

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ  
ПРИРОДНЫХ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ  
НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ  
ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ АТМОСФЕРНОГО ОЗОНА  
ПО СПЕКТРАМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ  
ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ УФ ИЗЛУЧЕНИЕМ СОЛНЦА**

**В. Ю. Станкевич**

Исследования динамики изменения общего содержания озона в столбе атмосферы (ОСО) является одной из актуальных задач физики атмосферы, так как озон играет важную роль в жизни нашей планеты. Особая важность озона для сохранения жизни на Земле заключается в том, что этот газ активно поглощает ультрафиолетовое излучение диапазона 290 – 330 нм, приводящее к повреждениям клеточных структур живых организмов [1]. Одним из практических аспектов измерения ОСО является построение климатических моделей. Для долгосрочных прогнозов необходимы модели, основанные на многолетних непрерывных рядах измерений ОСО [2].

Наиболее распространенные методы измерения ОСО по прямому Солнцу в условиях значительного количества облачных дней в году, что характерно в частности для Беларуси, не способны дать непрерывные ряды наблюдений. В связи с этим целесообразно использовать метод восстановления значений ОСО по анализу спектральной плотности энергетической освещенности (СПЭО) земной поверхности в УФ диапазоне (т.н. метод Стамнеса) [3]. В отличие от широко распространенных методов измерений ОСО «по прямому Солнцу» или «из зенита», в методе Стамнеса регистрируется излучение, приходящее из полной полусферы. Благодаря этому, метод Стамнеса позволяет проводить измерения даже при наличии облачности, экранирующей прямое излучение солнечного диска. Согласно данному методу значения ОСО можно получить, используя отношение освещенностей на двух длинах волн солнечного спектра, одна из которых попадает в область поглощения атмосферного озона, а другая - находится вне этой области. Экспериментально измеренное отношение указанных освещенностей сравнивается с подобными отношениями, теоретически рассчитанными для набора значений ОСО и солнечных зенитных углов при различных параметрах и моделях атмосферы. [4] Для расчета переноса солнечного излучения в атмосфере используется пакет прикладных программ, объединенных в библиотеку libRadtran [5].

Предварительные оценки показывают, что в «классическом» варианте метод Стамнеса позволяет получить значения ОСО с точностью порядка 5%, что вполне удовлетворительно для целого ряда прикладных и научных

задач [4]. В то же время, влияние на его точность природных и инструментальных факторов, таких, как оптическая толщина атмосферного аэрозоля, оптическая толщина облачности, альbedo земной поверхности, а также полуширины приборной функции и выбранных для расчета пар длин волн, исследовано в настоящее время далеко не полностью [3].

Целью данной работы было определение параметров атмосферы и измерительного прибора, наиболее сильно влияющих на точность получаемых по методу Стамнеса значений ОСО; оценка погрешностей, вносимых данными факторами в итоговые значения ОСО; а также выявление пар длин волн (из используемых в настоящее время), наименее подверженных влиянию атмосферных и приборных факторов.

Исследование проводилось с использованием пакета прикладных программ LibRadtran, предназначенного для численного моделирования переноса солнечного излучения в атмосфере Земли. В ходе моделирования рассчитывались спектры энергетической освещенности поверхности в УФ диапазоне при варьировании различных параметров модели в достаточно широких пределах, а затем сравнивались значения ОСО, восстановленные по номограммам Стамнеса, по значениям освещенности при нулевом и фактическом значениях варьируемого параметра. При расчетах использовались пары длин волн, используемые в настоящее время при измерении ОСО с помощью спектрофотометра Добсона, являющегося эталонным прибором мировой озонометрической сети [6].

В ходе исследования было изучено влияние следующих природных параметров показатель преломления солнечного излучения атмосферными аэрозолями, оптическая толщина атмосферного аэрозоля, дальность видимости, альbedo однократного аэрозольного рассеяния, фактор асимметрии (среднее значение косинуса угла рассеяния), оптическая толщина облачности, альbedo подстилающей поверхности. Также было изучено влияние на восстановленные значения ОСО учета полуширины аппаратной функции прибора.

В результате проведенных исследований получено, что из исследованных пар длин волн наиболее устойчива к погрешностям, вносимыми атмосферными факторами, пара длин волн 308,9 нм и 329,1 нм; наименее устойчивой показала себя пара 317,5 нм и 339,9 нм. Погрешность, вызываемая не учетом в таблицах Стамнеса полуширины аппаратной функции прибора составляет 2-4 единиц Добсона (ЕД), в зависимости от выбранной пары длин волн.

Из рассмотренных атмосферных параметров только аэрозольный показатель преломления в достаточно широком интервале своих значений (0 – 10 с шагом 0,1) не влияет на результирующие значения ОСО, что связано, по всей видимости, с особенностями аэрозольной модели LibRadTran.

Из рассмотренных атмосферных параметров только аэрозольный показатель преломления в достаточно широком интервале своих значений (0 – 10 с шагом 0,1) не влияет на результирующие значения ОСО, что связано, по всей видимости, с особенностями аэрозольной модели LibRadTran.

Варьирование оптической толщины атмосферного аэрозоля в пределах 0–10 единиц приводит к разбежке в результатах 15-90 ЕД, в зависимости от выбранной пары длин волн. При типичных оптических толщинах аэрозоля, составляющих для Минска величину порядка 0,3–0,4 [7], погрешность определения ОСО составляет 2-10 ЕД.

Влияние дальности видимости при плохих погодных условиях может быть очень значительным, и исказить получаемые значения ОСО в несколько раз (см. рис. 1). При значении дальности видимости от 1 до 2 км погрешность, связанная с данным параметром, составляет 40-50 ЕД, при дальности видимости от 2 до 5 км – 20-30 ЕД, более 5 км – 2-10 ЕД. Таким образом, при дальности видимости менее 5 км проводить измерения ОСО по методу Стамнеса нецелесообразно.

При варьировании альbedo однократного аэрозольного рассеяния от 0 до 1 восстановленные значения ОСО различались на 0,5–1 ЕД. Варьирование аэрозольного фактора асимметрии в пределах от -1 до 1 дало разбежку в значениях ОСО 2-4 ЕД. При варьировании альbedo подстилающей поверхности от 0 до 1 различие в восстановленных значениях ОСО для разных пар длин волн составило 6-12 ЕД. Изменение оптической толщины облачности в диапазоне 0-10 привело к разбежке в полученных значениях ОСО в 4-10 ЕД.

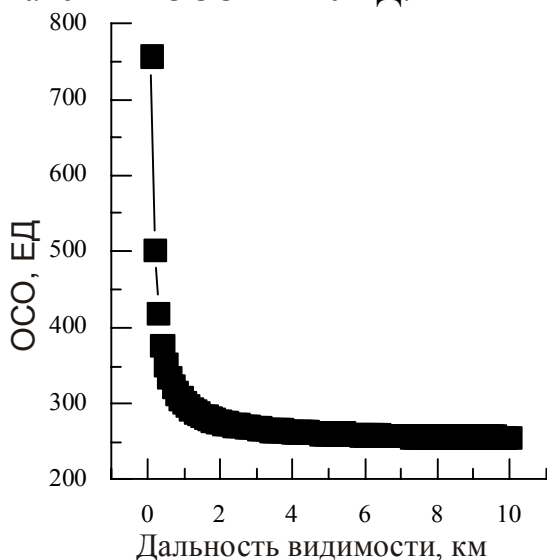


Рис.1. Зависимость восстановленных значений ОСО от дальности видимости (первоначальное модельное значение ОСО - 250 ЕД)

Таким образом, из всех природных факторов наибольшую погрешность в получаемые значения ОСО вносят дальность видимости, оптическая толщина аэрозоля, оптическая толщина облачности и альbedo подстилающей поверхности.

#### Литература

1. Гуцин Г.П., «Динамика атмосферного щита биосферы – озонового слоя за последние 50 лет» // «Атмосферный озон», труды VI Всесоюзного симпозиума, Л., 1987, с. 9 – 15;
2. Petzoldt K. B., Naujokat, Neugeboren. Correlation between stratospheric tem-

- perature, total ozone, and tropospheric weather systems. // *Geophysics Research Lett.*, 1994, v 21., p 1203 –1206.
3. *А.Г. Светашев, Ю.И. Атрашевский, А.Н. Красовский, В.Ю. Станкевич.* Предварительные результаты восстановления ОСО по результатам наземных измерений спектрального распределения освещенности УФ составляющей солнечной радиации. // *Сахаровские чтения 2009: Экологические проблемы XXI века. Материалы 9-ой Международной научной конференции, 21-22 мая 2009 г., - с.305.*
  4. *Stamnes K. et al.*, Derivation of total ozone abundance and cloud effects from spectral irradiance measurements. // *Applied Optics*, 1991, Vol. 30, No. 30, p. 1 – 15.
  5. *Kylling A., Mayer B.*, LibRadtran, library for radiative transfer calculations, Edition 1.0, December, 2001.
  6. *Гуцин В.П., Виноградова Н.Н.* Суммарный озон в атмосфере. Л.: Гидрометеиздат, 1983, - 241 с.
  7. «Атмосфера. Справочник» под ред. *Ю.С. Седунова.* Л.: Гидрометеиздат, 1991, - 510 с.

## ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ДЕТЕКТОРОВ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОСНОВЕ АЛМАЗА

**В.Н. Угневенок**

Алмаз обладает рядом преимуществ по сравнению с другими полупроводниковыми материалами: большая ширина запрещенной зоны, высокие подвижности носителей заряда, радиационная, химическая и температурная стойкость. Благодаря уникальным свойствам этого материала сфера применения алмазных детекторов ионизирующих излучений достаточно широкая и разнообразная. Ниже приведены наиболее перспективные области их использования [1, с.45].

*Таблица*

**Сфера применения алмазных детекторов**

Свойства алмаза	Область применения АД
Тканеэквивалентность	Дозиметрия рентгеновского и $\gamma$ -излучения в радиологии и медицине
Высокая радиационная стойкость	Регистрация нейтронов и мощных потоков импульсного $\gamma$ -излучения
Высокая термостойкость	Регистрация ядерных излучений при высоких температурах
Малые собственные шумы	Регистрация низкоэнергетических ядерных излучений
Высокая химическая стойкость	Регистрация ядерных излучений в агрессивных средах
Низкая чувствительность к $\gamma$ -излучению	Регистрация ионизирующих излучений на фоне сильного $\gamma$ -излучения