

А.М. Звягинцев, Г.М. Крученицкий

ОБ ОЦЕНКАХ ТРЕНДОВ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА В ЕВРОПЕ И ИХ СВЯЗЯХ С ИЗМЕНЕНИЯМИ ОБЩЕЙ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ

Проанализированы причины уменьшения озонового слоя путем статистического анализа временных рядов общего содержания озона на европейских станциях озонометрической сети с 1958 по 1991 г. с учетом влияния азорского антициклона. Показано, что при количественной оценке трендов общего содержания озона необходимо учитывать динамические факторы, долговременные изменения которых существенным образом сказываются на этих трендах. В качестве динамического фактора, определяющего долговременные изменения среднегодового общего содержания озона в Европе, может быть использовано (по крайней мере, в качестве первого приближения) январское давление в центре азорского антициклона, учет которого снижает рассчитанную величину тренда в последние 10–20 лет на несколько процентов за десятилетие.

В настоящее время не вызывает сомнений факт уменьшения в глобальном масштабе общего содержания озона (ОСО) в последние 15–30 лет [1–3]. Кроме того, в эти же годы отмечено резкое увеличение частоты появления локальных короткоживущих аномалий (с протяженностью 1–3 тыс. км и временами жизни 2–7 сут) [4]. Однако при рассмотрении наблюдений ОСО 30–70-летней давности в различных регионах (например, в Швейцарии [5], Норвегии [6], Антарктиде [7, 8]) выявляется, что низкие значения ОСО, близкие к нынешним, наблюдались и ранее. Наиболее часто в зарубежной литературе [2, 3] в качестве основной причины истощения озонового слоя указывают на фотохимическое разрушение озона окислами хлора (и отчасти брома), которые накапливаются в стратосфере при разрушении галогенуглеродных соединений (фреонов и галонов) антропогенного происхождения.

Однако в последние 10–15 лет все настойчивее высказывается мнение [9–13], что первопричиной являются природные процессы, приводящие также к изменениям глобальной атмосферной циркуляции. Решение проблемы имеет не только чисто научное, но и народнохозяйственное значение, поскольку постоянно возрастающие темпы истощения озонового слоя послужили одним из решающих аргументов для принятия так называемого Монреальского протокола [1], запрещающего дальнейшее производство и применение фреонов и галонов (для России – с 1996 г.). Однако при расчетах этих темпов [2, 3] практически не были учтены динамические факторы, например, наблюдаемые изменения характеристик климатообразующих центров действия атмосферы, которые в значительной степени влияют на характеристики озонового слоя в различных регионах [14–17]. Настоящая работа демонстрирует, как учет динамических факторов, а именно наблюдаемых изменений параметров важнейшего центра действия атмосферы для Европейского региона – азорского антициклона, сказывается на оценках трендов ОСО для этого региона.

При расчетах использован общепринятый способ вычисления трендов ОСО [18–23] методом регрессионного анализа данных европейских станций, входящих в мировую озонометрическую сеть [24]. Расчеты проведены по следующей статистической модели:

$$X(y) = \text{const} + \text{trend} + \text{QBO} + \text{Solar} + \text{NAO} + \text{Residual}, \quad (1)$$

где $X(y)$ – среднегодовое значение ОСО в год y ; $\text{trend} = A(y - 1970)$ – описывает линейный тренд; $\text{QBO} = B_1 w_{30}(y) + B_2 w_{30}(y + 7/12)$ – описывает влияние квазидвухлетних колебаний (КДК); $w_{30}(y)$ – скорость экваториального ветра на уровне 30 гПа в Сингапуре; $\text{Solar} = CF_{10,7}$ – описывает влияние солнечной активности; $F_{10,7}$ – интенсивность солнечной радиации на длине волны 10,7 см; $\text{NAO} = Dp_{\text{АН}}$ – описывает влияние североатлантического колебания; $p_{\text{АН}}$ – давление в центре азорского антициклона в январе (в дальнейшем – давление ААЯ); Residual – временной ряд остатков; const , A , B_1 , B_2 , C , D – постоянные для данной озонометрической станции.

Критерии, устанавливающие качество модели, приведены в [23]. От модели, обычно используемой для вычисления трендов [18–23], она отличается введением дополнительного члена NAO, учитывающего, как и член QBO, происходящие изменения динамики атмосферы, которая в сильной степени влияет на озоновый слой над Европой. Влияние азорского антициклона на ОСО представляется следующим образом: увеличение среднемесячного давления ААЯ сопровождается возрастанием частоты повторения южной адвекции, что не только само по себе уменьшает содержание озона в нижней стратосфере, но, кроме того, еще приводит к восходящим вертикальным токам, что также вызывает убыль озона. Более детально этот механизм рассмотрен в работах [15, 17]. Член NAO в формулу (1) введен в форме, аналогичной форме члена, описывающего влияние на ОСО явления Эль-Ниньо (южного колебания) [19–22] (такое влияние достаточно ярко проявляется в экваториальной области, но малозначимо в средних широтах Северного полушария, а потому нами не учитывается).

В качестве количественной характеристики динамических процессов, связанных с влиянием азорского антициклона, в настоящей работе использовано давление в его центре в январе, рассмотренное в [15], которое хорошо коррелирует с рассмотренным в [16] индексом североатлантического колебания в декабре – марте (в модельных расчетах оба фактора дают близкие результаты, но давление ААЯ все-таки оказывается несколько эффективнее). С формальной точки зрения введение члена NAO обосновано тем обстоятельством, что традиционно получающиеся временные ряды остатков Residual (т.е. по формуле (1), но из которой исключен член NAO, а остальные члены сохранены; при этом, разумеется, существенно изменяются величина тренда, и менее сильно – коэффициенты при остальных влияющих факторах) для подавляющего большинства европейских озонметрических станций, в т.ч. всех наиболее авторитетных, значимым образом разлагаются в форме регрессии по ряду NAO. Следует учитывать, что пункты наблюдений, по которым вычисляется давление ААЯ, удалены от рассмотренных мест наблюдений ОСО на расстояние 2000–4000 км; поэтому выбранный фактор представляет, вероятно, лишь первое приближение, пригодное для количественного описания влияния атмосферной динамики на ОСО.

Существенное изменение климатообразующих факторов атмосферы над Северной Атлантикой, наиболее отчетливо проявляющееся в последние десятилетия, иллюстрируется рис. 1 и табл. 1. Вероятно, такое изменение, в соответствии с выводами Межправительственной комиссии ООН по климатическим изменениям, явилось результатом деятельности человека вследствие, прежде всего, выбросов двуокиси углерода и аэрозолей [26]. Из трендов, показанных на рис. 1, статистически значимым при доверительной вероятности $P = 0,95$ является лишь тренд индекса североатлантического колебания в мае – августе, но за период 1960–1991 гг. все указанные тренды являются значимыми. Из табл. 1, в частности, отчетливо видно, что вычисленный в линейном приближении тренд давления ААЯ явно усиливается в последние годы. Поэтому введение давления ААЯ в модель должно сказаться на величине тренда ОСО, причем практическое влияние на расчет тренда ОСО можно ожидать только от члена NAO. Члены QBO и Solar имеют основные периоды около 28 мес и 11 лет, поэтому при расчете трендов в средних широтах Северного полушария при длинах временного ряда более 10 лет они практически не значимы, поскольку амплитуды их влияния составляют менее 3 и 2 % величины ОСО соответственно.

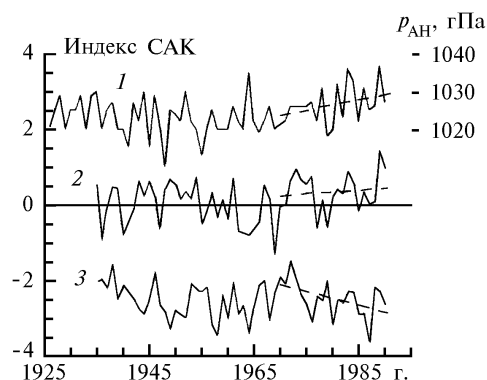


Рис. 1. Временной ход среднеянварского давления в центре азорского антициклона (кривая 1) и средних арифметических индексов североатлантического колебания (САК) за период декабрь–март (кривая 2) и май–август (кривая 3 – сдвинута вниз на 2,5). Штриховыми линиями показаны их линейные тренды за период с 1970 по 1991 г.

Тренды параметров центра азорского антициклона в январе (давление и широта) в различные периоды времени

Период времени	Давление		Северная широта	
	Среднее \pm СКО	Тренд \pm СКО	Среднее \pm СКО	Тренд \pm СКО
	гПа	гПа/г.	град.	град./г.
1891–1991	1024,3 \pm 4,7	0,02 \pm 0,02	34,9 \pm 7,6	0,05 \pm 0,05
1960–1991	1025,4 \pm 5,1	0,22 \pm 0,09	35,1 \pm 7,2	0,29 \pm 0,13
1970–1991	1026,4 \pm 5,0	0,28 \pm 0,17	36,9 \pm 7,2	0,39 \pm 0,24
1979–1991	1027,3 \pm 5,8	0,45 \pm 0,45	38,3 \pm 6,6	0,47 \pm 0,51

В табл. 2 представлены результаты расчетов трендов (с погрешностями, равными удвоенным среднеквадратическим отклонениям) для различных европейских озонметрических станций в 1970–1991 и 1979–1991 гг. в модели без учета и с учетом члена NAO , а также для сравнения – данные [2] (как данные наиболее авторитетных зарубежных источников). При расчете коэффициента регрессии среднегодового ОСО по давлению ААЯ по всему времени наблюдений он также оказался статистически значимым (при доверительной вероятности $P = 0,95$) на всех станциях Европы (кроме Брекнела), расположенных в широтном поясе от 40 до 60° с.ш.

При интерпретации временного хода ОСО в соответствии с моделью (1) в обобщающих отчетах [2, 3] молчаливо предполагается, что после учета динамических факторов (а практически учитывают только КДК) и влияния солнечной активности весь тренд ОСО обусловлен антропогенным разрушением озонового слоя. Поэтому для сравнений с результатами фотохимических модельных расчетов убыли озона, не учитывающих изменение атмосферной циркуляции, необходимо из общего наблюдаемого тренда ОСО вычесть тренд, связанный с изменяющейся атмосферной циркуляцией. В отчете [3] расчет трендов произведен за период с января 1979 г. по февраль 1994 г. Сравнение трендов за этот и предыдущие периоды (например, за 1970–1991 гг. [2]) используют для заключения [3] о резком возрастании отрицательных трендов озона в последние годы (что, в свою очередь, связывают с увеличением содержания в атмосфере фреонов), которое, однако, ввиду неполноты учета изменений динамических факторов и влияния вулканических извержений представляется нам недостаточно обоснованным.

По нашему мнению, основание для заключения о природе долговременных изменений ОСО способен дать лишь более глубокий анализ временных рядов ОСО, особенно самых длинных, и прежде всего наличие совпадения результатов экспериментальных наблюдений с заблаговременно сделанными модельными предсказаниями. При статистическом анализе таких рядов наблюдений возникают трудности, связанные с их ограниченной протяженностью и хорошо известные в классической климатологии (где принято оперировать, по меньшей мере, с рядами длительностью 100 и более лет) и математической статистике. Применительно к анализу рядов ОСО эти трудности дополнительно усугубляются двумя обстоятельствами.

Первое из них состоит в том, что за последние два десятилетия дважды, по меньшей мере, имели место мощные кратковременные воздействия на глобальное ОСО: это извержения вулканов Эль-Чичон (1982 г.) и Пинатубо (1991 г.).

Второе обстоятельство состоит в том, что ввиду разнообразия технических средств измерений ОСО и ряда специфических метрологических и методических трудностей (на различных озонметрических станциях погрешности измерений неизвестны даже инициаторам их проведения, хотя известно, что они различаются и неконтролируемым образом меняются во времени) анализируемые ряды в сильной степени неоднородны. Поэтому к значениям рассчитанных (любым способом) трендов ОСО следует подходить с большой осторожностью. По причине воздействия на озоновый слой в 1992–1994 гг. самого крупного в XX в. извержения Пинатубо [27–29] включение в расчет трендов периода с конца 1991 до начала 1994 г., как это сделано в [3], представляется некорректным; поэтому в настоящей работе расчетный период ограничивается 1991 г. Из табл. 2 видно, что результаты наших расчетов без учета давления ААЯ хорошо совпадают с результатами расчета в [2]; с учетом же последнего тренды значительно уменьшаются по величине (в среднем на 0,7 и 1,7 % за 10 лет в 1970–1991 и 1979–1991 гг. соответственно), также падает их статистическая значимость.

Временной ход ОСО по результатам наблюдений за весь указанный в таблице срок и регрессионная модель с учетом линейного тренда, давления ААЯ и КДК для Арозы и Хоенпайсенберга изображены на рис. 2.

Таблица 2

**Тренды общего содержания озона и соответствующие коэффициенты регрессии по давлению
в центре азорского антициклона в январе на различных станциях в Европе в различные периоды времени**

Станция, годы наблюдений	Северная широта, град.	Вид тренда	Без учета влияния азорского антициклона				Коэффициент регрессии по $p_{\text{АН}}$ е.Д./гПа	С учетом влияния ААЯ	
			1970–1991	1970–1991	1979–1991	1979–1991		1970–1991	1979–1991
			Тренд, %/10 лет	Тренд [2], %/10 лет	Тренд, %/10 лет	Тренд [3], %/10 лет		Тренд, %/10 лет	Тренд, %/10 лет
Рейкьявик 1976–1991	64	Годовой Дек.-март	0,0 ± 3,8 –0,9 ± 5,7	–0,3 ± 1,4 0,2 ± 2,8	–3,3 ± 4,0 –4,7 ± 7,9	– –	–2,2 ± 2,0 –1,5 ± 4,1	–0,6 ± 1,9 –2,4 ± 4,0	–1,7 ± 1,7 –3,3 ± 5,8
Лервик 1958–1990	60	Годовой Дек.-март	–1,8 ± 2,2 –0,6 ± 3,0	–0,1 ± 1,4 0,9 ± 3,0	–7,2 ± 4,6 –1,6 ± 6,9	– –	–1,0 ± 2,1 –0,6 ± 3,0	–1,9 ± 1,5 –0,7 ± 2,0	–5,7 ± 3,0 0,3 ± 4,4
С.-Петербург 1973–1991	60	Годовой Дек.-март	–4,1 ± 1,6 –4,9 ± 2,8	–3,1 ± 1,0 –4,5 ± 2,2	–5,1 ± 2,7 –4,7 ± 5,1	–6,0 ± 2,3 –7,4 ± 5,5	–3,0 ± 2,7 –2,7 ± 3,8	–2,9 ± 1,5 –3,3 ± 2,6	–3,7 ± 2,5 –3,7 ± 5,3
Москва 1973–1991	56	Годовой Дек.-март	–2,5 ± 1,8 –3,5 ± 2,4	– –	–4,5 ± 3,5 –5,3 ± 3,9	– –	–2,1 ± 2,6 –2,0 ± 3,0	–2,1 ± 1,7 –2,6 ± 2,3	–3,5 ± 3,1 –4,4 ± 3,5
Бельск 1964–1991	52	Годовой Дек.-март	–1,4 ± 1,5 –0,8 ± 2,4	–2,2 ± 1,0 –3,8 ± 2,0	–4,0 ± 3,1 –1,5 ± 4,8	–5,5 ± 2,3 –9,1 ± 5,4	–3,0 ± 1,5 –5,1 ± 2,3	–0,7 ± 1,3 0,5 ± 1,8	–2,5 ± 2,5 1,0 ± 3,6
Брекнелл 1969–1989	51	Годовой Дек.-март	–1,7 ± 1,6 –2,9 ± 3,0	–3,4 ± 1,0 –4,3 ± 2,0	–4,3 ± 4,1 –4,2 ± 8,5	– –	–1,6 ± 2,3 –4,1 ± 3,4	–1,3 ± 1,4 –1,3 ± 2,4	–2,5 ± 3,2 0,9 ± 5,6
Уккль 1972–1991	51	Годовой Дек.-март	–1,6 ± 1,6 –1,6 ± 3,1	–2,9 ± 1,2 –2,5 ± 2,6	–3,2 ± 2,8 –4,7 ± 6,3	–4,0 ± 2,2 –5,9 ± 5,4	–2,4 ± 1,8 –3,2 ± 3,6	–1,2 ± 1,2 –0,7 ± 2,7	–1,9 ± 1,5 –3,2 ± 4,8
Градец Кралове 1962–1991	50	Годовой Дек.-март	–1,2 ± 1,4 –1,7 ± 2,7	–1,8 ± 1,0 –4,0 ± 1,8	–4,1 ± 2,8 –5,3 ± 5,9	–4,9 ± 2,2 –7,3 ± 5,3	–2,7 ± 1,4 –4,9 ± 3,1	–0,7 ± 1,1 –0,2 ± 2,5	–2,6 ± 2,4 –2,9 ± 5,8
Хоенпайсенберг 1969–1991	48	Годовой Дек.-март	–0,5 ± 1,7 –2,0 ± 3,0	–2,3 ± 1,0 –3,1 ± 2,0	–4,6 ± 3,4 –7,6 ± 6,0	–5,2 ± 2,4 –8,4 ± 4,7	–2,4 ± 1,7 –4,5 ± 3,4	–0,4 ± 1,2 –0,7 ± 2,5	–3,2 ± 2,4 –5,4 ± 5,2
Ароза 1958–1991	47	Годовой Дек.-март	–2,0 ± 1,5 –3,0 ± 2,5	–2,4 ± 0,8 –3,4 ± 1,6	–1,3 ± 4,0 –2,9 ± 5,7	–4,5 ± 1,8 –5,9 ± 4,7	–3,4 ± 1,3 –4,7 ± 2,2	–1,0 ± 1,2 –1,2 ± 2,1	0,4 ± 3,0 –0,7 ± 4,4
Винья-ди-Валле 1958–1989	42	Годовой Дек.-март	–1,6 ± 1,5 –2,5 ± 2,5	–0,8 ± 0,8 –2,3 ± 1,8	–3,4 ± 4,1 –6,2 ± 5,7	–5,6 ± 2,4 –8,0 ± 4,3	–1,9 ± 1,3 –2,3 ± 2,1	–1,4 ± 1,1 –1,2 ± 2,3	–2,3 ± 2,6 –3,4 ± 5,6
Каглиаре 1958–1989	39	Годовой Дек.-март	–2,1 ± 2,0 –3,6 ± 2,8	–0,4 ± 1,0 –1,8 ± 2,0	–0,2 ± 5,1 –1,5 ± 6,9	– –	–1,3 ± 2,9 –0,8 ± 3,0	–1,8 ± 1,8 –2,8 ± 2,5	0,8 ± 3,4 –0,6 ± 4,7

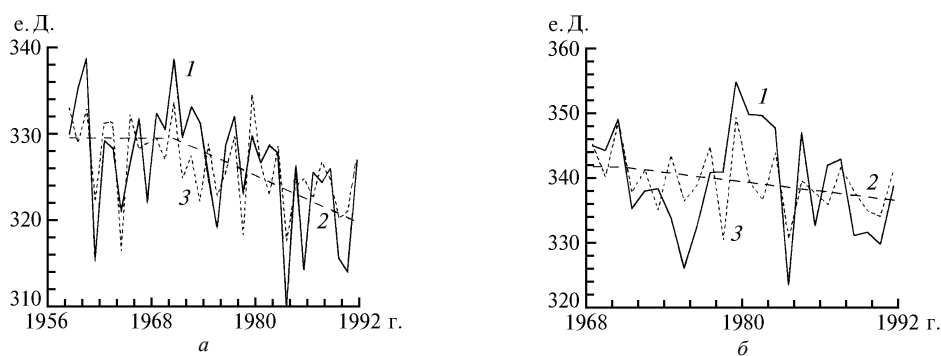


Рис. 2. Временной ход общего содержания озона по результатам наблюдений (кривая 1), модель кусочно-линейного тренда, начинающегося с 1970 г. (ломаная 2) и регрессионная модель общего содержания озона с учетом квазидвухлетних колебаний и январского давления в центре азорского антициклона (кривая 3): *а* – в Арозе; *б* – в Хоенпайсенберге

Среднеквадратические отклонения (СКО) исходных среднегодовых рядов ОСО в Арозе и Хоенпайсенберге составляют 6,8 и 8,0 е.Д. Замена регрессионного разложения по времени и КДК на разложение по давлению ААЯ и КДК приводит к уменьшению СКО рядов остатков в Арозе и Хоенпайсенберге с 5,4 и 7,3 до 5,0 и 6,4 е.Д. соответственно. Это указывает, что для обоих пунктов наблюдений эффективность регрессионного разложения по давлению ААЯ заметно выше, чем по времени, и составляет (совместно с КДК) около 0,4.

Таким образом, из приведенных данных следует, что атлантический центр действия атмосферы – азорский антициклон – является заметным источником возмущений полей ОСО для Европейского региона, что находится в хорошем соответствии с результатами других исследований [15–17]. Для корректного количественного описания долговременного хода общего содержания озона в средних широтах Северного полушария необходимо учитывать вклад изменений параметров североатлантического колебания, по крайней мере для Европейского региона.

Вероятно, использование в качестве динамического фактора январского давления в центре азорского антициклона не является оптимальным, и в дальнейшем могут быть предложены более эффективные параметры атмосферы, которые улучшат количественные оценки влияния динамики атмосферы на озоновый слой. Тем не менее даже приведенные выше результаты вычисления трендов ОСО с учетом влияния давления в центре азорского антициклона в январе показывают, что:

1. При количественном описании временного хода общего содержания озона необходимо учитывать характеристики общей циркуляции атмосферы, изменения которых значимым образом связаны с изменениями общего содержания озона. При количественной оценке трендов общего содержания озона долговременные изменения этих динамических факторов могут существенным образом влиять на численные величины трендов.

2. В качестве динамического фактора, определяющего долговременные изменения среднегодового общего содержания озона в Европе, может быть использовано (по крайней мере, в качестве первого приближения) давление в центре азорского антициклона в январе, учет которого снижает рассчитанную величину тренда в последние 10–20 лет на 1–2 % за 10 лет.

По-видимому, и для других регионов имеются аналогичные климатообразующие метеорологические факторы (связанные, например, с сибирским и алеутским антициклонами [17]), которые в значительной степени определяют происходящие там долговременные изменения озонового слоя.

Авторы благодарны Й. Штеелину (J. Stachelin) и А. Рено (A. Renaud) из Швейцарского федерального института атмосферных исследований (г. Цюрих) за любезное предоставление данных по ОСО в Арозе, а также В.И. Бекорюкову и анонимному рецензенту за полезные замечания по работе. Работа выполнена, несмотря на отказ Российского фонда фундаментальных исследований (проект 96–07–89508) в ее финансовой поддержке.

1. Александров Э.Л., Израэль Ю.А., Кароль И.Л. и др. Озонный щит Земли и его изменения. Л.: Гидрометеоздат, 1992. 288 с.
2. WMO. Scientific assessment of ozone depletion: 1991/WMO Ozone Rep. N 25. Geneva, 1991.
3. WMO. Scientific assessment of ozone depletion: 1994/WMO Ozone Rep. N 37. Geneva, 1995.
4. Бюллетень о состоянии озонового слоя // Долгопрудный: ЦАО, 1991–1997. N 1–10.
5. Duetsh H.U., Stachelin J. // Planet. and Space Sciences. 1989. V. 37. N 12. P. 1587–1599.
6. Henriksen K., Terez E.I., Terez G.A. et al. // J. Atmos. Terr. Phys. 1993. V. 55. P. 145–154.

7. Dobson G. M. B. // *Appl. Optics*. 1968. V. 7. N 3. P. 387–405.
8. Gavrilov A. A., Kaidalov O. V. // *Adv. Space Res.* 1996. V. 17. N 11. P. (11) 157–(11) 160.
9. Ellsaesser H. W. // *Atmos. Environ.* 1982. V. 16. N 2. P. 197–205.
10. Claude H., Steinbrecht W. // *Polar Stratospheric Ozone. Proceedings of the third European Workshop 18 to 22 September 1995, Schliersee, Bavaria, Germany. Brussel–Luxemburg: ECSC–EC–EAEC.* 1996. P. 502–505.
11. Peters D., Entzian G. // *Meteorol. Z. N. F.* 1996. Bd. 5. H. 1. S. 41–44.
12. Крученицкий Г. М., Бекорюков В. И., Волощук В. М. и др. // *Оптика атмосферы и океана.* 1996. Т. 9. N 9. С. 1233–1242.
13. Жадин Е. А. // *Метеорология и гидрология.* 1996. N 7. С. 36–48.
14. Бекорюков В. И., Захаров Г. Р., Куколева А. А. и др. // *Метеорология и гидрология.* 1990. N 12. С. 103–105.
15. Бекорюков В. И., Бугаева И. В., Захаров Г. Р. и др. // *Известия РАН. Сер. ФАО.* 1995. Т. 31. N 1. С. 41–45.
16. Звягинцев А. М., Крученицкий Г. М. // *Метеорология и гидрология.* 1996. N 7. С. 72–77.
17. Бекорюков В. И., Бугаева И. В., Захаров Г. Р. и др. // *Оптика атмосферы и океана.* 1996. Т. 9. N 9. С. 1243–1249.
18. Stolarski R. S., Bloomfield P., McPeters R. D. et al. // *Geophys. Res. Lett.* 1991. V. 18. P. 1015–1018.
19. Randel W. J., Cobb J. B. // *J. Geophys. Res.* 1994. V. 99. ND3. P. 5433–5447.
20. Reinsel G. C., Tiao G. C., Wuebbles D. J. et al. // *J. Geophys. Res.* 1994. V. 99. ND3. P. 5449–5464.
21. Krzyscin J. W. // *J. Geophys. Res.* 1994. V. 99. ND7. P. 14527–14534.
22. Bojkov R., Fioletov V. E. // *J. Geophys. Res.* 1995. V. 100. ND8. P. 16537–16551.
23. Кадыгрова Т. В., Крученицкий Г. М. // *Известия РАН. Сер. ФАО.* 1995. Т. 31. N 1. С. 62–68.
24. *Ozone Data for the World // Downsview–Ontario: Canad. Environ. Service / WMO.* 1974–1996.
25. *New Scientist.* 1995. V. 148. N 2007. P. 6.
26. Bojkov R. D., Zerefos C. S., Balis D. S. et al. // *Geophys. Res. Lett.* 1993. V. 20. N 13. P. 1351–1354.
27. Kerr J. B., Wardle D. I., Tarasick D. W. // *Geophys. Res. Lett.* 1993. V. 20. N 18. P. 1979–1982.
28. Komhyr W. D., Grass N. D., Evans R. D. et al. // *Geophys. Res. Lett.* 1994. V. 21. N 3. P. 201–204.

Центральная аэрологическая обсерватория,
г. Долгопрудный Московской обл.

Поступила в редакцию
25 ноября 1996 г.

A. M. Zvyagintsev, G. M. Kruchenitskii. About Estimates of Trends of the Ozone Total Content in Europe and Their Connection with Variations of the Atmosphere General Circulation.

The causes of the ozone layer decrease are examined by statistical analysis of temporal series of the ozone total content obtained from the European ozonometric set from 1958 to 1991 taking into account the influence of the Azores anticyclone. It was shown that the dynamical factors, the long-period variations of which significantly affect the trends, should be taken into account when quantitative estimating the trends of the ozone total content. The pressure in the centre of the Azores anticyclone in January may be taken as the dynamical factor at least in the first approximation. The accounting for this parameter decreases the magnitude of the trend, computed for the last 10–20 years, to some percents per ten years.