

А.А. Михайлов, П.П. Аммосов, Г.А. Гаврильева, С.В. Николашкин

Озоновый слой атмосферы над Якутией

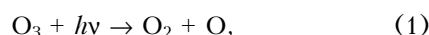
Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН, г. Якутск

Поступила в редакцию 12.11.2004 г.

Рассматривается состояние озонового слоя атмосферы над Якутией. Обнаружены отдельные локальные понижения толщины (дыры) озонового слоя. Прослежена динамика движения дыр в озоновом слое во времени. Обсуждается проблема образования дыр в озоновом слое атмосферы.

Состояние озонового слоя стратосферы играет важную роль для всех живых организмов. Биологические организмы беззащитны перед ультрафиолетовым излучением Солнца с длиной волны меньше 3200 \AA (УФ-Б) – в клетках происходят разрушающие их мутации. Ультрафиолетовое излучение вызывает более сильные изменения, чем жесткое излучение (рентген и гамма-излучение). В результате его воздействия начинаются заболевания кожи (рак), слепота (катаракта, ожоги сетчатки) и т.д.

Озоновый слой в стратосфере (в ней содержится до ~90% озона атмосферы) является основным поглощающим фактором ультрафиолетового излучения. Излучение поглощается при реакции



где O_3 – молекула озона; $h\nu$ – ультрафиолетовое излучение; O_2 – молекула кислорода; O – атом кислорода.

Как приведено в [1], уменьшение общего количества озона на 1% может увеличить число людей, заболевших раком кожи, на 10–20%. В Якутске за последние 20 лет, по данным республиканского глазного диспансера, в несколько раз выросло число людей, заболевших катарактой.

Состояние озонового слоя, по данным Центральной аэрологической обсерватории (ЦАО, г. Долгопрудный, Московская область) и Якутского территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЯТУГМОС) за 90-е гг., вызывает беспокойство – процесс накопления озона над Якутией в весенние месяцы был прерван по неизвестным причинам [2], см. об этом также [3]. Как отмечается в [2]: «Ни на одной обитаемой территории Земли озоновые дыры не появляются так часто и не достигают такой величины, как в Якутии». Состояние общего количества озона в столбце атмосферы единичного сечения (обозначим эту величину как $N(\text{O}_3)$) над Якутском за 1974–1984 гг. дано на рис. 1. Сплошная линия – усредненная величина общего количества озона $N(\text{O}_3)$ за вышеуказанный период времени, пунктирная – значения $N(\text{O}_3)$, отстоящие от среднего значения $N(\text{O}_3)$ на величину $\pm 2\sigma$, где $\sigma = \sqrt{N(\text{O}_3)}$.

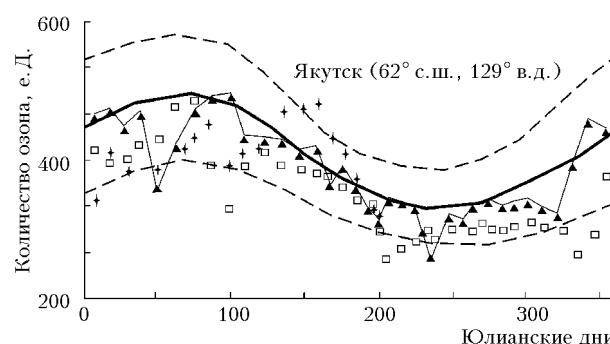


Рис. 1. Количество озона $N(\text{O}_3)$, усредненное за 1 сут над Якутском: сплошная кривая – за 1974–1984 гг.; штрихи – отклонения $N(\text{O}_3)$ на $\pm 2\sigma$; \blacktriangle – 2002 г. (они соединены линией); $-$ 2003; $+$ – 2004

На рис. 1 показано также общее количество озона $N(\text{O}_3)$ по данным Национального центра климата США [4] за 2002 г. Эти данные приведены по 10, 20, 30-м числам каждого месяца, усредненные за 1 день. Как видно из рис. 1, состояние озона $N(\text{O}_3)$ близко к норме. Но 20 февраля и 30 августа количество озона $N(\text{O}_3)$ было ниже, чем средняя величина, более чем на 2σ . Наблюдаемый дефицит озона $N(\text{O}_3)$ 20 февраля обусловлен глобальным уменьшением количества озона по всему Северному полушарию, его величина над Якутском составляет 367 е.д. Дефицит озона над Якутском 30 августа обусловлен приходом «дыры» в озоновом слое атмосферы из Арктики, ее размеры составляли $\sim 1000 \times 1000 \text{ км}$. Она образовалась над Восточно-Сибирским морем примерно 30 июля и постепенно по кривой траектории над Западной Якутией перемещалась к югу через Якутию. Скорость перемещения в среднем была равна $\sim 100 \text{ км}$ в день. В летнее время, когда в результате сезонного колебания количество озона достигает минимума, появление «дыры» может понизить его уровень до опасной величины. Нами в работе [5] было показано, что интенсивность ультрафиолетового излучения Солнца растет по экспоненте при уменьшении толщины озона по формуле

$$I(N) = I(N_0)e^{k\Delta N}, \quad (2)$$

где $I(N)$, $I(N_0)$ – интенсивности ультрафиолетового излучения при количестве озона N и N_0 ; k – постоянная; $\Delta N = N_0 - N$.

Данная зависимость показана на рис. 2. Количество озона $N(O_3)$ над Якутском 30 августа 2002 г. составляло 260 е. Д. Согласно рис. 2 интенсивность ультрафиолетового излучения 30 августа увеличилась по сравнению с ее уровнем 20 августа примерно в 100 раз. Данное увеличение может повлиять на здоровье людей, поэтому желательно в будущем, чтобы население заранее оповещалось о появлении «дыры» в озоновом слое стратосферы.

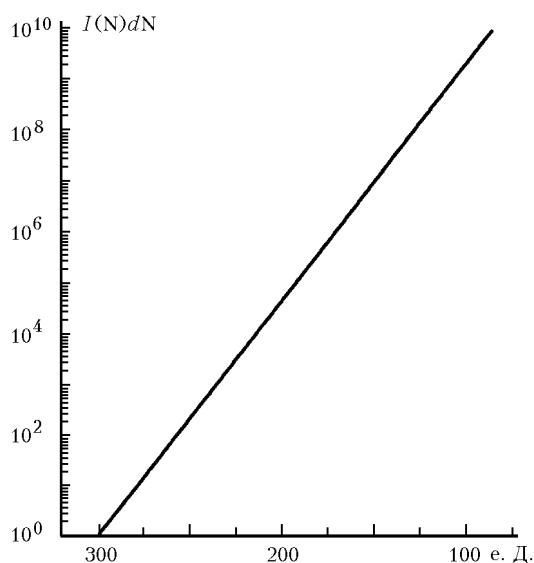


Рис. 2. Интенсивность ультрафиолетового излучения с длиной волны $\lambda = 2500 \text{ \AA}$ в зависимости от толщины озонового слоя $N(O_3)$

На рис. 1 показано также количество озона $N(O_3)$ за 2003 г. согласно [4]. Дефицит озона $N(O_3)$ наблюдался в конце марта, а также в июле и в начале декабря. В марте он обусловлен глобальным уменьшением количества озона на Северном полушарии. Второй дефицит озона $N(O_3)$ в июле обусловлен вторжением массы воздуха с пониженным содержанием озона примерно 13 июля со стороны экватора в Западную Сибирь. Область с пониженным уровнем озона была равна примерно 1500×1500 км. Уже 16 июля она переместилась в сторону Западной Якутии, а 18 июля достигла г. Якутска. В этот момент количество озона $N(O_3)$ над городом было равно 280 е.Д. Далее область с пониженным содержанием озона распространилась по направлению на северо-восток. На фоне этого понижения количества озона в конце июля

появилась над Якутском «дыра» в озоновом слое атмосферы размером $\sim 500 \times 500$ км, в результате этого количество озона $N(O_3)$ было равно 250 е.Д. Уже в начале августа «дыра» исчезла. Как и в конце июля 2002 г., интенсивность ультрафиолетового излучения выросла более чем в 100 раз. В начале декабря наблюдалось понижение количества озона, обусловленное вторжением массы воздуха также со стороны Западной Сибири, 10 декабря оно достигло г. Якутска. Толщина озона $N(O_3)$ была равна 255 е.Д. В это время Солнце поднималось над Якутском не выше 20° над горизонтом и для солнечных лучей толщина озона $N(O_3)$ увеличилась как $1/\cos(90 - 20^\circ)$, т.е. примерно в 3 раза. Таким образом, ультрафиолетовое излучение Солнца в декабре при количестве озона $N(O_3)$, равном 255 е. Д., не представляло никакой опасности. Далее масса воздуха переместилась в сторону Камчатки.

В 2004 г. количество озона $N(O_3)$ над Якутском было в пределах 2σ от многолетнего среднего значения. Наблюдения последних трех лет показывают, что возникновение «дыры» в озоновом слое над Якутией обусловлено приходом ее из Арктики или со стороны экватора. Нами не обнаружены связи между падающими вторыми ступенями ракет, запущенных с Байконура и Плесецка, и возникновением «дыры» в озоновом слое над Якутией. Но в то же время надо отметить, что пришедшие в Якутию «дыры» в озоновом слое 30 августа 2002 г. и 13 июля 2003 г. прошли близко от района падения вторых ступеней ракет (Алтай и Верхоянский улус Якутии соответственно). Сыграл ли роль в дополнительном уменьшении количества озона над Якутией вышеприведенный фактор, сказать трудно. К сожалению, для определенных выводов мало статистики. Данный вопрос еще требует дальнейшего изучения.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проект № 03-02-96011).

1. Роун Ш. Озоновый кризис. Пятнадцатилетняя эволюция неожиданной глобальной опасности. М.: Мир, 1993. 320 с.
2. Черников А.А., Крученицкий Г.М. Сообщения Центральной аэрологической обсерватории. Препр. / Прав. Респ. Саха. Якутск, 1997. 25 с.
3. Михайлов А.А., Амосов П.П., Гаврильева Г.А., Ефремов Н.Н., Николашкин С.В. Состояние озонового слоя над Якутией // Наука и техника в Якутии. 2003. № 2. С. 49–50.
4. <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/stratosphere/tovsto/archive/np/>
5. Михайлов А.А. Озоновый слой // Наука и образование. Якутск. 1997. № 4. С. 51–55.

A.A. Mikhailov, P.P. Amosov, G.A. Gavrileva, S.V. Nikolashkin. Atmospheric ozone layer over Yakutia.

The state of the atmospheric ozone layer over Yakutia is considered. Some local decreases in the thickness of the ozone layer (ozone holes) have been detected. The time dynamics of hole motion in the ozone layer has been tracked. The problem of ozone hole formation in the atmosphere is discussed.