

К вопросу исследования вариаций общего содержания озона, в аспекте проблемы Солнечно-земных связей

А. М. Чхетия, Дж. Ф. Харчилава

Исследование вариаций общего содержания озона (ОСО) давно привлекает внимание физиков и биологов. Это объясняется тем, что „озонная проблема“ тесно связана с глобальной проблемой человечества, а именно:

1. Стратосферный озон является щитом Земли от биологически активного ультрафиолетового (уф) излучения.
2. Если учесть, что озонный слой является поглотителем солнечной уф радиации, то роль озонного слоя как механизма, осуществляющего связь солнечной активности с метеорологическими явлениями, представляется неизбежной необходимостью.
3. Обнаружение „озонной дыры“ в стратосфере привлекло внимание ученых разных стран „зеленого движения“ в защиту окружающей среды.
4. В исследованиях вариаций ОСО в аспекте проблемы солнечно-земных связей еще много неясных аспектов.

Таким образом, проблемы исследования вариаций ОСО весьма разнообразны и крайне необходимы.

Целью работы является внести нашего скромного вклада в дело уточнения вопроса-вариации ОСО в аспекте проблемы солнечно-земных связей.

Одной из самых ярко выраженных вариаций ОСО является сезонная (годовая) вариация.

На рис. 1 приведены осредненные годовые вариации ОСО за период 1973 – 1995 годы по данным озонметрических станций Тбилиси (а) и Абастумани (б) [1].

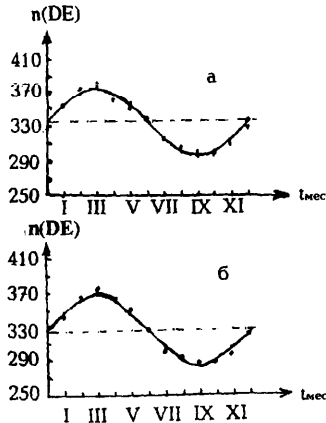


Рис.1

Рис. 1 показывает, что:

1) ОСО достигает максимума в марте, а минимума в сентябре, т. е. ОСО достигает максимального значения весной, а минимального - осенью.

2) ОСО относительно минимума, в среднем, изменяется на 28%.

3) Изменение среднемесячных значений ОСО представляет ярко выраженную годовую волну, мало искаженную гармониками высших порядков. Следовательно, среднегодовые вариации концентрации озона вполне можно аппроксимировать формулой

$$n = n_0 + A \sin \frac{2\pi}{T} t$$

где n_0 - среднегодовой уровень ОСО, A - амплитуда годовой волны, T (период) = 12 месяцев, $t = 0$ соответствует декабрю (разумеется n_0 , A , t зависят от данного года).

Для того, чтобы иметь представление о том, каковы отклонения наблюдаемой годовой волны ОСО от аппроксимированной волны, были построены экспериментальные и вероятностные (синусоидальные) значения за каждый год исследуемого периода-1973 - 1995 годы. Оказалось, что если в одних случаях совпадение экспериментальных и аппроксимированных значений вполне удовлетворительное ($\frac{\delta n}{n_0} \approx \pm 4\%$), то в других

случаях наблюдаются существенные отклонения ($\frac{\delta n}{n_0} > 10\%$). В качестве примера на рис.

2 приведены экспериментальные (точки) и аппроксимированные значения (сплошные кривые) годовых вариаций ОСО по измерениям станции Абастумани за разные годы исследуемого периода.

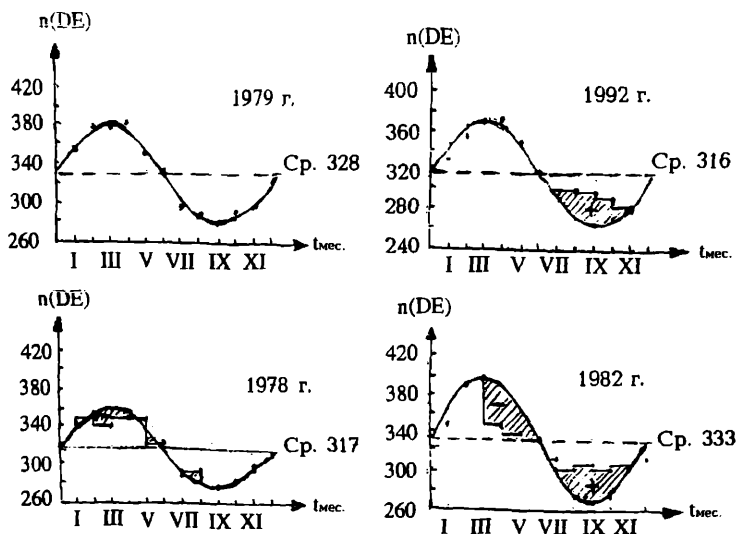


Рис. 2

Анализ вышеприведенных кривых наводит на логический вывод, что годовые вариации ОСО можно разделить на две части:

1. „Нормальная“ проявляющаяся в виде синусоидальной волны (достигающего максимума значения весной, а минимума-осенью).

2. „аномальная“, проявляющаяся в существенном искажении в „нормальном“ физическом режиме (наблюдаются существенные уменьшения или увеличения среднего содержания концентрации озона).

К числу существенного искажения „нормального“ годового хода ОСО, по данным Тбилиси и Абастумани, относится и 1982 год (наблюдается эффект уменьшения и увеличения среднего содержания озона $\sim \pm 10\%$). Первым делом необходимо было установить, что эффект «аномального» поведения ОСО в 1982 году носит локальный или региональный характер. С этой целью нами был проанализирован экспериментальный материал ряда озонметрических станций [1]. В качестве примера на рис. 3 приведены аппроксимированные и экспериментальные годовые вариации ОСО за 1982 год по станциям Тбилиси (1), Абастумани (2), Одесса (3), Душанбе (4), Гурьев (5), Аральское море (6), Цимлянск (7), Феодосия (8), (охватывающих широты $\varphi = 38-48^\circ$).

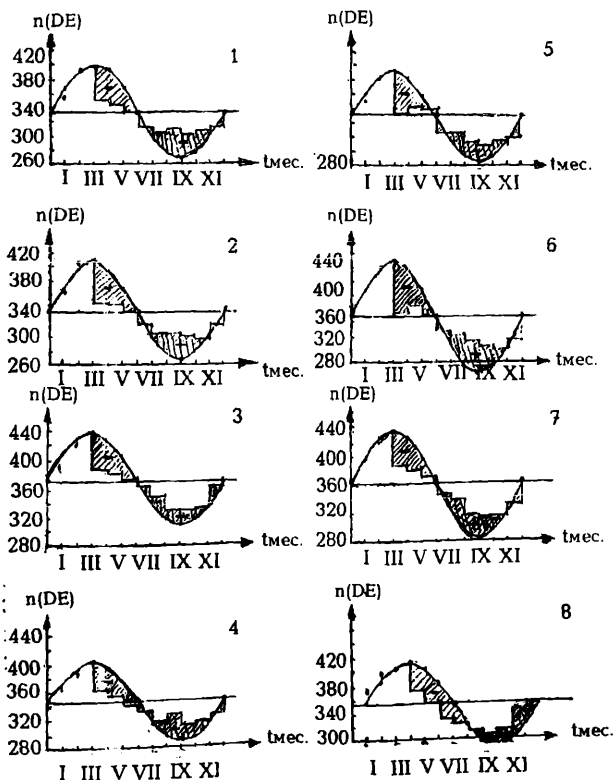


Рис. 3.

Рис. 3 показывает, что эффект существенного искажения «нормального» годового хода ОСО в 1982 году носит региональный характер. Так, как эффект носит региональный характер, логично возникает вопрос какова же причина? Было решено за физическую основу эффекта принять гелиофизические факторы. С этой целью в качестве исходных данных был использован следующий экспериментальный материал [1-5].

1. Общее содержание приземного озона (по озонотрическим станциям Тбилиси и Абастумани);
 2. Индексы геомагнитной активности –Кр, Ар, аа и D_{st} ;
 3. Интенсивность нейтронной компоненты космических лучей - N_{en} (по станциям – Киль, Клаймакс, Тбилиси);
 4. Относительное Цюрихское число солнечных пятен – числа Вольфа - W_{fb} ;
 5. Числа групп солнечных вспышек - $N_{гв}$;
 6. Вспышки солнечных космических лучей(испускающие протоны с энергиями $E_p > 500$ МэВ);
 7. Площади солнечных вспышек в максимуме яркости (в миллионных долях диска Солнца);
 8. Интенсивность потока радиоизлучения Солнца генерируемое в короне (метровые волны $\lambda = 1,44$ м.), в переходной зоне (дециметровые - $\lambda = 21,2; 49,5; 73,2$ см) и в хромосфере (сантиметровые - $\lambda = 1,9; 3,4; 6,0; 10,7; 11,1$ см);
 9. Интенсивность потока рентгеновских вспышек (вспышки в корональной области $\lambda = 1 - 8 \text{ \AA}$);
 10. Частотное распределение очень больших магнитных бурь(амплитуды которых больше 120 нТл по данным D_{st} индекса геомагнитной активности –DR нТл);
 11. Частотное распределение больших Форбуш понижений интенсивности космических лучей (амплитуды которых по высокоширотным станциям $A > 8\%$) и вспышек солнечных космических лучей - $\frac{\delta N}{N_0} \%$;
 12. Дипольное магнитное поле Солнца [6] $\frac{M}{R^3}$ нТл ;
 13. Среднее значение магнитного поля Солнца – данные Стенфорда;
 14. В качестве параметров плазмы солнечного ветра из каталога Кинга брались: напряженность межпланетного магнитного поля(ММП)-В, его компоненты- V_x, V_y, V_z , изменчивость ММП $-\delta V = (\delta V_x^2 + \delta V_y^2 + \delta V_z^2)^{\frac{1}{2}}$, измеренные в нТл (γ), скорости - V км/сек, концентрация протонов - n см⁻³, температура протонов - T^0 К;
 15. Солнечная постоянная(по измерениям за пределами земной атмосферы);
- На рис 4(а,б) представлены, особо характерные, временные распределения вышеуказанных гелиогеофизических параметров за период 1981 – 1983 гг. (в убывающей фазе 21-го цикла солнечной активности). Отметим, что на графиках рис. 4 также приведены, в виде плавных линий, сглаженные кривые, полученные методом скользящих средних.

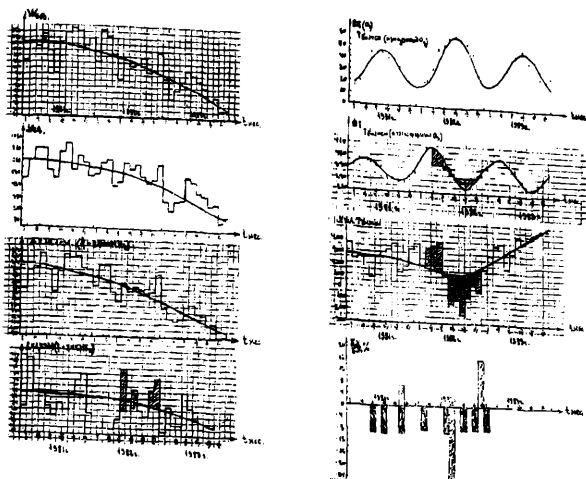


Рис. 4 (а)

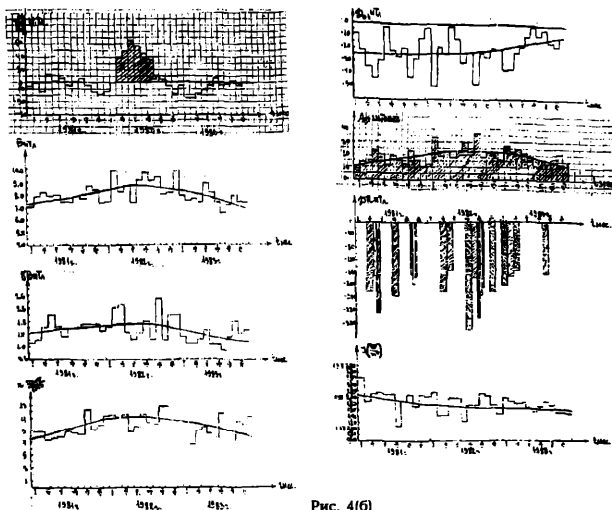


Рис. 4(б)

Анализируя период 1982 год и кривые рис.4, приходим к выводу, что:

1. 1982 год, период аномального изменения ОСО, насыщен весьма редкими геофизическими явлениями:

А) Наблюдается переполосовка и аномальное возрастание дипольного магнитного момента Солнца [6].

Б) Наблюдается наиболее мощная солнечная вспышка (29.IX)- площадь в момент максимальной яркости в миллионных долях солнечной полусферы $S = 62.89$ (тогда, как вспышки у которых $S = 1200$ Мдп, считаются крупными).

В) В интенсивности нейтронной компоненты космических лучей (по высокоширотным станциям) наблюдалось - Форбуш-понижение с амплитудой $\Delta\text{Эф} = 24\%$ (в июле) и вспышка солнечных космических лучей с амплитудой $\Delta\text{вс} = 16\%$ (в декабре),

Г) Наблюдались 3 мощные вспышки с выбросом частиц (испускающие протоны с энергиями $E_p > 500$ Мэв), которые сопровождалась крупными вспышками рентгеновского излучения (интенсивность излучения $y_{\text{max}} \geq 10^{-1} \frac{\text{Эр}^2}{\text{см}^2 \text{с}}$):

1) 31/I, $E_p = 830$ Мэв, $y_{\text{max}} = 10^{-1} \frac{\text{Эр}^2}{\text{см}^2 \text{с}}$,

2) 11/ VII. $E_p = 2900$ Мэв, $y_{\text{max}} = 9 \cdot 10^{-1} \frac{\text{Эр}^2}{\text{см}^2 \text{с}}$,

3) 8/ XII, $E_p = 1000$ Мэв, $y_{\text{max}} = 2 \cdot 10^{-1} \frac{\text{Эр}^2}{\text{см}^2 \text{с}}$.

Д) Наблюдалась серия последовательных мощных солнечных вспышек, возникающих в одной и той же активной области (т.н. гомологические вспышки-3/III, 6/VI, 12/ VII, 4/IX, 15/XI, 15/ XII).

Необходимо отметить, что если формирование Эффекта Форбуша в космических лучах связано с мощными гомологическими вспышками, то после первой вспышки, последующих, в период геомагнитной бури, на Земле, можно наблюдать эффект возрастания интенсивности космических лучей [7, стр. 181].

Е) За период 1973-1985 гг., 21.IX, 1982. наблюдалось максимальное возрастание скорости солнечного ветра $-V_{\text{max}} = 1021$ км/с (тогда, как $V_{\text{max}} = 140$ км/с, а $V_{\text{ср}} = 400$ км/с).

Ж) Наблюдаются значительные изменения солнечной постоянной.

2. За период 1981-1983 годы динамика протекания относительных чисел солнечных пятен (числа Вольфа), радиоизлучения солнца на волнах в сантиметровом диапазоне ($\lambda = 3.4; 6.0; 10.7; 11.1$; см, генерируемых в хромосфере) и числа групп солнечных вспышек ($N_{\text{гг}}$) проявляют довольно синхронную тесную корреляционную связь между собой. Однако, они не участвуют в формировании аномальных изменений ОСО в 1982 г.

3. Относительно « нормального » фонового режима 1981-1983 гг. в 1982 году (в период аномального измерения ОСО) наблюдалось увеличение активности ряда параметров Солнечно-земных явлений -индексов геомагнитной активности (Кр, Ар, аа) концентрации приземного озона, интенсивности потока радиоизлучения солнца, генерируемого в короне (метровые волны $\lambda = 1.44$ м), концентрации плазмы солнечного ветра (п), напряженности межпланетного магнитного поля (В) и ее изменчивости (6В).

4. Вариации ОСО и интенсивность нейтронной компоненты космических лучей, выявляют тенденцию антикорреляционной (т.е. отрицательной) связи. Следовательно, логично за физическую основу эффекта существенного искажения «нормального» годового хода в 1982 г принять вариации галактических космических лучей.

На рис. 5 приведены временные распределения относительных отклонений за 1982 г:

1. Разность экспериментальных значений от « нормального » годового хода ОСО (среднее по данным озонометрических станций-Тбилиси и Абастумани);

2. Разность экспериментальных значений от медленно меняющихся 11-летних вариаций (полученных методом скользящих средних) интенсивности нейтронной компоненты космических лучей ($\frac{\delta N_0}{N_0} \%$, среднее по данным космических станций-Киль,

Клаймакс, Тбилиси).

3. Зависимость относительных отклонений от «нормы физического режима» - $\frac{\delta n}{n_0} \%$

и $\frac{\delta N_0}{N_0} \%$.

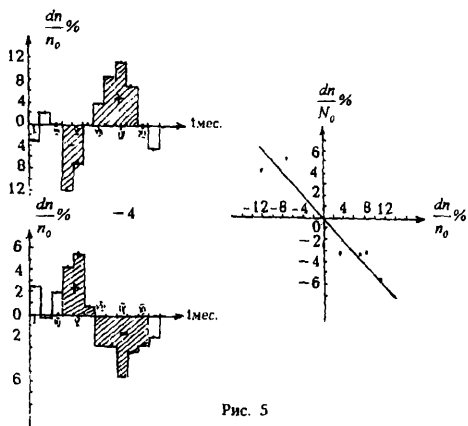


Рис. 5

Анализируя кривые рис. 5 приходим к выводу, что,

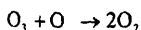
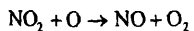
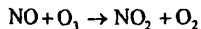
1. Ответственным за нарушение «нормального» годового хода ОСО в 1982 году вполне могут быть галактические космические лучи (ГКЛ);

2. Между вариациями ОСО ($\frac{\delta n}{n_0} \%$) и ГКЛ ($\frac{\delta N_0}{N_0} \%$) наблюдается антикорреляционная

(т.е. отрицательная) связь и это можно выразить соотношением $\frac{\delta N_0}{N_0} \% \approx -2,0 \frac{\delta n}{n_0} \%$

Обсуждение полученных результатов

Предположения о возможной обратной связи между вариациями - концентрации озона в стратосфере и корпускулярным источником ионизации - были предложены, еще 1975 году, Николетом /8/, Рудерманом и Чемберленом /9/ и др. Их объяснение таково: энергичные частицы галактического происхождения (ГКЛ) способны изменять химический состав атмосферы, так как, во время вторжения ГКЛ образуются вторичные электроны с энергиями в десятки и сотни электровольт. Эти вторичные частицы вызывают ионизацию и диссоциацию молекулярного азота, что приводит к появлению $N_2 + N^*, N$; затем N вступает в реакцию с O_2 и образует окись азота $NO(N + O_2 \rightarrow NO + O)$. В следствие повышения концентрации окиси азота уменьшается количество озона в стратосфере в результате следующих реакций:



Следовательно, между вариациями ГКЛ и стратосферным озоном должна существовать обратная связь. Исследования в этом аспекте ведутся более ста лет

различными группами исследователей разных стран. Однако, в настоящее время все еще нет полной экспериментальной обоснованной ясности в этом вопросе. Так например, А.Х. Хргиан [10, стр.4 / указывает, что изменения « общего количества озонного многолетнего тренда – не обнаруживается отчетливо; разные авторы считают его сейчас положительным, то отрицательным. По мнению Дж. Пеннер даже « вряд-ли тренд озона удастся обнаружить в XX столетии». В этой задаче будущее пока, видимо, еще не в наших руках».

Учитывая вышесказанное и полученный нами экспериментальный факт, логично заключить, что вскрытие истинной физической природы данного эффекта требует дальнейших тщательных исследований.

Общие выводы

Выявлено, что в годовых вариациях ОСО в 1982 г. наблюдался эффект существенного уменьшения и увеличения среднего содержания озона ($\sim \pm 12\%$)

1. На основе комплексного анализа гелиогеофизических явлений выявлено, что 1982 год, период аномального изменения ОСО, насыщен весьма редкими гелиогеофизическими явлениями.

2. Основным ключевым фактором ответственным за формирование эффекта существенного искажения «нормального» годового хода ОСО в 1982 году являются галактические космические лучи.

3. Установлено, что связь между вариациями ОСО и ГКЛ антикорреляционная (т.е. отрицательная) и можно выразить соотношением: $\frac{\delta n}{n_0} \% \approx -2,0 \frac{\delta N}{N_0} \%$

Заключение

Хотя, энергия, связанная с вторжением высокоскоростных корпускулярных потоков в атмосферу Земли на несколько порядков меньше, чем электромагнитная солнечная радиация, тем не менее ее роль в определенные периоды может быть вполне весомым фактором модуляции годовых вариаций ОСО.

В заключение авторы выражают искреннюю благодарность всем исследователям экспериментальные данные которых и использовались в настоящей работе а также издательствам журналов « Космические данные » и «Solaz – Geophysical Data» в которых публикуются столь богатый экспериментальный материал.

Литература

1. Общее содержание атмосферного озона и спектральная прозрачность атмосферы. 1981 – 1983 годы. Изд-во «Гидрометеоздат», 1983 – 1985 гг.
2. Solar – Geophysical Data, for the years 1981 to 1984. United states of America.
3. King J. H. Interplanetary medium data book. Supplement 3A, 1977 – 1985. April 1986.
4. Sugiura M., Poros P. J. Hourly values of equatorial. Dst, for the years 1981 to 1983 CSFC. 1985.
5. «Космические данные» за период 1981-1984 гг. Издательство «Наука», Москва.
6. Nagashima K, Ueno H, Fujimoto K. Heliomagnetic dipole moment and doily Uariation of cosmic rays underground. Nature, U. 328, 6131, 1987, p. 600.
7. Чхетия А. М. Результаты исследования основных геофизических явлений комплексной проблемы солнечно – земных связей. Изд – во ССУ, Тбилиси, 1998, 257с.
8. Nikolet M. On the production of nitrie oxide by cosmic rays in the mesosphere and stratosphere. Planet. Space Sci 23, 1975, P. 637.
9. Ruderman M. A. J. W Chambezlain Origin of the Sunspot modulation of ozone; its implications for stratospheric NO injection Planet. Space Sci 23, 1975, P. 247 – 268.

მაღალსიჩქარული კორპუსკულარული ნაკადის გავლენა ოზონის საერთო რაოდენობის ცვალებადობაზე

ა. ჩხეგია, ჯ. ხარჩილავა

რეზიუმე

შრომში განხილულია ოზონის საერთო რაოდენობის (ოსრ) სეზონური ვარიაციების ხასიათის დამუხტება მშედედამიწის კავშირების პრობლემის ასპექტში. ამისათვის ოსრ-ის წლიური ვარიაციები დაყოფილ იქნა ორ ნაწილად: 1. „ნორმალური“, რომელიც გამოსახულია სინუსოიდალური ტალღის სახით (მაქსიმალურ მნიშვნელობას აღწევს გაზაფხულზე, ხოლო მინიმალურს – შემოდგომაზე) და გადახრა საშუალო მნიშვნელობიდან არ აღემატება $\pm 4\%$ -ს.

2. „ანომალური“, როცა ოსრ-ის წლიური ვარიაცია არსებითად განსხვავებულია „ნორმალური“ ფიზიკურ რეჟიმისაგან. დაიკვირება ოსრ-ის არსებითი შემცირება $\pm 10\%$ -ით ან მეტად. შესწავლილ იქნა ოსრ-ის წლიური სელა 1982 წელს თბილისსა და აბასთუმანში, რომლებიც მიეკუთვნებიან „ანომალურს“. დადგენილ იქნა, რომ ოსრ-ის წლიური ვარიაციის „ანომალური“ ტიპი 1982 წელს რეგიონალური ხასიათისაა და მოიცავს 38-40⁰ განედს. მიზეზის დასადგენად გაანალიზირებულ იქნა პელიოგეოფიზიკური პარამეტრები, რის შედეგადაც აღმოჩნდა, რომ ძირითად ფაქტორს, რომელიც პასუხისმგებელია ოსრ-ის „ნორმალური“ წლიური სელის დამახინჯებაზე 1982 წელს, წარმოადგენს გალაკტიკური კოსმოსური სხივები (გკს). დადგინდა, რომ ოსრ-სა და გკს-ის ვარიაციებს შორის კავშირი არის უარყოფითი.

An influence of a high-speed corpuscular stream on change of Total Quantity of Ozone

A.Chkhetia, J. Kharchilava

Abstract

There is considered a specification of character seasonal variations of Total Quantity of Ozone (TQO) in aspect of a problem of Solar-Earthly relationships in the article. For this purpose, annual variations TQO have been divided into two parts: 1. „Normal“ which is expressed in the form of a sine wave (the maximal value reaches in the spring, and minimal – in the autumn), and its deviation from average value is no more $\pm 4\%$. 2. „Abnormal“ when annual variation TQO essentially differs from the „normal“ physical mode. The essential deviation from average value is observed: downturn or increase on $\pm 10\%$ or more. The annual values of TQO of 1982 in Tbilisi and Abastumani which belong to „abnormal“ have been investigated. It has been confirmed, that the „abnormal“ type of annual variation of TQO of 1982 is caused by regional character and combines 38-40⁰ latitude. There have been analysed Heliogeophysical parameters for an establishment of the reason. Therefore appeared, that a major factor responsible for distortion of „normal“ annual current TQO of 1982, galactic space beams (GSB) are. There have been established, that the ratio between variations of TQO and GSB is the opposite.