

Государственное образовательное учреждение
Высшего профессионального образования
Московский государственный строительный университет
Ассоциация московских вузов

Утверждаю
Проректор по УМР и МД

_____ Гагин В.И.
«___» _____ 2009 г.

ОТЧЕТ

о выполнении подраздела мероприятий по социальному
обслуживанию населения в части предоставления
образовательных услуг жителям города Москвы

подраздел №11.5.3.6. «Современные методы оценки и прогноза
аварийно опасных природных и техногенных процессов при
проектировании и эксплуатации зданий и сооружений»
(Научно-информационный материал)

Научный руководитель подраздела	Зав.ОНИЛ КГК Профессор каф. ПММ МГСУ	Хлыстунов М.С.		
Отв.исполнитель	Ст.преподаватель каф. Физики МГСУ	Модестов К.А.		
	Должность	Телефон	Подпись Дата	ФИО

Москва, 2009 г.

Под научным руководством и при непосредственном участии руководителя НИЦ комплексной безопасности строительных систем, профессора Хлыстунова М.С. (отв.исп. ст.преподаватель Модестов К.А.) в рамках подраздела 11.5.3.6. были разработаны, коллегиально рассмотрены и протестированы, а также вручены для практического использования заинтересованным специалистам строительного комплекса Москвы научно-информационные и научно-образовательные материалы в области современных методов оценки и прогноза аварийно опасных природных и техногенных процессов при проектировании и эксплуатации зданий и сооружений на примере анализа глобальной и локальной эволюции климатических нагрузок гравидинамического происхождения на здания и сооружения.

Спектральный вариометрический анализ зависимостей локальной эволюции максимальных температур от интенсивности гравидинамических процессов

Данные локальных климатических и метеорологических наблюдений, как правило, включают в себя:

- ежесуточную среднюю – T , максимальную – T_M , минимальную – T_m температуру в градусах по Цельсию;
 - ежесуточное среднее давление на уровне моря – SLP в миллибарах (mb);
 - ежесуточную среднюю влажность – H в %;
 - ежесуточное количество осадков – PP в мм;
 - ежесуточную среднюю видимость – VV в км;
 - ежесуточную среднюю скорость ветра – V в км/час
- и некоторые другие параметры.

Для настоящего проекта представляют интерес данные зарегистрированных региональных климатических и метеорологических процессов в период с января 1973 года по август 2009 года включительно.

Поэтому для анализа последствий этого явления с точки зрения влияния гравидинамических резонансов на климатические параметры в разных регионах Земли построение спектров климатических параметров использовались данные до и после падения кометы Шумейкера - Леви на планету Юпитер, которое произошло в период с 16 июля по 22 июля 1994 года. Для анализа до падения кометы Шумейкера - Леви на планету Юпитер был выбран период с января 1973 года по декабрь 1993 года включительно, что соответствует 21 году. Для анализа после падения кометы был выбран период с августа 1994 года по август 2009 года включительно, что соответствует 15 годам.

Количество суток первого периода составляет 7670, что соответствует минимальной частоте при спектральном анализе $f_{\min} = 1,50900575 \cdot 10^{-9}$ Гц с учетом, что продолжительность суток составляет 86400 сек.

Количество суток второго периода составляет 5488, что соответствует минимальной частоте при спектральном анализе $f_{\min} = 2,10897851 \cdot 10^{-9}$ Гц.

Частоты, соответствующие периодам обращения планет вокруг Солнца и

Луны вокруг Земли превышающие f_{\min} , составляют

Объект	Луна	Меркурий	Венера	Земля	Марс	Юпитер
f, Гц	$3,9 \cdot 10^{-7}$	$1,32 \cdot 10^{-7}$	$5,15 \cdot 10^{-8}$	$3,169 \cdot 10^{-8}$	$1,685 \cdot 10^{-8}$	$2,7 \cdot 10^{-9}$

Частоты гравидинамических резонансов планет Сатурн, Уран, Нептун и Плутон не превышают f_{\min} и равны

Объект	Сатурн	Уран	Нептун	Плутон
f, Гц	$1,08 \cdot 10^{-9}$	$3,8 \cdot 10^{-10}$	$1,9 \cdot 10^{-10}$	$1,28 \cdot 10^{-10}$

Поэтому в спектральном анализе для данных временных периодов гравидинамические резонансы этих планет с Землей не будут присутствовать.

Спектральный анализ вариаций эволюции климатических нагрузок проводился для диапазона частот $2 \cdot 10^{-9} \div 5 \cdot 10^{-7}$ Гц, что соответствует периодам $16,5 \div 5790$ суток.

Учитывая отсутствие многосуточных фрагментов данных наблюдений в Москве, Токио и Буэнос-Айрес, в настоящем исследовании будут использованы данные по Лондону и Анкориджу.

На рис. 1 приведен спектр вариаций суточной максимальной температуры в г. Лондоне по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год), Анализ спектра показывает, что ошибка в отсчете периода обращения Земли вокруг Солнца при построении спектра не превосходит ± 2 суток.

Данные содержат суточные климатические параметры: среднюю, максимальную, минимальную температуры, среднее давление на уровне моря, среднюю влажность, количество осадков, среднюю видимость, среднюю скорость ветра. Данные по среднему давлению на уровне моря были представлены за период с мая 1977 года по август 2009 года. Данные по количеству осадков были неполными – содержали частые пропуски.

Зависимость спектров локальной эволюции максимальных температур в г. Анкоридже от интенсивности глобальных гравидинамических процессов

На рис. 1 ÷ 2 приведены спектральные графические зависимости суточной максимальной температуры в Анкоридже за период с января 1973 года по декабрь

1993 года включительно (за 21 год), то есть до падения кометы Шумейкера - Леви на планету Юпитер, от числа суток и соответствующих им частот в герцах. Соответствующие спектры резонансов приведена на рис. 3. В таблице 2 приведены периоды резонансов в сутках.

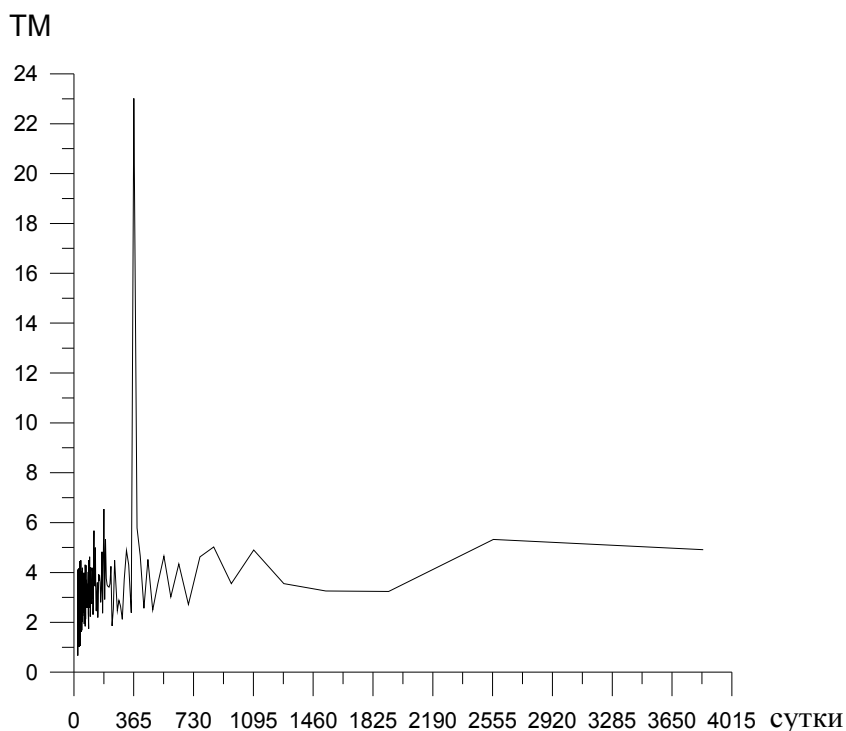


Рисунок 2 - Спектр вариаций максимальной суточной температуры в Анкоридже по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

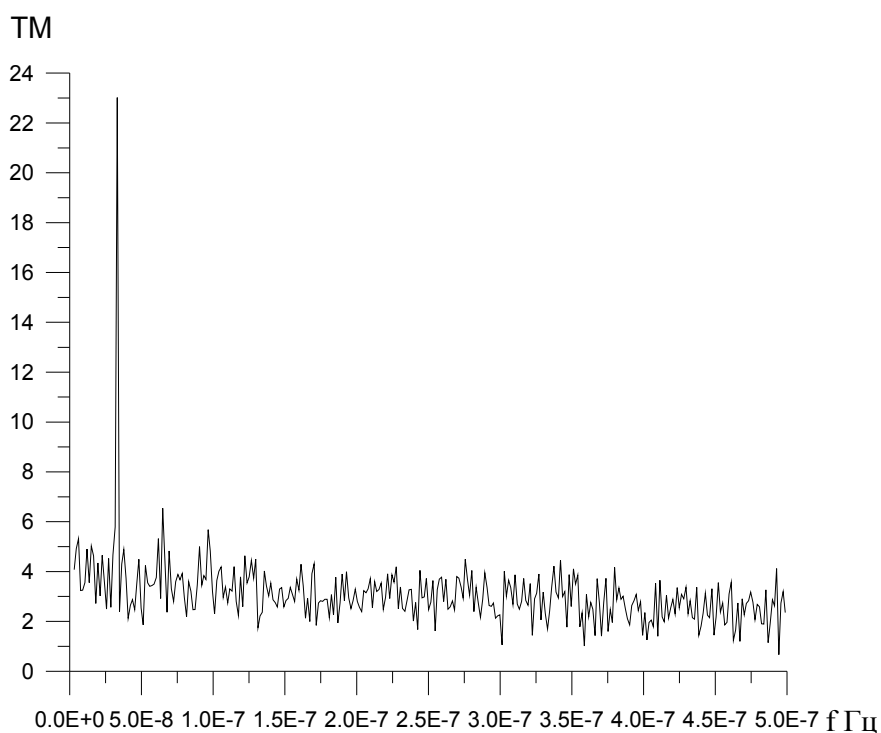


Рисунок 3 - Спектр вариаций максимальной суточной температуры в Анкоридже по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

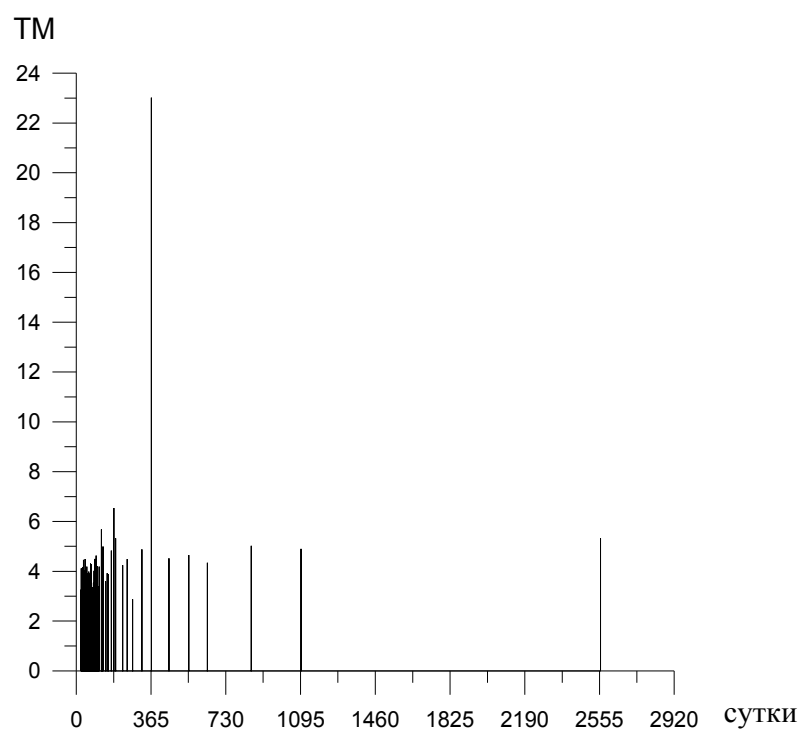


Рисунок 4 - Спектры резонансных проявлений максимальной суточной температуры в Анкоридже по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

Таблица 2

Периоды резонансов после падения кометы Шумейкера - Леви на планету Юпитер

23.343	23.558	23.704	23.925	24.227	24.459	24.774	24.935	25.18	25.515
25.686	25.946	26.212	26.574	26.853	27.042	27.234	27.429	27.626	27.927
28.235	28.444	28.657	28.981	29.202	29.425	30.118	30.356	30.598	30.843
31.093	31.605	32	32.269	32.542	32.821	33.103	33.391	33.684	33.982
34.439	35.229	35.556	36.226	36.746	37.463	38.02	38.4	38.788	39.385
40.209	41.07	41.514	42.198	43.146	43.636	44.393	44.912	45.988	46.829

47.702	48.302	48.917	50.526	51.2	51.892	52.603	53.706	54.857	55.652
56.889	58.626	60.472	61.44	62.951	64	65.641	66.783	68.571	70.459
72.453	73.846	76.04	79.175	83.478	86.292	90.353	92.53	96	98.462
102.4	105.21	108.17	111.3	121.9	125.9	130.17	142.22	150.59	156.73
170.67	182.86	192	225.88	247.74	274.29	320	365.71	451.76	548.57
640	853.33	1097.1	2560						

При использовании логарифмической шкалы по оси абсцисс имеем рис. 5 ÷ 6.

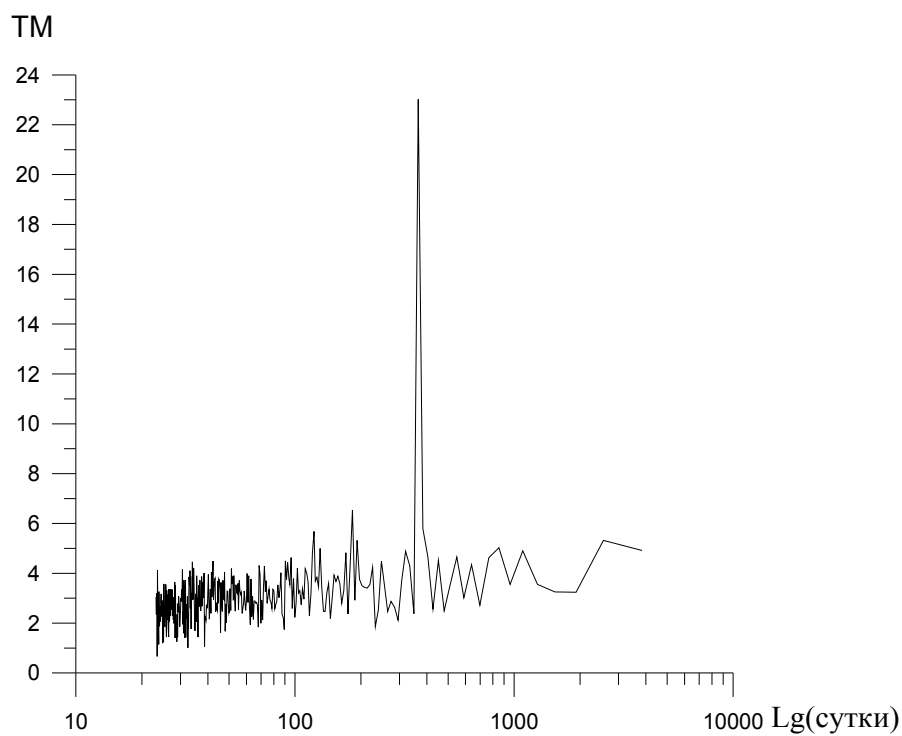


Рисунок 5 - Спектр вариаций максимальной суточной температуры в Анкоридже по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

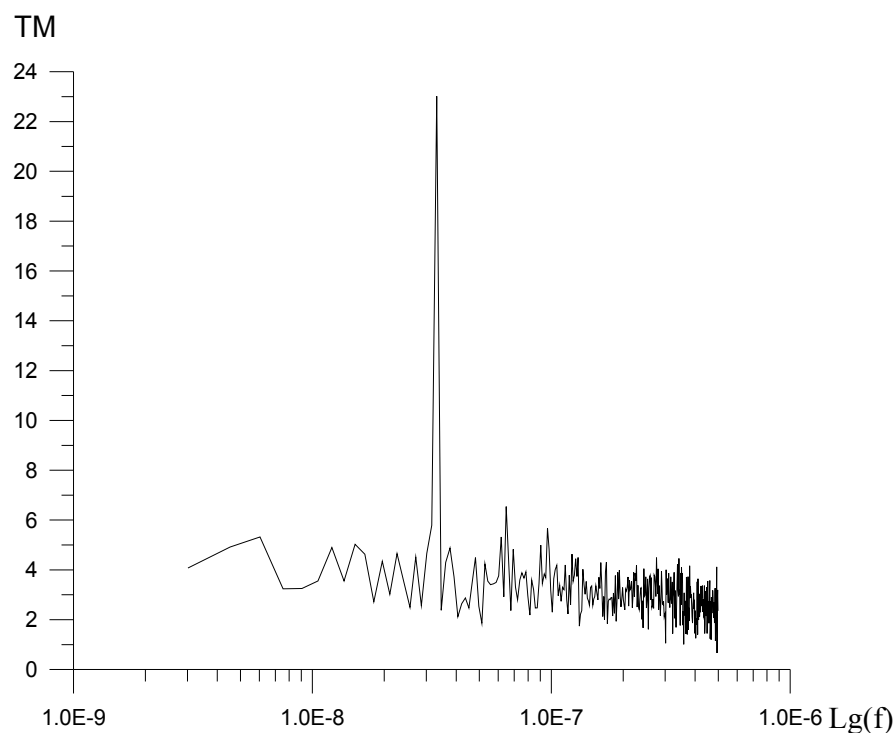


Рисунок 6 - Спектр вариаций максимальной суточной температуры в Анкоридже по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

На рис. 7 ÷ 8 приведены спектральные графические зависимости суточной максимальной температуры в Анкоридже за период с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет), то есть после падения кометы Шумейкера - Леви на планету Юпитер, от числа суток и соответствующих им частот в герцах. Соответствующие спектры резонансов приведены на рис. 9. В таблице 3 показаны периоды резонансов в сутках.

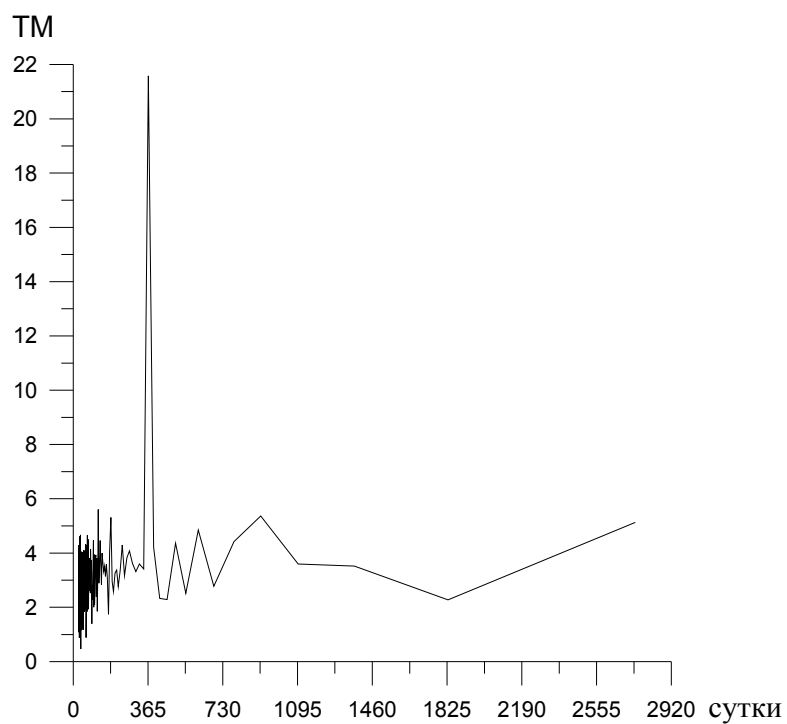


Рисунок 7 - Спектр вариаций максимальной суточной температуры в Анкоридже по данным с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет)

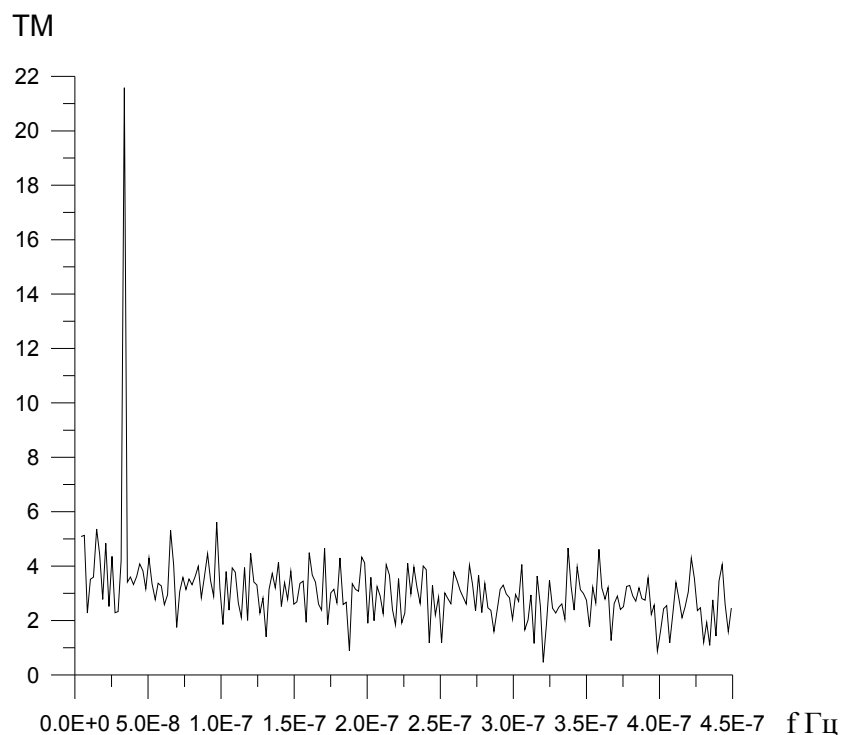


Рисунок 8 - Спектр вариаций максимальной суточной температуры в Анкоридже по данным с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет)

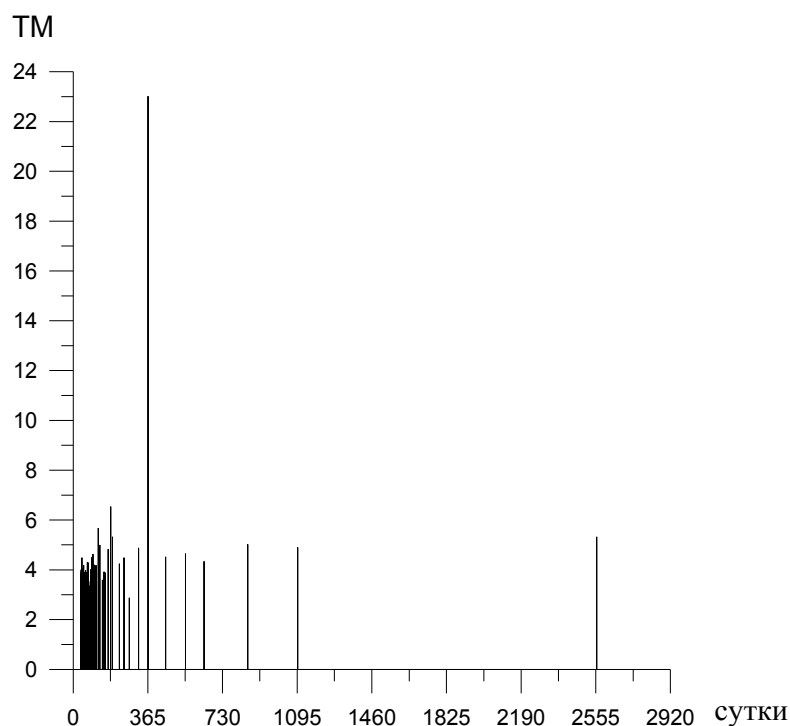


Рисунок 9 - Спектры резонансных проявлений максимальной суточной температуры в Анкоридже по данным с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет)

Таблица 3

Периоды резонансных проявлений после падения кометы Шумейкера - Леви на планету Юпитер

36.746	37.463	38.02	38.4	38.788	39.385	40.209	41.07	41.514	42.198
43.146	43.636	44.393	44.912	45.988	46.829	47.702	48.302	48.917	50.526
51.2	51.892	52.603	53.706	54.857	55.652	56.889	58.626	60.472	61.44
62.951	64	65.641	66.783	68.571	70.459	72.453	73.846	76.04	79.175
83.478	86.292	90.353	92.53	96	98.462	102.4	105.21	108.17	111.3
121.9	125.9	130.17	142.22	150.59	156.73	170.67	182.86	192	225.88
247.74	274.29	320	365.71	451.76	548.57	640	853.33	1097.1	2560

При использовании логарифмической шкалы по оси абсцисс имеем рис. 10 ÷ 11.

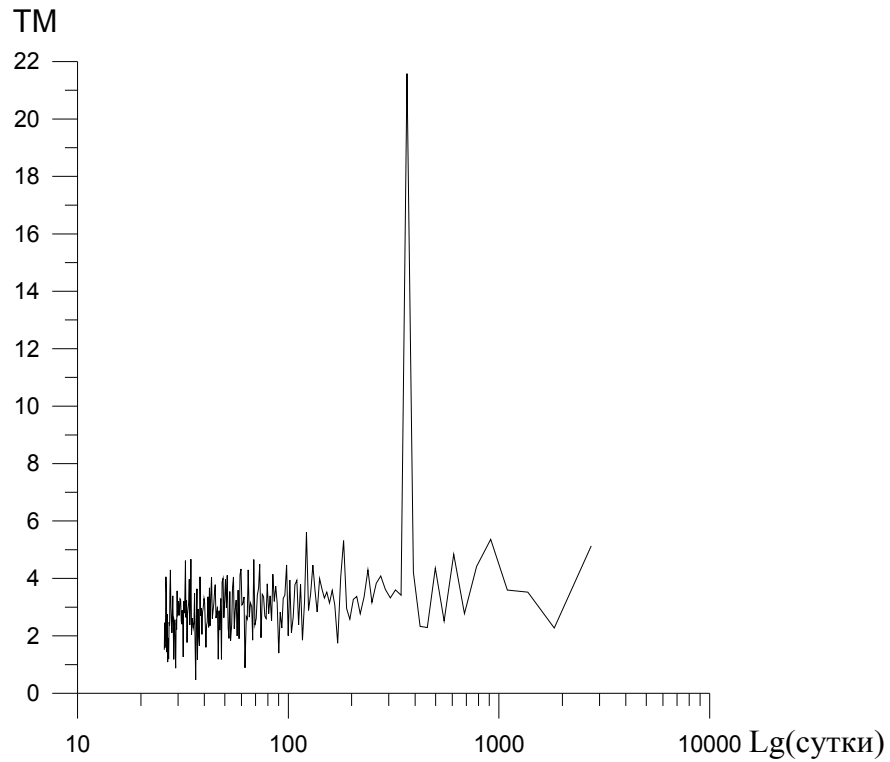


Рисунок 10 - Спектр вариаций максимальной суточной температуры в Анкоридже по данным с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет)

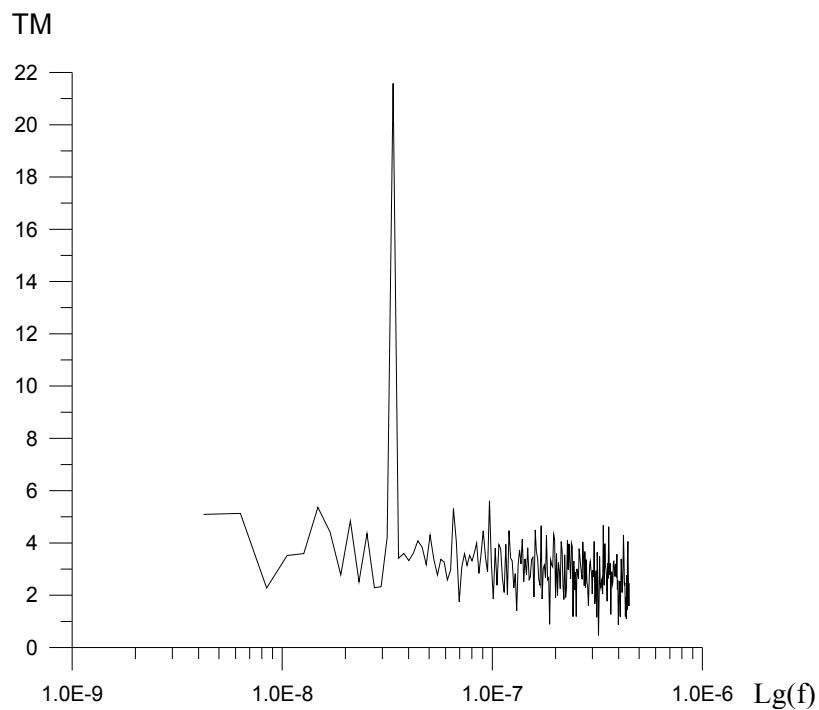


Рисунок 11 - Спектр вариаций максимальной суточной температуры в Анкоридже по данным с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет)

1.3.2. Зависимость спектров локальных вариаций эволюции максимальных температур в г. Лондоне от интенсивности глобальных гравидинамических процессов

На рис. 12 приведен фрагмент спектра вариаций суточной максимальной температуры в г. Лондоне по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год), Анализ спектра показывает, что ошибка в отсчете периода обращения Земли вокруг Солнца при построении спектра не превосходит ± 2 суток.

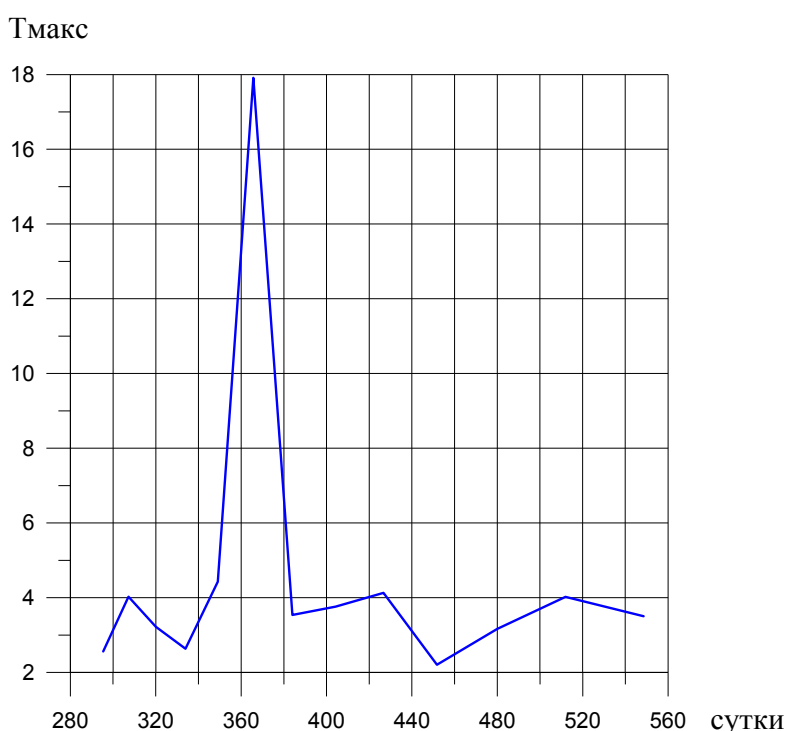


Рисунок 12 – Фрагмент спектра вариаций максимальной суточной температуры в Лондоне по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

Данные содержат суточные климатические параметры: среднюю, максимальную, минимальную температуры, среднее давление на уровне моря, среднюю влажность, количество осадков, среднюю видимость, среднюю скорость ветра. Данные по среднему давлению на уровне моря были представлены за период с мая 1977 года по август 2009 года. Данные по количеству осадков были неполными – содержали частые пропуски.

На рис. 13 ÷ 14 приведены спектральные графические зависимости суточной максимальной температуры в Лондоне за период с января 1973 года по декабрь 1993 года включительно (за 21 год), то есть до падения кометы Шумейкера - Леви на планету Юпитер, от числа суток и соответствующих им частот в герцах. Соответствующие спектры резонансов приведена на рис. 15. В таблице 4 приведены соответствующие периоды резонансов в сутках.

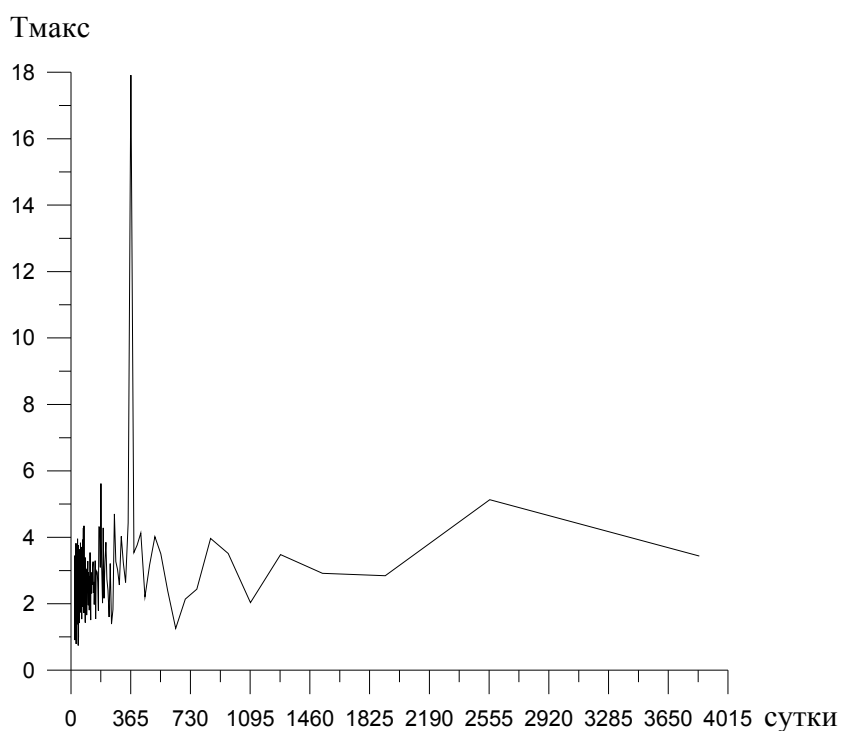


Рисунок 13 - Спектр вариаций максимальной суточной температуры в Лондоне по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

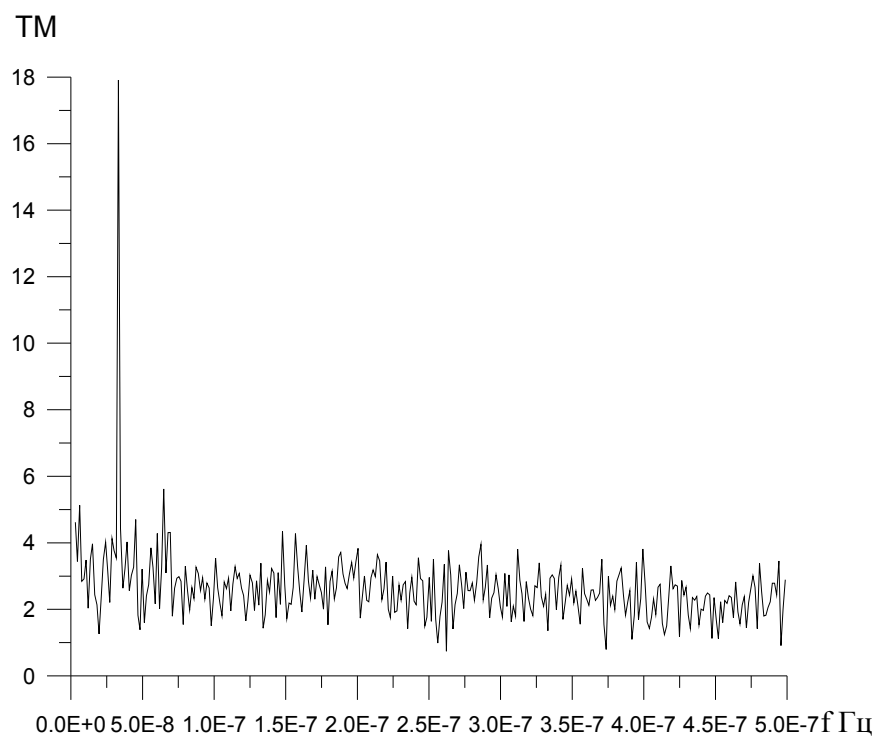


Рисунок 14 - Спектр вариаций максимальной суточной температуры в Лондоне по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

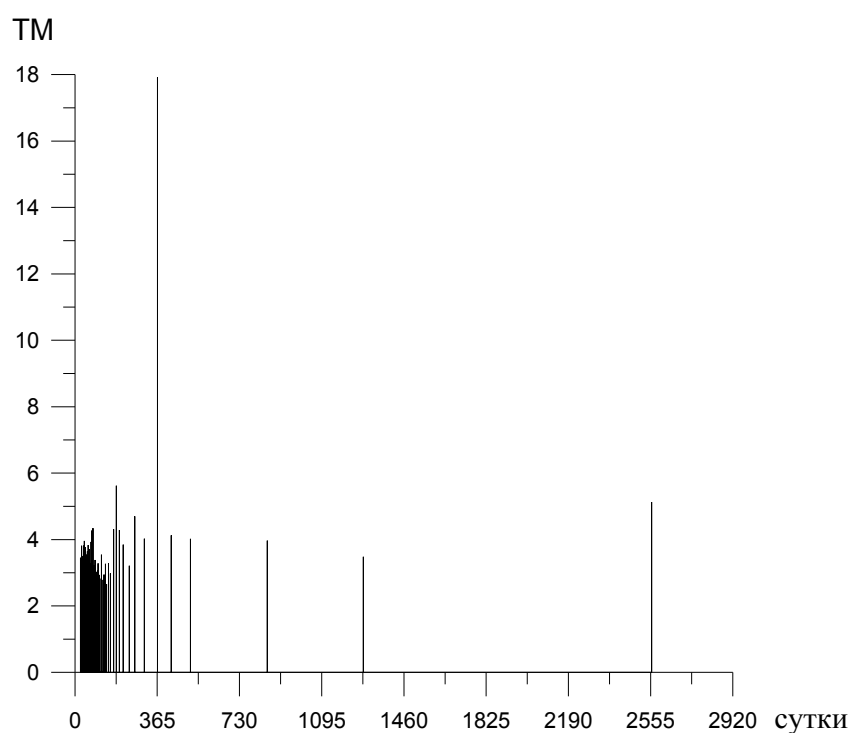


Рисунок 15 - Спектр резонансных проявлений максимальной суточной температуры в Лондоне по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

Периоды резонансных проявлений до падения кометы Шумейкера - Леви на
планету Юпитер

64	65.641	67.965	69.189	71.111	74.563	76.8	79.175	80.842	83.478
----	--------	--------	--------	--------	--------	------	--------	--------	--------

85.333	88.276	90.353	93.659	99.74	102.4	106.67	109.71	116.36	123.87
--------	--------	--------	--------	-------	-------	--------	--------	--------	--------

128	134.74	139.64	147.69	156.73	170.67	182.86	196.92	213.33	240
-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-----

264.83	307.2	365.71	426.67	512	853.33	1280	2560		
--------	-------	---------------	--------	-----	--------	------	------	--	--

При использовании логарифмической шкалы по оси абсцисс имеем рис. 16
÷ 17.

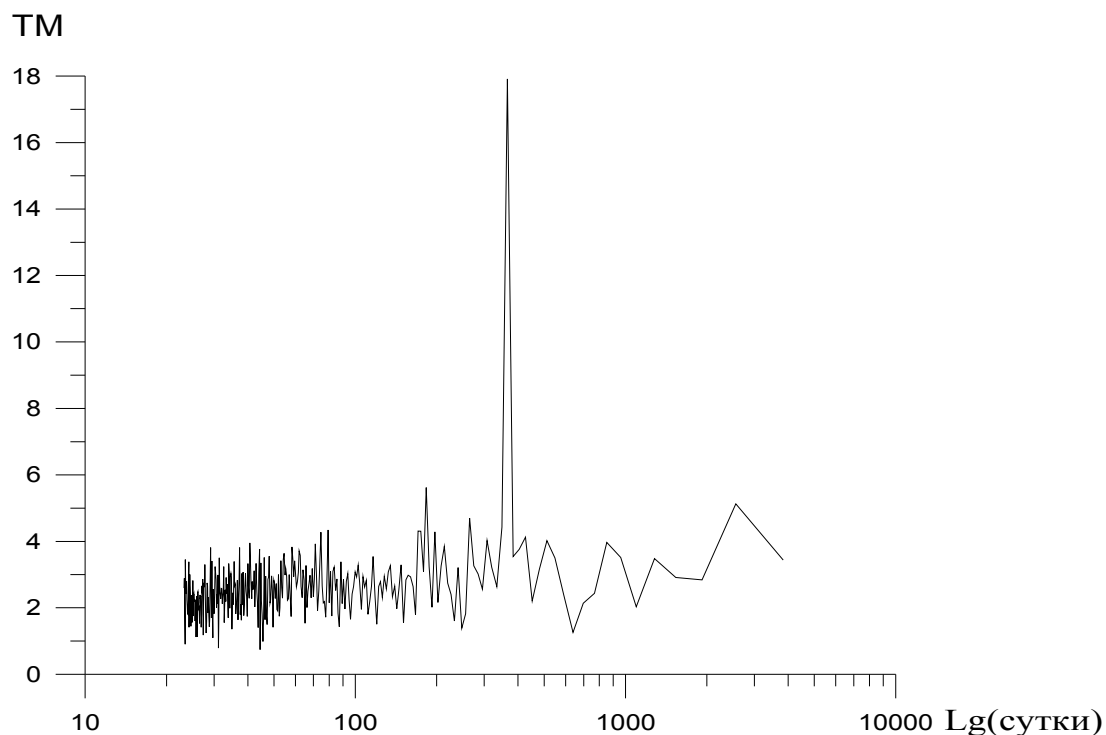


Рисунок 16 - Спектр вариаций максимальной суточной температуры в Лондоне по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

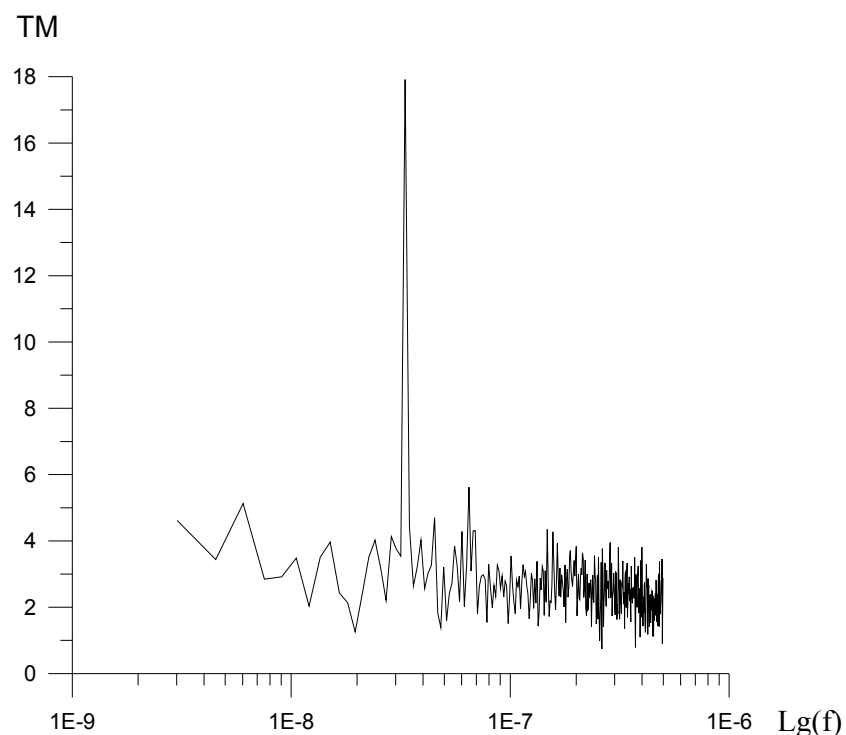


Рисунок 17 - Спектр вариаций максимальной суточной температуры в Лондоне по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

На рис. 18 ÷ 19 приведены спектральные графические зависимости суточной максимальной температуры в Лондоне за период с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет), то есть после падения кометы Шумейкера - Леви на планету Юпитер, от числа суток и соответствующих им частот в герцах. Соответствующие спектры резонансов приведены на рис. 20. В таблице 5 показаны соответствующие периоды резонансов в сутках.

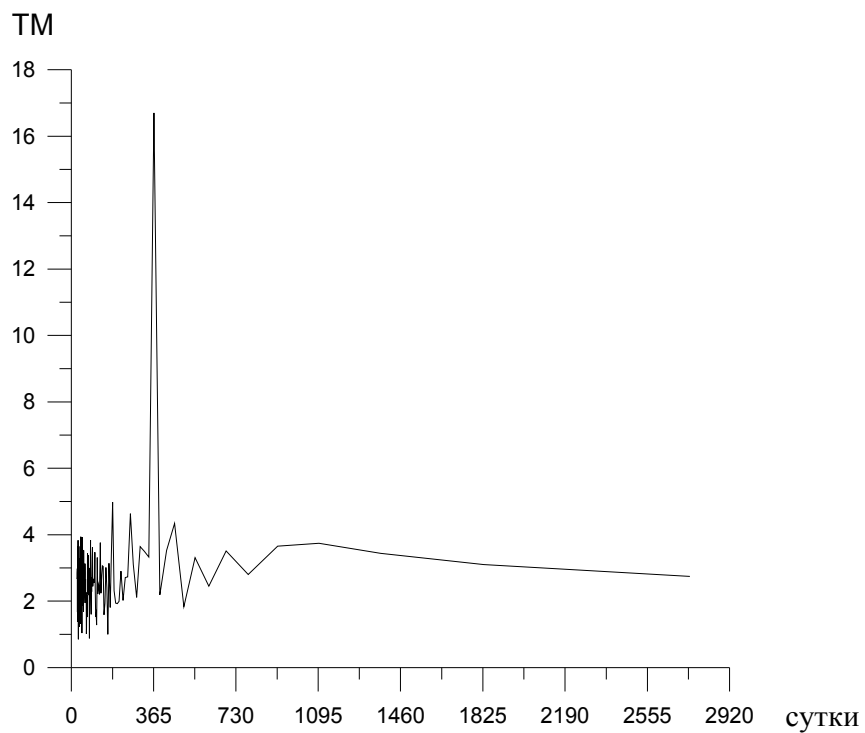


Рисунок 18 - Спектр вариаций максимальной суточной температуры в Лондоне по данным с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет)

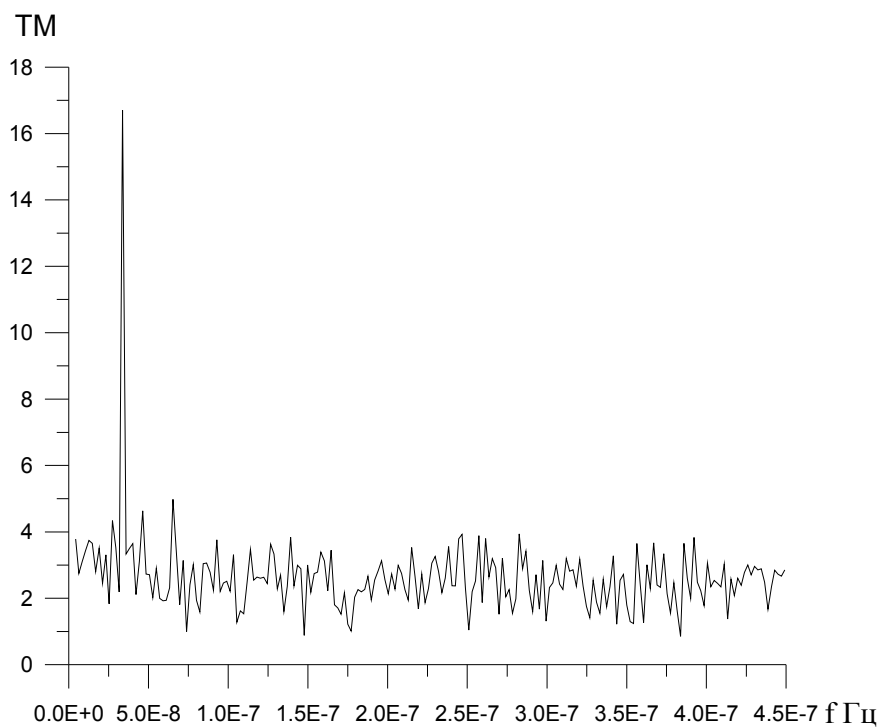


Рисунок 19 - Спектр вариаций максимальной суточной температуры в Лондоне по данным с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет)

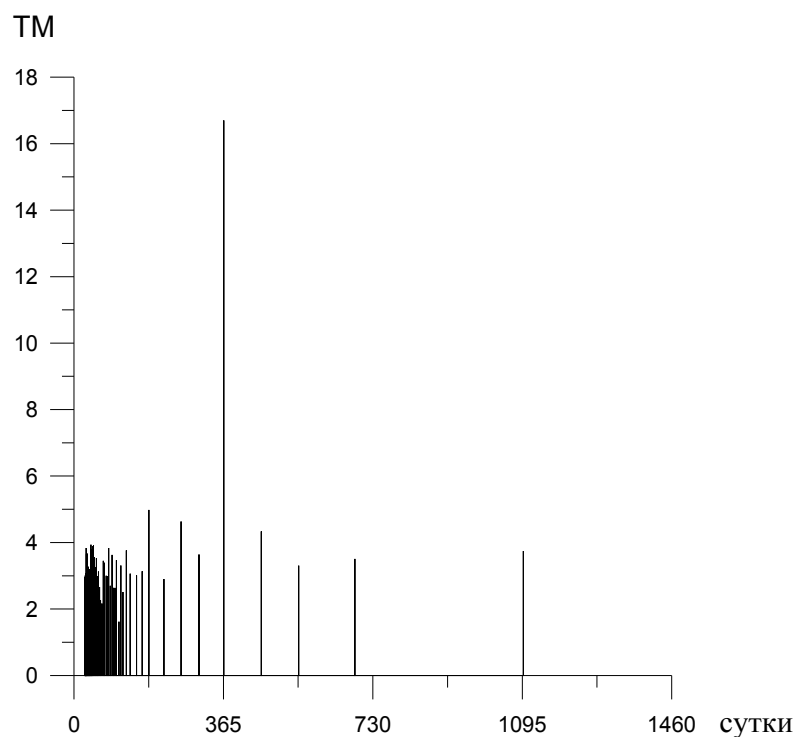


Рисунок 20 - Спектр резонансных проявлений максимальной суточной температуры в Лондоне за период с августа 1994 года по август 2009 года включительно

(за 15 лет)

Таблица 5

Периоды резонансов после падения кометы Шумейкера - Леви на планету Юпитер

26.258	26.771	27.034	27.303	27.717	28	28.289	28.733	29.037	29.665
30.154	30.659	31.182	31.723	32.094	32.667	33.463	34.087	34.734	35.406
36.344	36.832	37.333	38.111	39.2	39.768	40.652	41.263	42.215	42.875
43.904	44.618	45.355	47.31	49	50.815	52.769	54.337	56.577	57.768
59.652	62.364	64.565	67.753	71.273	74.162	78.4	81.91	84.431	88.516
93.017	96.281	99.782	103.55	109.76	114.33	119.3	127.63	137.2	152.44

166.3	182.93	219.52	261.33	304.89	365.87	457.33	548.8	686	1097.6
-------	--------	--------	--------	--------	---------------	--------	-------	-----	--------

При использовании логарифмической шкалы по оси абсцисс имеем рис. 21
 ÷ 22.

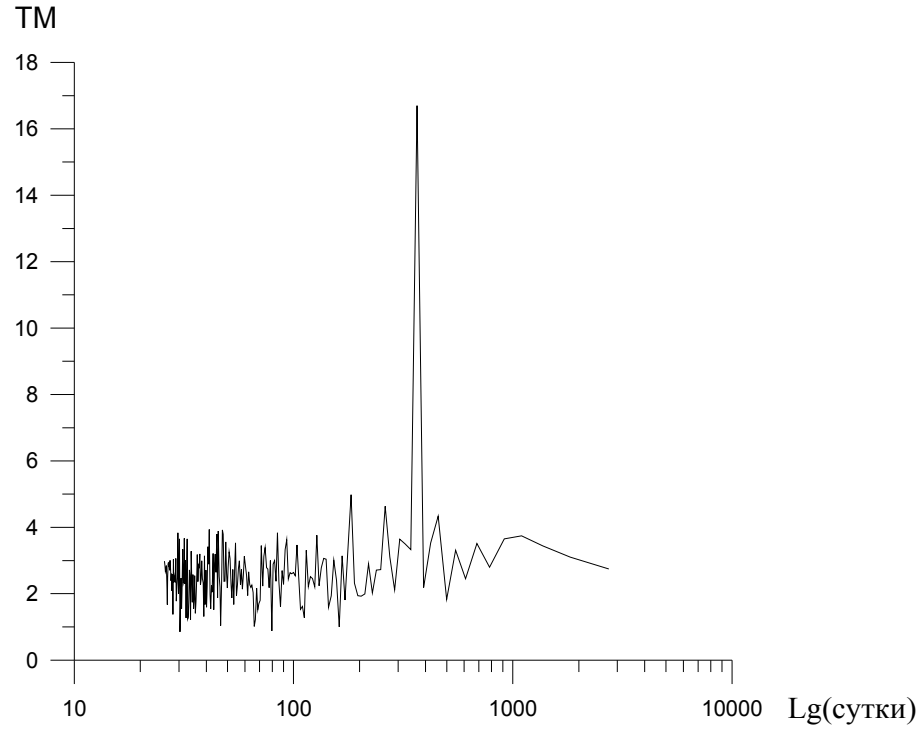


Рисунок 21 - Спектр вариаций максимальной суточной температуры в Лондоне по данным с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет)

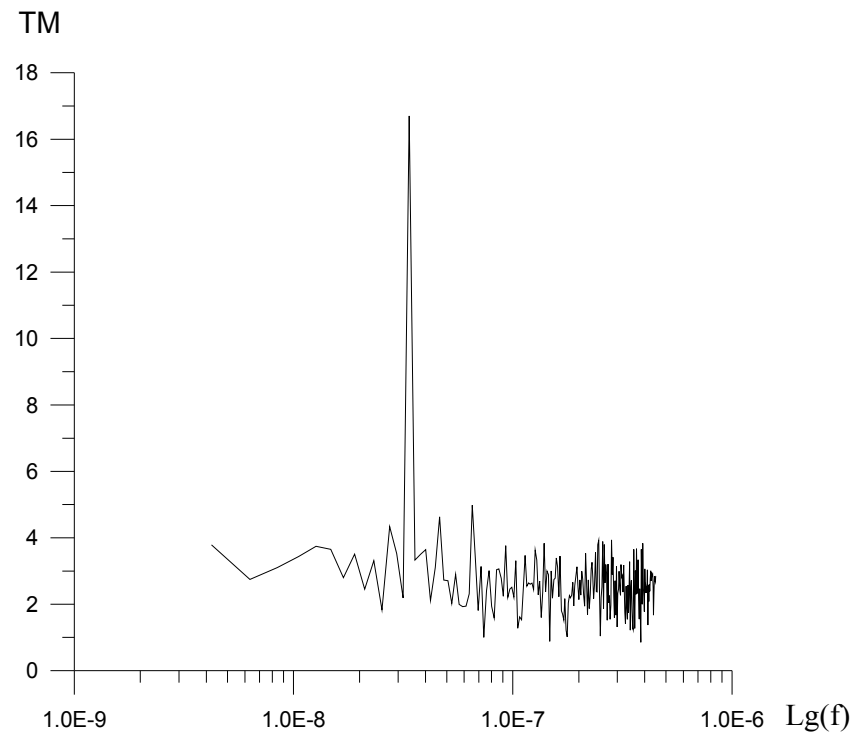


Рисунок 22 - Спектр вариаций максимальной суточной температуры в Лондоне по данным с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет)

Анализ результатов сравнения спектров резонансов суточной максимальной температуры в Лондоне за периоды до и после падения кометы Шумейкера - Леви на планету Юпитер приводит к выводам, что после падения кометы Шумейкера - Леви на планету Юпитер:

- возросло количество резонансных проявлений;
- произошло уменьшение величины периодов резонансов;
- максимальная температура, соответствующая земному периоду в 365,3 суток, уменьшилась на 5%.

Спектральный вариометрический анализ зависимостей локальной эволюции влажности от интенсивности гравидинамических процессов

Зависимость спектров вариаций локальной эволюции влажности в г.Анкоридже от интенсивности глобальных гравидинамических процессов

На рис. 25 ÷ 26 приведены спектральные графические зависимости среднесуточной влажности Н% в Анкоридже за период с января 1973 года по декабрь 1993 года включительно (за 21 год), то есть до падения кометы Шумейкера - Леви на планету Юпитер, от числа суток и соответствующих им частот в герцах. Соответствующие спектры резонансов приведена на рис. 27. В таблице 6 приведены периоды резонансов в сутках.

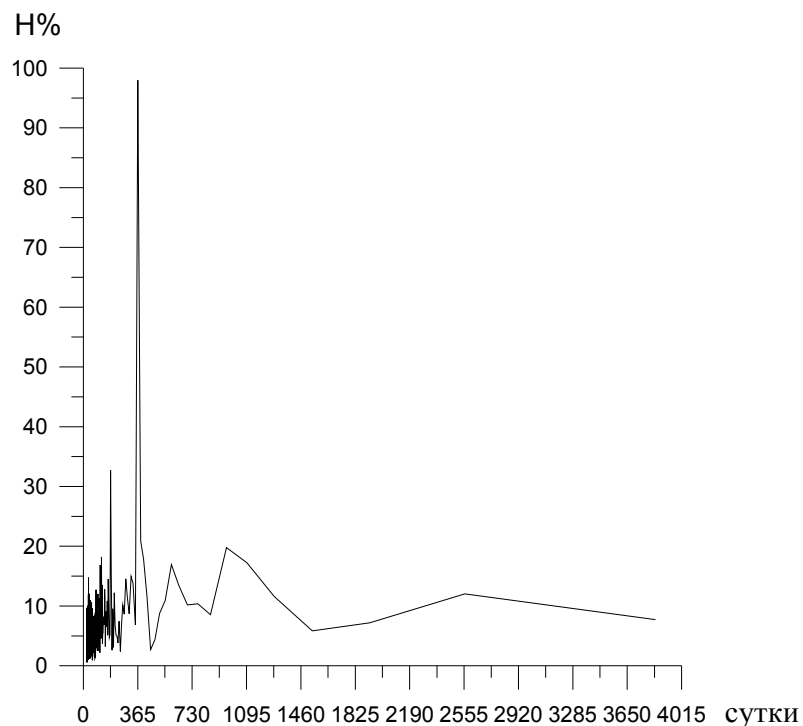


Рисунок 25 - Спектр вариаций среднесуточной влажности в Анкоридже по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

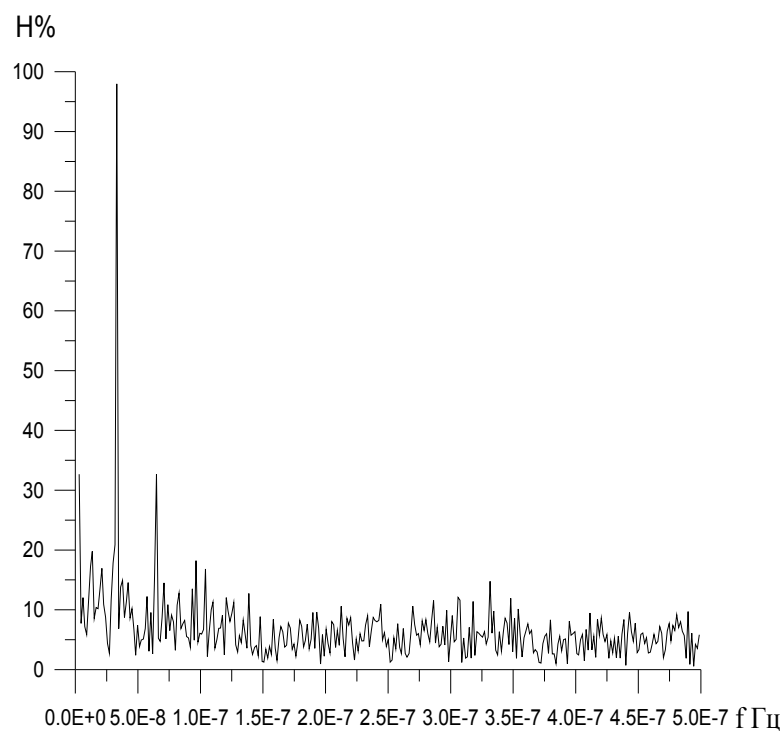


Рисунок 26 - Спектр вариаций среднесуточной влажности в Анкоридже по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

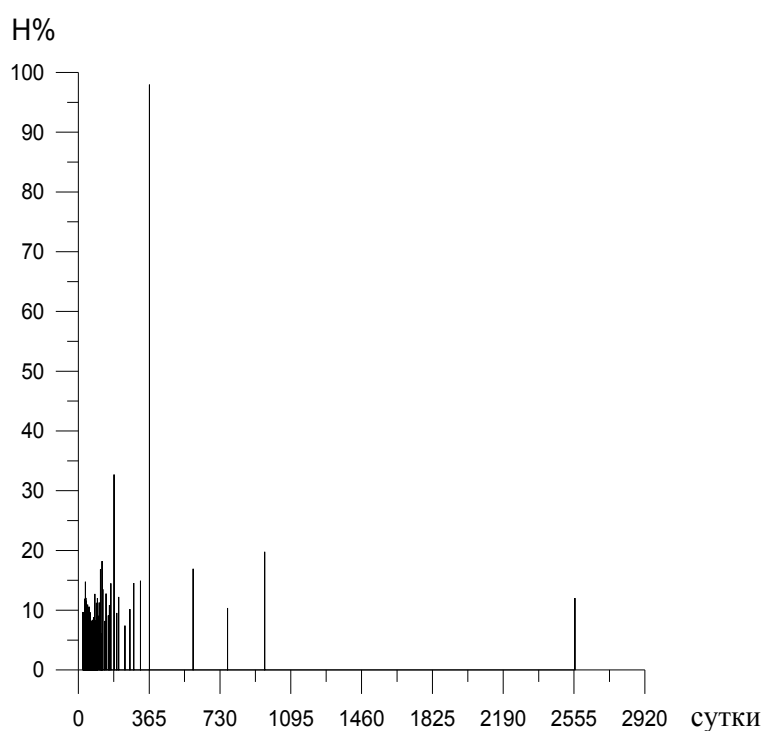


Рисунок 27 - Спектры резонансных проявлений вариаций среднесуточной влажности в Анкоридже по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

Таблица 6

Периоды резонансных проявлений до падения кометы Шумейкера - Леви на
планету Юпитер

23.415	23.558	23.704	24	24.151	24.304	24.459	24.854	25.098	25.43
--------	--------	--------	----	--------	--------	--------	--------	--------	-------

25.6	25.94	26.21	26.48	26.76	26.94	27.13	27.13	27.33	27.62
	6	2	3		7	8	8	1	6

27.82	28.02	28.23	28.44	28.65	29.09	29.42	29.65	30	30.35
6	9	5	4	7	1	5	3		6

30.59	30.84	31.60	31.86	32.13	32.82	33.10	33.39	33.83	34.75
8	3	5	7	4	1	3	1	3	1

35.06	35.55	36.22	36.57	36.92	37.46	38.02	38.59	39.18	39.58
8	6	6	1	3	3	0	3	4	8

40.20	40.63	41.51	41.96	42.43	43.14	44.39	45.17	45.71	46.54
9	5	4	7	1	6	3	6	4	5

47.11	47.70	48.91	49.87	51.2	51.89	52.96	53.70	54.85	55.65
7	2	7	0		2	6	6	7	2

56.88	58.18	59.07	60.47	61.44	62.95	65.08	66.78	68.57	71.11
9	2	7	2		1	5	3	1	1

73.84	75.29	76.8	79.17	80.84	84.39	87.27	89.30	92.53	97.21
6	4		5	2	6	3	2		5

99.74	106.6	112.9	118.1	121.9	125.9	134.7	142.2	153.6	160
	7	4	5			4	2		

166.9	182.8	196.9	207.5	240	264.8	284.4	320	365.7	590.7
6	6	2	7		3	4		1	7

768	960	2560
-----	-----	------

При использовании логарифмической шкалы по оси абсцисс имеем рис. 28 ÷ 29.

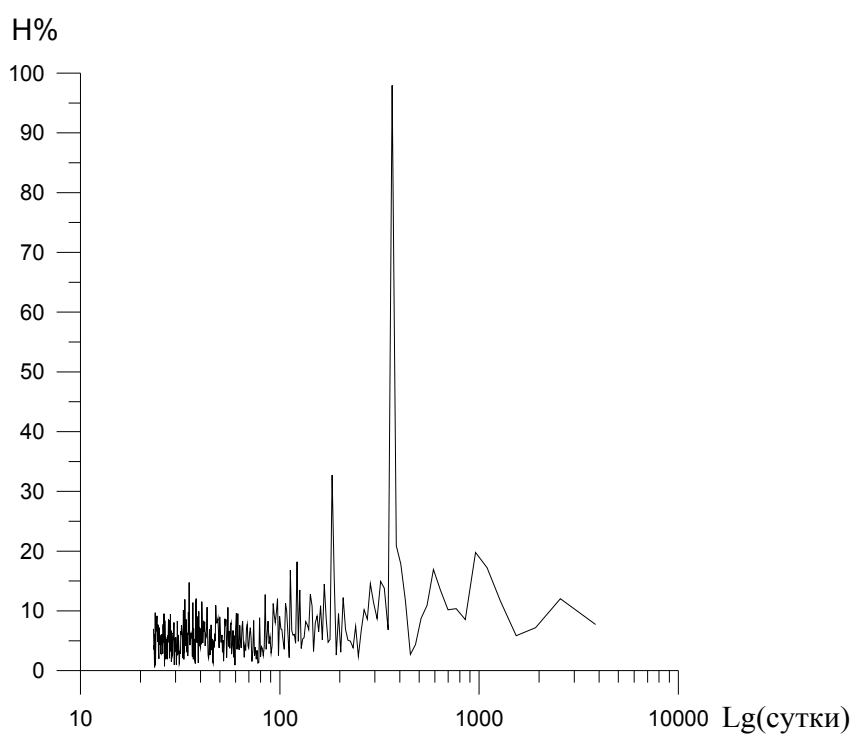


Рисунок 28 - Спектр вариаций среднесуточной влажности в Анкоридже по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

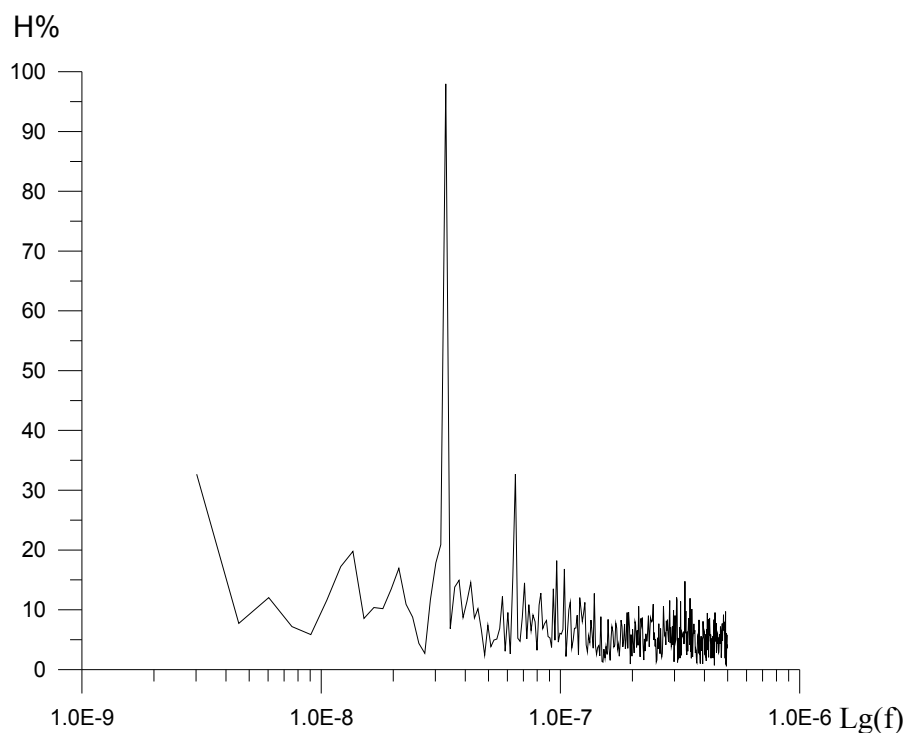


Рисунок 29 - Спектр вариаций среднесуточной влажности в Анкоридже по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

На рис. 30 ÷ 31 приведены спектральные графические зависимости среднесуточной влажности Н% в Анкоридже за период с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет), то есть после падения кометы Шумейкера - Леви на планету Юпитер, от числа суток и соответствующих им частот в герцах. Соответствующие спектры резонансов приведена на рис. 32. В таблице 7 приведены периоды резонансов в сутках.

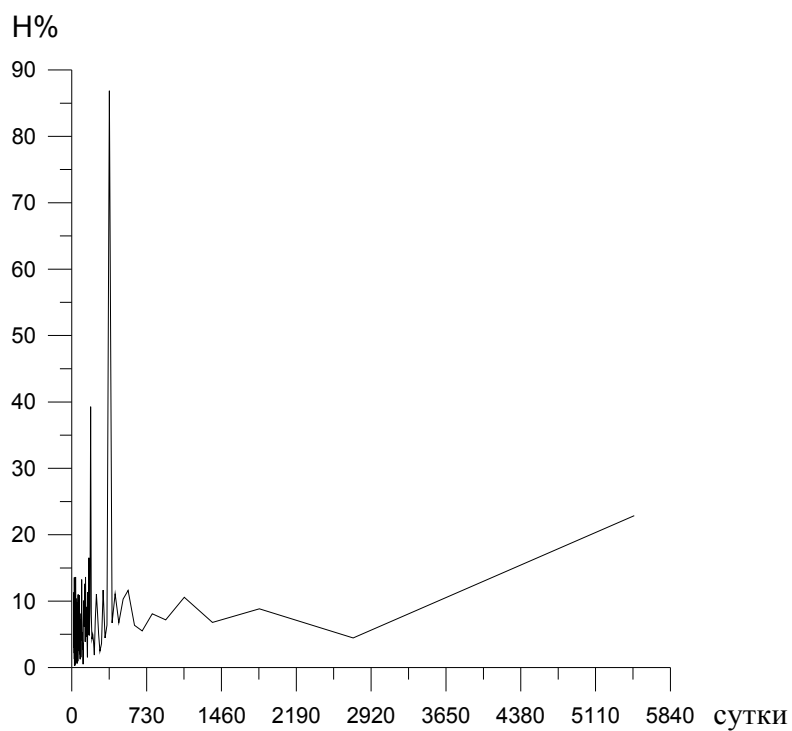


Рисунок 30 - Спектр вариаций среднесуточной влажности в Анкоридже по данным с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет)

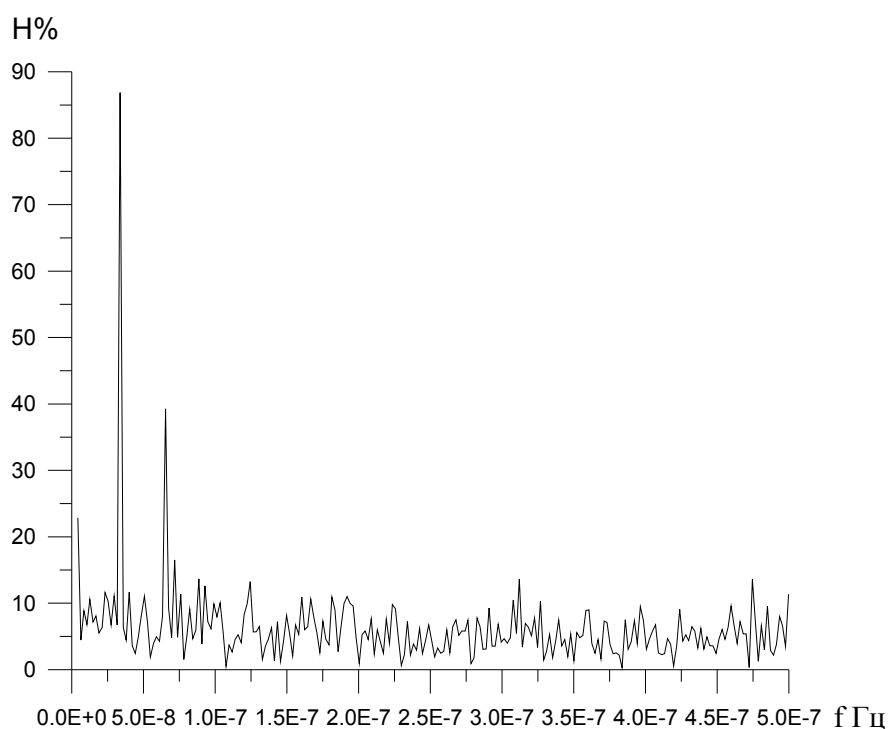


Рисунок 31 - Спектр вариаций среднесуточной влажности в Анкоридже по данным с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет)

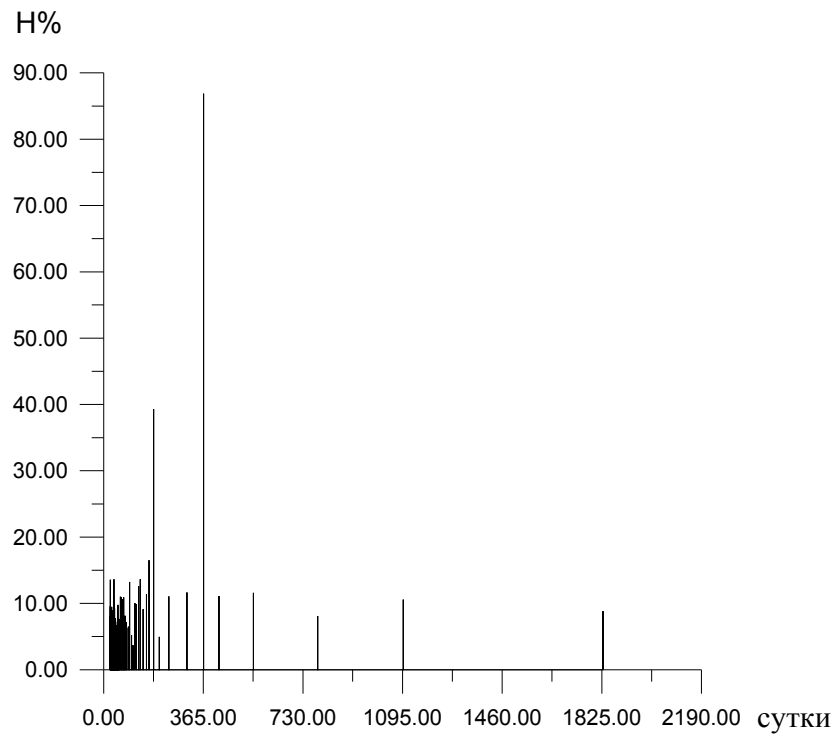


Рисунок 32 - Спектр резонансных проявлений среднесуточной влажности в Анкоридже по данным с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет)

Таблица 7

Периоды резонансных проявлений после падения кометы Шумейкера - Леви на планету Юпитер

23.554	23.965	24.176	24.	24.945	25.29	25.645	26.258	26.512	26.90
			5						2

27.168	27.44	28	28.583	29.34	29.665	30.154	30.659	31.36	31.723
				8					

32.28	33.06	33.46	33.87	34.3	34.95	35.63	36.10	36.83	37.33
2		3	7		5	6	5	2	3

37.84	38.64	39.2	40.05	41.26	42.21	42.87	43.55	44.61	45.73
8	8		8	3	5	5	6	8	3

46.90	48.14	49	49.89	52.26	53.28	54.88	56	57.16	60.97
6			1	7	2			7	8

64.56	66.92	70.35	73.17	75.17	78.4	81.91	84.43	89.96	94.62
5	7	9	3	8			1	7	1

101.6	107.6	114.3	119.3	127.6	133.8	144.4	156.8	166.3	182.9
3	1	3		3	5	2			3

203.2	238.6	304.8	365.8	422.1	548.8	784	1097.	1829.	
6	1	9	7	5			6	3	

При использовании логарифмической шкалы по оси абсцисс имеем рис. 33 ÷ 34.

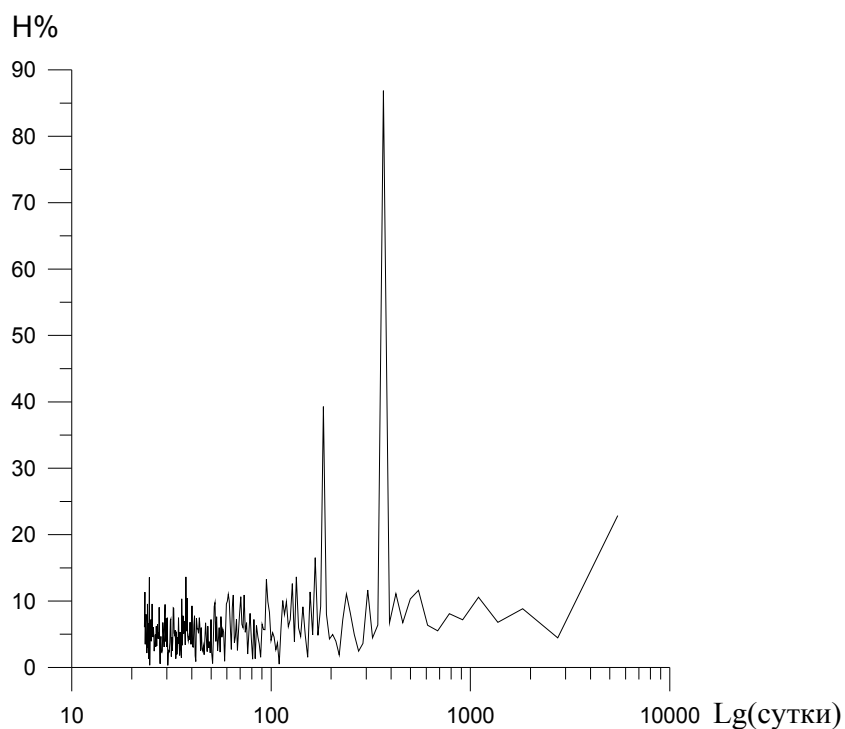


Рисунок 33 - Спектр вариаций среднесуточной влажности в Анкоридже по данным с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет)

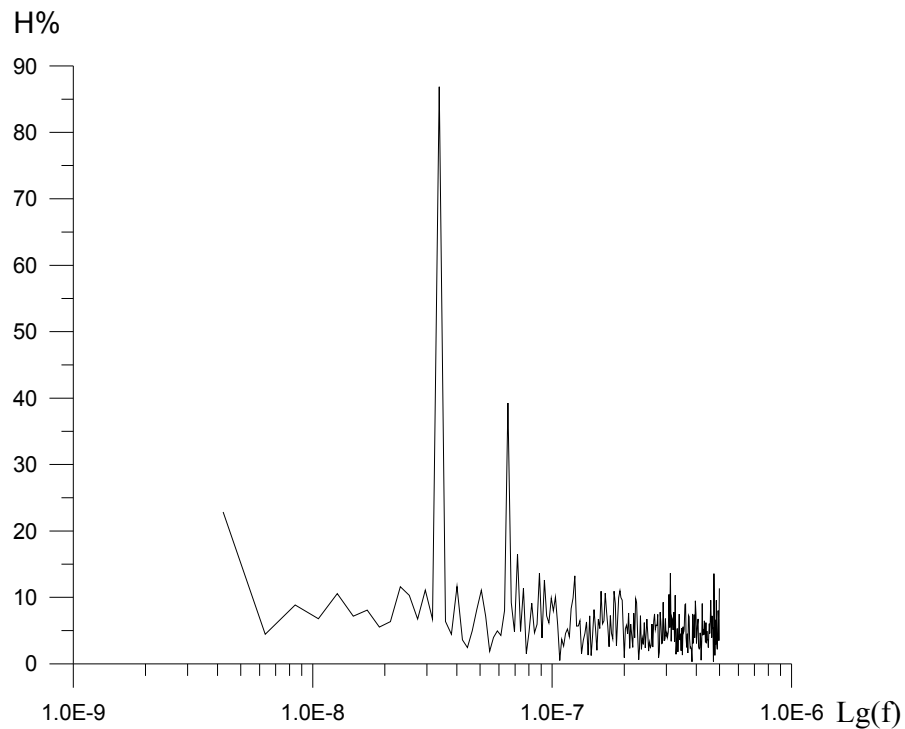


Рисунок 34 - Спектр вариаций среднесуточной влажности в Анкоридже по данным с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет)

1.4.2. Зависимость спектров вариаций локальной эволюции влажности в г.Лондоне от интенсивности глобальных гравидинамических процессов

На рис. 35 ÷ 36 приведены спектральные графические зависимости среднесуточной влажности $N\%$ в Лондоне за период с января 1973 года по декабрь 1993 года включительно (за 21 год), то есть до падения кометы Шумейкера - Леви на планету Юпитер, от числа суток и соответствующих им частот в герцах. Соответствующие спектры резонансов приведена на рис. 37. В таблице 8 приведены соответствующие периоды резонансов в сутках.

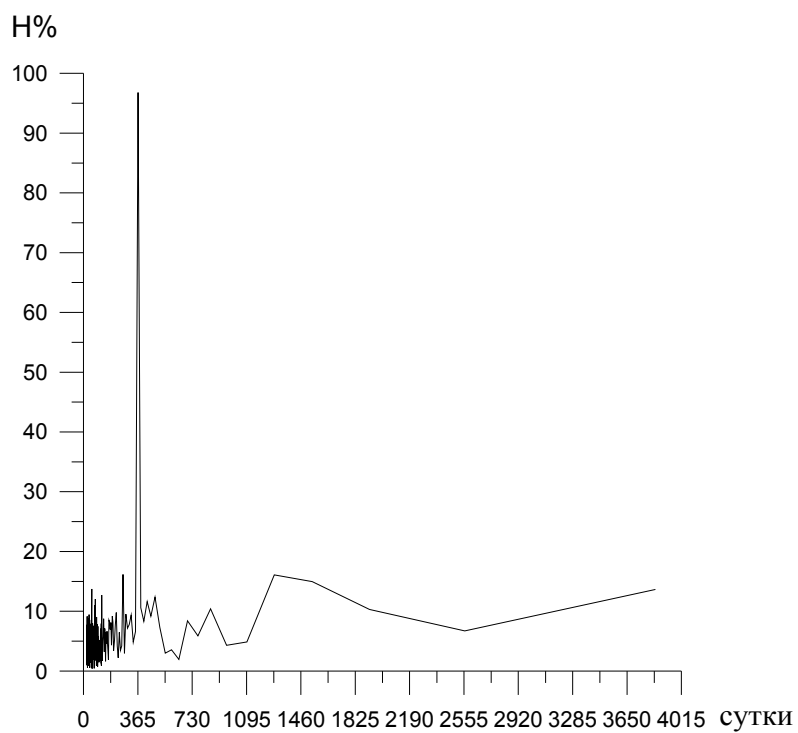


Рисунок 35 - Спектр вариаций среднесуточной влажности в Лондоне по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

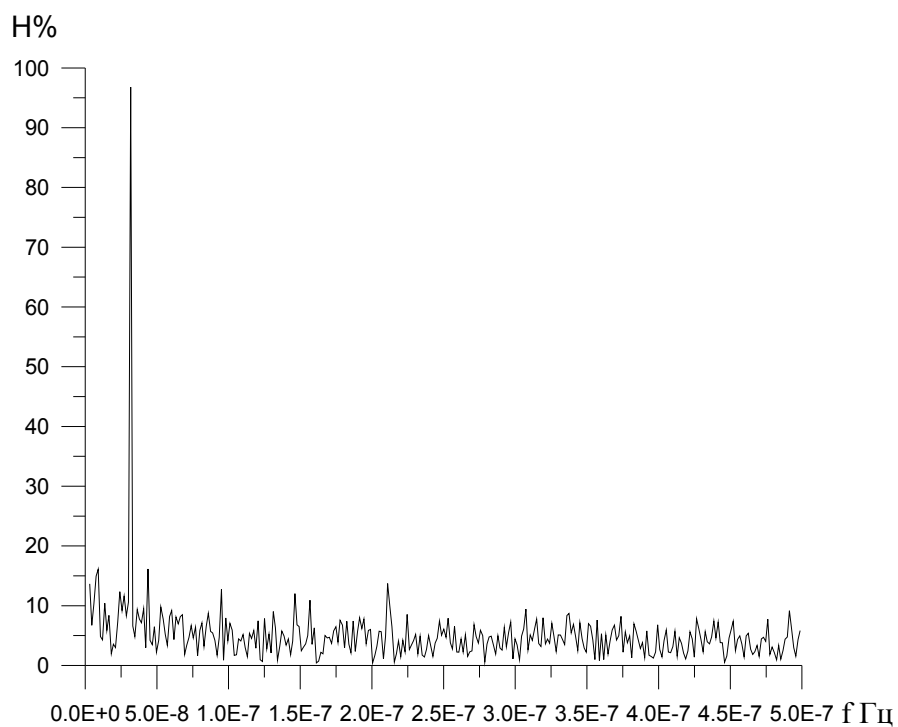


Рисунок 36 - Спектр вариаций среднесуточной влажности в Лондоне по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

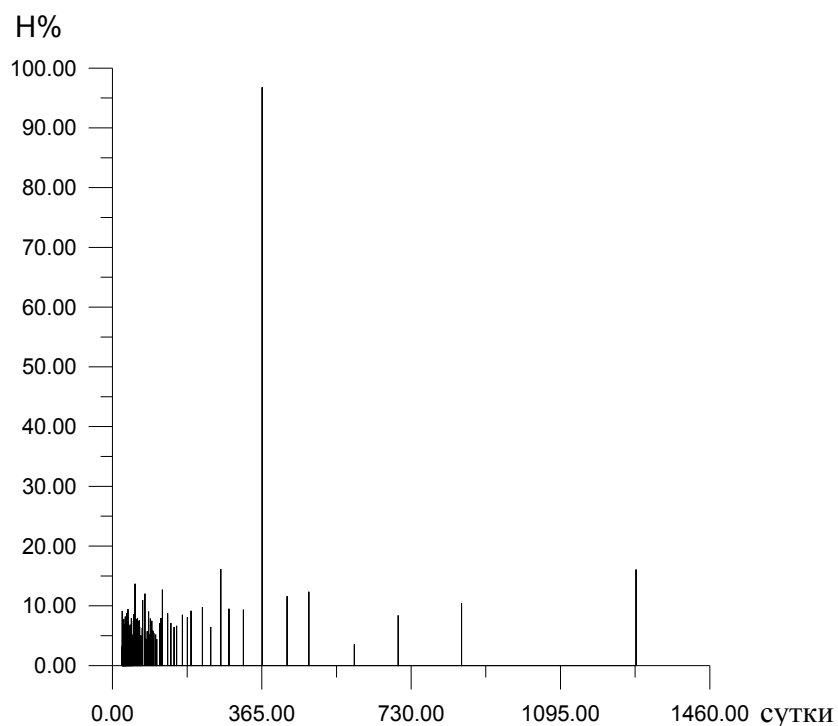


Рисунок 37 - Спектры резонансных проявлений вариаций среднесуточной влажности в Лондоне по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

Таблица 8

Периоды резонансных проявлений до падения кометы Шумейкера - Леви на планету Юпитер

23.558	23.925	24.151	24.304	24.459	24.695	25.016	25.347	25.6	26.212
26.39	26.76	27.13	27.42	27.92	28.13	28.55	28.98	29.53	29.76
2		8	9	7	2		1	8	7
30.23	30.47	30.72	30.96	31.34	31.86	32.13	32.40	32.96	33.53
6	6		8	7	7	4	5	1	7
33.98	34.28	35.06	35.55	35.88	36.22	36.74	37.28	37.64	38.59
2	6	8	6	8	6	6	2	7	3
38.98	39.58	40.20	40.85	41.96	42.66	43.63	44.13	44.91	45.71
5	8	9	1	7	7	6	8	2	4

46.26	46.82	48.30	49.54	50.19	51.54	52.24	52.96	54.85	56.47
5	9	2	8	6	4	5	6	7	1

58.18	59.53	60.47	61.93	63.47	65.08	66.20	67.96	69.18	70.45
2	5	2	5	1	5	7	5	9	9

72.45	73.84	79.17	81.70	84.39	88.27	90.35	92.53	96	98.46
3	6	5	2	6	6	3			2

101.0	105.2	108.1	114.6	118.1	121.9	134.7	142.2	150.5	156
5	1	7	3	5		4	2	9	

170.6	182.8	192	219.4	240.	264.8	284.4	320	365.7	426.6
7	6		3		3	4		1	7

480	590.7	698.1	853.3	1280					
	7	8	3						

При использовании логарифмической шкалы по оси абсцисс имеем рис. 38

÷ 39.

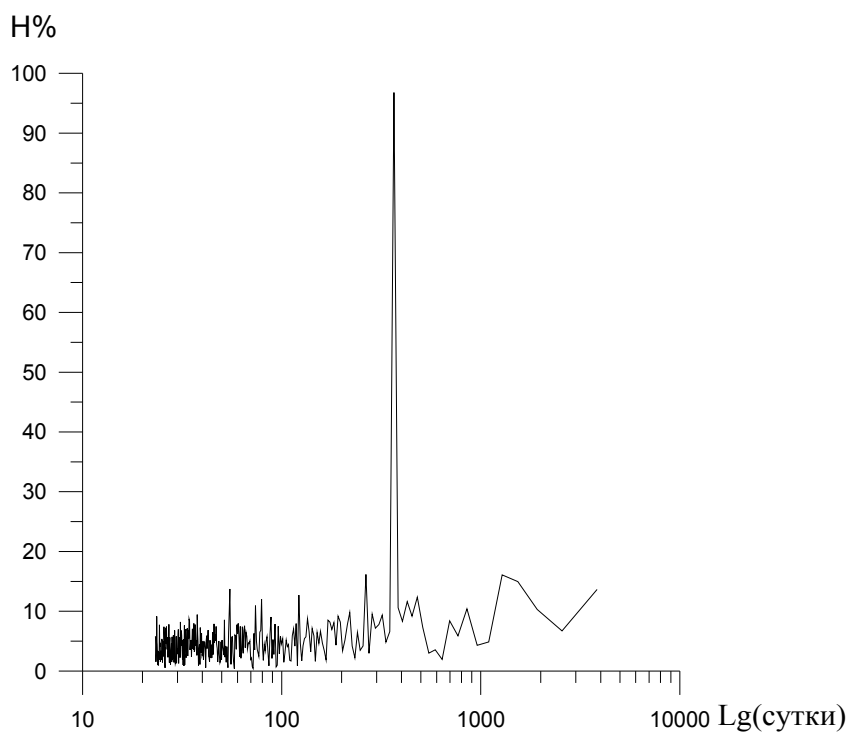


Рисунок 38 - Спектр вариаций среднесуточной влажности в Лондоне по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

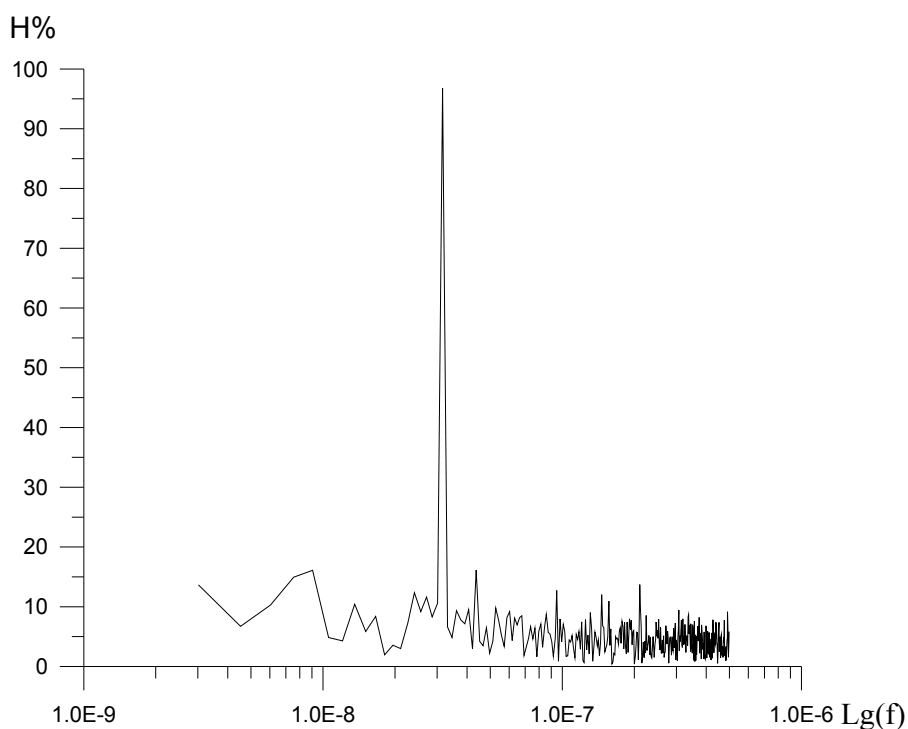


Рисунок 39 - Спектр вариаций среднесуточной влажности в Лондоне по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

На рис. 40 ÷ 41 приведены спектральные графические зависимости среднесуточных влажностных проявлений глобальных гравидинамических

процессов в Лондоне за период с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет), то есть после падения кометы Шумейкера - Леви на планету Юпитер, от числа суток и соответствующих им частот в герцах. Соответствующие спектры резонансов приведены на рис. 42. В таблице 9 показаны соответствующие периоды резонансов в сутках.

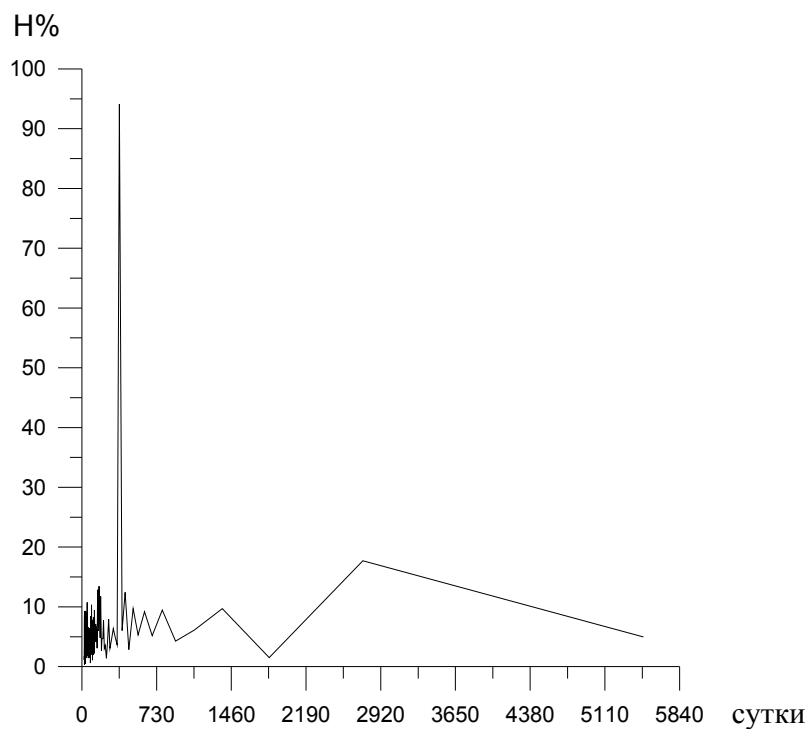


Рисунок 40 - Спектр вариаций среднесуточной влажности в Лондоне по данным с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет)

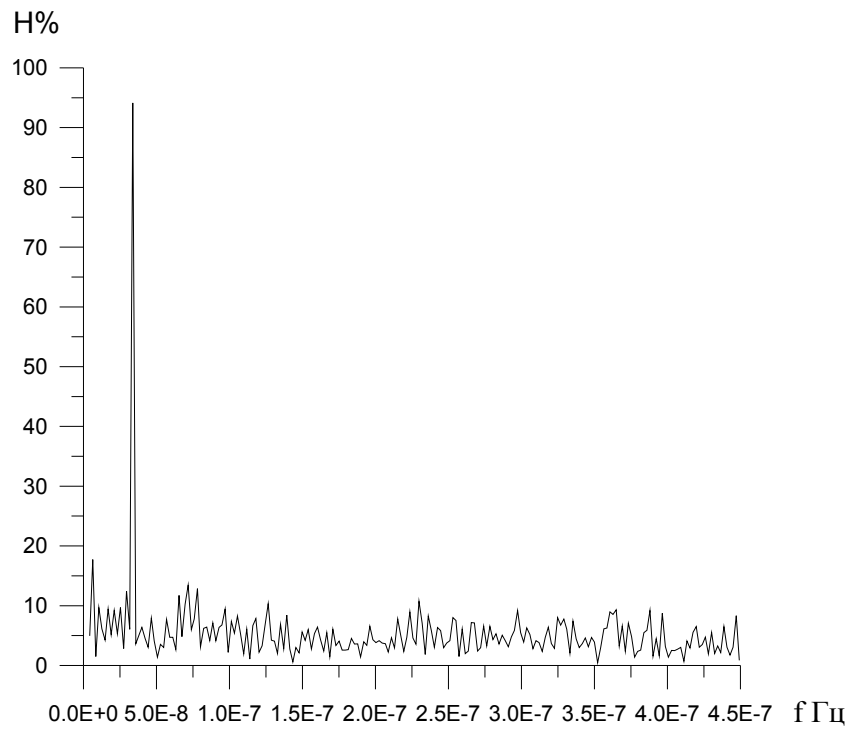


Рисунок 41 - Спектр вариаций среднесуточной влажности в Лондоне по данным с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет)

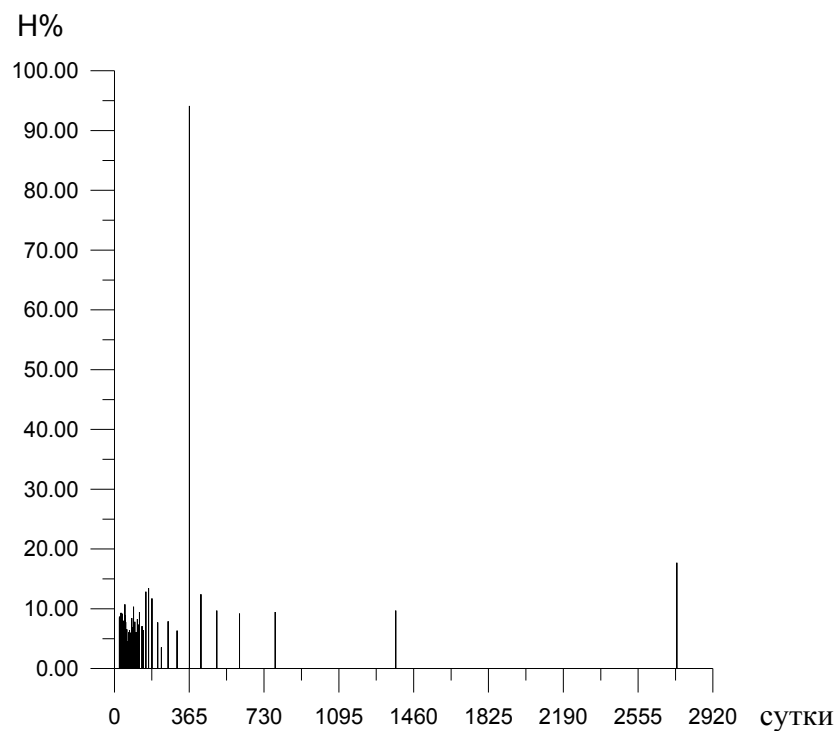


Рисунок 42 - Спектры резонансных проявлений вариаций среднесуточной влажности в в Лондоне по данным с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет)

Таблица 9

Периоды резонансных проявлений вариаций влажности после падения кометы Шумейкера - Леви на планету Юпитер

23.965	24.283	24.610	24.945	25.174	25.645	26.009	26.512	26.771	27.034
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

27.303	27.717	28.144	28.435	28.884	29.348	29.665	29.989	31.182	31.540
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

31.907	32.282	33.463	33.877	34.734	35.406	35.869	36.587	37.589	38.378
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

39.2	40.652	41.263	41.893	42.543	43.904	44.984	46.118	48.140	49.441
------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

50.815	52.267	54.337	55.434	57.768	59.652	60.978	62.364	63.814	66.927
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

68.600	70.359	73.173	76.222	78.400	80.706	84.431	87.111	93.017	99.782
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

105.54	112	116.77	121.96	133.85	140.72	152.44	166.3	182.93	211.08
0									

228.67	261.33	304.89	365.87	422.15	422.15	498.91	609.78	784	1372
--------	--------	--------	---------------	--------	--------	--------	--------	-----	------

2744	
------	--

При использовании логарифмической шкалы по оси абсцисс имеем рис. 43 ÷ 44.

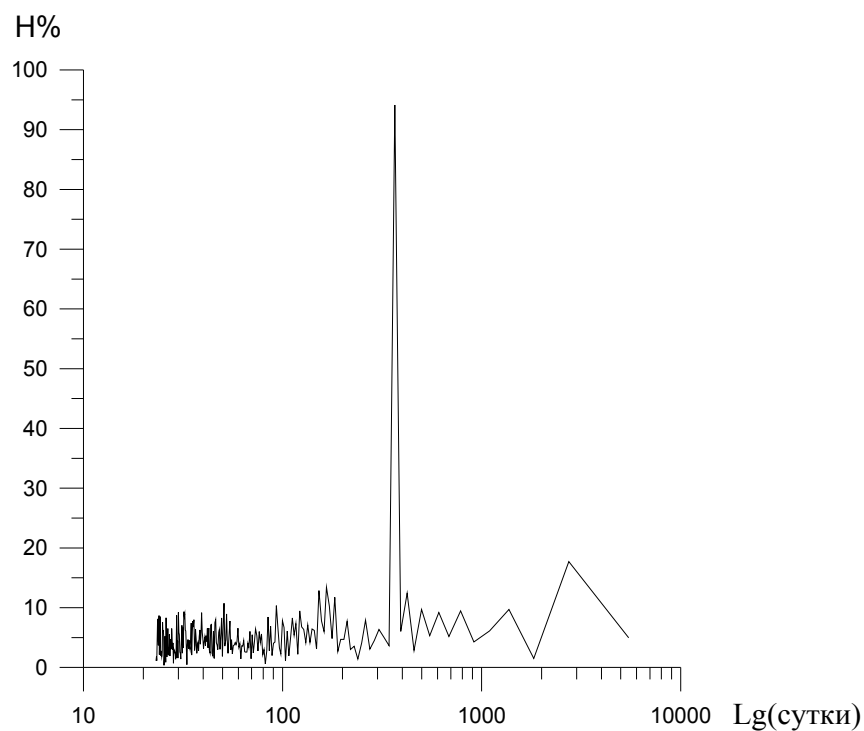


Рисунок 43 - Спектр вариаций среднесуточной влажности в Лондоне по данным с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет)

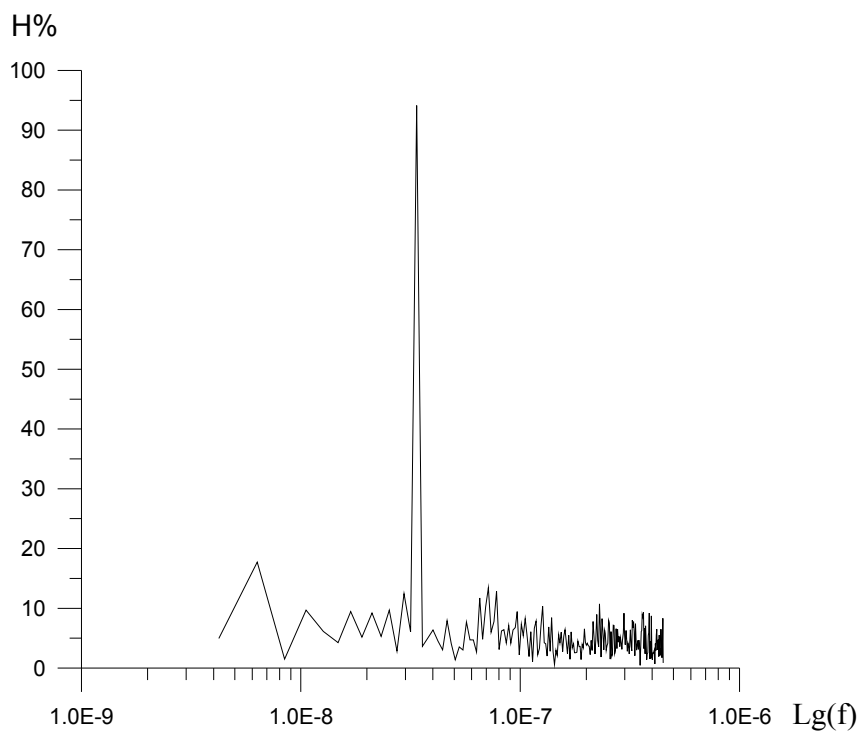


Рисунок 44 - Спектр вариаций среднесуточной влажности в Лондоне по данным с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет)

**Спектральный вариометрический анализ зависимостей
локальной эволюции ветровых нагрузок от интенсивности
гравидинамических процессов**

**Зависимость спектров вариаций локальной эволюции
ветровых нагрузок в г.Анкоридже от интенсивности
глобальных гравидинамических процессов**

На рис. 45 ÷ 46 приведены спектральные графические зависимости среднесуточной скорости ветра в Анкоридже за период с января 1973 года по декабрь 1993 года включительно (за 21 год), то есть до падения кометы Шумейкера - Леви на планету Юпитер, от числа суток и соответствующих им частот в герцах. Соответствующие спектры резонансов приведена на рис. 47. В таблице 10 приведены соответствующие периоды резонансов в сутках.

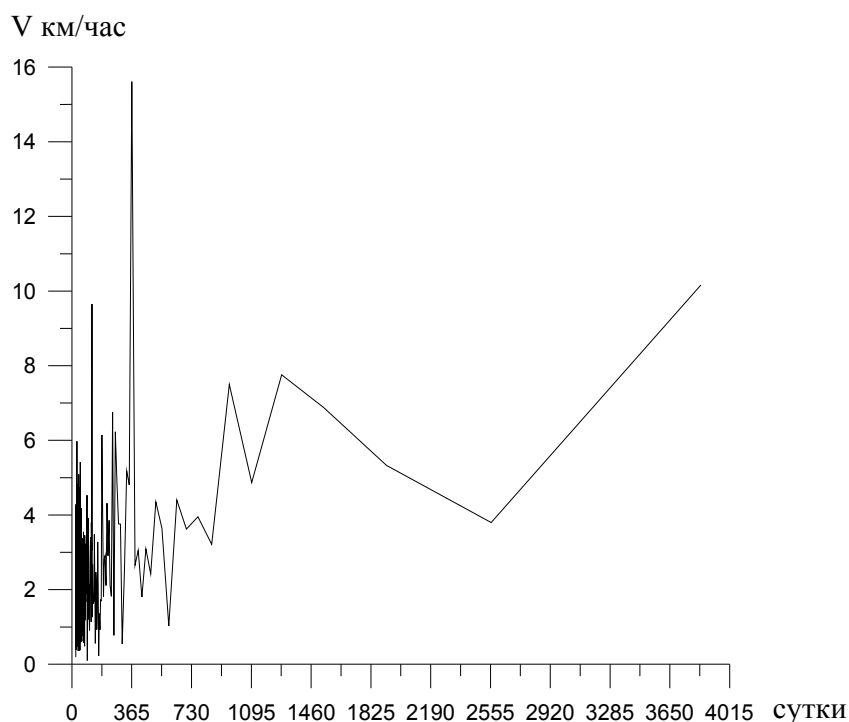


Рисунок 45 - Спектр вариаций среднесуточной скорости ветра в Анкоридже по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

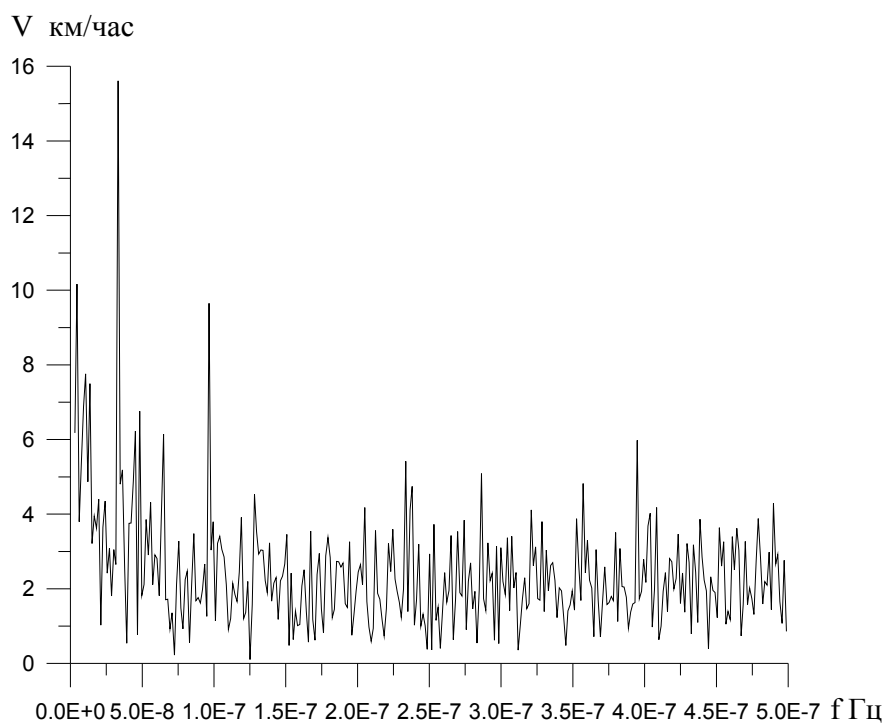


Рисунок 46 - Спектр вариаций среднесуточной скорости ветра в Анкоридже по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

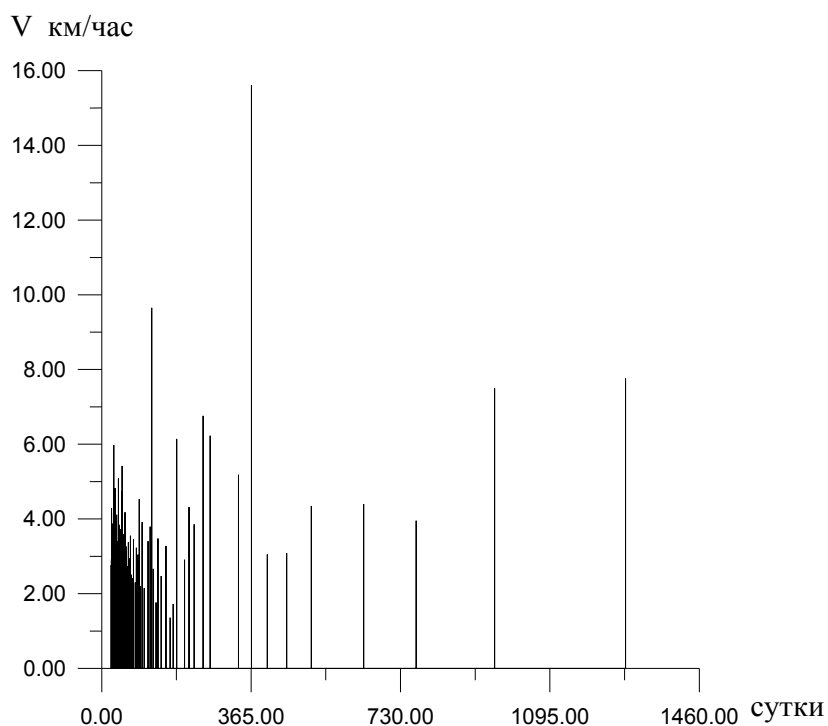


Рисунок 47 - Спектры резонансных проявлений вариаций среднесуточной скорости ветра в Анкоридже по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

Таблица 10

Периоды резонансных проявлений вариаций среднесуточной скорости ветра в Анкоридже до падения кометы Шумейкера - Леви на планету Юпитер

23.343	23.558	23.704	23.851	24	24.227	24.537	24.695	25.016
25.347	25.515	25.686	26.034	26.483	26.76	27.042	27.234	27.429
27.826	28.029	28.444	28.764	29.091	29.425	30.356	30.598	30.843
31.22	31.736	32.269	32.542	32.961	33.247	34.133	34.595	35.068
35.392	35.888	36.226	36.746	37.463	37.833	38.209	38.788	39.184
39.588	40	40.635	41.29	41.739	42.431	43.146	43.886	44.651
45.444	45.988	46.545	47.407	48	48.917	49.87	51.892	52.603
54.857	56.889	57.744	60	61.44	62.951	65.085	67.368	69.818
71.776	74.563	76.04	77.576	81.702	84.396	88.276	91.429	94.815
98.462	103.78	112.94	118.15	121.9	125.9	132.41	137.14	144.91
156.73	166.96	174.55	182.86	202.11	213.33	225.88	247.74	264.83
333.91	365.71	404.21	451.76	512	640	768	960	1280

При использовании логарифмической шкалы по оси абсцисс имеем рис. 48 ÷ 49.

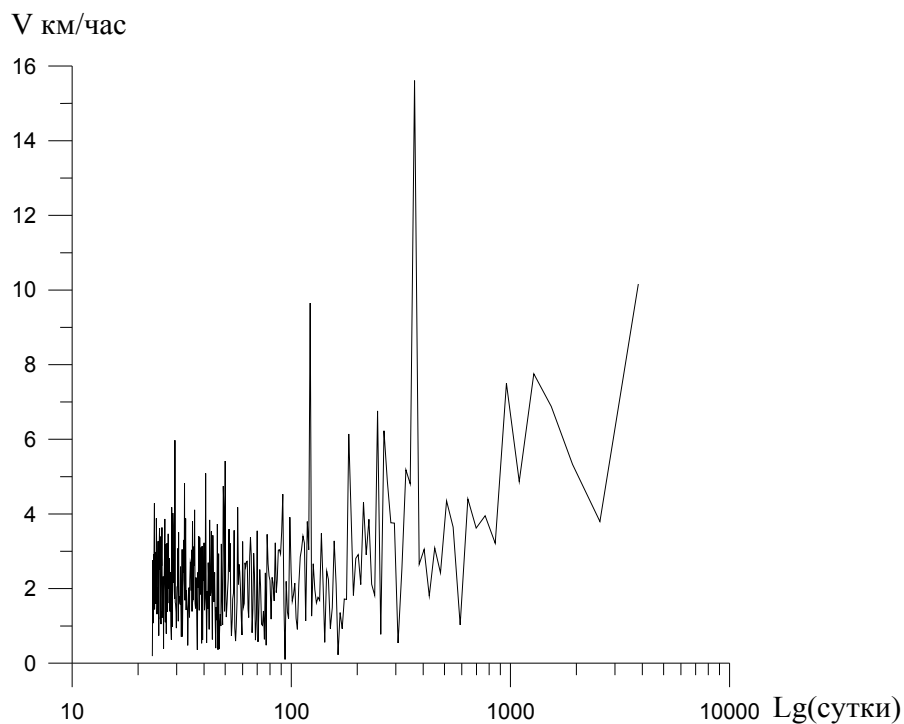


Рисунок 48 - Спектр вариаций среднесуточной скорости ветра в Анкоридже по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

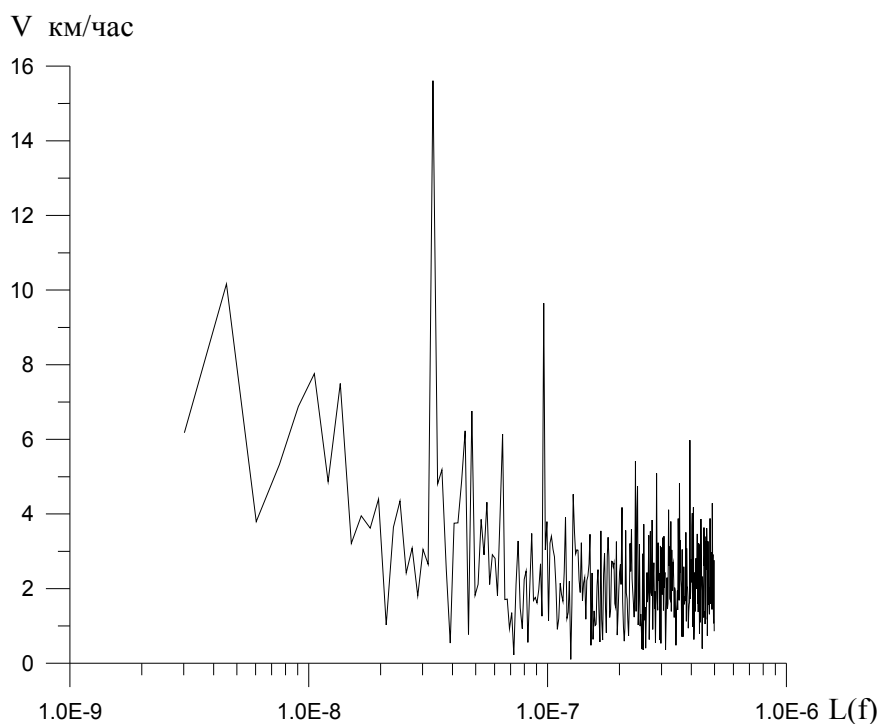


Рисунок 49 - Спектр вариаций среднесуточной скорости ветра в Анкоридже по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года

(за 21 год)

**Зависимость спектров вариаций локальной эволюции
ветровых нагрузок в г.Лондоне от интенсивности
глобальных гравидинамических процессов**

На рис. 50 ÷ 51 приведены спектральные графические зависимости среднесуточной скорости ветра в Лондоне за период с января 1973 года по декабрь 1993 года включительно (за 21 год), то есть до падения кометы Шумейкера - Леви на планету Юпитер, от числа суток и соответствующих им частот в герцах.

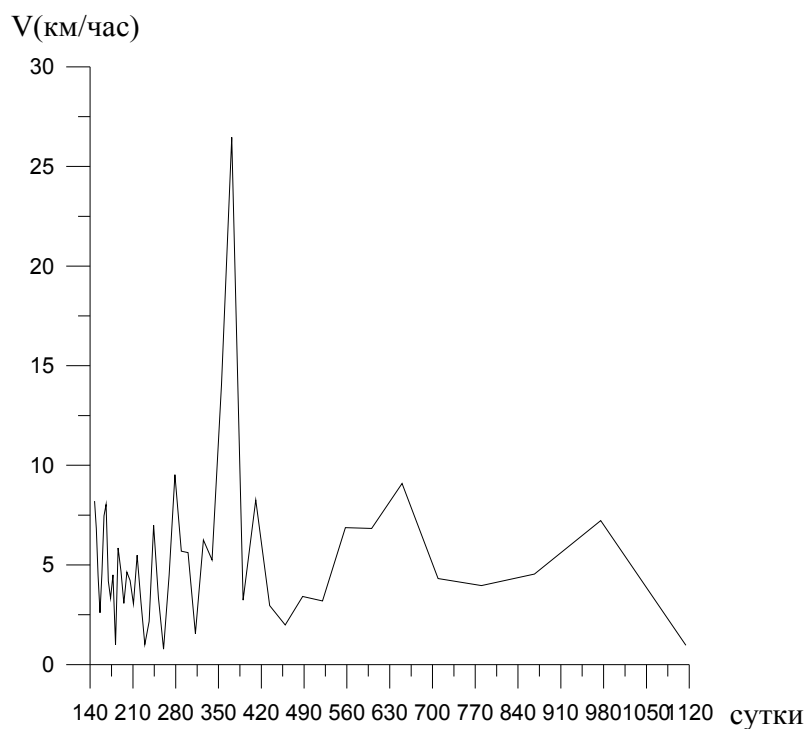


Рисунок 50 - Спектр вариаций среднесуточной скорости ветра в Лондоне по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

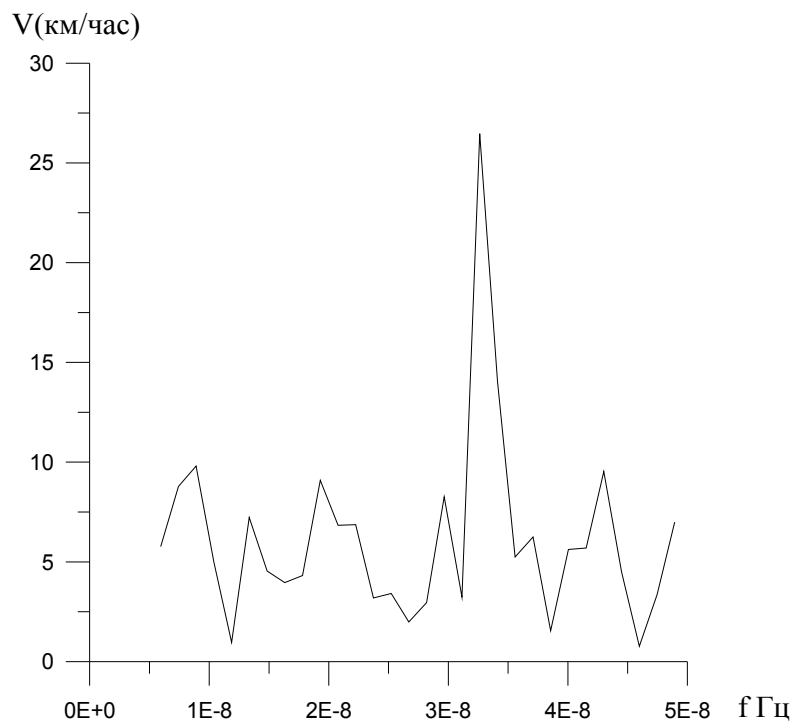


Рисунок 51 - Спектр вариаций среднесуточной скорости ветра в Лондоне по данным с января 1973 года по декабрь 1993 года (за 21 год)

На рис. 52 ÷ 53 приведены спектральные графические зависимости среднесуточной скорости ветра в Лондоне по данным с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет), то есть после падения кометы Шумейкера - Леви на планету Юпитер, от числа суток и соответствующих им частот в герцах.

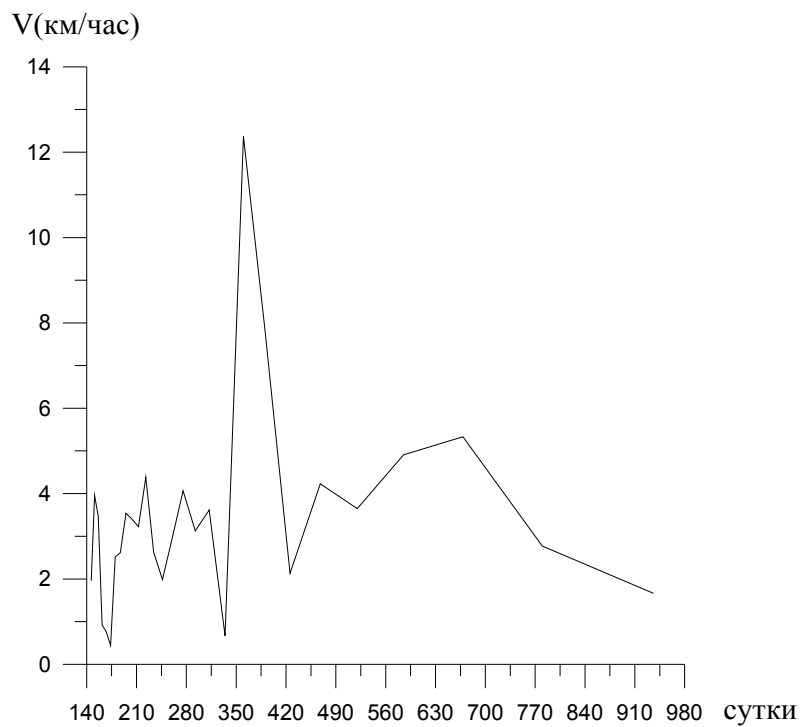


Рисунок 52 - Спектр вариаций среднесуточной скорости ветра в Лондоне по данным с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет)

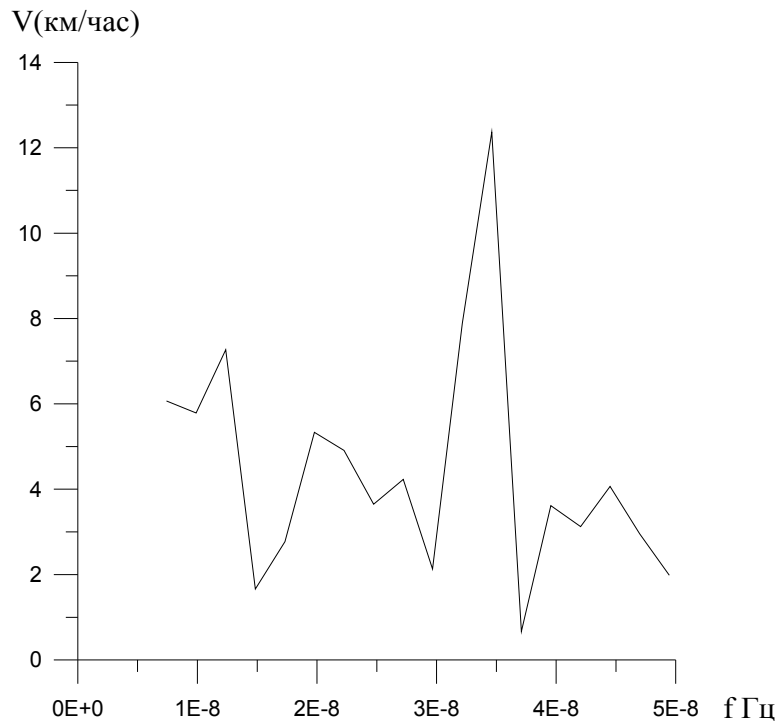


Рисунок 53 - Спектр вариаций среднесуточной скорости ветра в Лондоне по данным с августа 1994 года по август 2009 года включительно (за 15 лет)

Схема реализации причинно-следственных связей и закономерностей распределения грависейсмических нагрузок в неоднородных основаниях

Для построения обобщенной схемы реализации причинно-следственных связей и закономерностей распределения грависейсмических нагрузок в неоднородных основаниях рассмотрим основные звенья нелинейных эффектов аккумулятивного циклического накопления аварийно опасных геодформаций грависейсмического происхождения. Наряду с этим будем иметь в виду, что кроме низкочастотных грависейсмических нагрузок, непосредственно действующих в геологической среде оснований, следует учитывать и циклические климатические нагрузки, вызванные, как показали результаты исследований в предыдущих разделах, глобальными резонансными гравидинамическими процессами в околоземном космическом пространстве и в геосферах Земли.

В результате действия всех составляющих грависейсмических нагрузок, включая циклические геодформационные проявления климатических нагрузок, в каждом элементарном объеме геологической среды оснований в результате пластических деформаций, обусловленных механическим гистерезисом (рис.10), происходит циклическое поглощение энергии подчиняется закону:

$$w_{\text{ци}} = w_o (1 - e^{-\bar{\beta}\omega t}) = w_o (1 - e^{-bN}), \quad (1)$$

где $\bar{\beta}, b, N$ - эффективный и циклический модальные коэффициенты невозвратного поглощения в связи с остаточными пластическими деформациями, число циклов циклического нагружения исследуемого элемента среды (грунта) основания.

При малых амплитудах нагружения процесс циклических деформаций среды можно считать изотермическим и с большой точностью линейным, а коэффициент затухания (поглощения) b настолько малым, что только после 10^6 циклов деформаций остаточные деформации достигают требующих учета значений. По этим же причинам можно сделать вывод, что при изотермическом процессе

поглощаемая энергия затрачивается только на остаточное изменение объема среды, например ее уплотнение.

В настоящее время оборудование и аппаратура, применяемые при аттестации эталонных грунтов, позволяют верифицировать только квазистатические процессы гистерезисного накопления остаточных деформаций под действием продольных, поперечных и совместных циклических нагрузок

$$\varepsilon^{ст} = \varepsilon^{\sigma} + \varepsilon^{\gamma} + \varepsilon^{\sigma\gamma}. \quad (2)$$

Остальные виды остаточных деформаций в формуле на рис.54, производимые в результате воздействия на грунты различных мод сейсмического воздействия до настоящего времени не подвергались аттестации.

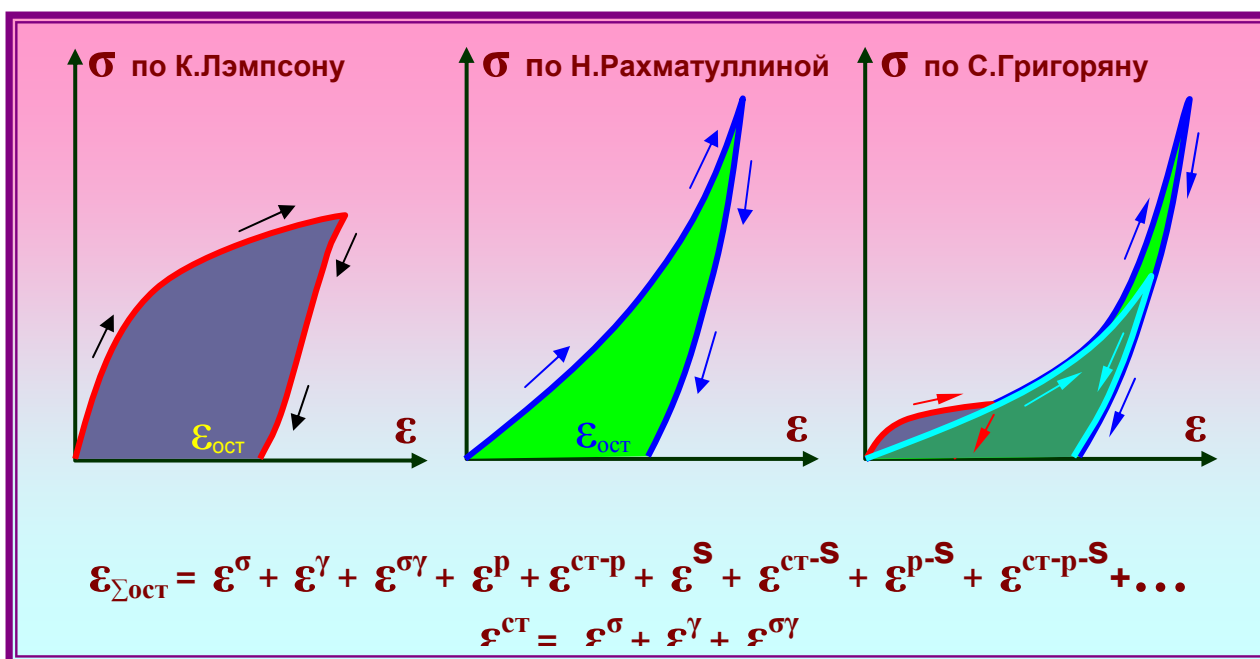


Рисунок 54 - Три типа выявленных кривых продольного гистерезиса

В результате испытаний, проведённых в проблемной лаборатории Теоретической и прикладной геомеханики в строительстве кафедры МГрОиФ МГСУ, были экспериментально установлены закономерности накопления пластических деформаций образцов песчаных и глинистых грунтов. Лабораторные испытания проводились на специальном стенде и в условиях сложного напряженного состояния.

Испытаниям подвергались образцы песчаных и глинистых грунтов, физические характеристики которых приводятся в таблице 11.

Физические свойства песчаных грунтов в зависимости от гранулометрического состава, задавались таким образом, чтобы их относительная плотность находилась в пределах 0,51 и 0,7. Причем достижение требуемых значений относительной плотности обеспечивалось двумя способами: по массе грунта и по объему грунтоиспытательной камеры; по высоте засыпки грунта в грунтосмесительную камеру 40-80 см.

Таблица 11

Вид грунта	Плотность ρ , г/см ³	Плотность скелета грунта ρ_d , г/см ³	Плотность частиц грунта ρ_s , г/см ³	Влажность W , %	Число пластичности I_p	Консистенция I_d	Коэфф. пористости e	Максимальная влажность W_{max} , %	Степень водонасыщения S_r
супесь	1,18	1,63	2,67	21,2	1,35	0,207	0,63	23,6	0,9

Циклическое воздействие осуществляется симметричным периодическим нагружением и разгрузкой грунта относительно уровня статического нагружения.

Амплитуда изменения циклической нагрузки относительно уровня статической нагрузки равна приращению напряжений, вызванному низкочастотным геодинамическим воздействием, т.е. $\Delta\sigma_i$.

Частота ω геодинамического воздействия на основание и фундаменты тяжелых сооружений задается по результатам натурных измерений частот грависейсмических волн. К сожалению, такие исследования до настоящего времени проведены в ограниченном объеме, что создает определенные трудности при выборе расчетных параметров грунтов при циклическом их нагружении.

Рассмотрим результаты некоторых длительных испытаний в приборах трехосного и компрессионного сжатия в диапазоне частот ниже 0,01Гц при различных значениях приращения нагрузки и при различных значениях исходных плотности – влажности. Предельно плотное состояние песчаного грунта №1 – 1,84

г/см³, предельно рыхлое состояние этого грунта 1,53 г/см³; для песчаного грунта №2 соответственно 1,68 г/см³ и 1,55 г/см³.

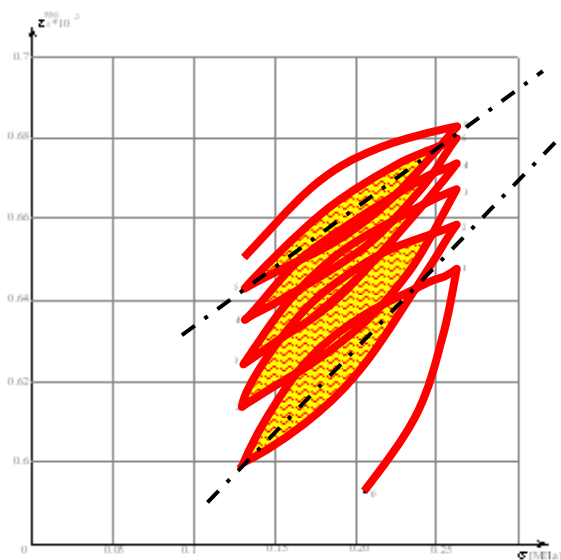
Наибольший интерес вызывают закономерности развития деформаций грунтов при циклическом низкочастотном нагружении.

Эти испытания проводились в приборах компрессионного и трехосного сжатия. В последнем случае измерялось боковое давление. При проведении испытаний амплитуда изменения циклической нагрузки составляла $\pm 0,34$; 0,25; 0,15 и 0,025 от ИНС.

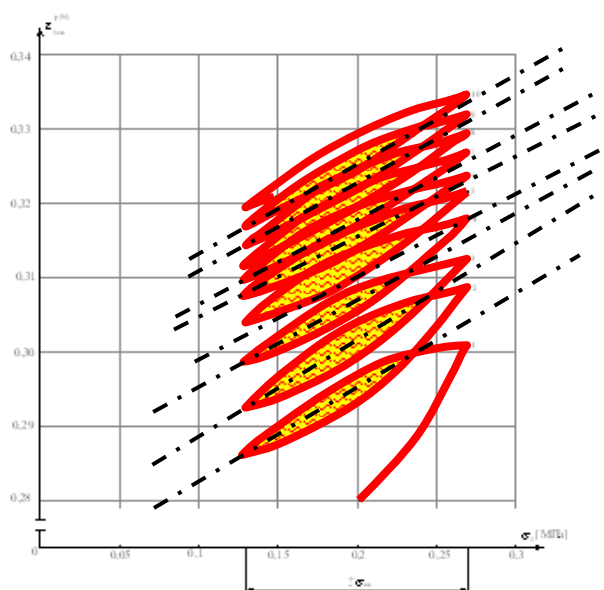
Приведем некоторые характерные результаты испытаний грунтов. На рисунках, приведенных ниже, представлены результаты испытаний песчаного грунта в приборе компрессионного сжатия после предварительного уплотнения статической нагрузкой.

Видно, что дополнительные пластические деформации с ростом количества циклов затухают. Вместе с тем, дополнительные пластические деформации превышают значения пластических деформаций, накопленных в процессе статического нагружения. Следует отметить, что упругие деформации грунта после 10-15 циклов достигают определенной величины и остаются постоянными до конца испытаний. В тоже время пластические деформации накапливаются при каждом последующем цикле нагружения и несущественно зависят от частоты нагружения.

Анализ результатов более чем 100 испытаний показал, что на накопление дополнительных пластических деформаций при циклическом нагружении существенное влияние оказывают исходное напряженное состояние грунта, его плотность – влажность, амплитуда приращения циклического нагружения и степень приближения исходного статического напряженного состояния к предельному состоянию. Все это говорит о сложном характере развития дополнительных пластических деформаций при циклическом нагружении. Учет этих особенностей в расчетах дополнительных осадок и кренов, очевидно, вызовет значительные математические трудности.



Супесь №1 (плотная)



Супесь №2 (рыхлая)

Для выявления механизма развития пластических деформаций несомненный интерес представляют результаты испытаний в приборе трехосного сжатия в условиях компрессии с измерением бокового давления.

Результаты таких испытаний для песчаных грунтов №1 и №2 показывают, что с увеличением количества циклов растет и боковое давление, при этом приращение бокового давления затухает с ростом количества циклов. Интересно то, что аналогичный характер имеют приращения пластических деформаций от циклической нагрузки. Как в первом, так и во втором случае наблюдается гистерезис, не переходящий в линию при 50000 циклах нагружения.

Общие выводы по результатам рассмотренных испытаний при статическом и циклическом нагружении грунтов сводятся к следующему.

1. При статическом нагружении в приборах компрессионного и трехосного сжатия по вышеизложенной методике зависимость деформаций объема ε_v и формы γ_i от всестороннего сжатия σ и от интенсивности касательных напряжений τ_i существенно не линейна как для песчаного, так и для глинистого грунта. Причем эта нелинейность зависит от исходной плотности-влажности грунта, ИНС, и от траектории нагружения. Для

описания этих нелинейных зависимостей грунтов достаточно иметь паспорт прочности грунтов согласно ГОСТ.

2. При циклическом нагружении дополнительные деформации формы и объема грунтов существенно не линейно зависят от количества циклов и имеют затухающий характер с ростом количества циклов. Вместе с тем, при возрастании амплитуды циклического нагружения и степени приближения к предельному состоянию величины дополнительных пластических деформаций возрастают и могут иметь незатухающий характер.

3. В водонасыщенных грунтах при циклическом нагружении в условиях отсутствия фильтрации воды из образца возникает остаточное поровое давление наряду с пластическими деформациями объема и формы. Причем величины остаточных деформаций формы в условиях закрытой системы значительно выше (в 4 раза), чем в условиях открытой системы.

4. Зависимости деформаций формы и деформаций объема от количества циклов нагружения в координатах $\varepsilon_v - \ln N$ и $\gamma_i - \ln N$ линеаризуются и могут быть представлены в виде:

$$\varepsilon_v = A_v \ln(N+1); \quad \gamma_i = A_\gamma \ln(N+1), \quad (3)$$

где A_v , A_γ - экспериментальные параметры, зависящие от ИНС, исходной плотности–влажности грунта, амплитуды циклического нагружения, траектории циклического нагружения и условий испытания (дренированное или недренированное).

5. Для использования в расчетах по оценке НДС оснований тяжелых сооружений на стадии статического нагружения достаточно иметь паспорта прочности грунтов, слагающих основание.

6. Для определения расчетных величин дополнительных пластических деформаций грунтов оснований тяжелых сооружений при циклическом низкочастотном воздействии необходимо исходить из статического НДС и иметь параметры зависимостей.

7. При наличии в основании тяжелых сооружений водонасыщенных

глинистых или мелкозернистых песчаных грунтов следует учитывать фактор накопления остаточного порового давления, которое может привести к накоплению чрезмерных незатухающих деформаций сдвига, а иногда и к потере прочности этих грунтов.

8. При статическом нагружении грунты основания в условиях компрессионного и трехосного сжатия проявляют существенно нелинейные свойства, что обусловлено упруго-пластическим характером связи между напряжениями и деформациями.
9. При описании упруго-пластических свойств грунтов при статическом режиме нагружения необходимо учитывать модули нагрузки и разгрузки, как при объемной, так и при сдвиговой деформации с соответствующей формулировкой понятий «нагрузка» и «разгрузка». Это позволит при циклическом воздействии учитывать накопление пластических деформаций на каждом шаге цикла, что является предметом дальнейших исследований.
10. При циклическом низкочастотном воздействии в условиях компрессионного и трехосного сжатия в песчаных и глинистых грунтах возникают дополнительные (сверхстатические) пластические (необратимые) деформации объема и формы. Величины этих деформаций существенно зависят от исходной плотности-влажности грунта, степени их водонасыщения, от ИНС, от амплитуды циклического нагружения, степени приближения к предельному состоянию. Частота циклической нагрузки мало влияет на характер зависимости деформаций от количества циклов.
11. Зависимость дополнительных деформаций от количества циклов в полулогарифмических координатах линеаризуется, а коэффициенты пропорциональности зависят от ИНС, амплитуды и траектории циклического нагружения.
12. В водонасыщенных грунтах при циклическом нагружении в условиях трехосного сжатия закрытой системы наряду с остаточными деформациями объема и формы возникает и остаточное поровое давление, которое способствует развитию сдвиговых деформаций вплоть до незатухающих

оснований тяжелых сооружений, особенно при наличии слоев водонасыщенных грунтов с низким коэффициентом фильтрации.

13. При оценке НДС оснований тяжелых сооружений циклические низкочастотные воздействия в первом приближении можно учитывать через эквивалентные значения статических нагрузок, величины которых определяются по результатам экспериментов.
14. При необходимости детальной оценки НДС фундаментных плит оснований сооружений под воздействием статической и циклической нагрузок целесообразно использовать модель винклеровского основания, при этом коэффициенты постели следует определить на основе решения задачи по модели слоя ограниченной ширины.
15. Предметом особой важности дальнейших исследований является уточнение параметров влияния вибросейсмических многоцикловых воздействий на основания тяжелых сооружений и совершенствование метода учета этих воздействий при оценке пространственной эволюции НДС оснований тяжелых сооружений.

В связи с малой амплитудой микродеформаций $\varepsilon(t)$ и малой площадью петель гистерезиса можно использовать метод возмущений, то есть рассматривать колебания $\varepsilon_{\text{дин}}$ и гистерезис $\varepsilon_{\text{гист}}$ как отдельные квазилинейные процессы:

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_{\text{дин}} + \varepsilon_{\text{гист}} + \varepsilon_{\text{нел}}, \text{ при } \varepsilon_{\text{дин}} \gg \varepsilon_{\text{гист}}; \mathbf{b} \ll 1 \text{ и } \omega > 0 \quad (4)$$

$$\sigma(s) = W_1(s) * \varepsilon_{\text{дин}} + e^{-bN} * W_2(s) * \varepsilon_{\text{гист}} + W_n(s) * \varepsilon_{\text{нел}} \quad (5)$$

Зависимости деформаций объема и формы от количества циклов нагружения согласно данным кафедры МГрОиФ описывается функцией:

$$\varepsilon_v = A_v \ln(N+1); \gamma_i = A_\gamma \ln(N+1), \quad (6)$$

где A_v, A_γ - экспериментальные параметры, зависящие от ИНС, исходной плотности, влажности грунта, амплитуды циклического нагружения, траектории

В связи с неоднородностью тонкой структуры реальных оснований, малой амплитудой и неравномерностью грависейсмических нагрузок появляются зоны скрытого накопления энергии микроциклической усталости грунтов, как показано на рис.55.

В связи с этим плавные отказы в системе «объект-основание» формируются вплоть до срабатывания лавинообразных спусковых механизмов разрушения (рис.56), существенно сокращая время на проведение предупредительных строительных мероприятий.

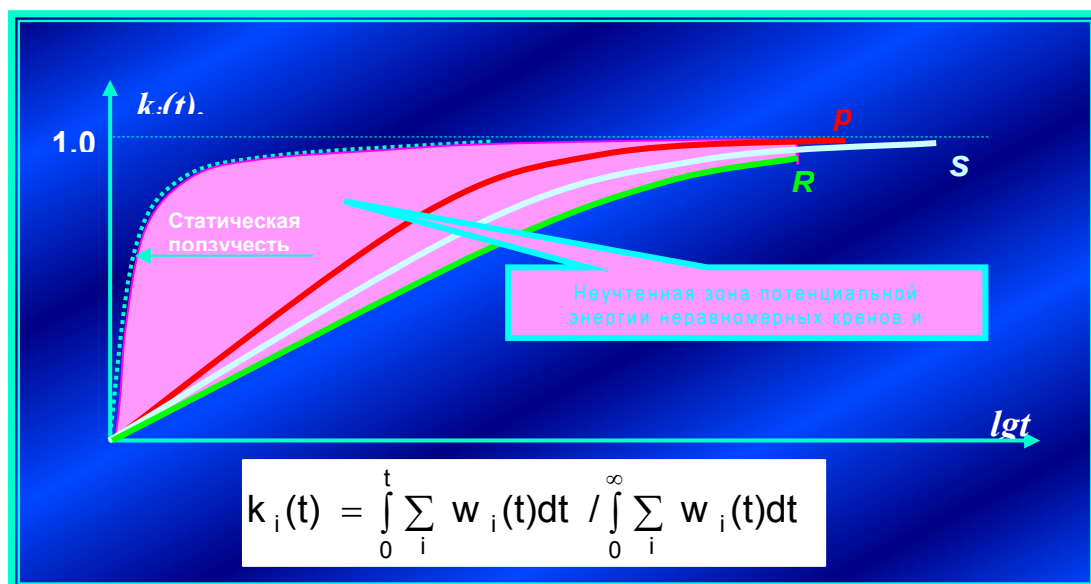


Рисунок 55 - График эволюции скрытой аккумуляции энергии аварийной реализации плавных отказов в системе «объект-основание»

Наиболее опасные типы разрывов тонкой структуры геологического разреза представлены на рис. 57.

Наиболее опасные виды топологических неоднородностей залегания пластов тонкой структуры геологического разреза, представленные на рис.58, были теоретически исследованы в 2001-2003 годах на кафедре ПММ под руководством зав.каф., профессора Савостьянова В.Н.

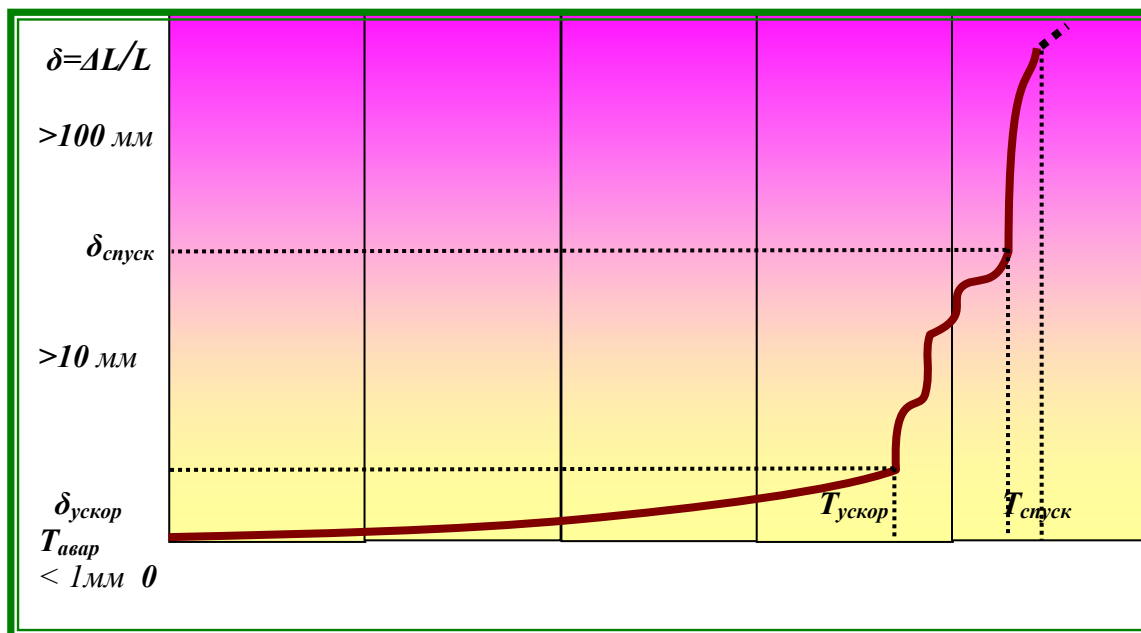


Рис. 56. График эволюции геодеформационных проявлений кренов и аварийной реализации плавных отказов в системе «объект-основание»

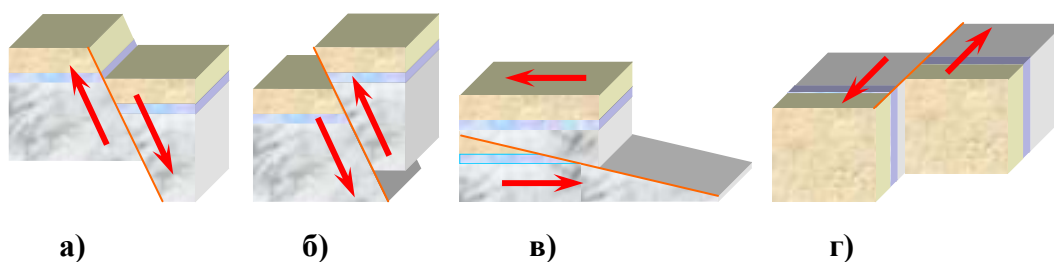


Рис. 57. Типовые разрывы чехла: сброс (а), взброс (б), надвиг и покров (в), сдвиг (г)

Реальность существования подобных неоднородностей тонкой структуры геологического разреза очевидна при рассмотрении геологического основания активной зоны Мытищинского полигона МГСУ (см. рис.59).

Параллельный запуск нарушающих естественную геоэкологическую среду циклических грависейсмических и климатических процессов является причиной следующих проявлений:

- 1) техногенных механических (оползни, суффозии, уплотнение);
- 2) капиллярных (поднятие капиллярной каймы и взбухание глинистых почв,

увлажнение подошвы фундамента и коммуникаций, изменение коэффициента связности грунтов и пластов);

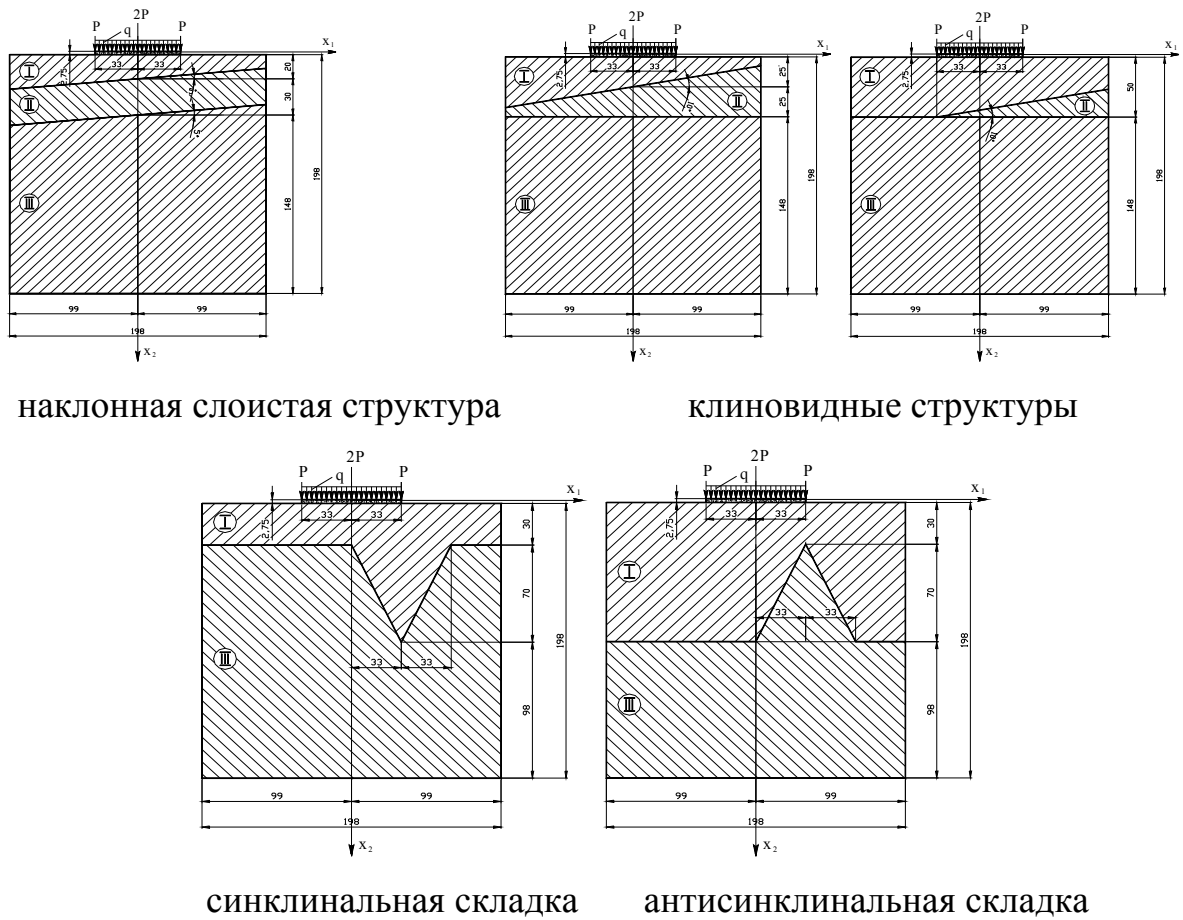


Рис. 58. Схемы моделирования неравномерных осадок неоднородных оснований

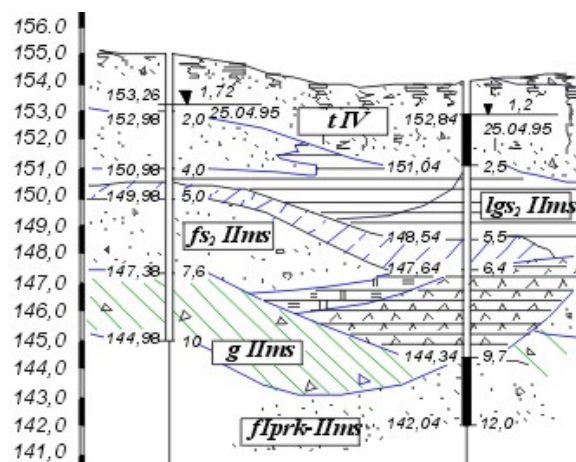


Рис. 59. Геологический разрез основания активной зоны Мытищинского полигона МГСУ

3) гидрогеологических (перекрытие стока подземных, грунтовых и ливневых вод, изменение коэффициента фильтрации, заболачивание, увлажнение подошвы фундамента и коммуникаций, изменение коэффициента связанности грунтов и пластов);

4) геохимических (карстообразование, засоление почв, накопление химически активных и экологически опасных веществ);

5) геобиологических (нарушение естественных систем питания биоты и корневой системы растений).

Как показано на блок-схеме (рис. 60) геомеханические последствия перечисленных геоэкологических и геолого-геофизических эффектов влияния циклических нагрузок на состояние грунтов фактически формируют положительные обратные связи, усиливающие и ускоряющие исходные квазистатические (климатические) и динамические (грависейсмические) геодеформационные процессы.

Таким образом, в результате неравномерного вибросейсмического техногенного и(или) природного микросейсмического возбуждения грунтов расчетного объема основания имеет место циклическое уплотнение или изменение физико-механических характеристик грунтов и, как следствие, происходит нарушение всех геомеханических составляющих геоэкологического взаимодействия расчетного объема с прилегающей геологической средой и возникает риск нарушения стабилизации осадок строительного объекта и сверхпроектного развития ползучести.

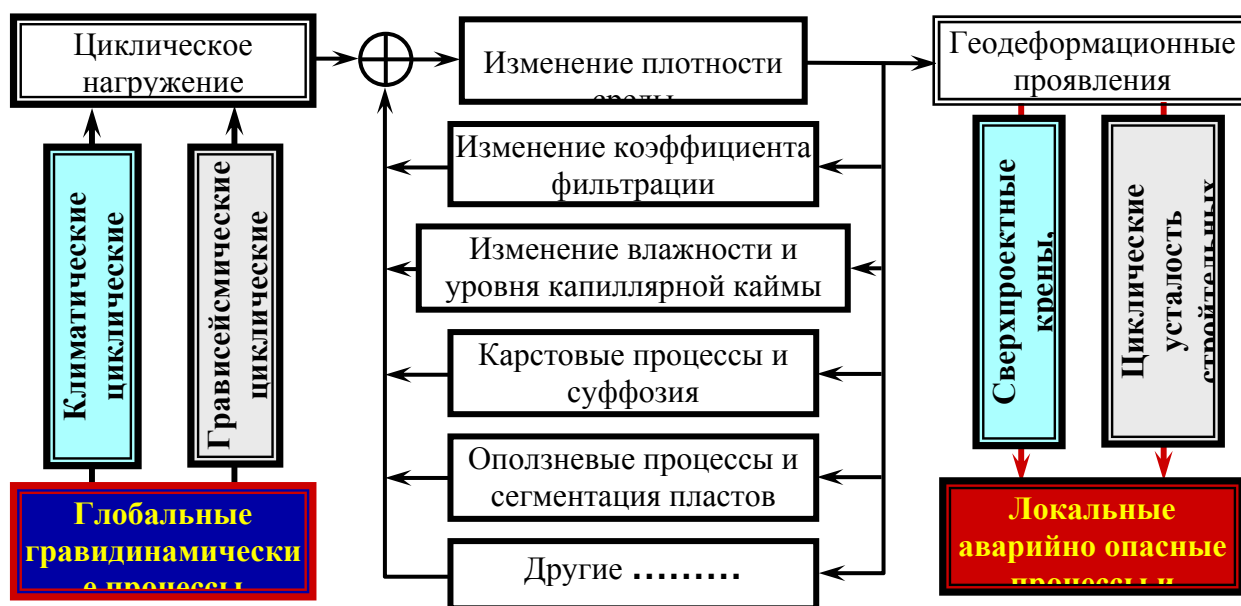


Рис. 60. Схема реализации причинно-следственных связей и закономерностей распределения грависейсмических нагрузок в неоднородных основаниях

Грависейсмическое многоцикловое уплотнение грунтов приводит к росту рисков реализации положительных обратных геоэкологических связей, дополнительно ускоряющих и усиливающих неравномерные гедеформационные процессы в расчетном объеме оснований.

В связи с этим следует проводить дополнительные исследования геоэкологической эффективности микросейсмических и климатических процессов, то есть аттестацию коэффициентов эффективности их влияния на естественные геоэкологические процессы (влажность грунтов, уровень капиллярной каймы, коэффициенты фильтрации и т.д.)

Неоднородность, многослойность и сложная (не планарная) пространственная топология тонкой структуры геологического разреза основания существенно влияет на рост неравномерности НДС и гедеформационных рисков, значительно усложняет пространственные (трехмерные) расчеты и поэтому требует специальной оценки с использованием нелинейной теории упругости. В первом приближении эти оценки могут быть выполнены методом возмущений только для

расчета геоэкологических рисков проявлений циклической усталости грунтов оснований под действием климатических и грависейсмических процессов.

Метод возмущений позволяют проводить оценку рисков геоэкологических проявлений путем тривиального суммирования энергии потерь всех компонент циклических напряжений в расчетном объеме основания.

На момент проведения исследовательских работ в рамках проекта практически полезным и методически удобным является применение сравнительных аналогий между интенсивностью рисков геоэкологических проявлений микросейсмических и климатических процессов гравидинамического происхождения, с одной стороны, и уровнями удельной энергии и эквивалентной бальности сейсмической опасности, тщательно отработанными в мировой проектной практике и в нормативно-технической документации.