

УДК 551.524: 551.571.7

Т. Е. Данова, О. М. Прокофьев

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СПЕКТРА ОТНОШЕНИЯ СМЕСИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ТРОПОСФЕРЕ АНТАРКТИКИ

8

Анализируются характеристики энергетического спектра отношения смеси и температуры воздуха в тропосфере Антарктики, полученные с помощью Фурье-анализа. Выбраны пиковые значения спектральной плотности среднemesячных 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.

This article analyses the characteristics of the energy spectrum of mixture ratio and air temperature in the troposphere of the Antarctic obtained by Fourier analysis. Selected peaks of spectral density of mixing ratio and air temperature monthly averages are interpreted as annual and semi-annual fluctuations. The spectral density of random function is considered as the energy spectrum of functions. It is shown that activity zones are present in the troposphere of the Antarctic.

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

Key words: mixing ratio, air temperature, spectral density, energy spectrum.

Наиболее достоверный материал для мониторинга климата высоких широт — это 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 среднemesячные значения отношения смеси и температуры воздуха на стандартных изоба-



рических поверхностях 850–300 гПа, полученные с помощью радиозондирования атмосферы на 13 станциях Антарктиды на 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 $\gamma(\omega) \geq 0,9$. 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:

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

где τ_{\max} – максимальный сдвиг аргумента; i – мнимая единица; $\lambda(\tau)$ – сглаживающая функция («корреляционное окно»); $\hat{K}(\tau)$ – 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 «Мак-Мёрдо» (McMurdo) для годовых и полугодовых колебаний (табл.).

Максимальные значения энергетического спектра отношения смеси наблюдаются в тропосфере над станцией «Беллинсгаузен». Для значений энергетического спектра отношения смеси характерно значительное убывание с высотой, для значений энергетического спектра температуры воздуха эта тенденция также характерна, но на 500 гПа 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 воз-



духа в слое 850–500 гПа представлено зоной максимальных значений в районе 160°W М. Для годовых колебаний на 500 гПа поверхности характерен второй максимум в районе 45°W – станция «Молодежная» (рис. 1, а). Отметим, что энергия полугодовых колебаний значительно меньше годовых (рис. 1, б).

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

10

Станция	Единица измерения	Количественная характеристика, гПа					
		850		700		500	
		год	полгода	год	полгода	год	полгода
<i>Западная Антарктида</i>							
Беллинсгаузен (Bellingshausen)	г, г/кг	6,46	0,34	2,52	0,44	0,41	0,07
	t, °C	176,27	4,33	179,07	2,8	244,79	4,91
Ноймайер (Neumayer)	г, г/кг	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
Санаэ (Sanae)	г, г/кг	1,3	0,13	0,24	0,03	0,04	0
	t, °C	260,7	11,41	155,28	7,56	215,37	8,45
Халли (Halley)	г, г/кг	1,58	0,17	0,33	0,03	0,03	0,01
	t, °C	278,8	12,71	156,98	7,32	190,64	8
McMurdo (Мак-Мёрдо)	г, г/кг	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
<i>Восточная Антарктида</i>							
Кейси (Casey)	г, г/кг	2,96	0,63	0,89	0,25	0,12	0,02
	t, °C	344,49	55,51	218,08	35,65	305,8	36,53
Мирный (Mirny)	г, г/кг	3,6	0,9	1,07	0,2	0,32	0,06
	t, °C	521,2	67,6	256,88	25,1	359,08	27,08
Дюмон-д'Юрвиль (Dumont d'Urville)	г, г/кг	2,52	0,62	1	0,34	0,1	0,04
	t, °C	519,1	75,41	199,38	40,49	245,60	36,57
Моусон (Mawson)	г, г/кг	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
Молодежная (Molodezhnaya)	г, г/кг	4,89	0,33	1,27	0,12	0,26	0,03
	t, °C	577,6	35,27	321,35	17,55	377	27,8
Дэвис (Davis)	г, г/кг	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
Новолазаревская (Novolazarevskaya)	г, г/кг	1,75	0,43	0,42	0,07	0,09	0,02
	t, °C	356,54	32,86	196,26	17,1	198,48	15,42
Амундсен-скотт (Amundsen-Scott)	г, г/кг	–	–	–	–	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 – один из наиболее глубоких и резко выраженных климатических центров стационарирования циклонов в системе циркумполярной субантарктической депрессии, центр которой в этом районе прослеживается выше уровня поверхности 500 гПа, причем ось депрессии с высотой смещается к югу [5; 8].

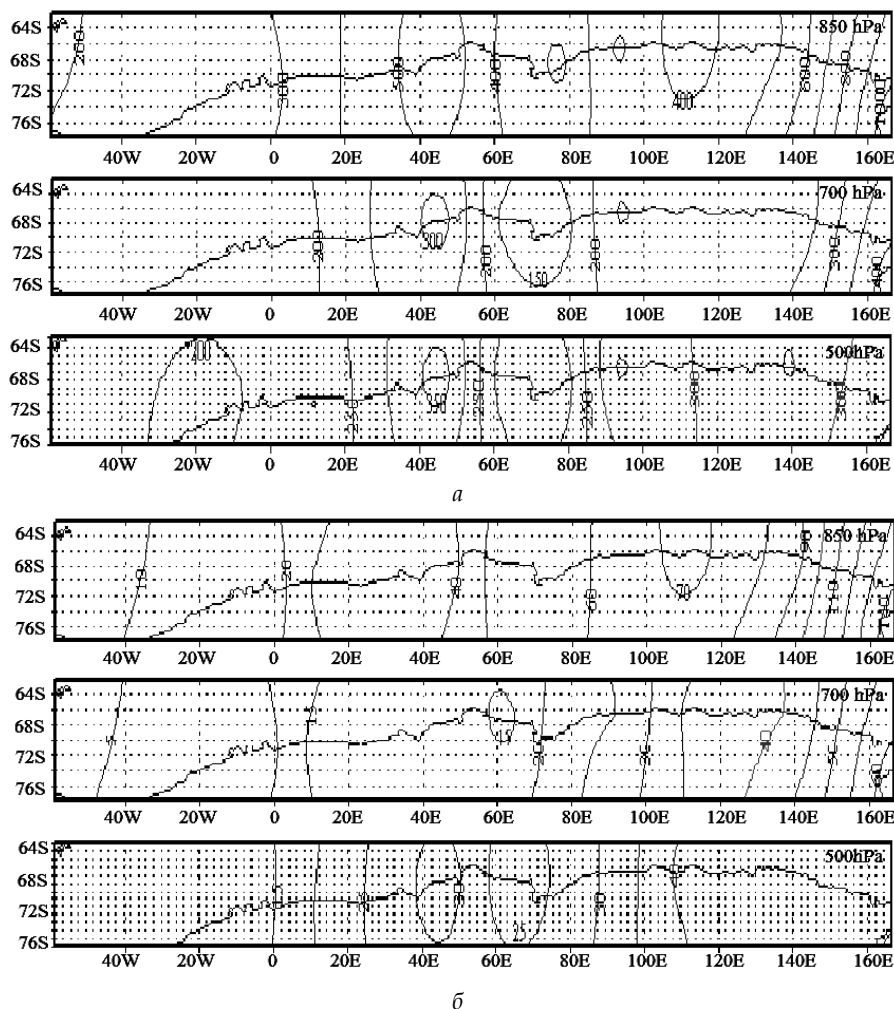


Рис. 1. Поля значений энергетического спектра температуры воздуха по изобарическим поверхностям: а – годовые колебания; б – полугодовые

Пространственное распределение годовых и полугодовых характеристик энергетического спектра отношения смеси показало формирование зоны максимальных значений в районе Антарктического п-ова станция «Беллинсгаузен» (рис. 2, а, б).

Исключением стало поле значений энергетического спектра полугодовых колебаний на 850 гПа поверхности, где в районе Антарктического п-ова зона максимума не наблюдается. Этот факт можно объяснить тем, что 850 гПа поверхность для этого района часто является приземной, следовательно, небольшие значения энергетического спектра отношения смеси воздуха обусловлены близким расположением шельфового ледника Ронне – Фильхнера, для которого характерны полугодовые пульсации [1, с. 5–12; 3].

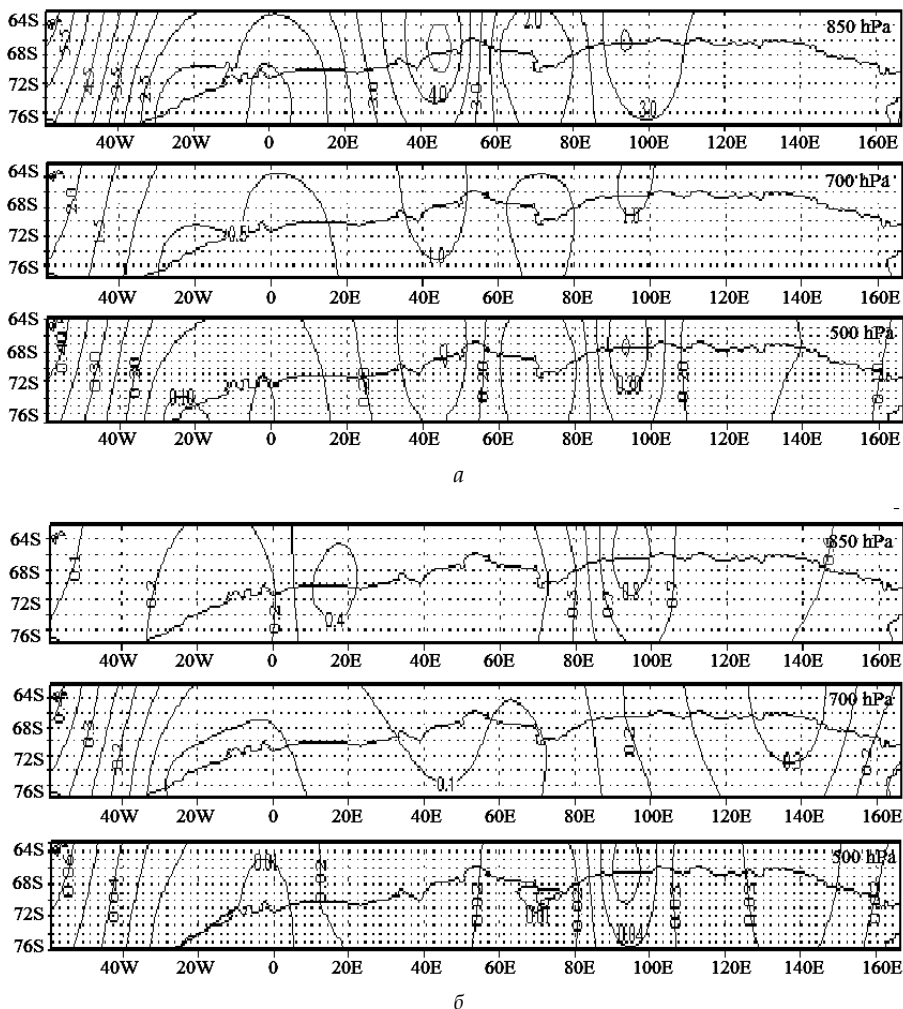


Рис. 2. Поля значений энергетического спектра отношения смеси воздуха по изобарическим поверхностям: *а* — годовые колебания; *б* — полугодовые

Формирование зоны максимальных значений в районе Антарктического п-ова обусловлено циркуляционными процессами и связанным с ними переносом влаги, а также расположением станции «Беллингаузен». Станция находится на западном побережье полуострова Файлдс, который вытянут на северо-запад на 10 км, поэтому значения влагопереноса в этом районе в три раза больше, чем на других станциях антарктического материка [4; 8].

Выводы. Проведенные исследования пространственного распределения характеристик энергетического спектра отношения 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 глу-



бокого 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. Нахождение зоны максимальных значений в районе Антарктического п-ова обусловлено переносом влаги, связанным с циркуляционными процессами и его расположением. 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.

13

Список литературы

1. Аверьянов В. Т. Гляциоклиматология Антарктиды. Л., 1990.
2. Гончарова Л. Д., Школьный С. П. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації : навчальний посібник // Одеса: Екологія. 2007.
3. Данова Т.Е., Галат Е.В. Временная изменчивость ледовитости Антарктических морей // Метеорология, кліматологія і гідрологія. 2008. Вип. 50. 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 века // 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. СПб., 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. Київ, 12–14 травня. 2009. С. 72–74.
8. База данных радиозондирования атмосферы. URL: <http://www.aari.aq> (дата обращения: 12.04.2010).

Об авторах

Татьяна Евгеньевна Данова – доц., канд. геогр. наук, Одесский государственный экологический университет.

E-mail: danova8@mail.ru

Олег Милославович Прокофьев – ассист., Одесский государственный экологический университет.

E-mail: leggg0707@rambler.ru

About the authors

Tatyana Danova – Ass. Prof., Odessa State Environmental University.

E-mail: danova8@mail.ru

Oleg Prokofyev – Lecturer, Odessa State Environmental University.

E-mail: leggg0707@rambler.ru