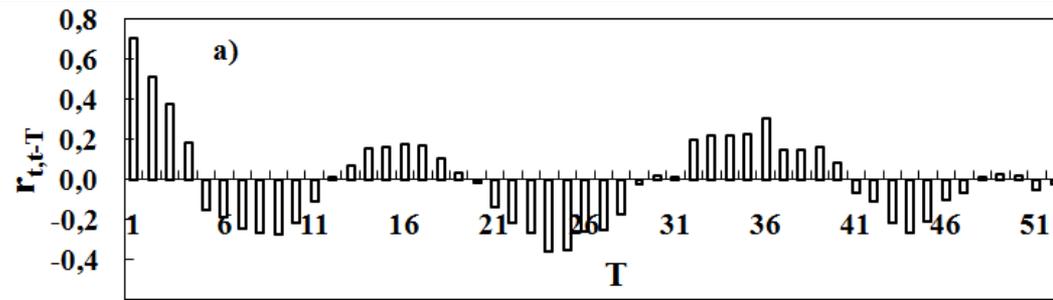
Автокорреляционная функция на интервале с 1910 по 2015 гг.

а – группа НИР

$T = 16 \pm 1$  год

б – группа L

$T = ?$



# Распределение числа падений метеоритов по годам

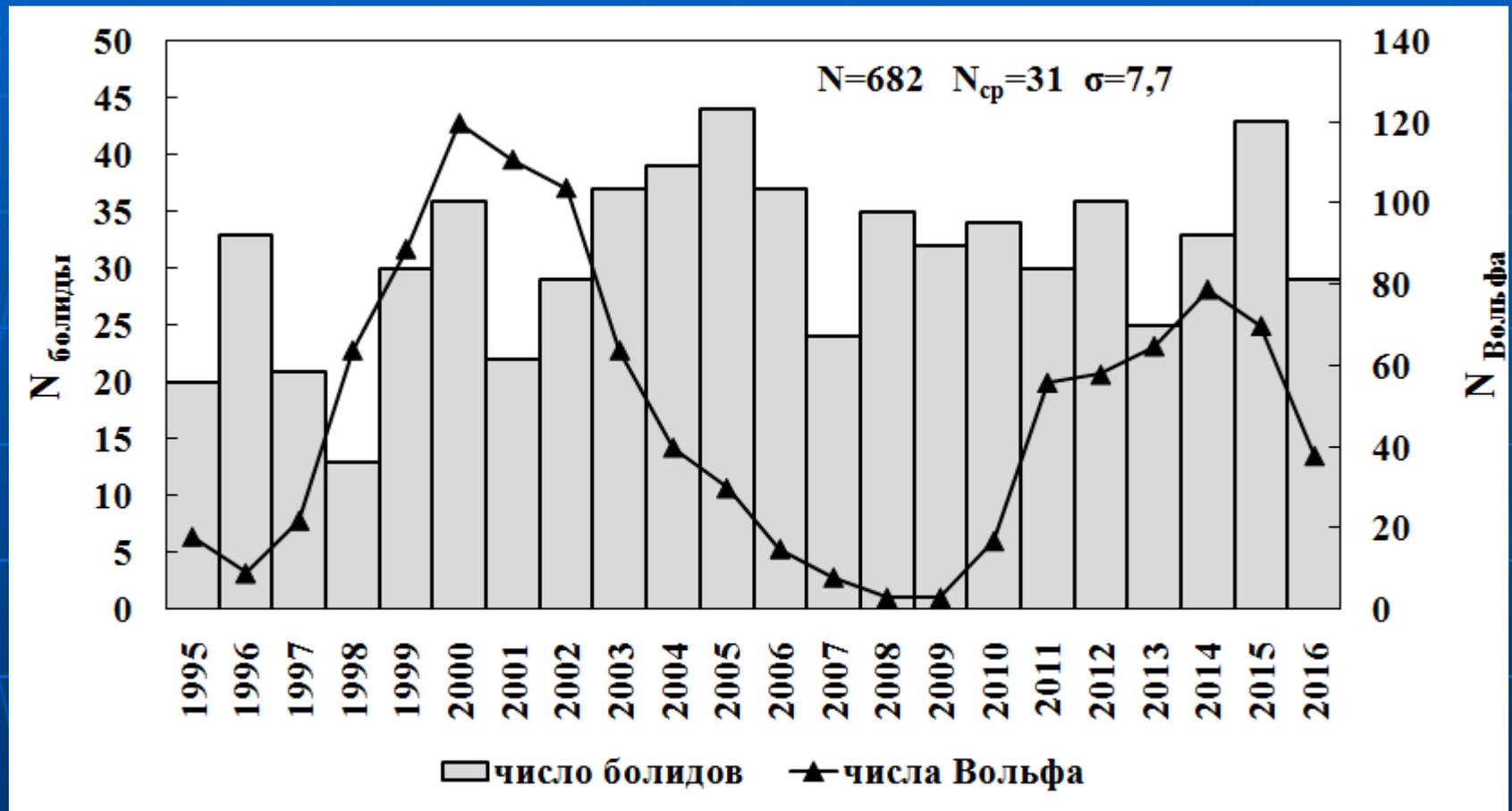
Алексеев В.А. Статистика метеоритных падений // Метеоритика. 1988. Вып.47. С. 24-31:

исследовано распределение числа падений L- и H-хондритов по годам (с 1800 по 1983 гг.).

У H-хондритов обнаружено изменение частоты падения с периодом  $10,5 \pm 0,5$  лет

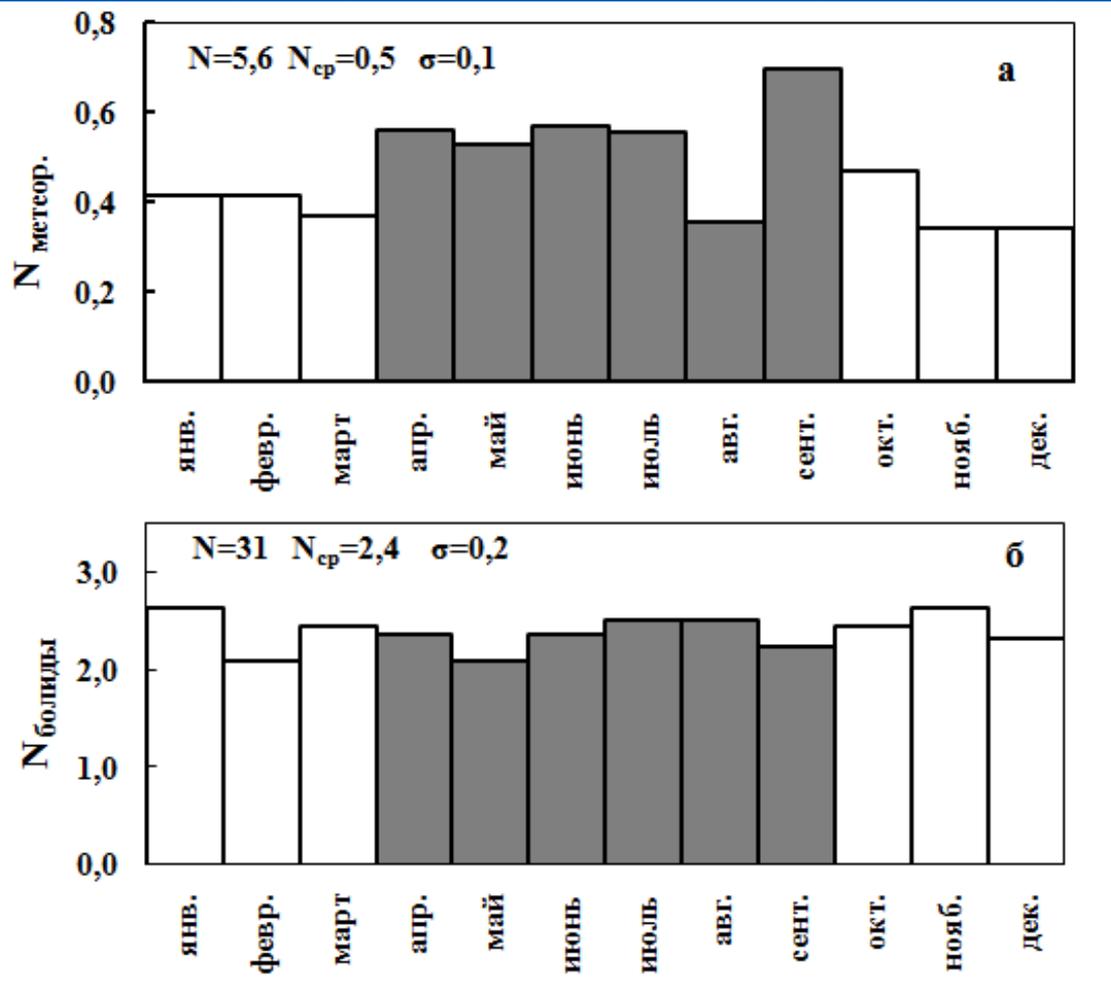
У L-хондритов такой период не выявлен.

# Распределение числа падений болидов по годам



$T = 11$  лет! Последний (23) цикл солнечной активности был более продолжительным (около 15 лет) → смещение минимумов солнечной активности относительно максимумов числа болидов

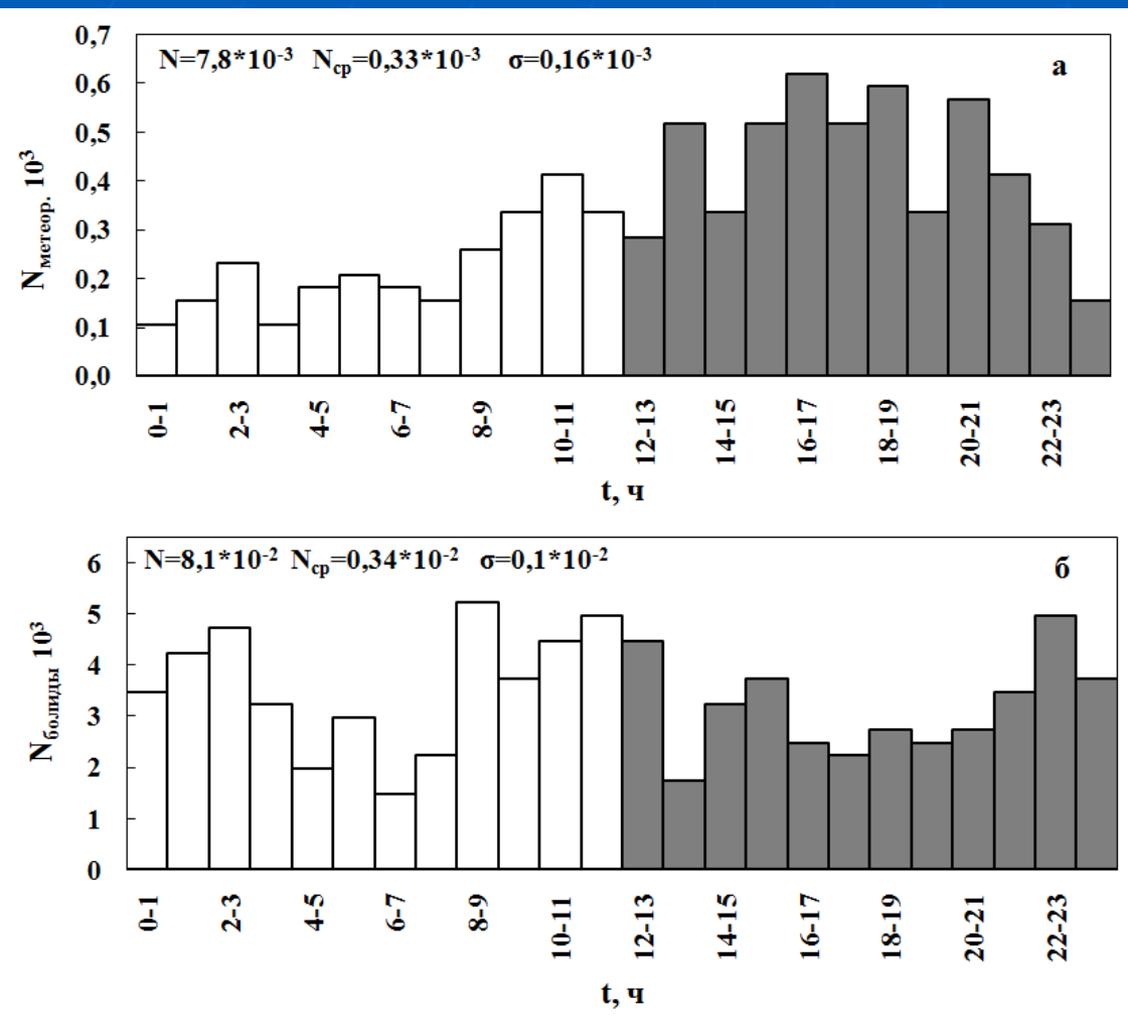
# Распределение числа падений метеоритов и болидов по месяцам



1. Hughes D.W. Meteorite falls and finds: some statistics // Meteorities. 1981. Vol. 16. PP. 269–281.

2. Алексеев, В.А. Статистика метеоритных падений // Метеоритика. 1988. Вып. 47. С. 24–31.

# Распределение числа падений метеоритов и болидов по времени суток



**а – метеориты**

**б - болиды**

Метеориты: 65% падений с 8 до 20 часов.

От полудня до полуночи приходится 66% падений.

Это было отмечен ранее в [1,3,3].

Болиды: число падений практически одинаково в дневное и ночное время (51 % и 49 %).

51% падений болидов приходится на первую половину суток.

1. Hughes D.W. Meteorite falls and finds: some statistics // Meteorities. 1981. Vol. 16. PP. 269–281.
2. Алексеев, В.А. Статистика метеоритных падений // Метеоритика. 1988. Вып. 47. С. 24–31.
3. Wetherill G.W. Stone meteorites: Time of fall and origin // Science. 1968. Vol. 159, № 3810. PP. 79–82.

# Выводы

- Исследовано распределение числа падений метеоритов и болидов по годам, месяцам года и времени суток.
- Показано, что в распределении падений метеоритов по месяцам года и времени суток существенную роль играют эффекты наблюдательной селекции.
- Анализ распределения числа падений болидов по годам с 1995 г. вселяет надежду, что максимумы числа падений болидов (и метеоритов) чередуются с интервалом 11÷12 лет.
- Возможно, в годы максимумов солнечной активности секторное магнитное поле Солнца оказывает влияние на движение замагниченных метеороидов и постепенно (хоть и достаточно медленно) переводит их на орбиты, сближающиеся с Землей.
- Дальнейшее накопление наблюдательных данных о метеоритах, околоземных метеороидах, а также развитие болидных сетей позволит ответить на вопрос о наличии и причинах периодичности в распределении числа падений метеоритов по годам.

*СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!*

