

Ж. Е. БЛАМОН, М. Л. ШАНЕН, М. МАЙЯР (Франция), Л. А. АНДРЕЕВА,  
Л. А. КАТАСЕВ, С. М. ПОЛОСКОВ, Г. Ф. ТУЛИНОВ, Д. Б. УВАРОВ

### РАКЕТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЕТРА ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ В ПОЛЯРНОЙ ОБЛАСТИ МЕТОДОМ ИСКУССТВЕННЫХ СВЕЯЩИХСЯ ОБЛАКОВ

(Представлено академиком Е. К. Федоровым 9 III 1970)

Осенью 1967 г. и весной 1968 г. на о. Хейса ( $80^{\circ}37'$  с.ш.) проводились совместные франко-советские эксперименты по измерению температуры верхних слоев атмосферы с помощью искусственных светящихся облаков ( $\text{NaNO}_2 + \text{AlO}$ ). Было произведено 6 пусков советских метеорологических ракет МР-12 с французскими контейнерами (испарителями натрия) на борту. Оптически тонкие сферические облака образовывались на высотах 120 и 170 км. Одновременно по тем же облакам производилось измерение ветра и определение коэффициента диффузии. В указанное время было произведено также два пуска с контейнерами советского производства для образования оптически плотных натриевых облаков. В одном из этих экспериментов была также измерена температура на высоте 160 км.

Измерение температуры производилось при помощи наземного электрофотометра методом поглощения, основанного на измерении доплеровского уширения резонансного излучения D-линий натрия, путем частичного поглощения этого излучения при его прохождении через специальную кювету, содержащую насыщенные пары натрия известной оптической толщины (<sup>1</sup>).

Фотографирование облаков с целью получения данных по ветру и диффузии осуществлялось аэрофотокамерами ( $d/f = 1:2,5$ ,  $f = 2,5$  см и  $d/f = 1:2,5$ ,  $f = 10$  см). Фотографирование искусственных облаков велось из двух пунктов, удаленных друг от друга на расстоянии порядка 14 км.

Результаты проведенных экспериментов представлены в табл. 1. Рассмотрим их последовательно. Анализ полученных данных показывает, что имеет место существенное различие температуры термосферы как для различных сезонов, так и в зависимости от уровня солнечной и геофизической активности.

Известно (<sup>2</sup>), что во время осенней (1967 г., 9–10 X) и весенней (1968 г.) серии экспериментов геофизическая обстановка была сравнительно спокойной. Однако данные о температуре, полученные в эти сезоны, оказались существенно различными. Осенью по результатам двух пусков температура на высотах 120 и 170 км была соответственно равна 500 и  $900\text{--}1000^{\circ}\text{K}$ , в то время как весной (28 II – 20 III 1968 г.), также по результатам двух пусков на высоте 170 км, температура была примерно в 2 раза ниже. Таким образом, эти измерения показали наличие четко

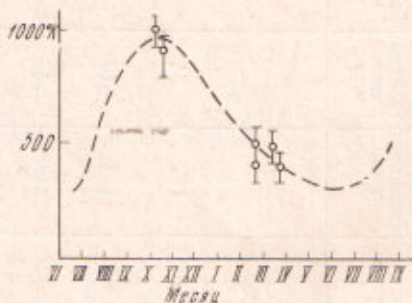


Рис. 1

Таблица 1

Дата	Время	Угол погружения Солнца, град.	Высота, км	Температура, К	Абсолютная погрешность, °К	Скорость ветра, м/сек	Азимут, град.	Зональная составляющая, м/сек	Меридиональная составляющая, м/сек	$D_{\text{экс}}^*$ , см <sup>2</sup> /сек	$D_{\text{расч.}}^*$ , СИГА, 1965 г., см <sup>2</sup> /сек	$\rho_{\text{экс}}^*$ , г/см <sup>3</sup>	$\rho_{\text{расч.}}^*$ , СИГА, 1965 г., г/см <sup>3</sup>
09 X 1967	18 ч. 40 м.	-8	420	500	±30	—	—	—	—	—	—	—	—
	18 ч. 55 м.	9	158	1030	±40	—	—	—	—	—	—	—	—
40 X 1967	20 ч. 00 м.	42	155	950	±60	410	162	+34	-104	2,0·10 <sup>8</sup>	1,5·10 <sup>9</sup>	2,0·10 <sup>-12</sup>	2,15·10 <sup>-11</sup>
	17 ч. 55 м.	7											
28 II 1968	19 ч. 05 м.	10	474	520	±20	66	194	-16	-64	6,4·10 <sup>8</sup>	4,3·10 <sup>-8</sup>	4,3·10 <sup>-13</sup>	8,91·10 <sup>-13</sup>
	18 ч. 00 м.	6		400									
16 III 1968	18 ч. 50 м.	9	172	4100	±50	72	219	-45	-56	5,0·10 <sup>8</sup>	4,0·10 <sup>8</sup> 0,8·10 <sup>7</sup>	8,6·10 <sup>-13</sup>	8,41·10 <sup>-13</sup> 2,49·10 <sup>-11</sup>
	20 ч. 50 м.	9,5		930									
19 III 1968	20 ч. 08 м.	10	121	—	—	154	285	-149	+40	1,4·10 <sup>7</sup>	4,0·10 <sup>8</sup>	—	8,24·10 <sup>-13</sup>
	20 ч. 50 м.	9,5		—									8,37·10 <sup>-13</sup>
21 III 1968	0 ч. 30 м.	9	171	—	—	172	210	-85	-147	5,9·10 <sup>8</sup>	4,4·10 <sup>8</sup>	—	8,24·10 <sup>-13</sup>
	21 ч. 30 м.	9	171	—	—	300	239	-256	-154	5,8·10 <sup>8</sup>	4,4·10 <sup>8</sup>	—	8,24·10 <sup>-13</sup>
	0 ч. 30 м.	9	174	400°K	±20	83	227	-66	-68	5,6·10 <sup>8</sup>	4,0·10 <sup>8</sup>	4,0·10 <sup>-13</sup>	8,24·10 <sup>-13</sup>

выраженной сезонной вариации температуры термосферы полярной области (см. рис. 1). Факт существования подобных вариаций является новым.

Следует отметить, что в работе (3) также указывается на низкое значение температуры термосферы полярной области в зимний период.

Представляет также особый интерес результат измерения температуры 16 III 1968 г. в период сильных геомагнитных возмущений. Данные различных параметров, характеризующих геофизическую активность с 10 по 23 III, приведены на рис. 2.

Как видно из рисунка, геомагнитная активность резко усилилась в ночь с 15 на 16 III. Кроме того, в течение часа перед пуском ракеты зарегистрировано риометрами на 32 Мгц 3 бухты поглощения порядка 1db, в то время как в период с 1 по 16 III поглощения вообще не наблюдалось. Данные станции ионосферного зондирования также указывают на наличие аномалии 16 III.

Во время ракетного эксперимента 16 III наблюдалось резко увеличенное значение температуры (примерно 1000°K против 400—500°K, до и после этого пуска — 28 II и 20 III).

Таким образом, получены данные о существенной зависимости температуры от уровня геоактивности, которые подтверждают возможность резких изменений температуры полярной термосферы, отмеченных в эксперименте (4) 22 V 1963 г. в Форте Черчилль (Канада).

За время фотометрирования облаков 28 II и 16 III наблюдалось понижение температуры в течение эксперимента. Эти эксперименты

проводились в вечерние сумерки, поэтому уменьшение температуры можно интерпретировать как охлаждение атмосферы в течение вечерних сумерек. Однако этот эффект требует дополнительной проверки.

С целью подтверждения полученных результатов и выявления новых закономерностей в марте 1969 г. на о. Хейса была успешно проведена большая серия экспериментов, которые в настоящее время обрабатываются.

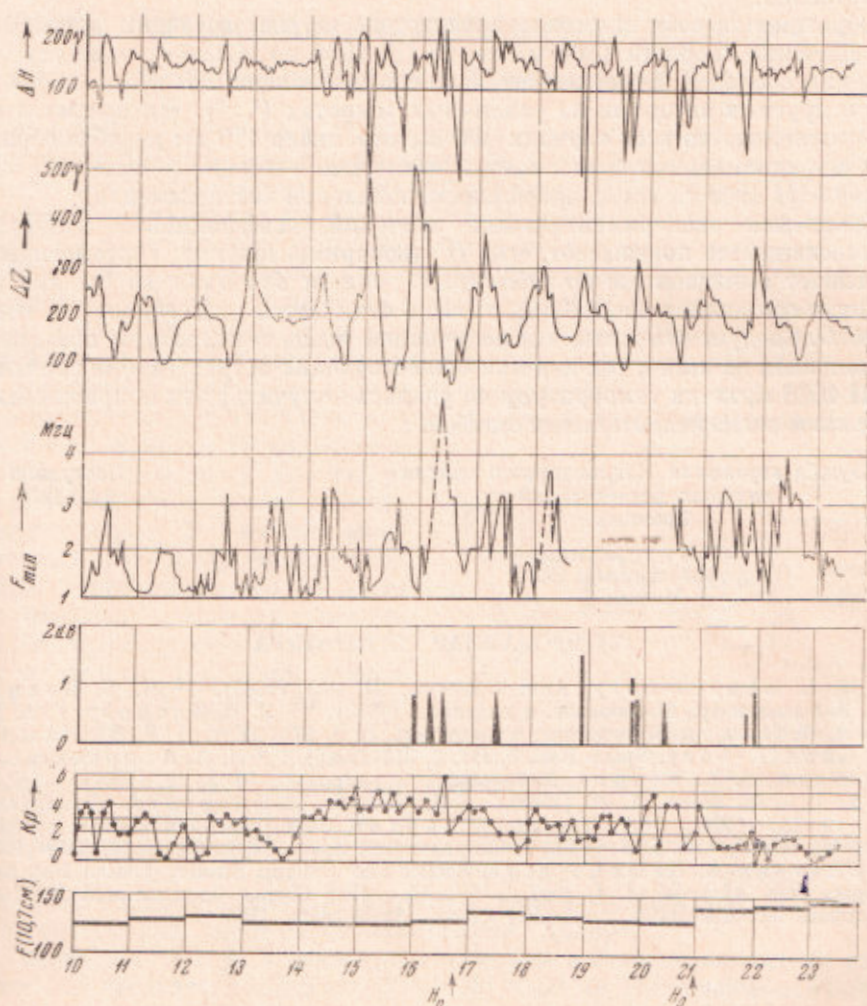


Рис. 2

Приведенные в табл. 1 результаты по ветру и коэффициенту диффузии получены путем обработки данных методами, аналогичными изложенным в работах (2-7). Максимальная погрешность в определении скорости ветра составляет 10—20 м/сек, в коэффициенте диффузии 25—30%.

В табл. 1 дан геодезический азимут. Зональная и меридиональная составляющие приняты положительными на восток и север соответственно. Во всех случаях коэффициент диффузии определялся по реагенту  $\text{AlO}$ , за исключением опыта 28 II 1968 г., в котором  $D$  определялось по  $\text{Na}$ . Кроме экспериментальных данных о ветре и диффузии, в таблице приведены значения плотности  $\rho$  атмосферы, вычисленные по экспериментальным значениям  $D$  и  $T$ . Вычисления производились по формуле газокINETической

теории (<sup>8</sup>) в предположении, что концентрация молекул реагента значительно меньше концентрации молекул воздуха.

Приведены для сравнения данные о плотности атмосферы, заимствованные из моделей 4 и 6 таблиц CIRA 1965 г. (<sup>11</sup>), и значения коэффициентов диффузии для АЮ, вычисленные с привлечением этих же моделей.

Из таблицы следует, что во всех случаях на высоте около 170 км направление ветра было примерно одинаковым, а скорость менялась очень существенно.

Обращает на себя внимание присутствие ветров, имеющих очень большое значение скорости (300 м/сек, 19 III 1968 г.). Следует отметить, что значения скорости ветра, значительно превышающие 200 м/сек, наблюдались и другими авторами на различных широтах (<sup>9</sup>, <sup>10</sup>). Интересно отметить также, что во всех случаях на высоте около 170 км преобладающей была меридиональная компонента, исключая аномально большую скорость 19 III 1968 г., когда преобладала зональная составляющая.

Сравнение экспериментальных значений коэффициента диффузии с вычисленными показывает, что  $D$  экспериментальное систематически превышает вычисленные по табличным данным значения  $D$ . Однако это различие составляет около 25%, т. е. не отличается от погрешности измерений  $D$ . Следует отметить, что полученные выше температуры приведены без поправок на ветер, так как при существующих ветрах (кроме значений 19 III 1968 г., когда температуру не удалось получить) эти поправки были бы меньше экспериментальных ошибок.

Служба аэронавтики Национального центра  
научных исследований  
Франция

Поступило  
9 III 1970

Главное управление  
гидрометеослужбы СССР  
Москва

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> M. L. Chanin-Logy, Ann. Géophys., 21, 303 (1965). <sup>2</sup> Ж. Е. Бламон, М. Л. Шанэн и др., Метеоролог. и гидролог., (1970). <sup>3</sup> И. Н. Иванова, Г. А. Кокки, А. Ф. Чижев, Метеоролог. и гидролог., № 5, 97 (1968). <sup>4</sup> J. E. Blamont, M. L. Chanin-Logy, Space Res., 5, III, 8, 343 (1965). <sup>5</sup> Л. А. Андреева, С. М. Полосков, Д. Б. Уваров, Метеоролог. и гидролог., № 9, 12 (1967). <sup>6</sup> Д. Б. Уваров, Астр. вестн., 1, 32 (1969). <sup>7</sup> K. Hoyd, L. Sheppard, Australian J. Phys., 19, 323 (1966). <sup>8</sup> Г. Месси, Е. Бархон, Электронные и ионные столкновения, М., 1958. <sup>9</sup> L. B. Smith, J. Geophys. Res. Space Phys., 73, № 15, 4959 (1968). <sup>10</sup> P. Bhavsar, K. Ramanujarae, Rocket and Ballonn Studies, Indian Nat. Com. for Space Res. Ahmedabad, 1, 1967. <sup>11</sup> CIRA — 1965 Cospar. International Reference Atmosphere North-Holland Publishing Comp., Amsterdam, 1965.