

П. Б. БАБАДЖАНОВ, Б. В. КАЛЬЧЕНКО, Б. Л. КАЩЕЕВ,
член-корреспондент АН СССР В. В. ФЕДЫНСКИЙ

О ДВИЖЕНИИ ВОЗДУШНЫХ МАСС В НИЖНЕЙ ТЕРМОСФЕРЕ ВБЛИЗИ ЭКВАТОРА

Советская экваториальная метеорная экспедиция вела регулярные наблюдения метеоров в Сомали (г. Могадишо, 2° с.ш., 45° в.д.) с августа 1968 по июль 1970 г. ⁽¹⁾, всего в экспедиционных условиях проведено 326 полных суток измерений дрейфа метеорных следов; за это время было зарегистрировано свыше 420 000 метеоров, пригодных для получения данных о ветре в зоне нижней термосферы.

Подобные наблюдения в экваториальной зоне проводились в мировой практике впервые, в связи с чем особенно внимательно изучались характеристики метеорной зоны вблизи экватора. С помощью амплитудно-фазового высотомера было установлено, что большинство метеорных отражений регистрируется на высоте 80–105 км; средняя высота регистраций для экспедиционного радиолокационного комплекса составила 93–94 км.

В сентябре и октябре 1968 г. метеоры были особенно обильны. Среднесуточное число регистраций метеоров, пригодных для обработки, в это время составило 2040. Это было использовано для исследований межсуточных изменений скорости ветра.

В самом начале наблюдений в Могадишо был замечен значительный межсуточный ход зональной компоненты скорости ветра, или зонального ветра, у меридиональной компоненты, или меридионального ветра, преобладал двухсуточный период. Эти особенности подвергались специальному

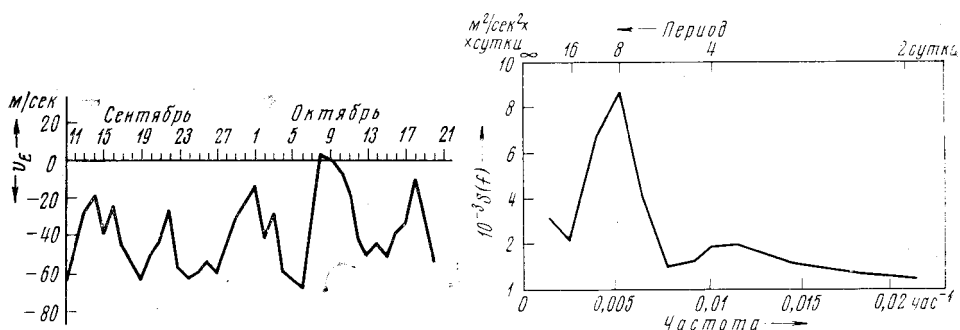


Рис. 1

Рис. 2

Рис. 1. Изменение среднесуточных значений скорости зонального ветра в течение 40-суточного цикла наблюдений (11 IX — 20 X 1968 г.)

Рис. 2. Спектральная плотность $S(f)$ скорости зонального ветра

исследованию. Метод наблюдений, применявшийся в Сомали ⁽¹⁾, дает возможность получать данные о зональном и меридиональном ветре одновременно и таким образом более надежно получить горизонтальный вектор скорости ветра.

На рис. 1 показано изменение среднесуточных значений зонального ветра в течение 40-суточного цикла непрерывных наблюдений. Среднесуточные значения горизонтальной скорости ветра в метеорной зоне значительно изменяются от суток к суткам. Явно выделяется восьмисуточный период изменения. Характерной чертой изменения скорости является по-

чти полное отсутствие движения в восточном направлении. Ветер на высотах 80–105 км в основном направлен на запад.

Экспериментальный материал в виде средних за трехчасовые интервалы был подвергнут спектральному анализу по методике, предложенной в (2). Спектральная плотность имеет два максимума вблизи 3, 6 и 8 суток (рис. 2). Восьмисуточный период выделяется очень четко.

Результаты, представленные на рис. 1, подвергнуты гармоническому анализу с использованием формул Бесселя, при этом весь ряд был разбит

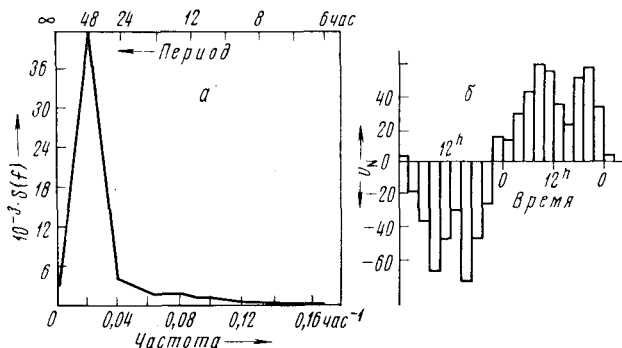


Рис. 3. а — спектральная плотность скорости меридионального ветра (февраль 1969 г.). б — гистограмма за 48-часовой период по усредненным данным (в м/сек) за период 6–13 II 1969 г.

на пять восьмисуточных интервалов, из которых получен усредненный интервал, подвергшийся гармоническому анализу. Аналогичные исследования проведены и для меридиональной компоненты скорости ветра. Были получены следующие результаты:

Период, сутки	8	4	2,7	2
Зональный ветер, м/сек	17,0	4,0	2,4	2,0
Меридиональный ветер, м/сек	0,6	4,3	5,7	14,8

Для зонального ветра характерно преобладание восьмисуточного периода со средней амплитудой 17 м/сек, в меридиональном ветре преобладает двухсуточная волна с амплитудой $A_1 = 14,8$ м/сек. Эта закономерность подтверждается также по результатам других рядов наблюдений.

Особенно интенсивная двухсуточная волна меридионального ветра была отмечена в феврале 1969 г. На рис. 3а приведена спектральная плотность меридиональной составляющей скорости ветра, а также гистограмма (рис. 3б) за 48-часовой период, построенная по усредненным данным за период 6–13 II 1969 г. Результаты гармонического анализа приведенного ряда изменения скорости оказались следующими:

A_0	A_1	φ_1^0	A_2	φ_2^0	A_3	φ_3^0	A_4	φ_4^0
4,3	56,1	185	11,3	103	9,6	184	10,4	179

(здесь амплитуды A_i в м/сек, начальные фазы φ_i^0 в градусах). Амплитуда двухсуточной гармоники A_1 составила 56,1 м/сек.

В целом в течение двух лет наблюдений двухсуточная компонента A_1 меридионального ветра преобладала над суточной A_2 и полусуточной A_4 компонентами.

Интересны изменения среднемесячных значений скорости ветра в течение двух лет. На рис. 4 представлены кривые изменения скорости преобладающего зонального и меридионального ветра в экваториальной зоне. Зональная компонента скорости ветра в основном направлена на запад. Обращение ветра происходит вблизи эпохи летнего и зимнего солнцестояния. Однако возможны и отступления от дней солнцестояния. Так, в 1970 г. обращение происходило в середине мая.

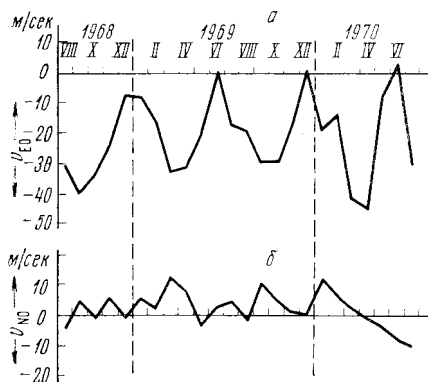


Рис. 4. Изменения среднемесячных значений скорости ветра: а — зональная, б — меридиональная компонента

В изменениях зонального ветра четко выделяется полугодовой период с амплитудой 15,2 м/сек. При этом фаза полугодовой волны такова, что максимальное торможение атмосферы, вращающейся вместе с Землей (ветер направлен на запад), происходит в начале марта и сентября, а минимальное — в июне и декабре.

Меридиональный ветер в течение двухлетнего цикла наблюдений в основном был направлен на север. Только в 1970 г. наблюдалось аномальное южное направление ветра. Возможно, это указывает на существование квазидвухлетней периодичности в меридиональном переносе.

Из сопоставления рис. 4а и 4б видно, что зональное движение является преобладающим и оно подвержено более значительным периодическим изменениям, чем меридиональное.

Анализ внутрисуточных изменений скорости ветра показал, что в нижней термосфере вблизи экватора имеют место приливные суточные и полусуточные периоды изменения скорости ветра, а для зонального вет-

Таблица 1

Параметры гармонического разложения $f(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin \left(\frac{n \cdot 180^\circ}{12} t + \varphi_n^0 \right)$ скорости ветра, усредненные за целый месяц (A в м/сек, φ в градусах)

Год	Месяц	Зональный ветер							Меридиональный ветер				
		A_0	A_1	A_2	A_3	φ_1^0	φ_2^0	φ_3^0	A_0	A_1	A_2	φ_1^0	φ_2^0
1968	Август	-31,0	14,0	6,0	3,5	209	165	241	-4,5	10,0	10,8	117	200
	Сентябрь	-39,9	7,3	7,8	5,5	141	241	278	4,7	9,4	6,7	197	184
	Октябрь	-33,5	8,5	12,3	7,2	103	322	282	-0,4	8,4	3,4	124	123
	Ноябрь	-23,6	5,1	16,0	3,0	185	316	266	5,5	8,0	10,6	259	259
1969	Декабрь	-7,3	7,4	21,0	6,0	82	302	227	-0,4	12,4	20,1	158	233
	Январь	-7,7	10,0	18,5	8,6	303	236	218	5,7	21,5	16,0	171	189
	Февраль	-16,1	16,5	17,2	11,2	189	272	202	2,8	15,6	11,2	166	177
	Март	-32,8	9,0	12,2	9,0	152	315	165	12,3	17,0	10,7	328	274
	Апрель	-31,0	9,0	12,0	10,0	142	296	183	8,0	17,6	10,2	109	291
	Май	-20,0	13,7	9,0	6,5	201	264	203	-2,5	10,0	5,3	273	193
	Июнь	-0,8	14,6	12,7	4,6	259	226	165	2,3	17,5	8,1	308	189
	Июль	-17,0	22,7	10,4	8,2	202	222	201	4,4	21,2	12,4	300	177
	Август	-19,0	8,6	8,2	7,6	149	235	197	-0,7	13,0	14,8	301	193
	Сентябрь	-29,5	12,5	9,5	7,5	193	264	202	11,1	8,2	4,5	340	306
	Октябрь	-29,0	13,0	10,5	9,0	120	273	216	5,6	7,0	1,8	324	345
	Ноябрь	-18,0	15,0	10,5	7,5	150	283	292	1,8	7,5	2,0	278	354
1970	Декабрь	1,2	16,5	12,0	8,7	241	283	267	0,2	19,6	8,2	215	249
	Январь	-18,5	11,8	18,3	5,1	143	290	224	12,6	18,0	17,0	133	171
	Февраль	-14,4	13,9	23,4	5,8	93	267	255	7,0	13,1	18,3	197	186
	Март	-41,2	6,7	20,4	7,0	102	274	228	2,8	13,6	10,0	232	278
	Апрель	-44,5	15,5	8,6	4,5	77	317	154	-0,8	10,5	15,2	95	152
	Май	-8,0	19,8	6,0	7,5	179	262	118	-3,1	12,0	6,6	261	144
	Июнь	2,6	15,5	6,0	7,0	185	239	150	-7,5	14,0	3,4	293	130
	Июль	-30,0	22,0	15,0	4,0	176	206	218	-9,4	14,0	9,9	215	171

Примечание. A_0 — величина преобладающего ветра, A_1 , A_2 , A_3 — амплитуды суточной, 12- и 18-часовой волны соответственно.

ра обнаружена также 8-часовое изменение компоненты скорости. Результаты гармонического анализа, усредненные за целый месяц, представлены в табл. 1 (данные приведены к середине каждого месяца).

Из табл. 1 видно, что суточная компонента преобладает над полусуточной для зонального ветра в 50% случаев, а для меридиональной компоненты — в 75%. Среднее значение амплитуды суточной составляющей как зональной, так и меридиональной компонент за рассматриваемый интервал времени составило около 13 м/сек. Средняя амплитуда полусуточной составляющей для зонального ветра 12,6 м/сек, для меридионального — 9,9 м/сек. Наблюдается увеличение амплитуд суточной и полусуточной составляющих в декабре — феврале и несколько меньше в июне — августе.

Начальная фаза ϕ зональной компоненты полусуточной волны в течение двухлетнего периода более стабильна, чем начальная фаза меридиональной компоненты, в изменениях которой просматривается полугодовой период с размахом, достигающим 180° . Средняя величина начальной фазы полусуточного прилива для зональной компоненты составила 268° (9 час.); для меридиональной компоненты 215° (7 час.). В течение года горизонтальный вектор полусуточного прилива может вращаться как по часовой стрелке, так и против за счет резкого изменения фазы в меридиональной компоненте.

Поступило
2 X 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ П. Б. Бабаджанов, Б. В. Кальченко, Б. Л. Кашеев, В. В. Федынский, Вестн. АН СССР, № 9, 33 (1970). ² R. V. Blakman, I. W. Tukey, Dover Publications, N. Y., 1959.