

С.В. Борисова, к.г.н., **А.М. Лужбин**, к.г.н., **А.В. Маслаков**, асп.
Одесский государственный экологический университет

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ РЕЖИМ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА НАД АНТАРКТИЧЕСКИМ ПОЛУОСТРОВОМ

По данным спутниковой информации и данным непосредственных измерений общего содержания озона на станции Академик Вернадский, были исследованы временные колебания содержания озона над Антарктическим полуостровом, построены карты, по которым были проанализированы поля пространственного распределения стратосферного озона в выбранном полигоне.

Ключевые слова: *общее содержание озона, значимые периоды колебаний, поля распределения озона, озоновая "дыра".*

Вступление. Проблема озона в атмосфере Земли имеет свою давнюю историю, в течение которой акценты исследования перемещались с одних проблем на другие: с развития методов наблюдения на интерпретацию полученных результатов мониторинга, усовершенствование теории образования озона, исследование процессов переноса, разрушения озона, влияние озона на многие процессы в атмосфере и на Земле.

Исследования озона имеют большое значение для человечества, в первую очередь, как озонового щита для Земли, защищающего её от жесткого ультрафиолетового излучения.

Особенно актуальными стали исследования общего содержанием озона (X) после обнаружения в 1980-х гг. так называемой "озоновой дыры" в атмосфере Южного полушария. В озоновой дыре регистрируются наиболее низкие значения X в атмосфере Земли, в результате чего резко увеличивается поток ультрафиолетовой радиации доходящий до земной поверхности. К настоящему времени хорошо известен циркуляционный фон, на котором происходит образование "дыры", а также возможные химические процессы, приводящие к резкому снижению концентрации озона. История наблюдений за общим содержанием озона в земной атмосфере достаточно хорошо освещена в литературе, включая явление "озоновых дыр". Тем не менее, выводы многих работ, различные, кроме того, интерпретация данных наблюдений совсем неоднозначна. Много вопросов остаются еще нераскрытыми – насколько велика роль антропогенных влияний в формировании "озоновой дыры", по каким причинам она формируется именно в полярной зоне и особенно в южном полушарии.

С февраля 1996 г. в районе образования озоновых дыр функционирует украинская антарктическая станция Академик Вернадский (бывшая английская станция Фарадей), которая проводит метеорологические наблюдения с 1947 г., а наблюдения за общим содержанием озона – с 1957 г.

Материалы и методы исследований. Впервые об аномальном содержании озона в атмосфере над Антарктикой сообщил в 1984 г. на симпозиуме Комиссии по озону С.Чубачи – представитель Японской метеорологической службы. По данным измерений на станции Сёва (69° ю.ш.) на протяжении многих дней весной 1982 г. наблюдалось очень низкое содержание озона – около 200 единиц Добсона (е.Д.). Тогда этот факт не привлек внимания ученых. О нем вспомнили в 1985 г., когда были оглашены данные английской антарктической станции Хейли-Бей (76° ю.ш.). Они свидетельствовали о резком уменьшении X, образованием настоящей "дыры" в озоновом слое, кото-

рая, как оказалось, до недавнего времени наблюдалась каждую весну с начала 80-х годов [1].

В данное время под озоновой "дырой" понимают стойкое уменьшение общего содержания озона в районе полюсной зоны в сентябре-октябре, а также более позднее наступление весеннего максимума.

Весенний максимум в Антарктике отмечается обычно в октябре-ноябре, после разрушения зимнего циркумполярного стратосферного вихря и увеличения меридионального обмена воздухом между околополюсной и субполярной зонами. С начала 80-х гг. разрушение вихря начиналось позднее, лишь в декабре. Вдобавок, снижение X замечалось в зоне максимума общего содержания озона в Южном полушарии ($50-60^\circ$ ю.ш.). Эти факты дали начало быстрому развитию экспериментальных и модельных исследований этого необычного и непонятного явления. Большинство ученых приходило к выводу, что это первый сигнал о разрушении защитного озонового слоя, причиной которого являются хлорфторуглеродные соединения (ХФУ), выбрасываемые в атмосферу в следствие производственной деятельности человека.

Считается, что причиной заметного уменьшения количества озона над холодным континентом, кроме циркумполярного вихря, являются полярные стратосферные облака, которые состоят из $\text{HNO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (при температуре меньше -77°C) или водноледяные с более крупными частичками (при температуре меньше -85°C).

В ноябре-декабре потепление стратосферы приводит к разрушению полярного вихря, процессы разрушения озона ослабевают и озоновые "дыры" заполняются воздухом из средних широт с нормальным содержанием озона.

В следующем, после 1985 г., нечетном году – 1987, концентрация озона над Антарктикой в октябре снизилась до половины среднего уровня за 1957-1978 гг., площадь озоновой "дыры" достигла размеров Европы. Как показали данные озонозондов на американской станции Мак-Мёрдо (77° ю.ш.) уменьшение концентрации озона возникает в основном на высоте 12-24 км, то есть в слое максимума концентрации [2]. В отдельные дни озонозонды показывали полное отсутствие озона на некоторых уровнях в слое 15-20 км.

Уменьшение количества озона в следующие годы продолжалось и проходило быстрыми темпами. Были зарегистрированные экстремальные значения:

1. Рекордно низкое значение X – 92 е.Д. на станции Южный полюс в 1998 г., (дефицит 70%).
2. Наибольшая озоновая "дыра" площадью $27,3 \cdot 10^6 \text{ км}^2$, которая захватывала юг Южной Америки.
3. Область частичного разрушения озона поднялась до 24 км.
4. Общий дефицит озона в весенний период превысил 40%.

В начале 90-х годов в период сентября-октября озон над Антарктикой практически исчезал на высотах между 13 и 20 км, а наблюдаемое явление антарктической озоновой "дыры" угрожающе возрастало. Расчеты переноса и концентрации озона на основе решений полной системы уравнений гидродинамики для приполярных районов не объясняют резкого уменьшения озона в весенний период в Антарктике. Некоторые факты позволяют предположить, что важным фактором, не учтенным в моделях, является сток озона в тропосферу.

Гипотез, объясняющих образование данной "дыры", было предложено свыше десятка сразу после ее обнаружения, когда еще материалов наблюдений было мало. Эти гипотезы делились на динамические, пытавшиеся объяснить явление особенностями динамических процессов в антарктической стратосфере, и на фотохимические, связывающие разрушение озона в высоких широтах нижней стратосферы с особыми газо-

фазными и гетерогенными фотохимическими реакциями, происходящими на поверхности частиц полярных стратосферных облаков.

Основной вклад динамических процессов в формирование озоновой "дыры" в Антарктике состоит в образовании области полярного стратосферного вихря, не освещенного Солнцем зимой и почти не обменивающегося воздухом с окружающими его широтами, а низкие температуры к концу зимы приводят к формированию в нижней стратосфере полярных облаков двух типов: облаков типа I, состоящих в основном из $\text{HNO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (тригидрат азотной кислоты) при $T < 196 \text{ K}$ (-77°C), и водно-ледяных типа II более крупными частицами при $T < 188 \text{ K}$ (-85°C).

Часть частиц полярных стратосферных облаков оседает в тропосферу, часть испаряется при освещении Солнцем и потеплении зоны полярного вихря. Данные спутниковых измерений аэрозольной прозрачности стратосферы показали, что частота появления облаков в нижней антарктической стратосфере в сентябре и октябре тесно отрицательно коррелирует с ее температурой, увеличиваясь в 80-е годы, особенно в нечетные годы с фазой квазидвухлетнего цикла. Оседая в тропосферу со скоростью около 2 км за неделю, частицы полярных стратосферных облаков удаляют из слоя 15-25 км многие соединения, участвующие в фотохимии озона. Разрушение озона в области высоких концентраций Cl становится заметным лишь в сентябре, когда эта область освещается Солнцем. Это говорит об определяющей роли газо-фазных реакций, включающих фото диссоциацию.

Фотохимические процессы, приводящие к образованию "дыры", усиливаются в основном в сентябре в высоких широтах с уменьшающейся со временем интенсивностью, а в октябре минимум общего содержания озона формируется и поддерживается динамическими факторами, в частности задержкой весеннего разрушения зимнего полярного вихря и перестройки антарктической стратосферной циркуляции.

Наблюдались значительные и быстрые изменения общего содержания озона весной над Антарктикой, которые трудно объяснить действием фотохимических процессов. Так, по данным спутниковых наблюдений, 5 сентября 1987 г. общее содержание озона над Антарктическим полуостровом на площади около 3 млн. км², уменьшилось на 25 е.Д. за 24 ч. и достигло значения менее 200 е.Д. Эта область низкого общего содержания озона, двигаясь над морем Уэдделла, существовала до 16 сентября, когда она слилась с двумя другими областями низкого содержания озона около Южного полюса. Данные самолетных лидарных измерений в этой воздушной массе в указанный период показали низкие концентрации озона и повышенное содержание аэрозолей в слое 14-19 км, а синоптический анализ отметил усиление меридионального переноса в нижней стратосфере из средних широт южного полушария в высокие широты в рассматриваемом секторе [3].

Среднее за октябрь среднезональное общее содержание облаков вдоль 80° ю.ш. в нечетные годы 1979-1987 (с фазой квазидвухлетнего колебания) убывало со скоростью в 9 % в год и за восемь лет уменьшилось вдвое, что соответствует и другим оценкам роста средней интенсивности озоновой "дыры" в Антарктике. В то же время данные измерений фоновых глобальных концентраций ХФУ-11 и -12 и оценки средних концентраций суммарного нечетного хлора в стратосфере в 1970-1985 гг. указывают на их рост с примерно одинаковой скоростью (в 4-5% в год) и временем удвоения $T_2 = 15-18$ лет. Таким образом, наблюдаемые скорости роста содержания в атмосфере фотохимических факторов озоновой "дыры" примерно вдвое меньше скорости роста ее интенсивности в 80-е годы, что позволяет сделать вывод о почти одинаковом вкладе фотохимических и динамических факторов в формирование этого нового явления. Итак, наблюдаемое явление антарктической озоновой "дыры" есть результат многих атмосферных процессов различного происхождения, накладывающихся и взаимодействующих.

вующих друг с другом в особых условиях зимней и весенней антарктической стратосферы.

В настоящей работе была использована информация об общем содержании озона над южным полушарием, полученная со спутников "Метеор 3" и "Nimbus 7", за период с ноября 1978 по апрель 1993 гг., где для каждого года были представлены среднесуточные данные в узлах сетки с шагом 1.25 градуса по долготе и 1.0 градус по широте. Для распаковки и визуализации исходной спутниковой информации использовалась программа "VisuAnalyze Lite 1.0", с помощью которой анализировалась информация о пространственном распределении X в интересующем нас регионе.

Также были привлечены данные измерений общего содержания озона на станции Академик Вернадский с помощью спектрофотометра Добсона за период с 1995 по 2003 гг. Эти данные были предварительно обработаны и структурированы. По ним был сформирован ряд, состоящий из осредненных значений по каждому дню за 8 лет, позволивший построить графики годового хода X и выявить основные внутригодовые периоды колебаний.

Более длительные периоды колебаний анализировались по спутниковой информации, для чего был сформирован ряд среднемесячных значений X в точке координатной сетки соответствующей координатам ст. Академик Вернадский. По спутниковой информации была сформирована база данных для анализа пространственного распределения озона в районе с координатами: 30° – 90° ю.ш., 90° з.д. – 30° в.д. Внутри этого полигона в районе Аргентинских островов располагается станция Академик Вернадский, её координаты: $65^{\circ}15'$ ю.ш., $64^{\circ}16'$ з.д.

Рассчитывались ряды спектральной плотности по среднемесячным данным, предварительно сглаженным для периодов 1978-1993 гг. и 1995-2003 гг. Сглаживание проводилось по разным периодам с целью выбора оптимального.

Был построен осредненный за 8 лет (1995-2003 гг.) годовой ход среднесуточных значений X по данным станции Академик Вернадский. Временные ряды среднесуточных значений X подвергались анализу скрытых периодичностей, который дал возможность выявить значимые периоды колебаний для исследуемого ряда лет, выбрать оптимальный из них для сглаживания и оценки временного тренда.

Кроме того, для анализа тенденции изменения X в отдельные месяцы за различные периоды в районе ст. Академик Вернадский была использована справочная информация об общем содержании озона в южном полушарии за более ранний период 1957-1983 гг. [4].

Для обработки данных пространственного распределения была использована программа, позволившая для выбранного нами полигона по спутниковой информации построить карты пространственного распределения X по осредненным за период 1978-1993 гг. среднемесячным значениям для всех месяцев года. Приведенные в работе карты соответствуют месяцам с экстремальными значениями общего содержания озона.

Результаты исследований и их анализ. По результатам расчетов для среднесуточных значений за период наблюдений 1995-2003 гг. для станции Академик Вернадский статистически обеспеченными оказались периоды длительностью около месяца, 22-х, 14-и, 11-и и двухсуточные. Первые два периода имеют 95% уровень значимости, остальные – 68%. По данным среднемесячных значений за тот же интервал 1995-2003 гг. с 95% вероятностью наблюдаются годовые и четырехмесячные колебания, и, с несколько меньшей, но тоже значимой (68%) вероятностью, трехмесячные.

Для ряда большей длительности (15 лет) – с 1978 по 1993 гг. основными периодами колебаний оказались квазидвухлетние (21 месяц) и четырехмесячные, а также период длительностью 2,5 месяца.

Квазидвухлетние колебания известны и их причины проанализированы во многих работах [3, 5, 6]. Трех и четырехмесячные связаны с сезонными и более кратковременными атмосферными процессами динамического и фотохимического характера.

Большой интерес представляет годовой ход общего содержания озона за период 1995-2003 гг., осредненный за весь период по среднесуточным значениям (рисунок 1). Станция Академик Вернадский находится за пределами круга широт, где по общеизвестной информации наблюдаются максимальные значения X в южном полушарии. Тем не менее, по исследованиям общего содержания озона до восьмидесятых годов в этой зоне в весенние месяцы (сентябрь-октябрь) значения X составляли в среднем 320-340 е.Д. В более поздние периоды именно в эти месяцы отмечаются самые низкие значения количества озона в исследуемом районе. Так называемая озоновая "дыра" наиболее глубокой оказывается именно в эти месяцы. Как видно из рисунка 1 минимальные среднесуточные значения, осредненные за 8 лет, достигают величин 173-175 е.Д., тогда как максимум отмечен в декабре где его значение не превышает 320 е.Д., что достаточно близко к значению среднего максимума, приведенного в справочнике "Атмосфера" [4] за 1957-1983 гг. Абсолютный минимум среднего за сутки значения X , который был отмечен на ст. Академик Вернадский за эти годы составил 20 сентября 2000 г. 118 е.Д. Модальное значение X за этот период по наблюдениям указанной станции составляет 267 е.Д.

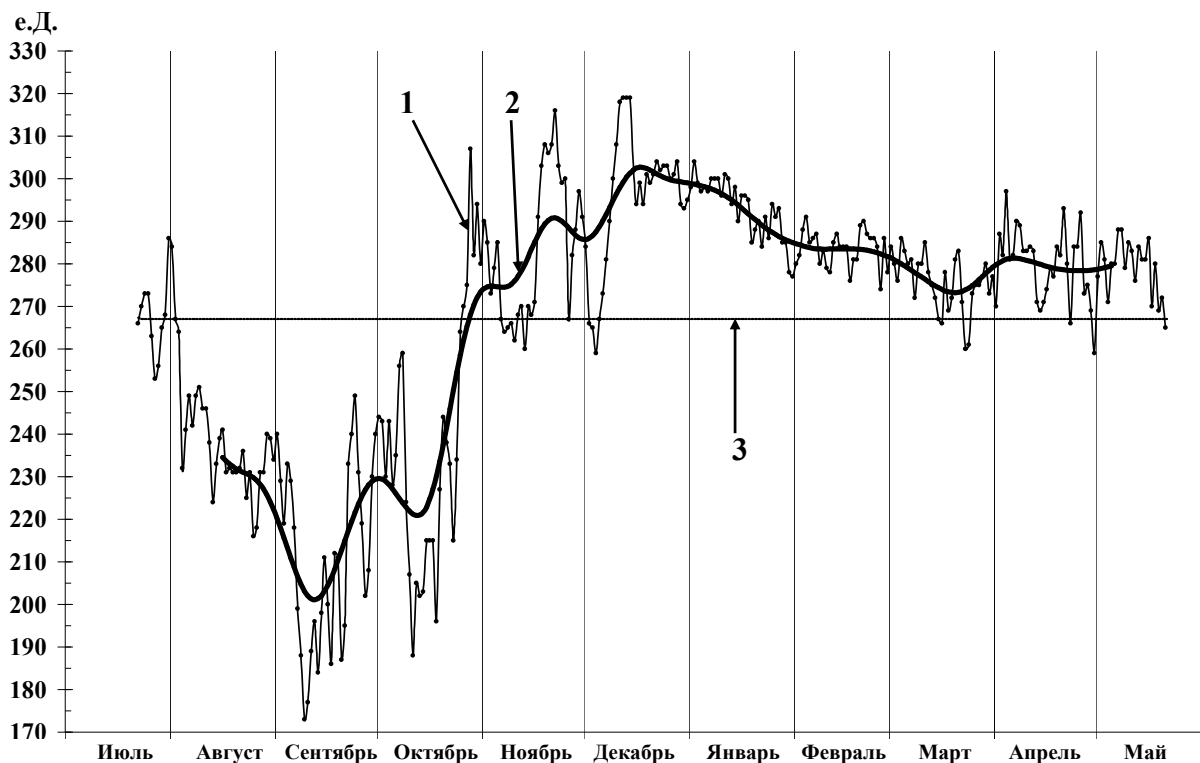


Рисунок 1 – Годовой ход среднесуточных значений X (1), сглаженный временной ряд (2) и модальное значение величины X (3) в районе ст. Академик Вернадский за период 1995-2003 гг.

Межгодовые изменения общего содержания озона рассматривались нами для двух периодов: по спутниковой информации за 1978-1993 гг. и по непосредственным измерениям X на ст. Академик Вернадский за 1995-2003 гг. Среднее значение содержания озона в первом периоде составляет 294 е.Д., во втором, как уже указывалось, 267 е.Д. Графики среднемесячных значений этих величин представлены на рисунках 2 (а) и 2 (б).

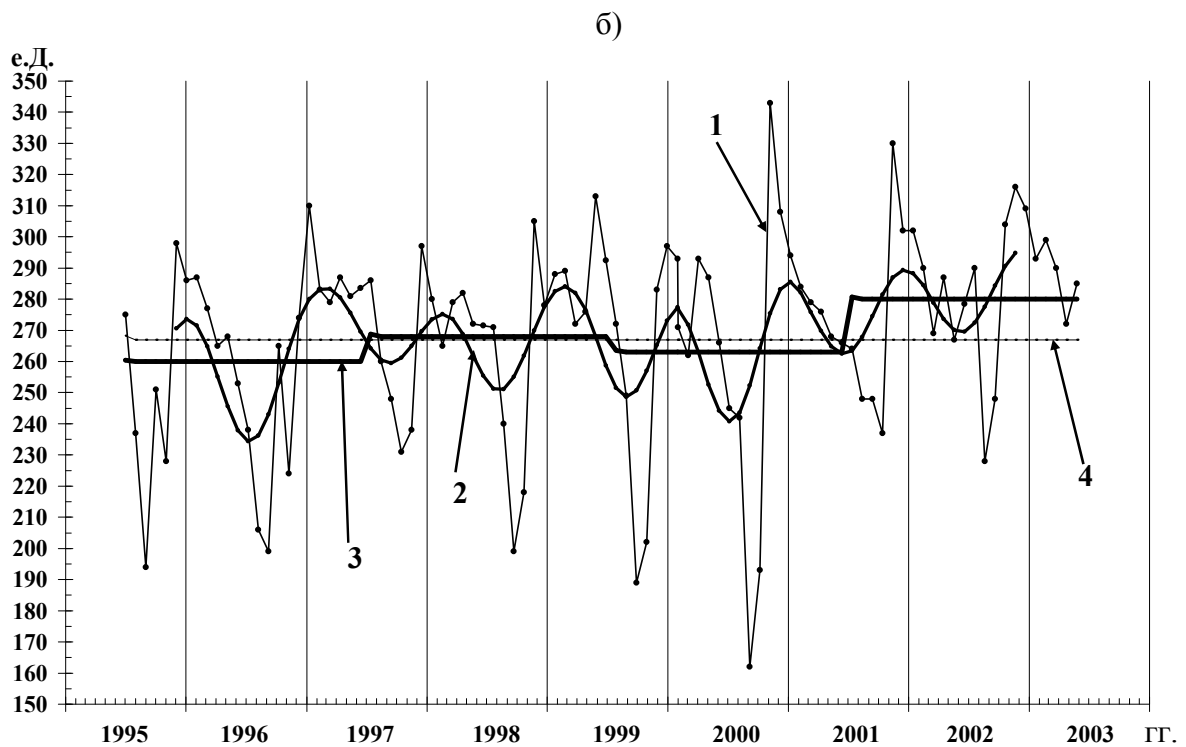
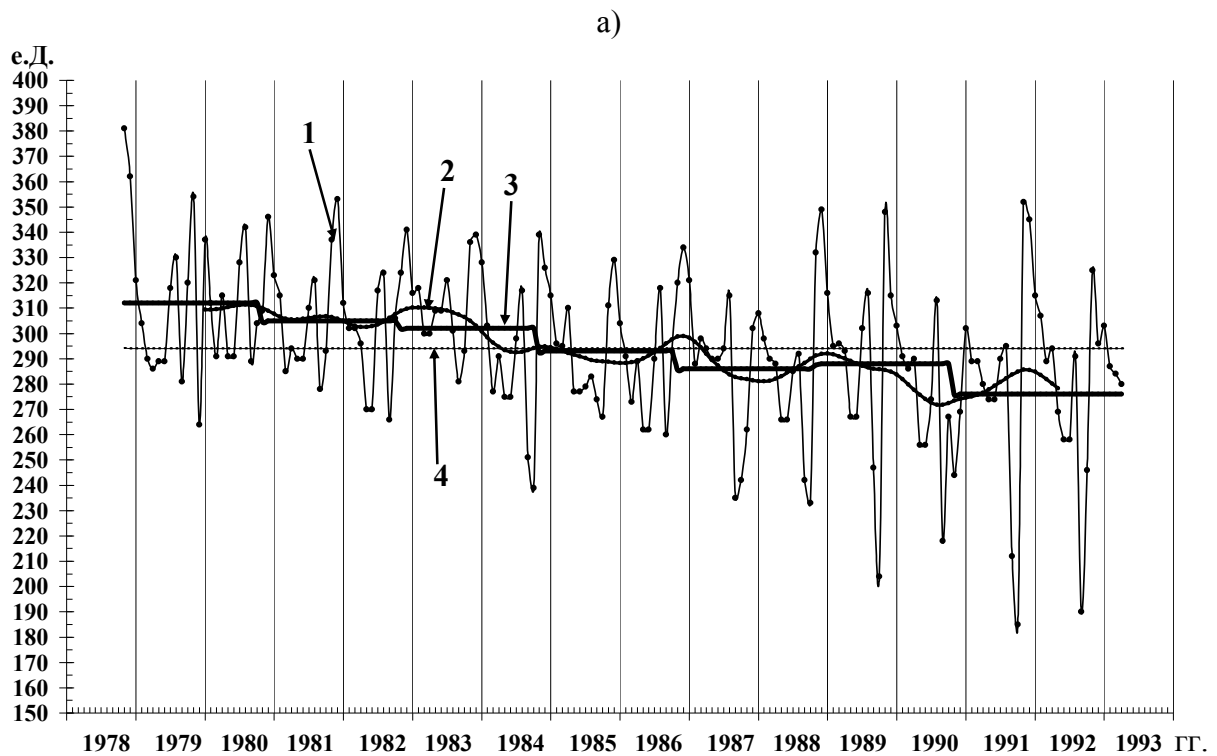


Рисунок 2 – Многолетний ход величины X (1), сглаженный временной ряд (2), ступенчатый тренд (3) и модальное значение величины X (4) за периоды 1978-1993 гг. (а) и 1995-2003 гг. (б) в районе ст. Академик Вернадский

Ступенчатый тренд – осредненный по двухлетним периодам – убедительно демонстрирует устойчивое уменьшение общего содержания озона на протяжении всего первого периода и большей части второго, включая 2000 год, после чего начался рост количест-

ва O_3 , который составил за последний двухлетний интервал времени около 15 е.Д. по сравнению с таким же предыдущим периодом. Хотя абсолютный минимум был отмечен в сентябре 2000 г., самые низкие значения X за все рассмотренные в работе годы отмечались в 1995-1996 гг., когда среднее за 2 года значение опустилось до отметки 260 е.Д. В годы, когда впервые была обнаружена озоновая "дыра" – 1985-1986 гг. – \bar{X} составляло 295 е.Д.

Для сопоставления среднемесячных значений общего содержания озона за отдельно взятые месяцы были использованы 3 периода (табл. 1). Ранний период 1957-1983 гг. – это период, когда озоновая "дыра" еще не была обнаружена. Среднемесячные значения X в районе Аргентинских островов за этот период были получены по картам общего содержания озона для южного полушария, построенным на основе данных наземных станций озонметрической сети с восстановлением недостающей информации в узлах регулярной координатной сетки по модели [4].

Таблица 1 – Среднемесячные значения величины X (е.Д.) за различные периоды в районе ст. Академик Вернадский

Месяцы	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Периоды						
1957-1983 гг.	310	300	290	290	290	310
1984-1993 гг.	310	294	289	291	270	269
1995-2003 гг.	293	284	276	280	280	274
Месяцы	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Периоды						
1957-1983 гг.	310	320	320	330	350	340
1984-1993 гг.	284	303	235	242	315	318
1995-2003 гг.	268	239	211	238	283	295

Следующий период 1984-1993 гг. отличался резким снижением X в начале весны (сентябре-октябре) и смещением годового максимума с ноября на декабрь. Среднемесячные значения X для анализируемого района за этот период были получены по данным спутника "Nimbus 7" и дополнены данными спутника "Метеор 3". Здесь были использованы ряды данных начиная с 1984 г. потому, что значения X по ступенчатому тренду двухлетней периодичности (рис. 2) становятся меньше среднего модального значения X начиная с 1984 г., а также потому, что аномальное содержание озона в атмосфере над Антарктикой впервые было обнаружено в 1984 г., когда об этом было сообщено на симпозиуме Комиссии по озону представителем Японской метеорологической службы.

Последний период 1995-2003 гг. характеризовался снижением общего содержания озона в районе ст. Академик Вернадский во все месяцы, хотя с 2001 г. наблюдался незначительный рост X . За этот период среднемесячные значения X были получены по данным ст. Академик Вернадский. Значения X за июнь месяц найдены методом линейной интерполяции по данным за май и июль месяц.

По табл. 1 в 1957-1983 гг. минимальные значения X наблюдались осенью с марта по май, далее содержание озона постепенно увеличивалось и достигало максимальных значений порядка 350 е.Д. в ноябре. В 1984-1993 гг. абсолютные значения X с января по апрель сохранялись на прежнем уровне, начиная с мая заметно снижались, а в сентябре-октябре отмечалось резкое падение X по сравнению с предыдущими годами. Разница среднемесячных значений X в сентябре составила 85 е.Д., а в октябре 88 е.Д. К концу весны – началу лета общее содержание озона возрастало, достигало значений

315-318 е.Д., что в среднем на 30 е.Д. меньше, чем в предыдущий период. Годы с 1995 по 2003 характеризуются меньшим содержанием озона практически во все месяцы по сравнению с величинами X за все предыдущие годы измерений. Максимум X за последний период еще более смещен в сторону летних месяцев, его абсолютные значения еще ниже, чем в предыдущие периоды и составляют 293-295 е.Д. Это более чем на 20 е.Д. ниже максимума за 1984-1993 гг. и более чем на 50 е.Д. ниже по сравнению с периодом 1957-1983 гг.

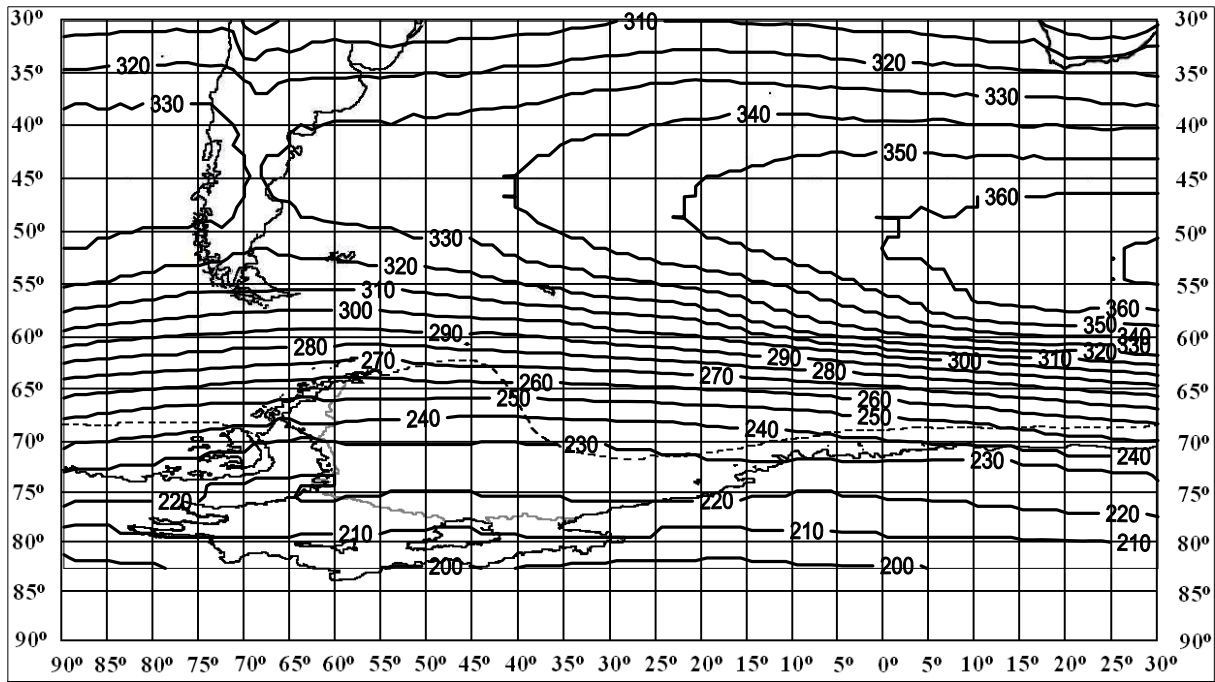
Вышеприведенное сопоставление позволило, во-первых, подтвердить известный факт резкого снижения X в начале весны, начиная с 80-х годов 20 столетия, во-вторых, обнаружить углубление озоновой "дыры" в 90-е годы, в-третьих, выявить снижение общего содержания озона во все месяцы по сравнению с более ранними периодами, и, в-четвертых, подтвердить факт смещения весеннего годового максимума на начало лета.

Анализ пространственного распределения среднемесячных значений X за период 1978-1993 гг. подтверждает его четко выраженный зональный характер в Южном полушарии, в связи с чем, наибольшие градиенты общего содержания озона имеют меридиональную направленность. Это справедливо для всех месяцев. Наибольшие значения градиентов наблюдаются в сентябре и октябре в полосе широт от 55° до 75° (в зависимости от долготы), достигая значений 11 е.Д. на 100 км в октябре месяце в квадрате $60^{\circ} - 65^{\circ}$ ю.ш. и $0^{\circ} - 25^{\circ}$ в.д. Поля X в эти месяцы являются высокоградиентными, а распределение озона является отражением динамических и фотохимических процессов, вызывающих явление озоновой "дыры" в полярных районах южного полушария [4, 5]. Поэтому карты пространственного распределения общего содержания озона в южном полушарии в сентябре и октябре месяце представляют наибольший интерес.

На этих картах в выбранном полигоне (рисунок 3) видно, что аномально низкие значения X наблюдаются на широтах более 80° и составляют 200-210 е.Д. в среднем за период 1979-1992 гг. Территориально озоновая "дыра" от материковой зоны простирается в сторону южной оконечности Южной Америки и, соответственно, Антарктического полуострова и Аргентинских островов, где расположена ст. Академик Вернадский. Наибольшие градиенты, о которых было сказано выше, находятся между областью основного максимума, который отмечается над Индийским океаном южнее Австралийского материка на широтах $50^{\circ} - 55^{\circ}$ и минимумом над полярными широтами. Наибольших значений X достигает в полосе широт $40^{\circ} - 55^{\circ}$, от которых в сторону экватора общее содержание озона постепенно уменьшается со средними значениями градиентов приблизительно 3 е.Д. на 100 км. Абсолютные значения X на этих широтах составляют более 330 е.Д. На картах также видна ложбина в поле среднемесячных значений X , которая простирается над горным массивом Анд в Южной Америке в направлении Антарктического полуострова.

Карты пространственного распределения среднемесячных значений X построены за все месяцы периода 1978-1993 гг., проанализированы, хотя они здесь и не приведены. Их анализ позволяет сделать следующие выводы. Основной максимум X , расположенный южнее австралийского континента в полосе широт $50^{\circ} - 55^{\circ}$, наиболее ярко выражен в сентябре-октябре месяце, а значения X в его центре достигают 400-420 е.Д. Озоновая "дыра" практически не смещается с момента ее образования в конце зимы до ее заполнения в ноябре-декабре, а лишь может расширяться или уменьшаться по площади.

Сентябрь



Октябрь

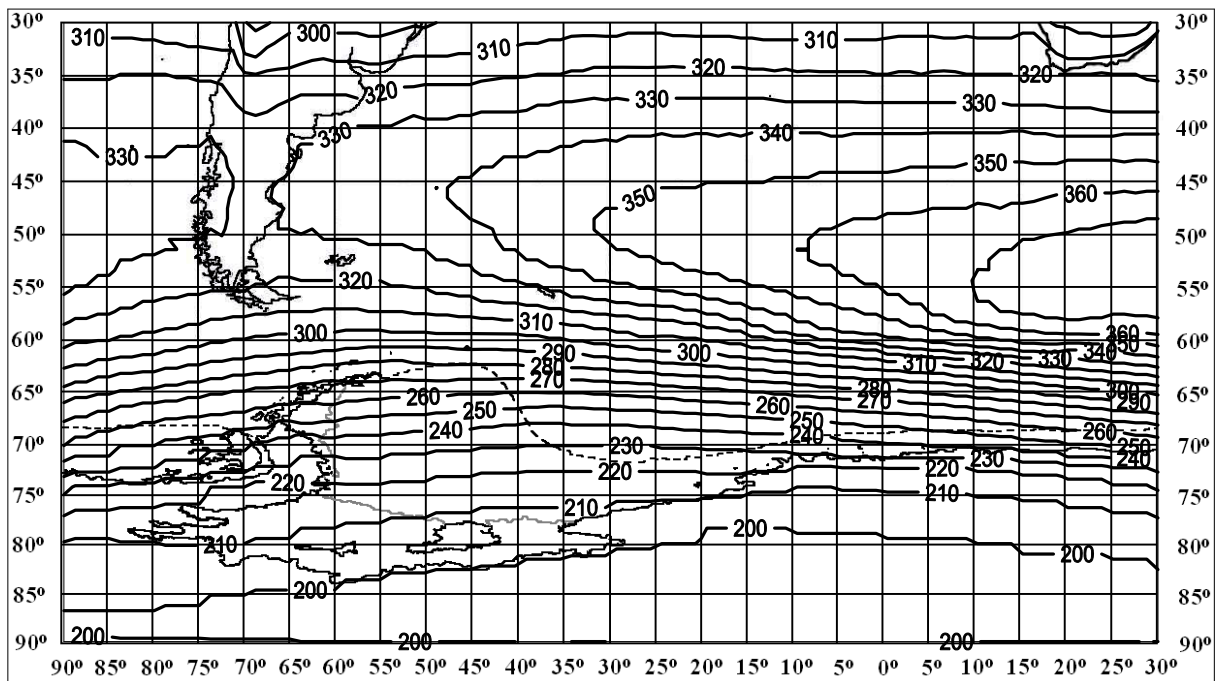


Рисунок 3 – Пространственное распределение среднемесячных значений X в сентябре и октябре для полигона с координатами: $30^{\circ} - 90^{\circ}$ ю.ш., 90° з.д. – 30° в.д. за период 1979-1992 гг.

Такое стационарное поведение озоновой "дыры", по всей вероятности, связано с тем, что центр антарктического циркумполярного стратосферного циклона на протяжении всей зимы практически не изменяет своего положения, а изменение площади озоновой "дыры" связано с сезонными изменениями циркумполярного вихря, активизацией и ослаблением фотохимических процессов, образованием и разрушением стратосферных

облаков.

Выводы. В ходе проделанной работы были выявлены значимые периоды колебаний общего содержания озона над антарктической ст. Академик Вернадский. Для ряда среднесуточных значений X наиболее значимыми оказались периоды длительностью около месяца и 22-х суточные. Для ряда среднемесячных значений X наиболее значимыми оказались квазидвухлетние, годовые и четырехмесячные периоды. При этом квазидвухлетние колебания хорошо известны и подтверждаются информацией из литературных источников. Также известны и четырехмесячные колебания, они имеют сезонный характер. Колебания же, имеющие период один год, на наибольшем уровне значимости проявляются лишь в 1995-2003 гг. и, как было показано, связаны с четко выраженным годовым ходом общего содержания озона в последние годы.

Упомянутый выше факт смещения весеннего годового максимума на начало лета, который отмечается с 1980-х гг., нами подтвержден и проверен статистически.

По нашим данным уменьшение общего содержания озона, обнаруженное в 1984-1985 гг., сохранялось до конца 20-го столетия. Минимальные среднемесячные значения общего содержания озона наблюдались в 1995-1996 гг., когда среднее за 2 года значение опустилось до отметки 260 е.Д. Абсолютный же минимум среднесуточных значений общего содержания озона был отмечен на ст. Академик Вернадский 20 сентября 2000 г. и составил 118 е.Д. Озоновая "дыра", максимум которой наблюдался в сентябре-октябре, всегда вытянута в сторону южной оконечности Южной Америки.

Низкое содержание озона в районе Антарктического полуострова в сентябре-октябре месяце компенсируется высоким содержанием озона в области основного максимума над Индийским океаном южнее Австралии.

Причины столь значительного понижения содержания озона в стратосфере Антарктики в конце 20 столетия все еще остаются не выясненными, хотя гипотез, объясняющих это явление много. Существует мнение, что это всего лишь долгопериодные колебания X , которые будут очевидными при более длительных рядах наблюдений [7].

Список литературы

1. *Atmospheric Ozone* 1995. – World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project. Report #16, vols 1-2, 1986.
2. Р. Д. Божков. Изменяющийся озоновый слой. Совместная публикация ВМО и ЮНЕП, 1995, 32 с.
3. С. А. Ситнов, А. Н. Груздев. Анализ квазидвухлетней цикличности в вертикальных распределениях озона и метеопараметров по данным озонозондов. - Издание РАН, ФАО, 1996, том 32, №3, С. 370-382.
4. Справочник "Атмосфера" / Под общ. ред. проф. Е.С. Седунова. – Л. Гидрометиздат, 1991. – С. 343-346.
5. Е. А. Жадин. Долгопериодные вариации озона и циркуляции атмосферы. - Метеорология и гидрология, 1999, №2, С. 68-80.
6. А. А. Черников, Ю. А. Борисов и др. Воздействие явления Эль Ниньо 1997-98 гг. на озоновый слой Земли. - Метеорология и гидрология, 1998, №3, С. 104-110.
7. С. П. Перов, А. Х. Хрчиан. Современные проблемы атмосферного озона. - Л. Гидрометиздат, 1980, 287 с.

Просторово-часовий режим загального вмісту озону над Антарктичним півострівом. Борисова С.В., Лужбін А.М., Маслаков О.В.

За даними супутникової інформації і даними безпосередніх спостережень загального вмісту озону на станції Академік Вернадський, були досліджені часові коливання вмісту озону над Антарктичним півострівом, побудовані карти, за якими були проаналізовані поля просторового розподілу стратосферного озону на обраному полігоні.

Ключові слова: загальний вміст озону, значущі періоди коливань, поля розподілу озону, озонна "дірка".

Spatio-temporal regime for overall ozone content above the Antarctic peninsula. S. Borisova, A. Luzhbin, A. Maslakov

The temporal vibrations of ozone content above the Antarctic peninsula on the basis of satellite information and the direct observation of common ozone content data at the Academician Vernadsky station were researched. Maps on the basis of which fields of spatial distribution of stratospheric ozone at the designated test-field were analyzed, were plotted.

Keywords: common ozone maintenance, meaningful periods of vibrations, area of ozone distribution, ozone "hole".