

УДК 551.524: 551.571.7

*Т.Е. Данова, О.М. Прокофьев*

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СПЕКТРА ОТНОШЕНИЯ  
СМЕСИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА  
В ТРОПОСФЕРЕ АНТАРКТИКИ**

**CHARACTERISTICS OF THE ENERGY SPECTRUM OF THE  
MIXING RATIO AND TEMPERATURE IN THE ANTARCTIC  
TROPOSPHERE**

*Анализируются характеристики энергетического спектра отношения смеси и температуры воздуха в тропосфере Антарктики, полученные с помощью Фурье-анализа. Выбраны пиковые значения спектральной плотности среднемесячных значений отношения смеси и температуры воздуха, которые интерпретированы как годовые и полугодовые колебания. Спектральная плотность случайной функции рассматривается как энергетический спектр функций. В тропосфере Антарктики показано наличие зон активности.*

*The characteristics of the energy spectrum of the mixture ratio and temperature in the troposphere Antarctic obtained by Fourier analysis. Selected peaks of the spectral density of monthly averages of the mixing ratio and temperature, which are interpreted as annual and semi-annual fluctuations. The spectral density of the random function is considered as the energy spectrum of functions. In the troposphere, the Antarctic shows the presence of zones of activity.*

**Ключевые слова:** отношение смеси, температура воздуха, спектральная плотность, энергетический спектр.

**Keywords:** mixing ratio, temperature, spectral density, the energy spectrum.

Наиболее достоверным материалом для мониторинга климата высоких широт является температурно-влажностные характеристики. Температурный режим и процессы влагооборота являются продуктом общих климатообразующих факторов: радиации, циркуляции, свойств подстилающей поверхности [5, 6]. Содержание водяного пара в полярной атмосфере, ее неравномерное пространственно-временное распределение в условиях устойчивой стратификации имеет большое значение для формирования потоков эффективного излучения и противоизлучения атмосферы, в значительной степени определяет условия формирования радиационного климата высоких широт. В связи с этим изучение особенностей содержания водяного пара и его взаимосвязь с температурой воздуха представляет интерес для условий облачной и безоблачной атмосферы и для анализа режима осадков.

В качестве исходных данных использовались среднемесячные значения отношения смеси и температуры воздуха на стандартных

изобарических поверхностях 850-300гПа, полученные с помощью радиозондирования атмосферы на 13 станциях Антарктиды за срок 00 часов по Гринвичу.

Для выявления характеристик энергетического спектра отношения смеси и температуры воздуха в тропосфере Антарктики использовался алгоритм Фурье-анализа [2, С. 306-311]. Это позволило получить статистические оценки спектральной плотности среднемесячных значений отношения смеси и температуры антарктического воздуха на стандартных изобарических поверхностях с дискретностью 1 месяц. Вероятность статистических оценок взаимной спектральной плотности определялась по когерентности  $\gamma(\omega) \geq 0,90$ . Для анализа были выбраны пиковые значения спектральной плотности среднемесячных значений отношения смеси и температуры воздуха, которые интерпретированы как годовые и полугодовые колебания. Спектральную плотность случайной функции можно рассматривать как "энергетический спектр" этой функции (1).

$$\hat{S}(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\tau_{\max}}^{\tau_{\max}} e^{-i\omega\tau} \lambda(\tau) K(\tau) d\tau \quad (1)$$

где  $\tau_{\max}$  – максимальный сдвиг аргумента,  $i$  – мнимая единица,  $\lambda(\tau)$  – сглаживающая функция («корреляционное окно»),  $K(\tau)$  – ковариационная функция.

Это объясняется тем, что в качестве случайной функции часто рассматриваются такие величины как: скорость ветра, скорость течения в океане, напряжения и многие другие. В таком случае распределение дисперсий, имеющих квадрат размерности амплитуды, пропорционален плотности распределения энергии сигнала по частотам. Анализ рассчитанных значений на стандартных изобарических поверхностях показал, что максимальные значения энергетического спектра температуры воздуха характерны для слоя тропосферы над станцией McMurdo для годовых и полугодовых колебаний (табл.).

Максимальные значения энергетического спектра отношения смеси наблюдаются в тропосфере над станцией Bellingshausen. Для значений энергетического спектра отношения смеси характерно значительное убывание с высотой, для значений энергетического спектра температуры воздуха эта тенденция так же характерна, но на 500гПа поверхности наблюдается рост характеристик энергетического спектра.

Проведем визуализацию пространственного распределения полученных в результате Фурье-анализа характеристик энергетического спектра обоих процессов (рис. 1, 2). На картах нанесены изолинии равных значений величины энергетического спектра для отношения смеси и температуры воздуха тропосферы Антарктики. Как видим, пространственное распределение годовых и полугодовых характеристик энергетического спектра температуры воздуха имеет схожую картину (рис. 1 а, б). Поле энергетического

спектра температуры антарктического воздуха в слое 850-500гПа представлено зоной максимальных значений в районе 160°W (McMurdo). Для годовых колебаний на 500гПа поверхности характерен второй максимум в районе 45°W (Molodezhnaya) (рис. 1 а). Отметим, что энергия полугодовых колебаний значительно меньше годовых (рис. 1 б).

Таблица  
Характеристики энергетического спектра отношения смеси и температуры воздуха на стандартных изобарических поверхностях

Станция	Вел-на	Количественная характеристика энергетического спектра					
		850 гПа		700 гПа		500 гПа	
		год	полгода	год	полгода	год	полгода
Западная Антарктида							
Bellingshausen	r, g/kg	6,46	0,34	2,52	0,44	0,41	0,07
	t, °C	176,27	4,33	179,07	2,80	244,79	4,91
Neumayer	r, g/kg	2,01	0,14	0,54	0,04	0,08	0,01
	t, °C	286,31	14,07	159,13	8,23	197,28	5,13
Sanae	r, g/kg	1,30	0,13	0,24	0,03	0,04	0,00
	t, °C	260,70	11,41	155,28	7,56	215,37	8,45
Halley	r, g/kg	1,58	0,17	0,33	0,03	0,03	0,01
	t, °C	278,80	12,71	156,98	7,32	190,64	8,00
McMurdo	r, g/kg	3,02	0,52	0,72	0,12	0,03	0,01
	t, °C	1083,66	140,01	438,82	64,17	364,96	40,39
Восточная Антарктида							
Casey	r, g/kg	2,96	0,63	0,89	0,25	0,12	0,02
	t, °C	344,49	55,51	218,08	35,65	305,80	36,53
Mirny	r, g/kg	3,60	0,90	1,07	0,20	0,32	0,06
	t, °C	521,20	67,60	256,88	25,10	359,08	27,08
Dumont d'Urville	r, g/kg	2,52	0,62	1,00	0,34	0,10	0,04
	t, °C	519,10	75,41	199,38	40,49	245,60	36,57
Mawson	r, g/kg	1,57	0,33	0,45	0,09	0,07	0,01
	t, °C	362,65	58,95	129,25	13,89	165,19	16,75
Molodezhnaya	r, g/kg	4,89	0,33	1,27	0,12	0,26	0,03
	t, °C	577,60	35,27	321,35	17,55	377,00	27,80
Davis	r, g/kg	1,76	0,44	0,41	0,11	0,06	0,01
	t, °C	278,39	53,41	127,73	23,91	162,51	21,03
Novolazarevskaya	r, g/kg	1,75	0,43	0,42	0,07	0,09	0,02
	t, °C	356,54	32,86	196,26	17,10	198,48	15,42
Amundsen-Scott	r, g/kg	-	-	-	-	0,01	0,01
	t, °C	-	-	-	-	191,69	20,83

Формирование максимума энергетического спектра температуры воздуха обусловлено, спецификой атмосферной циркуляции в юго-западной части Тихого океана. Район моря Росса является одним из наиболее глубоких и резко выраженных климатических центров стационарирования циклонов в системе циркумпольярной субантарктической депрессии. Центр депрессии в этом районе прослеживается выше уровня поверхности 500 гПа, причем ось депрессии с высотой смещается к югу. [5, 8].

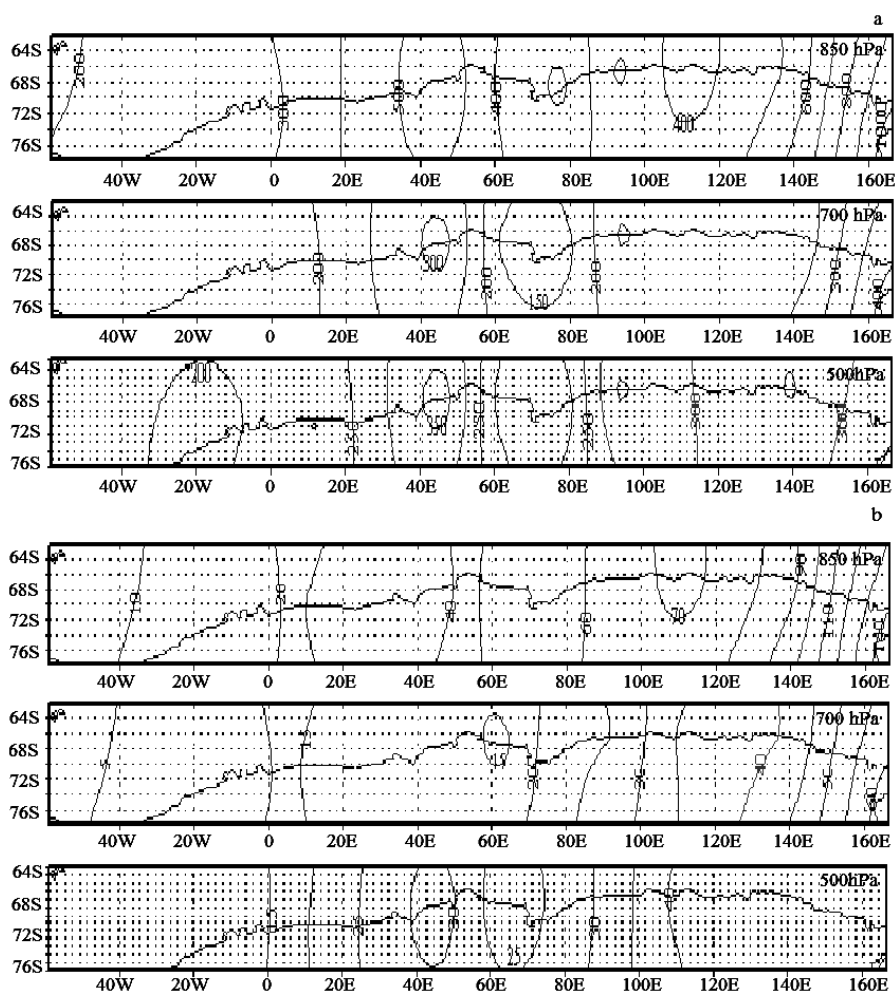


Рис. 1. Поля значений энергетического спектра температуры воздуха по изобарическим поверхностям (а – годовые колебания, б – полугодовые)

Пространственное распределение годовых и полугодовых характеристик энергетического спектра отношения смеси показало формирование зоны максимальных значений в районе Антарктического полуострова (Bellingshausen) (рис. 2 а, б).

Исключением является поле значений энергетического спектра полугодовых колебаний на 850гПа поверхности, где в районе



смеси и температуры воздуха в тропосфере Антарктики показали наличие зон активности.

Выявлено, что для энергетического спектра температуры воздуха характерно формирование зоны активности (максимума) в районе моря Росса. Эта зона максимумов обусловлена существованием наиболее глубокого и резко выраженного климатического центра стационарирования циклонов в системе циркумполярной субантарктической депрессии.

Вторая зона активности выделена на полях характеристик энергетического спектра отношения смеси в тропосфере Антарктики. Расположение зоны максимальных значений в районе Антарктического полуострова обусловлено переносом влаги, связанным с циркуляционными процессами и расположением Антарктического полуострова. Этот район характеризуется в три раза большими значениями влагопереноса чем на других станциях Антарктического материка.

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности использования предложенного метода, пространственного распределения характеристик энергетического спектра, при анализе температурно-влажностного режима тропосферы Антарктики.

#### Литература:

- 1 Аверьянов В.Т. Гляциоклиматология Антарктиды. Л., Гидрометеиздат, 1990. – 198с.
- 2 Гончарова Л. Д., Школьный Є. П. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації: Навчальний посібник //Одеса: Екологія. – 2007. – 454с.
- 3 Данова Т.Е., Галат Е.В. Временная изменчивость ледовитости Антарктических морей // Метеорологія, кліматологія і гідрологія, вип.50, 2008. – с.167-171.
- 4 Данова Т.Є., Прокоф'єв О.М. Характеристики вологовмісту та інтенсивності вологопереносу над антарктичним материком // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2012. –Вип. 262
- 5 Кононова Н. К. и др. Циркуляция атмосферы в Антарктике в конце XX – начале XXI веков //Материалы гляциологических исследований. – 2007. – Т. 103. – С. 142-147.
- 6 Кононова Н. К., Макарова М. Е. Планетарная циркуляция атмосферы и ее проявление в Антарктике //Научная конференция «Россия в Антарктике» 12-14 апреля 2006 г., Санкт-Петербург, ААНИИ. Программа и тезисы докладов. Санкт-Петербург. – 2006. – С. 126-127.
- 7 Мартазинова В. Ф., Тимофеев В. Е., Иванова Е. К. Климатический режим ст. Академик Вернадский // Тези доповідей IV Міжн. Антарктична конф. „III міжнародний полярний рік 2007-2008: результати та перспективи”, м. Київ, 12-14 травня 2009р. – С. 72-74.
- 8 База данных радиозондирования атмосферы [Электронный ресурс] URL:<http://www.aari.aq> (дата обращения: 12.04.2010)