

ГЕОФИЗИКА

УДК 551.510.534

АТМОСФЕРНЫЙ ОЗОН И МУССОННАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ АТМОСФЕРЫ

А. Х. Хргиан, Нгуен Ван Тханг (СРВ)

(кафедра физики атмосферы и математической геофизики)

Показано, что в потоке зимнего индонезийско-австралийского муссона слой атмосферного озона сильно приподнимается и становится тоньше и общее количество озона в нем убывает (в среднем на 10%) иногда до рекордных значений менее 200 е. Д., что создает опасность повышенного ультрафиолетового облучения для биосферы, в том числе для населения стран Юго-Восточной Азии.

Атмосферный озон играет большую роль в жизни человека, поскольку он защищает всю биосферу от опасной ультрафиолетовой радиации Солнца. Эта радиация может быть причиной раковых заболеваний кожи человека, болезней глаз и т. п. Она сильнее в тропической зоне Земли, где приток радиации наибольший и путь лучей Солнца в атмосфере самый короткий.

Здесь будут рассмотрены атмосферные условия в тропической Юго-Восточной Азии и на севере Австралии, где население очень велико (более 300 млн человек) и где, как будет видно ниже, течения атмосферы — муссоны — создают местные опасные понижения количества озона. Известно, что в Австралии, например, заболеваемость раком кожи — наивысшая на Земле (5 случаев на 100 000 человек). Поэтому изменения количества озона в этих областях следует изучать очень подробно.

Весьма важное влияние на этот район оказывает «индонезийско-австралийский муссон» (ИАМ). Он зарождается в области высокого давления зимой над северо-востоком Китая, распространяется в ноябре—декабре на юг над Вьетнамом и прилежащими морями, далее в январе—феврале пересекает экватор (что возможно, поскольку здесь сила Кориолиса $2\omega \sin \varphi \cdot v = 0$) и охватывает север Австралии. В потоке ИАМ холодный воздух быстро трансформируется в массу морского тропического воздуха (МТВ), его температура поднимается с 14 до 28°C (см. рис. 1) [1], а давление водяного пара растет с 16 до 28 мбар. Теперь этот воздух имеет большое количество скрытой теплоты парообразования (до 200 Вт/м²), которая затем при конденсации переходит в энергию сильного восходящего движения воздуха.

Граница области явлений ИАМ на западе близка к меридиану 98° в. д., за которым находится область иной, самостоятельной циркуляции — индийского муссона.

В потоке ИАМ происходит и сильная трансформация слоя озона, которую можно проследить по данным об общем содержании озона X и о вертикальном распределении его парциального давления p_3 . Как известно, в общем восходящем потоке слой озона и z_m — уровень максимума p_3 — приподнимаются, а общее содержание озона в слое X (выражаемое в единицах Добсона, е. Д.) должно уменьшаться согласно так называемому принципу Норманда—Добсона.

В нашем распоряжении имеются наблюдения вертикального распределения озона над Сеулом и Сингапуром по так называемому опти-

ческому «методу обращения» — данные о p_{zi} в девяти слоях атмосферы на высотах от 0 до 44 км ($i=1 \div 9$, слои от 2-го до 9-го имеют толщину $\omega=4,5$ км). Зная p_{zi} для этих слоев, по простой формуле интерполяции получаем

$$p_3(h_i + x\omega) = p_3(z_m) = p_3(h_i) + x\Delta_i^1 + \frac{x(x-1)}{2} \Delta_i^2 + \dots,$$

где x — высота над h_i — серединой i -го слоя в единицах ω , Δ_i^1 и Δ_i^2 — первая и вторая разности ряда p_{zi} . Тогда мы имеем для максимума p_{zm} :

$$x_m = \frac{1}{2} - \frac{\Delta_i^1}{\Delta_i^2}, \quad z_m = h_i + x_m\omega.$$

Так, в Сеуле, в первой части пути ИАМ, при его наибольшем развитии в феврале, в среднем $z_m=21,9$ км (в 1987 г. было даже $z_m=21,4$ км). Далее, при движении на юг, в потоке ИАМ над Сингапуром z_m повышается в январе — феврале до 26,6—26,8 км.

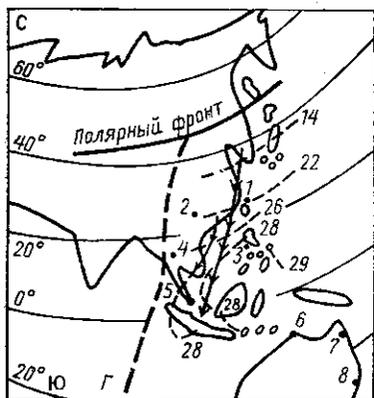


Рис. 1. Схема действия индонезийско-австралийского муссона: Г — граница между ИАМ и индийским муссоном; линии со стрелками — траектории движения воздушных масс ИАМ с двух станций Китая с 0 ч мирового времени 16 декабря 1978 г.; пунктирные линии с цифрами — изотермы. Точками указаны обсерватории, наблюдавшие озон, в городах: Тайбэй (1), Куньмин (2), Манила (3), Бангкок (4), Сингапур (5), Дарвин (6), Кэрнс (7), Брисбен (8)

Восходящее движение в МТВ, таким образом, проникает и в стратосферу, приподнимая слой озона на 5 км примерно за 5 дней пути потока. При этом p_{zm} убывает в среднем от 150 нбар над Сеулом до 134 нбар над Сингапуром.

При таком подъеме уменьшается и общее содержание озона X . Таблица показывает, как убывает X в области ИАМ по сравнению с X_0 — средним X в тропической зоне вне этой области. В среднем зимний минимум X в Тайбэе отмечается в декабре ($X=260$ е. Д.), в Маниле ($X=236$) и Сингапуре ($X=240$) — в январе, в Кэрнсе в Австралии ($X=239$) — в феврале, везде на 21—27 е. Д. ниже значений X_0 .

Поскольку восходящее движение в МТВ формируется в тропосфере, величина p_3 в МТВ в приземном слое убывает (как и в стратосфере) от 25—27 нбар в Сеуле до 4—13 нбар в Пенанге (Малайзия) в период ИАМ.

Для области ИАМ типичны резкие падения X , временами ниже 230 е. Д. Такие значения X наблюдались за 10 лет (1979—1988) в Маниле 107 раз, в Сингапуре — 102 раза (в основном в декабре — марте), в Кэрнсе в 1975—1983 гг. — 104 раза (главным образом в январе—ап-

Средние многолетние значения X (в е. Д.) в области ИАМ и X_0 —в тропической зоне (20° ю. ш.— 20° с. ш.) вне области ИАМ

	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель
X : Манила	240	242	236	240	251	270
Бангкок	268	260	246	249	259	270
Сингапур	249	244	240	242	250	259
Дарвин	270	265	261	260	259	261
Кэрнс	265	254	243	239	241	240
Брисбен	303	291	276	267	267	269
X_0	269	266	261	266	267	268

реле). В Кэрнсе 6 февраля 1977 г. X упало до рекордного минимума — 197 е. Д. За пределами области ИАМ понижения $X < 230$ редки.

Очень важен вопрос о многолетних изменениях — тренде — озона в области ИАМ. В последней лишь в одной обсерватории — в Брисбене (Австралия) длительно (в 1957—1988 гг.) наблюдалась динамика слоя озона. Сглаженный по пятилетним скользящим средним ход годовых X (рис. 2) показывает, что в 1966—1986 гг. количество озона над Брисбеном убывало. В феврале (в период муссона) эта убыль достигала 1,3 е. Д. (около 0,5%) в год. На других обсерваториях области ИАМ не было достаточно длительных для оценки тренда наблюдений. Ближайшая длительно работавшая обсерватория вне области ИАМ — Кодайканал в Индии — обнаружила с 1971 г. убыль X всего на 0,54 е. Д. (около 0,2%) в год. Очевидно, уменьшение X было заметно повышено в области ИАМ в период муссона.

Таким образом, глубокие и усиливающиеся со временем понижения X типичны еще для одной области Земли — тропиков Юго-Восточной Азии и Австралии помимо уже известных антарктической и арктической областей весенней убыли озона.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Martin D., Reiff J., Mower R. N. // Quart. J. Roy. Met. Soc. 1988. 114, part A, N 479. P. 91.

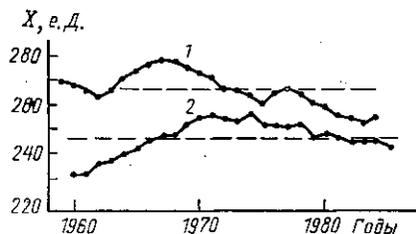


Рис. 2. Сглаженный по пятилетним средним в феврале ход X : над Брисбеном (1) и Кодайканалом (2)

Поступила в редакцию
27.09.89