

*Ю.Л. Матвеев*

**РОЛЬ ДИНАМИЧЕСКОГО И ТЕРМИЧЕСКОГО ФАКТОРОВ  
В ОБРАЗОВАНИИ ОБЛАКОВ**

*Yu.L. Matveev*

**THE ROLE OF DYNAMIC AND THERMAL FACTORS  
IN CLOUD FORMATION**

*Вклад радиационно-термического фактора – сухонеустойчивой термической стратификации в приземном слое в формирование всех форм облаков, в том числе кучевых, не превышает 20 – 30 %. Основную роль в образовании облаков играет динамический фактор: вертикальные движения синоптического масштаба, изменение их скорости с высотой и увеличение вертикального градиента температуры во времени. В достижении состояния насыщения влажнонеустойчивой стратификации значительную роль играет зависимость влажноадиабатического градиента от температуры и давления воздуха.*

*The contribution of the radiation and thermal factor – dry unstable thermal stratification in the surface layer – in forming all types of clouds, including Cumulus clouds, does not exceed 20 – 30 %. The key role in cloud formation is played by the dynamic factor: synoptic-scale vertical motions, variations in their velocity with altitude and increase of vertical temperature lapse rate in time. A significant role in reaching the saturation condition of the moist labile stratification belongs to the dependence of the moist adiabatic gradient on air temperature and pressure.*

Широко распространено мнение (нашедшее отражение в учебной и монографической литературе), согласно которому большой вклад в образование облаков вносит радиационно-термический фактор – сухонеустойчивая стратификация в приземном слое атмосферы, формирующаяся под влиянием притока солнечной радиации к земной поверхности.

Количество облаков (во всяком случае, кучевообразных) должно быть существенно больше днем, летом и в низких широтах, чем, соответственно, ночью, зимой и в высоких широтах. Ночью в течение всего года, а зимой в умеренных и высоких широтах также и днем, будь роль радиационно-термического фактора определяющей, кучевообразные облака вообще не должны наблюдаться.

С целью подтверждения или опровержения распространенного взгляда на роль радиационно-термического фактора в формировании облаков приведем данные наблюдений за облаками.

Днем под влиянием динамического фактора, тесно связанного с синоптическими вихрями (прежде всего циклонами и ложбинами), облаков образуется столько же, сколько их образуется ночью (поскольку вероятность возникновения вихря от времени суток не зависит). Поэтому, если составить разность между числом облаков данной балльности, которые наблюдались за опреде-

ленный период (месяц, сезон) днем ( $N_d$ ), и числом таких же облаков ночью ( $N_n$ ) и отнести ее к числу облаков за сутки ( $N$ ):

$$P = \frac{N_d - N_n}{N},$$

то эта разность будет характеризовать вклад радиационно-термического фактора в формирование облаков различной балльности.

Для получения сведений об  $N_d$  и  $N_n$  и оценки параметра  $P$  привлечены восьмисрочные наблюдения за облаками в Санкт-Петербурге (СПб) и удаленных от Санкт-Петербурга на 80 км двух поселков – Белогорке (Бел.) и Сосново (Сос.), а также в г. Алексин (Тульской обл.).

В табл. 1 и 2 приведена повторяемость групп облаков и ясного неба в Санкт-Петербурге и Белогорке по наблюдениям за весну 1976 г. и март 1978–1980 гг., за лето 1976 г. и четыре летних месяца 1977 и 1979 гг., в Сосново – в те же периоды, кроме 1976 г., в Алексине – за лето 1980–1984 гг.

К дневной части суток отнесены наблюдения в 8, 11, 14 и 17 ч местного времени, к ночной – в 20, 23, 2 и 5 ч того же времени.

Таблица 1

**Повторяемость (%) групп нижних облаков и параметр  $P$  (%)**  
(д – день, н – ночь;  $N$  – объем выборки)

Пункт	Группа облаков, баллы															N
	0			1–3			4–6			7–9			10			
	д	н	P	д	н	P	д	н	P	д	н	P	д	н	P	
Весна																
СПб	46	51	–5	5,3	2,0	45	6,2	1,5	61	3,5	1,7	35	39	44	–6	740
Бел.	39	47	–9	8,5	4,8	28	9,4	5,4	27	4,9	2,0	42	38	40	–3	740
Сос.	38	46	–10	5,3	2,2	41	7,8	5,1	21	2,5	2,1	9	46	44	2	372
Лето																
СПб	20	37	–30	14	8,8	23	19	10,6	29	16	6,3	43	31	32	–1	860
Бел.	15	30	–33	18	16	6	23	13	28	14	5,6	43	31	37	–9	854
Сос.	21	37	–28	21	14	20	29	15	32	4,4	3,0	19	23	31	–15	496

Таблица 2

**Повторяемость (%) групп облаков и параметр  $P$  (%) в г. Алексин (Тульской обл.).**  
Лето 1980–1984 гг. Объем каждой выборки за день (д) и ночь (н) – 1840

Облачность		Группа облаков, баллы				
		0	1–3	4–6	7–9	10
Общая	д	10	9,1	16	24	41
	н	29	7,3	9,8	11	43
	P	–48	11	23	36	–2
Нижняя	д	29	14	22	16	19
	н	64	4,2	4,3	4,5	23
	P	–38	53	67	57	–8

Распределение количества облаков ( $n$ ), согласно табл. 1 и 2, согласуется с известной закономерностью: при наземных наблюдениях в фиксированном пункте (в общем случае – при малой площади обзора) максимумы повторяе-

мости (плотности распределения ( $n$ )) приходится на 0 (ясное небо) и 10 баллов. Повторяемость всех других баллов достаточно низкая: для каждого балла она не превышает 3–5 %, при этом нет четко выраженного минимума повторяемости.

Детально вопрос о распределении  $n$  обсужден в [1, 2]. Основная цель настоящей статьи – сравнение распределений количества облаков днем и ночью и оценка вклада двух факторов в формирование облаков.

В табл. 1 и 2, наряду с повторяемостями различных групп облаков в дневную и ночную половину суток, указаны значения параметра  $P$ . Не выписывая данных о повторяемости, приводим в табл. 3 значения  $P$  для общей облачности (для тех же периодов и объемов выборок, что и в табл. 1). Сравнение табл. 1 и 3, а также значений  $P$  в табл. 2, показывает, что в большинстве случаев (в 18 из 28) значения  $P$  для нижней облачности больше, чем для общей: влияние радиации на формирование нижних облаков более существенно, чем на общую облачность (включающую, кроме нижних, облака более высоких уровней).

Средневзвешенные (с учетом повторяемости всех групп облаков) значения параметра  $P$  на северо-западе России во всех случаях как весной, так и летом не превышает 15 %, а в 8 (из 12) случаях – даже 10 %. Лишь в Алексине, расположенном существенно южнее Санкт-Петербурга, в образование нижней облачности летом вклад радиационно-термического фактора достигает 33 %. Однако и здесь основной вклад (67 %) в формирование облаков вносит динамический фактор.

Таблица 3

**Параметр  $P$  (%) для групп общей облачности**

Пункт	Сезон	Группа облаков, баллы				
		0	1–3	4–6	7–9	10
СПб	Весна	–28	4	3	41	7
	Лето	–43	14	12	14	1
Бел.	Весна	–33	–1	21	33	5
	Лето	–60	2	3	10	6
Сос.	Весна	–30	14	10	14	6
	Лето	–24	–8	23	37	–3

Нельзя не отметить и такого факта: согласно табл. 1, повторяемость безоблачных (0 баллов) состояний во всех трех пунктах на северо-западе России весной значительно больше (днем – до 2–3 раз), чем летом (в Санкт-Петербурге – 46 % весной и только 20 % летом, в Белогорке – 38 и 15 %, в Сосново – 38 и 21 % соответственно).

Выполненный анализ наблюдений позволяет заключить: облака, включая кучевые и кучево-дождевые, образуются не только днем, но и ночью. Определяющую роль в их образовании играет динамический фактор – восходящие вертикальные движения синоптического масштаба, увеличение скорости их и вертикального градиента температуры с высотой в нижней половине тропосферы; вклад радиации не превышает 20 – 30 %.

В достижении состояния насыщения и влажнонеустойчивой стратификации выше уровня конденсации, сопровождающейся образованием кучево-дождевого облака, значительную роль играет зависимость влажноадиабатического градиента температуры: он уменьшается от  $0,91\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$  при  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $0,64\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$  при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $0,39\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$  при  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

***Литература***

1. Глобальное поле облачности. / Под ред. Л.Т. Матвеева. – Л.: Гидрометеиздат, 1986, с. 105–155.
2. *Матвеев Ю.Л.* Плотность распределения и суточные колебания количества облаков. // Метеорология и гидрология, 1996, № 1, с. 27–34.