

В.М. Дорохов

НАБЛЮДЕНИЯ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА В АРКТИКЕ НА О. ХЕЙСА (81° С. Ш.) ЗИМОЙ 1989 Г.

Приводятся результаты наблюдений общего содержания озона на о. Хейса в период полярной ночи, полученные с помощью автоматизированного спектрофотометра Брюера при измерениях по Луне. По данным измерений в январе — марте 1989 года в Арктике над о. Хейса не наблюдалось резкого уменьшения ОСО, отмечаемого весной в Антарктиде.

Введение

С середины 80-х годов в Антарктиде отмечается стабильное, достигающее до 50% весеннее уменьшение общего содержания озона (ОСО) в атмосфере. За последнее десятилетие в Северном полушарии также наметилась тенденция к уменьшению ОСО в районе 30—60° с. ш. и предсказывается усиление снижения общего содержания озона в области высоких широт [1]. Причина такого изменения здесь пока не выяснена и, возможно, что этот процесс обусловлен антропогенными факторами. При этом существенные различия динамических процессов в атмосфере Арктики и Антарктики не позволяют проводить однозначные сравнения и прямую аналогию в поведении озонового слоя в высоких широтах Южного и Северного полушария. Кроме того, количество озонметрических станций в Арктике, работающих в период полярной ночи и начала светового дня, крайне мало [2], что затрудняет получение представительных рядов данных для анализа.

В этой связи весьма актуально расширение исследований озонового слоя в Арктике и проведение измерений ОСО в зимне—весенний сезон во время ожидаемой убыли содержания озона в атмосфере. Для исследования структуры и динамики озонового слоя в арктическом регионе в СССР зимой 1988/89 года был начат международный эксперимент на островах Хейса и Земля Франца Иосифа (81° с. ш., 58° в. д.). Для наблюдений ОСО нами был подготовлен спектрофотометр (С/Ф) Брюера № 045 производства канадской фирмы SCI—TEC. При измерениях общего содержания озона в условиях полярной ночи в качестве источника излучения использовалась Луна.

Методика измерений ОСО

Прибор Брюера представляет собой автоматизированный спектрофотометр-озонметр и предназначен для измерения ОСО по излучению Солнца и Луны в УФ—области спектра [3, 4]. Для получения значений общего содержания озона использована стандартная методика вычисления ОСО по данным измерений радиации на четырех длинах волн 310,1; 315,5; 316,7 и 320,1 нм, принятая для спектрофотометров Брюера [5]. Результат единичного измерения ОСО представляет собой среднее из пяти последовательных наблюдений озона, где каждое наблюдаемое значение ОСО определяется по 80—ти последовательным циклам сканирования и накопления данных о спектре регистрируемого излучения Луны. Время единичного измерения ОСО составляет 10 мин. Наблюдения общего содержания озона проводились при озонных массах атмосферы в интервале $1,6 < \mu < 3,5$.

В табл. 1 приведен фрагмент распечатки данных наблюдений ОСО по Луне 19 января 1989 г., характеризующий разброс результатов отдельных измерений озона в условиях хорошей прозрачности атмосферы над о. Хейса. В течение трех часов здесь отмечено самое низкое значение ОСО за весь период экспедиционных исследований, равное 311 единиц Добсона (Д. е.).

Таблица 1

Время по Гринвичу	Температура прибора	μ	ОСО (Д. е.)	Отклонение (Д. е.)
14 : 20 : 06	21	1,897	310,1	7,9
14 : 31 : 36	20	1,876	309,7	15,5
14 : 43 : 04	21	1,855	311,9	9,8
14 : 54 : 36	20	1,837	303,2	12,3
15 : 06 : 06	21	1,820	323,2	17,7
15 : 17 : 37	21	1,802	305,2	5,7
15 : 29 : 08	19	1,786	312,4	12,7
15 : 40 : 37	19	1,772	311,6	13,0
15 : 52 : 06	18	1,759	311,9	7,1
16 : 03 : 35	18	1,746	317,5	8,5
16 : 15 : 06	19	1,735	314,3	2,6
16 : 26 : 36	19	1,724	320,5	2,8
16 : 38 : 07	19	1,714	313,0	5,8
16 : 49 : 38	19	1,705	302,8	15,1
17 : 01 : 07	17	1,697	304,5	20,0

Примечания. 1. Среднее значение ОСО $31,1 \pm 6$ Д. е. 2. Тип наблюдений — по Луне.

Для проверки качества озонных измерений с/ф Брюера № 045 было проведено несколько циклов сравнений прибора с другими озонметрами при наблюдениях ОСО по прямому солнечному излучению.

Таблица 2

Результаты измерений ОСО с/ф Брюера № 043; № 044, № 045 в Москве в 1988 г.

Дата	Значения ОСО (Д.е.)		
	№ 043	№ 044	№ 045
22.08.1988 г., 50 наблюдений	312,4	312,2	314,7
23.08.1988 г., 18 наблюдений	305,9	305,7	307,3

В табл. 2 показаны результаты сравнений озонных измерений тремя советскими с/ф Брюера после привязки к эталонному прибору Брюера № 008 в Канаде и транспортировки их из Северной Америки в СССР. Различия в показаниях всех трех спектрофотометров не превышают 0,8%. По окончании зимних измерений ОСО на о. Хейса с/ф Брюера № 045 был сравнен в г. Долгопрудном с с/ф Добсона № 107 (ЦАО), который ранее в 1988 г. был прокалиброван по мировому эталону — с/ф Добсона № 83 в г. Боулдер (NOAA) специалистами США и СССР [6]. Итоги этой работы отражены в табл. 3 и 4. Результаты сравнений свидетельствуют о хорошем совпадении показаний озонметров Брюера № 045 и с/ф Добсона № 107. Очередная проверка прибора Брюера № 045 выполнена нами в июле 1989 года в г. Алма-Ате совместно со специалистами службы охраны окружающей среды Канады (AES) и компании SCI—TEC по передвижному канадскому эталону Брюера № 017. Расхождение средневзвешенных значений ОСО здесь также не превысило 1%.

Таблица 3

Результаты интеркалибровки советского с/ф Добсона № 107 ЦАО с мировым эталонным с/ф Добсона № 83 США в 1988 году. Боулдер, NOAA, США [6]

Значения ОСО	$1,15 < \mu < 1,5$	$1,5 < \mu < 2,0$	$2,0 < \mu < 2,5$	$2,5 < \mu < 3,2$	$1,15 < \mu < 3,2$
X_d № 83 (Д. е.)	293	293	294	291	293
X_d № 107 (Д. е.)	293	293	293	292	293
ΔX_d (%)	-0,16	-0,08	-0,20	0,46	-0,05

Данные изменений ОСО с/ф Добсона № 107 и с/ф Брюера № 045 ЦАО в г. Долгопрудном 26.06.1989 года

Значения ОСО	1,15< μ <1,5	1,5< μ <2,0	2,0< μ <2,5	2,5< μ < 3,2	1,15< μ <3,2
X _д № 107 (Д. е.)	350	350	350	349	350
X _д № 045 (Д. е.)	351	349	349	349	349
$\Delta X_{д}$ (%)	0,29	-0,34	-0,17	-0,10	-0,28

Проведенные сравнения свидетельствуют о стабильной работе советского спектрофотометра Брюера № 045 и указывают на хорошее качество данных наблюдений общего содержания озона, полученных в зимний период 1989 г. на о. Хейса.

Анализ данных наблюдений общего содержания озона

Первые данные об общем содержании озона в высоких широтах советской Арктики были получены на о. Хейса в марте—сентябре 1958 г. по прямому солнечному свету [7]. Наблюдения ОСО далее были продолжены в отдельные годы с помощью фильтровых озонметров и в настоящее время ведутся с помощью прибора М-124 в светлое время суток со второй половины марта по октябрь. В 1989 г. впервые выполнены экспедиционные измерения общего содержания озона в период полярной ночи по Луне. В табл. 5 приведены среднесуточные значения общего содержания озона и их среднеквадратические отклонения на о. Хейса по результатам оптических наземных измерений с помощью спектрофотометра Брюера № 045, а на рис. 1, а показано изменение ОСО в январе—марте 1989 г. В январе 1989 г. озонные наблюдения проведены в течение 10 дней, в феврале—в течение 7 дней, в марте — 15.03.1989 г.

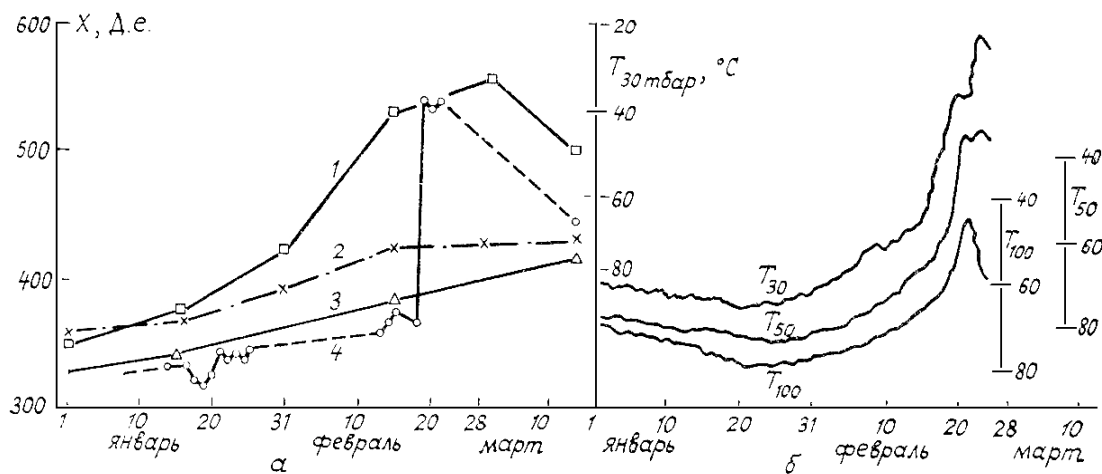
Таблица 5

Среднесуточные значения ОСО на о. Хейса в январе — марте 1989 г. по данным с/ф Брюера № 045. Измерения по Луне

Дата	Среднесуточное значение ОСО (Д. е.)	Среднеквадратическое отклонение (Д.е.)	Число наблюдений
14.01	329	±26	4
17.01	331	±13	9
18.01	319	±11	42
19.01	314	±10	25
20.01	323	—	1
21.01	344	± 8	11
22.01	338	±10	6
23.01	340	± 6	21
24.01	336	± 6	13
25.01	345	±11	11
13.02	354	± 6	6
14.02	363	±12	5
15.02	375	± 6	9
18.02	364	±35	3
19.02	540	±20	14
20.02	533	±18	5
21.02	539	±13	4
15.03	447	±24	8

Значения ОСО во второй половине января изменялись в пределах 314—345 единиц Добсона. Наиболее низкие значения общего содержания озона отмечены 18—20 января, а 19 января среднесуточное значение ОСО опустилось до 314 Д.е. Среднемесячное значение ОСО в январе составило 332 Д. е. Вторая половина января характеризовалась крайне низкими значениями температуры в верхней атмосфере (рис. 1, б), где температура на уровне 30 мбар часто доходила до -86°C . Этот же период характеризовался присутствием устойчивого полярного стратосферного вихря. Во время сильного февральского стратосферного потепления отмечено резкое возрастание ОСО с 364 Д.е. до

540 Д. е. в течение нескольких суток. Наблюдавшееся нами изменение общего содержания озона в целом хорошо коррелирует с ходом температуры на уровнях 30 и 50 мбар.



Результаты измерений общего содержания озона (а) и ход температуры на уровнях 30, 50 и 100 мбар (б) на о. Хейса зимой 1989 г.: 1 — Лонгйир (78° с. ш.); 2 — зональное среднее (78° с. ш.); 3 — модель для о. Хейса; 4 — о. Хейса, 1989 г. (81° с. ш.)

Отметим далее, что значения ОСО в январе 1989 г. на о. Хейса оказались ниже известных, но крайне ограниченных и малочисленных данных наземных оптических измерений ОСО в январе в близлежащих полярных районах. На рис. 1, а приведены данные по ОСО на станции Лонгйир, Шпицберген (78° с. ш.) (средние за 1950—1957 гг.), полученные с помощью спектрофотометра Добсона по Луне, а также отмечено изменение зонального среднего для этой широты. Значения ОСО на о. Хейса в январе 1989 года оказались ниже последних на 15—20%. Здесь же показано изменение ОСО согласно эмпирической модели В. Бекорюкова [8] для о. Хейса. Расхождение измеренных значений ОСО с модельными данными в январе составляет 3—4%.

Выводы

1. Впервые на самой северной арктической территории СССР на островах Хейса и Земля Франца Иосифа с помощью автоматизированного спектрофотометра Брюера получен представительный ряд наземных оптических наблюдений общего содержания озона в период полярной ночи.

2. По результатам наблюдений ОСО в зимне-весенний период 1989 г. на о. Хейса не наблюдалось резкого уменьшения общего содержания озона, отмечаемого весной в Антарктиде.

1. Atmospheric Ozone 1985. //Rep. 16. WMO. 1985. 1095 p.
2. Vojkov R.D. //Meteorol. Atmos. Phys. 1988. V. 38. P. 117—130.
3. Kerr J.B., McElroy C.T., Wardle D.I., Olafson R.A., Evans W.F.J. //Proc. Quadrenial Ozone Symposium, Halkidiki. Greece. 1984. P. 196—201.
4. Brewer Ozone Spectrophotometer //SCI-TEC Instruments Inc. Canada. 1988. 4 p.
5. Kerr J.R. //Proc. Quadrenial Ozone Symposium, Gottingen. FRG. 1988 (in press).
6. Komhyr W.D., Grass R.D., Dorokhov V.M., Evans R.D., Kovalev V.A., Leonard R.K., Privalov V.A. //Report NOAA. ARL. Boulder. Colorado. 1988. 12 p.
7. Каримова Г.У. //Атмосферный озон. М.: Изд-во МГУ, 1961. С. 32—41.
8. Бекорюков В.И., Глазков В.Н., Федоров В.В. //Метеорология и гидрология. 1986. № 4. С. 53—60.

Центральная аэрологическая обсерватория
Росгидромета, г. Долгопрудный

Поступила в редакцию
21 сентября 1989 г.

V. M. Dorokhov. Observations of Total Ozone in the Arctic at the Heiss Island (81 N) in Winter 1989.

Observational results of the total ozone content over the Heiss Island during polar night obtained with the help of Brewer automated spectrophotometer using moon light are presented. According to these data, no significant depletion of total ozone over the Heiss Island was observed in January — March in the Arctic unlike that observed in Antarctica in spring.