

В.Ф.РАДИОНОВ<sup>1</sup>, Е.Н.РУСИНА<sup>1</sup>, Е.Е.СИБИР<sup>1</sup>, А.М.ШАЛАМЯНСКИЙ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт

<sup>2</sup> Главная геофизическая обсерватория им. А.И.Воейкова

## ОСОБЕННОСТИ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА В СЕВЕРНОЙ И ЮЖНОЙ ПОЛЯРНЫХ ОБЛАСТЯХ

*Статья посвящена исследованию особенностей изменчивости общего содержания озона (ОСО) на российских станциях северной и южной полярных областей (СПО и ЮПО) за период с 1973 по 2005 г.*

*Приведены также результаты наблюдений за ОСО в Центральном Арктическом бассейне в период работы дрейфующих станций СП-32 и СП-33 и рейсов научно-экспедиционного судна (НЭС) «Академик Федоров» в 2003–2005 гг. Описан подход, позволивший сравнить уровни среднего содержания озона, полученные на движущихся платформах (дрейфующих станциях и научно-экспедиционных судах) в различные периоды времени.*

*Выявлены особенности внутригодовой и межгодовой изменчивости ОСО в Арктике и Антарктике. Исследованы тренды ОСО, проявившиеся в отдельные периоды, в обеих полярных областях. В ЮПО тренд уменьшения ОСО выражен более резко по сравнению с Арктикой. В СПО, по имеющимся данным, отрицательный тренд ОСО отмечался на станциях в западной части российской Арктики.*

### ВВЕДЕНИЕ

В течение нескольких десятилетий в северной и южной полярных областях (СПО и ЮПО) проводятся наблюдения за общим содержанием озона (ОСО). Различия в величинах ОСО в СПО и ЮПО связаны со спецификой циркуляционных процессов в нижней и средней стратосфере и с климатическими особенностями этих регионов.

По данным российских озонметрических станций с конца 1980-х гг. началось сильное и устойчивое уменьшение ОСО. Оно продолжалось до середины 1990-х, а затем сменилось периодом резких колебаний озона в 1997–2002 гг. [9], которые по-разному проявлялись в различных регионах страны.

В конце 1980-х гг. начались активные исследования характеристик озонового слоя в арктической атмосфере [13, 17]. С 1988 по 1997 г. был произведен целый ряд экспериментов в стратосфере с целью выявления эффекта озоновой дыры в Арктике [12, 17], подобного аналогичному явлению в Антарктиде [1, 7, 10, 15, 17]. К таким экспериментам, в первую очередь, можно отнести AASE-I (Airborne Arctic Stratospheric Expedition) и AASE-II, а также EASOE (European Arctic Stratospheric Ozone Experiment), проведенные в 1988–1989 и 1991–1992 гг. Авторы многочисленных зарубежных работ, выполненных после 1993 г., результаты которых обобщены в обзоре [17], констатировали уменьшение ОСО в период северных зим 1991–1997 гг. Так, например, по данным, полученным на борту UARS (Upper Atmospheric Research Satellite), потери ОСО в течение северной зимы 1994–1995 гг.

составили 100 единиц Добсона (е.Д.) [12]. Авторы работы [13] утверждают, что сокращение ОСО над Арктикой прослеживалось в течение двух последних десятилетий. Тем не менее, по мнению специалистов, говорить о наличии озоновой дыры над Арктикой преждевременно [1, 17].

Устойчивые тенденции уменьшения ОСО над Антарктидой, наиболее отчетливо выраженные в весенние антарктические месяцы (сентябрь – ноябрь), регистрируются со второй половины 1970-х гг. [5, 16].

Предметом настоящей работы стал сравнительный анализ и выявление особенностей временной изменчивости ОСО по данным российских станций в Арктике, включая данные наблюдений в Центральном Арктическом бассейне, и в Антарктиде за период с 1973 по 2005 г.

#### МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ

Измерения проводились по стандартной методике Главной геофизической обсерватории [3, 9] фильтровыми озонотрами М-83 (примерно до середины 1980-х гг.) и М-124 в последующие годы. До начала 1970-х гг. точность определения ОСО была недостаточной [8]. После 1974 г. озонотры М-83 были постепенно переоснащены комплектом светофильтров со спектральным пропусканием, смещенным в коротковолновую область спектра [6, 9]. Это дало возможность получать данные об ОСО с требуемой на мировой озонотрической сети точностью и публиковать эти данные в зарубежных справочных изданиях [14]. Относительная погрешность измерения ОСО по прямому солнечному свету и свету от зенита ясного неба составляет  $\pm 5\%$ , при низких высотах Солнца ( $5-14^\circ$ ) –  $\pm 7\%$ . Озонотры калибровались по озонному спектрофотометру Добсона до и после каждого сезона наблюдений.

Были проанализированы данные измерений ОСО, полученные в 1973–2002 гг. на восьми российских стационарных прибрежных и островных станциях, расположенных севернее  $65^\circ$  с.ш. (табл. 1). Эти данные заимствованы из публикации Международного центра данных по озону и ультрафиолетовой радиации Всемирной метеорологической организации (ВМО) [14].

Таблица 1

#### Список стационарных арктических и антарктических станций, данные которых использованы для анализа

Станция	Месяцы наблюдений	Годы наблюдений
<b>Арктика</b>		
Мурманск ( $68^\circ 58'$ с.ш., $33^\circ 03'$ в.д.)	2–11	1973–1997, 1999–2002
Печора ( $65^\circ 07'$ с.ш., $57^\circ 06'$ в.д.)	2–11	1973–1981, 1981–2002
О-в Хейса ( $80^\circ 37'$ с.ш., $58^\circ 03'$ в.д.)	2–11	1974–1979, 1983–1986, 1988, 1990–1994
О-в Диксон ( $73^\circ 30'$ с.ш., $80^\circ 24'$ в.д.)	2–10	1977–1979, 1981, 1983, 1985, 1987, 1990–1991
Игарка ( $67^\circ 28'$ с.ш., $86^\circ 45'$ в.д.)	2–11	1973, 1975–1979, 1981, 1983–1984, 1986–1989, 1992–1998, 2000–2002
Оленек ( $68^\circ 30'$ с.ш., $112^\circ 26'$ в.д.)	2–11	1976, 1978, 1981, 1984–1987, 1989, 1991–1993
Тикси ( $71^\circ 35'$ с.ш., $128^\circ 54'$ в.д.)	3–10	1975, 1978–1979, 1982–1983, 1987
О-в Котельный ( $76^\circ 00'$ с.ш., $137^\circ 52'$ в.д.)	3–9	1974–1975, 1978, 1981, 1986, 1989
<b>Антарктида</b>		
Мирный ( $66^\circ 33'$ ю.ш., $93^\circ 01'$ в.д.)	1–4, 8–12	1974–2005
Новолазаревская ( $70^\circ 46'$ ю.ш., $11^\circ 50'$ в.д.)	1–4, 8–12	1986–1991, 1993, 1995–1996, 2001–2005
Восток ( $78^\circ 27'$ ю.ш., $106^\circ 52'$ в.д.)	1–3, 10–12	1974–1978, 1981, 1986–1991, 1998–2005

Полученные результаты были сопоставлены с данными наблюдений, выполненных в Центральном Арктическом бассейне, где измерения ОСО проводились на дрейфующих станциях и научно-экспедиционных судах (НЭС) с 2003 по 2005 г.:

- на СП-32 с июля по сентябрь 2003 г. в районе 85–88° с.ш. и 44–82° в.д.;
- на борту НЭС «Академик Федоров» с августа по сентябрь 2004 г. в диапазоне координат 63–85° с.ш. и 4–168° в.д.;
- на СП-33 с апреля по сентябрь 2005 г. в районе 80–89° с.ш. и 38–99° з.д.;
- на борту НЭС «Академик Федоров» в сентябре 2005 г. в диапазоне координат 74–89° с.ш. и 27° з.д. – 170° в.д.

Для сравнения общего содержания озона в Арктике и Антарктиде использованы данные измерений на трех антарктических станциях, координаты и период наблюдений на которых также указаны в табл. 1.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ экспериментального материала, накопленного в Арктике за 1973–2002 гг. и в Антарктиде за 1974–2005 гг., показал, что среднегодовые, точнее, средние за периоды измерений в светлое время года (при высоте Солнца больше 5°) величины ОСО в Арктике существенно превышают аналогичные значения в Антарктиде. Представление об этом дает таблица 2, в которой приведены среднегодовые значения ОСО, а также их стандартные отклонения ( $\sigma$ ), полученные при осреднении данных за все годы наблюдений для каждой из рассматриваемых стационарных станций северной и южной полярных областей. Из таблицы видно, что изменчивость озона на арктических станциях может быть в несколько раз меньше по сравнению с изменчивостью на антарктических станциях.

При анализе данных, полученных в Центральном Арктическом бассейне, был использован подход, позволивший сопоставить средние уровни ОСО, определенные на движущихся платформах в разные месяцы в 2003–2005 гг. [4]. Нанесенные на общий график (рис. 1а) среднесуточные значения ОСО, полученные в течение 2003–2005 гг. за четыре периода наблюдений (или четыре эксперимента) на станциях СП-32, СП-33 и в двух рейсах НЭС «Академик Федоров», были аппроксимированы степенной функцией (коэффициент корреляции составил 0,96). Затем для каждого из периодов наблюдений были получены наборы отношений «К» среднесуточных значений ОСО к соответствующим значениям аппроксимирующей кри-

Таблица 2

**Осредненные за весь период наблюдений среднегодовые значения ОСО ( $X$ ) и их стандартные отклонения ( $\sigma$ ), е.Д. для стационарных станций СПО и ЮПО**

Станция	$X$	$\sigma$
<b>Арктика</b>		
Мурманск	344	$\pm 21$
Печора	346	$\pm 20$
О-в Хейса	351	$\pm 31$
О-в Диксон	370	$\pm 17$
Игарка	358	$\pm 20$
Оленек	357	$\pm 17$
Тикси	374	$\pm 16$
О-в Котельный	369	$\pm 14$
<b>Антарктида</b>		
Мирный	312	$\pm 37$
Новолазаревская	243	$\pm 41$
Восток	290	$\pm 55$

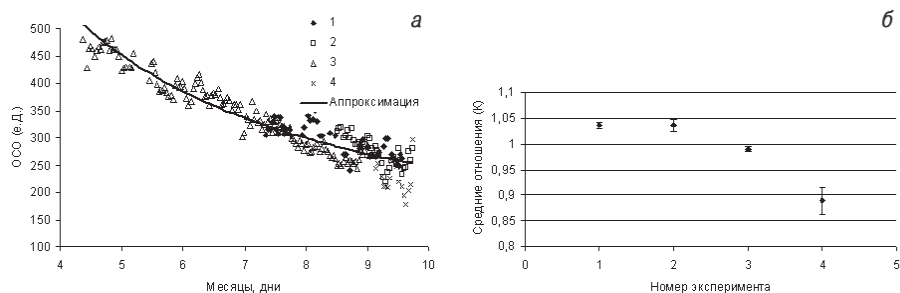


Рис. 1. *a* – изменение среднесуточных значений общего содержания озона в период наблюдений 2003–2005 гг.: 1 – СП-32 (2003), 2 – НЭС «Академик Федоров» (2004), 3 – СП-33 (2005), 4 – НЭС «Академик Федоров» (2005); *б* – средние значения отношений «К» и доверительные интервалы для них  $\pm\sigma/n^{1/2}$ , где  $\sigma$  – стандартное отклонение индивидуальных значений «К»,  $n$  – объем выборки для каждого периода наблюдений

вой. Анализ отдельных рядов значений «К» с использованием аппарата теории стационарных процессов подтвердил предположение об их стационарности, что сделало возможным сравнение результатов четырех экспериментов на движущихся платформах. Средние значения отношений «К» и доверительные интервалы для них ( $\pm\sigma/n^{1/2}$ , где  $\sigma$  – стандартное отклонение индивидуальных значений «К», а  $n$  – объем выборки для каждого из четырех периодов наблюдений) представлены на рис. 1б.

Из рис. 1б следует, что в период наблюдений на СП-32 (июль–сентябрь 2003 г.) и во время рейса НЭС «Академик Федоров» (август–сентябрь 2004 г.) средние уровни ОСО были практически одинаковы. Средние значения отношений составляли 1,036 для обоих экспериментов, а доверительные интервалы  $\pm 0,007$  и  $\pm 0,012$  соответственно. Во время наблюдений на СП-33 (апрель–сентябрь 2005 г.) средний уровень содержания озона понизился по сравнению с двумя предшествующими экспериментами (среднее значение отношений равнялось 0,99, а доверительный интервал  $\pm 0,005$ ). Еще более низкий уровень ОСО наблюдался во время рейса НЭС «Академик Федоров» в сентябре 2005 г. (среднее значение отношений «К» составило 0,89, а доверительный интервал равнялся  $\pm 0,026$ ). Такое понижение содержания озона, возможно, было обусловлено характером внутригодовых изменений ОСО в Центральной Арктике именно в 2005 г., поскольку, начиная со второй половины июля, среднесуточные значения ОСО на СП-33 были ниже аппроксимирующих их значений. Таким образом, тенденция более быстрого, по сравнению с аппроксимирующей кривой, уменьшения ОСО в 2005 г. подтверждалась как данными наблюдений, полученными на СП-33, так и впоследствии при измерениях на борту НЭС «Академик Федоров» (рис. 1а).

За общий наблюдательный период 2003–2005 гг. в Центральном Арктическом бассейне ОСО отчетливо уменьшалось с апреля по сентябрь (рис. 1а), причем максимальный разброс значений ОСО относительно аппроксимирующей кривой наблюдался в начале весны и поздней осенью.

На рис. 2а представлена внутригодовая изменчивость ОСО по данным арктических и антарктических российских озонметрических станций. На нижней оси абсцисс указаны номера месяцев для СПО. Сдвиг для ЮПО составляет 6 месяцев. На рисунке нанесены средние многолетние значения ОСО для каждого из месяцев сезона наблюдений, полученные арифметическим осреднением средних месячных величин ОСО за все годы измерений (см. табл. 1). Обращает на себя внимание большая разница в величинах ОСО на различных арктических станциях

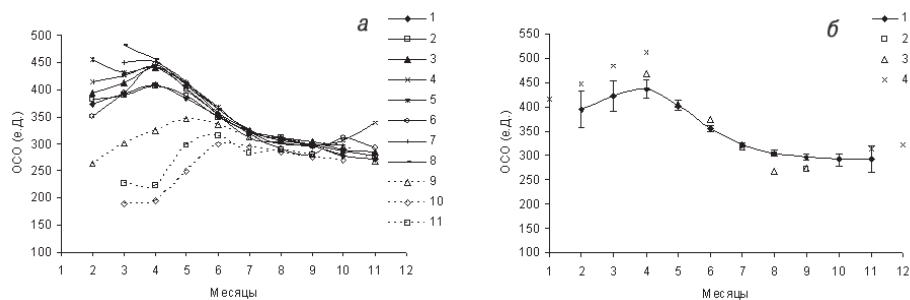


Рис. 2. Внутригодовая изменчивость ОСО: *a* – на станциях СПО и ЮПО (1 – Мурманск, 2 – Печора, 3 – Игарка, 4 – Оленек, 5 – о-в Диксон, 6 – о-в Хейса, 7 – Тикси, 8 – о-в Котельный, 9 – Мирный, 10 – Новолазаревская, 11 – Восток); *б* – на дрейфующих и стационарных арктических станциях (1 – результирующая кривая годового хода для восьми арктических станций, 2 – СП-32, 3 – СП-33, 4 – СП-22)

с февраля (в январе наблюдения практически не проводятся) по апрель в период нарастания озона. Видно, что с мая по сентябрь значения ОСО достаточно близки между собой на всех станциях Арктики вне зависимости от района их расположения. При этом разброс среднеквадратических погрешностей  $\sigma/(n-1)^{1/2}$  (где  $\sigma$  – стандартное отклонение,  $n$  – количество лет наблюдений) определения средне-многолетних значений ОСО за каждый из месяцев относительно невелик. Так, например, для Мурманска в течение года они колеблются в пределах от  $\pm 3$  в июле до  $\pm 14$  е.д. в феврале.

На рис. 2*б* представлена результирующая кривая годового хода ОСО, построенная по среднемесячным значениям ОСО за весь период наблюдений для стационарных арктических станций (см. табл. 1). Для каждого среднемесячного значения ОСО показаны его стандартные отклонения, рассчитанные при осреднении месячных значений ОСО по восьми арктическим станциям без учета общей продолжительности периода наблюдений на каждой из них.

На этот же график нанесены среднемесячные значения ОСО, полученные в Арктическом бассейне на дрейфующих станциях СП-32 в 2003 г. и СП-33 в 2005 г. Видно, что с мая по июль значения ОСО на дрейфующих станциях практически не выходят за пределы стандартных отклонений ОСО, рассчитанных для стационарных станций. Весной и осенью степень однородности поля ОСО меньше, чем летом, а среднемесячные значения общего содержания озона в разных районах Арктики, включая и Центральный Арктический бассейн (дрейфующие станции), заметнее отличаются друг от друга.

Дополнительно на рис. 2*б* приведены среднемесячные значения ОСО, полученные на станции СП-22, дрейфовавшей в районе  $82-84^\circ$  с.ш. и  $230-236^\circ$  в.д. с ноября 1976 г. по апрель 1977 г. [2]. Измерения проводились озонометром М-83. При этом в период полярной ночи с ноября 1976 г. по март 1977 г. наблюдения велись по свету, отраженному от диска Луны, а в дальнейшем – по свету от зенита неба. Среднемесячные значения ОСО на СП-22 оказались выше значений ОСО, измеренных на стационарных станциях, причем максимальное расхождение наблюдалось в апреле и составило 17 %. Такие различия, скорее всего, обусловлены тем, что наблюдения на дрейфующей станции СП-22 до апреля проводились озонометром М-83 по лунному свету [2], а в апреле – при низких высотах Солнца.

В течение значительной части года общее содержание озона в Антарктиде меньше, чем в Арктике (рис. 2*а*). Особенно заметны различия между станциями СПО и ЮПО в весенний период. В весенние месяцы наиболее существенно отли-

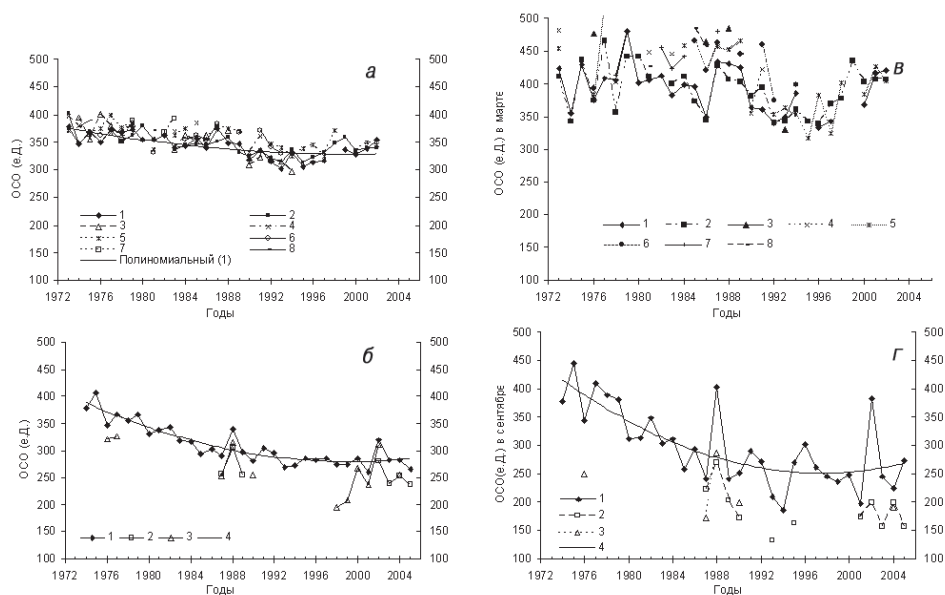


Рис. 3. Межгодовая изменчивость ОСО: *а* – на станциях СПО (1 – Мурманск, 2 – Печора, 3 – о-в Хейса, 4 – о-в Диксон, 5 – Игарка, 6 – Оленек, 7 – Тикси, 8 – о-в Котельный); *б* – на станциях ЮПО (1 – Мирный, 2 – Новолазаревская, 3 – Восток); *в* – в марте в СПО (1 – Мурманск, 2 – Печора, 3 – о-в Хейса, 4 – о-в Диксон, 5 – Игарка, 6 – Оленек, 7 – Тикси, 8 – о-в Котельный); *г* – в сентябре в ЮПО (1 – Мирный, 2 – Новолазаревская, 3 – Восток, 4 – тренд, описанный полиномом второй степени ( $R^2 = 0,56$ ) для станции Мирный)

чаются и среднемесячные значения ОСО на самих антарктических станциях. Летом среднемесячные величины суммарного озона на антарктических станциях различаются мало и близки к величинам ОСО на станциях северной полярной области, а их изменчивость минимальна как в Антарктиде, так и в Арктике.

Во внутригодовом ходе ОСО максимальные значения ОСО на станции Мирный наблюдаются в ноябре, на станциях Новолазаревская и Восток в декабре, т.е. в конце антарктической весны – начале антарктического лета. Минимум ОСО на этих станциях приходится на начало весны в Антарктиде. Период нарастания ОСО в годовом его ходе от минимальных весенних значений до максимума в Южной полярной области на 1–2 месяца длиннее такового в Арктике. Эффект весеннего уменьшения ОСО после окончания полярной ночи особенно отчетливо (даже по средним многолетним значениям), выражен на станции Новолазаревская и внутриконтинентальной станции Восток.

На рис. 3*а* и 3*б* показана многолетняя изменчивость среднегодовых значений ОСО на станциях СПО (за 1973–2002 гг.) и ЮПО (за 1974–2005 гг.) и их аппроксимация полиномами второй степени. Величина достоверности аппроксимации  $R^2$  для арктической станции Мурманск составляет 0,49, а для антарктической станции Мирный – 0,83. В целом можно говорить о наличии в северной и южной полярных областях отрицательного тренда ОСО за эти годы. Однако в Антарктиде падение ОСО проявляется гораздо резче по сравнению с Арктикой. При этом в обоих регионах отрицательный тренд ОСО наиболее отчетливо выражен в период с 1973 по 1993–1995 гг. В СПО отрицательный тренд озона в основном проявился на западных станциях Российского Севера – Мурманске, Печоре, о-ве Хейса и Игарке. На станциях Игарка, Мурманск, Печора с длинными рядами наблюдений



со второй половины 1990–х гг. выявлена тенденция к некоторому росту ОСО. Подобный характер изменчивости озона в Арктике за аналогичный период наблюдений подтверждается и данными канадских станций [11].

В Антарктиде в конце 1990-х – начале 2000-х гг. по данным станций Мирный и Новолазаревская можно говорить о некоторой стабилизации и даже росте ОСО (рис. 3б).

Самые низкие значения озона наблюдаются в Антарктиде в сентябре – октябре, в весенние антарктические месяцы [5]. На рис. 3в, г показана многолетняя изменчивость средних значений ОСО в марте в северной полярной области (рис. 3в) и в сентябре в Антарктиде (рис. 3г). С начала 1990-х гг. в Антарктиде зафиксированы значения ОСО, существенно меньшие 200 е.Д. На всех российских антарктических станциях в отдельные годы даже среднемесячные значения ОСО в сентябре и октябре опускались ниже этой отметки. При этом среднесуточные значения были ниже 100 е.Д. Абсолютный минимум ОСО на российских антарктических станциях (87 е.Д.) наблюдался на станции Новолазаревская в октябре 2003 г.

Отдельно следует отметить особенности поведения озона в Антарктиде весной 1988 и 2002 гг., когда не было зафиксировано весеннего уменьшения содержания озона и значения ОСО были такими же, как и в середине 1970-х гг. Необходимой предпосылкой для формирования отрицательной аномалии ОСО, вероятно, является преобладание процессов фотохимического каталитического разрушения озона над процессами его образования и переноса. Это возможно при благоприятных условиях атмосферной циркуляции – наличии развитого стратосферного циркумполярного вихря. Он изолирует стратосферные слои над Антарктикой от стратосферы умеренных широт и препятствует переносу богатых озоном воздушных масс внутрь охватываемой им зоны. Сохранение ядра холода с экстремально низкими температурами в зоне действия вихря способствует протеканию озоноразрушающих фотохимических реакций.

В 1988 г. разрушение циркумполярного вихря произошло в августе. В результате уменьшения ОСО весной не наблюдалось [5]. В 2002 г. озоновая дыра над Антарктикой также развивалась весной не по стандартному сценарию ([http://toms.gsfc.nasa.gov/ep\\_toms/images/spole](http://toms.gsfc.nasa.gov/ep_toms/images/spole)). Разрушение циркумполярного вихря произошло в начале весны, и площадь «дыры» была меньше, чем в предыдущие годы. В конце сентября 2002 г. область пониженного содержания озона разделилась на две части. В Арктике в эти годы резких изменений весеннего содержания озона не отмечалось.

Из рис. 3в следует, что с конца 1980-х гг. и до 1997 г. на станциях СПО также наблюдалось некоторое снижение мартовских значений ОСО. Однако по абсолютным величинам весеннее уменьшение озона на российских арктических станциях было выражено гораздо слабее, чем в южной полярной области (рис. 3г). Самые низкие среднемесячные мартовские значения ОСО в Арктике не опускались ниже величины 316 е.Д. Заметим, что, по зарубежным данным [13], наиболее низкие значения суммарного озона в Арктике в марте пришлось на 1997 г. и составили 354 е.Д.

#### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

В Арктике, по сравнению с Антарктидой, в течение всего светлого времени года наблюдаются более высокие величины общего содержания озона. Различия между значениями ОСО на станциях северной и южной полярных областей особенно сильно проявляются в весенний период. Как в СПО, так и в ЮПО поле озона наиболее однородно в летние месяцы. Значения ОСО летом не только незначительно отличаются друг от друга на стационарных (прибрежных и островных) станциях Арктики и дрейфующих станциях Центрального Арктического бассейна, но близки по величине в обеих полярных областях.

Среднемесячные значения ОСО, полученные с ноября по апрель наблюдательного сезона 1976–1977 гг. на СП-22 в Центральном Арктическом бассейне с помощью озонометра М-83, были существенно выше соответствующих средних многолетних значений ОСО, определенных в 1973–2002 гг. на стационарных и в 2003–2005 гг. на дрейфующих станциях. Эти различия, вероятнее всего, связаны с тем, что в 1976–1977 гг. наблюдения проводились по лунному свету в период полярной ночи и по свету от зенита неба в апреле при предельно низких высотах Солнца.

За тридцатилетний период наблюдений в обеих полярных областях зафиксирован отрицательный тренд общего содержания озона, причем в ЮПО он выражен гораздо резче, чем в СПО. В СПО отрицательный тренд озона в основном проявился на западных станциях Российского Севера – Мурманске, Печоре, о-ве Хейса и Игарке в период с 1973 г. и до середины 1990-х гг., со второй половины 1990-х гг. на них наметилась тенденция к некоторому росту общего содержания озона. На станциях в восточной части Арктики данных недостаточно, чтобы надежно судить о наличии того или иного тренда ОСО.

В многолетнем ходе величин, характеризующих весеннюю отрицательную аномалию ОСО над Антарктикой, можно говорить об уменьшении ОСО к началу 1990-х гг. до 70–75 % от нормы за 1974–1980 гг. и признаках стабилизации в конце 1990-х – начале 2000-х гг.

Многочисленные результаты зарубежных исследований и тридцатилетние наблюдения на ряде российских арктических станций свидетельствуют о том, что, несмотря на уменьшение ОСО в Арктике, особенно проявившееся с конца 1980-х и до 1997 г., нет оснований для утверждения о наличии озоновой дыры в Арктическом регионе.

*Статья подготовлена в рамках работ по подпрограмме «Изучение и исследование Антарктики» ФЦП «Мировой океан» и по ЦНТП-3, подпрограмма «Исследования климата и его изменений. Оценка гидрометеорологического режима и климатических ресурсов».*

*Авторы благодарны коллективам дрейфующих станций СП-32 и СП-33 и, особенно, Арутюнову А.В. и Губину А.В., выполнявшим озонометрические наблюдения.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Звягинцев А.М., Крученицкий Г.М. Эволюция весенней антарктической озоновой аномалии // Исследование Земли из космоса. 2002. № 6. С. 10–18.
2. Каримова Г.У., Свешников А.М. Динамика озонового слоя в период весенней перестройки термобарического поля стратосферы в Арктике // Тр. ААНИИ. 1981. Т. 370. С. 149–153.
3. Методические указания по производству и обработке наблюдений за общим содержанием атмосферного озона. 3-е изд. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 48 с.
4. Радионов В.Ф., Русина Е.Н. Результаты измерения общего содержания озона в Центральном Арктическом бассейне // Известия РАН. ФАО. 2006. Т. 42. № 5. С. 716–720.
5. Радионов В.Ф., Сибир Е.Е. Особенности временной изменчивости общего содержания озона на российских антарктических станциях. // Метеорология и гидрология. 2000. № 3. С. 100–103.
6. Русина Е.Н., Шаламянский А.М., Решетников А.И., Пармонова Н.Н., Привалов В.И. Мониторинг атмосферного аэрозоля, озона и парниковых газов. // Современные исследования Главной геофизической обсерватории. 2001. Т. 2. С. 229–252.
7. Содержание озона над территорией Российской Федерации... // Метеорология и гидрология. Ежеквартальные обзоры с 1998 (№ 5. С. 115–119) по 2005 г. (№ 8. С. 115–120).



8. Шаламянский А.М. Особенности измерения общего содержания озона приборами с широкими полосами пропускания // Труды ГГО. 1970. Вып. 255. С. 148–159.
9. Шаламянский А.М., Кароль И.Л., Клягина Л.П., Ромашикина К.И. Общее содержание озона над территорией Российской Федерации и прилегающих стран по 30-летним измерениям наземных станций // Метеорология и гидрология. 2004. № 8. С. 24–35.
10. McIntyre M.E. On the Antarctic ozone hole // J. Atmos. Terr. Phys. 1989. Vol. 51. 29 p.
11. Fioletov V.E., Kerr J.B., McArthur L.J.B., Wardle D.I., Mathews T.W. Estimating UV index climatology over Canada // J. of Applied Meteorology. 2003. Vol. 42. №. 3. P. 417–433.
12. Muller R., Crutzen P.J., Grooss J.U., Bruhl C., Russell J.M., Tuck A.F. Chlorine activation and ozone depletion in the Arctic vortex: Observations by the Halogen Occultation Experiment on the Upper Atmosphere Research Satellite // J. of Geophys. Res. 1996. Vol. 101. P. 12531–12554.
13. Newman P.A., Gleason J.F., McPeters R.D., Stolarski R.S. Anomalously low ozone over Arctic // Geophys. Res. Lett. 1997. Vol. 24. P. 2689–2692.
14. Ozone Data for the World. // ODW CD No. 5. 2003. World Meteorological Organization, Global Atmosphere Watch, Meteorological Service of Canada.
15. Schoeberl M.R., Douglass A.R., Kawa S.R., Dessler A.E., Newman P.A., Stolarski R.S., Roche A.E., Waters J.W., Rossell J.M. Development of the Antarctic ozone hole // J. Geophys. Res. 1996. Vol. 101. P. 20909–20924.
16. Scientific assessment of ozone depletion: 2002 // WMO Global Ozone Research and Monitoring Project. Report № 47. WMO. Geneva. 498 p.
17. The Antarctic ozone hole. 2004. Электронный адрес: [http://www.ccpo.odu.edu/sees/ozone/class/chap\\_11](http://www.ccpo.odu.edu/sees/ozone/class/chap_11)

V.F.RADIONOV, E.N.RUSINA, E.E.SIBIR, A.M.SHALAMYANSKY

#### FEATURES OF THE TOTAL OZONE CONTENT IN NORTHERN AND SOUTHERN POLAR AREAS

*The comparative analysis results of time variation of total ozone at the Russian stations of North and South Polar Regions, drifting stations «North Pole-32, 33» and RV «Akademik Fedorov» for 1973–2005 are represented.*

*The particularities of the total ozone variability within year and common measurement period in the Arctic and Antarctic have been determined. At the most stations in both polar regions the negative trends of total ozone mean year values have been recorded. In South Polar Region this trend is pronounced sharper. In North Polar Region the negative trend of total ozone mainly is noticed at the stations of the western part of the Arctic.*