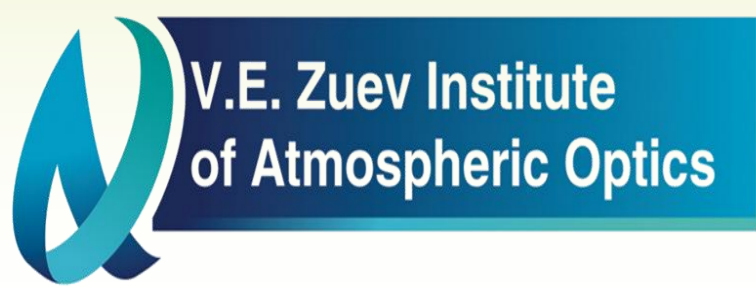


Взаимосвязь вариаций ультрафиолетовой радиации с изменением общего содержания озона, облачности, аэрозольной оптической толщи и альbedo подстилающей поверхности по данным многолетних измерений в Томске



Белан Б.Д., Ивлев Г.А., Складнева Т.К.

bbd@iao.ru, ivlev@iao.ru, tatyana@iao.ru

Институт Оптики атмосферы им. В.В. Зуева СО РАН, г. Томск

Цель работы: Анализ взаимосвязи вариаций значений приземной ультрафиолетовой радиации с общим содержанием озона (ОСО), облачностью, аэрозольной оптической толщиной (АОТ) и альbedo подстилающей поверхности.

Исходные данные:

- многолетний ряд изменений УФ-В радиации (2003-2016 гг.), полученный на TOR-станции ИОА СО РАН (56°28' с.ш., 85°03' в.д.) в Академгородке г. Томска. Прибор: ультрафиолетовый пиранометр UVB-1 (Yankee Environmental Systems, Inc., США) ($\lambda=280-320$ нм, погрешность измерения прибора < 5%).
- данные спутникового мониторинга содержания озона в столбе атмосферы, полученные с использованием прибора AIRS (Atmospheric Infrared Sounder), взяты с сайта <http://giovanni.gsfc.nasa.gov>.
- данные об аэрозольной оптической толщине (AOT_{500}), полученные на основе наземных измерений прямого излучения фотометром CE-318 сети AERONET в Томске (программа Aerosol Robotic Network – AERONET).
- синоптическая база данных за 1993-2016 гг., содержащая ежечасную информацию о количестве общей облачности.

- Получено два многолетних ряда (2003-2016 гг.) дневных отклонений УФ-В радиации ($\Delta U_{\text{Ф-В}}$) и ОСО ($\Delta \text{ОСО}_i$), а так же ряды отклонений для каждого года (пример для 2011 года на рис.1).
- Выявлена хорошая обратная корреляционная зависимость между изменениями УФ-В радиации и общим содержанием озона. Максимальная корреляционная связь наблюдалась в 2011 году с коэффициентом корреляции $r=-0,42$, минимальная – в 2006 ($r=-0,22$).

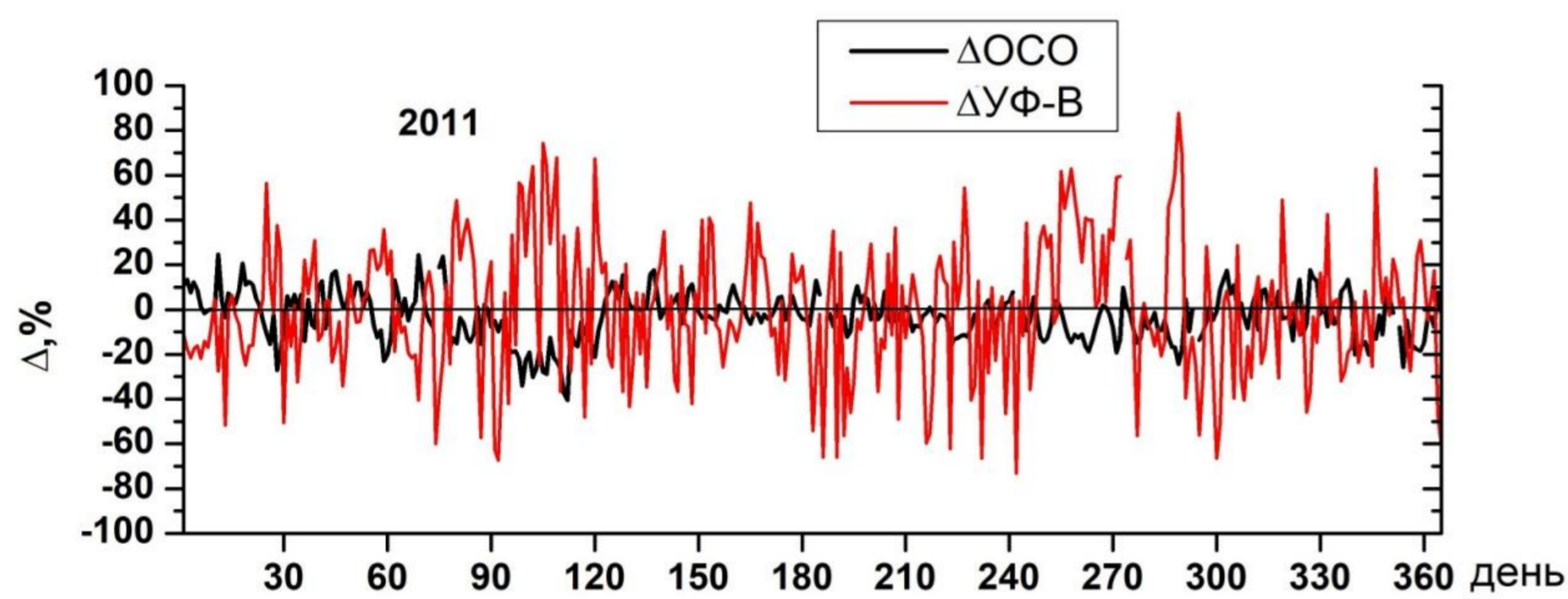


Рис. 1. Отклонение УФ-В радиации и ОСО в 2011 гг. от средних многолетних значений.

- Установлена количественная связь между УФ-В радиацией и зенитным углом Солнца для разных диапазонов изменения ОСО и двух типов подстилающей поверхности. Сделаны оценки изменения УФ-В радиации при изменении типа подстилающей поверхности (рис. 3).

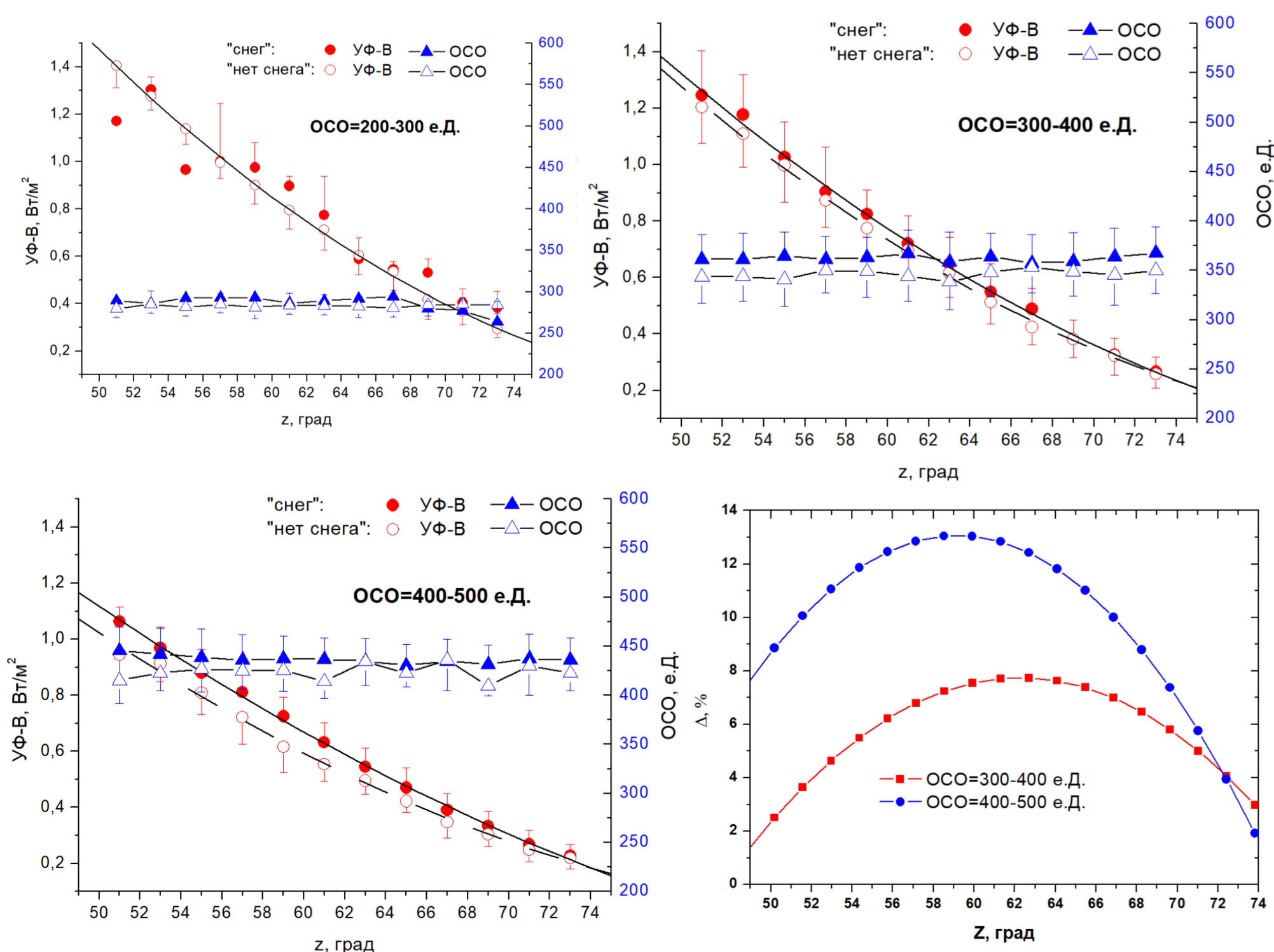


Рис.3. Зависимость УФ-В радиации от зенитного угла Солнца ($N_{\text{общ}}=0-2$ балла, $AOT < 0,3$) и приращение УФ-В-радиации при устойчивом снежном покрове.

Результаты

- Выявлены зависимости приращения УФ-В радиации ($\Delta U_{\text{Ф-В}}$) от приращения общего содержания озона ($\Delta \text{ОСО}_i$) для диапазонов с разным баллом общей облачности ($N_{\text{общ}} \leq 2$, $2 < N_{\text{общ}} \leq 4$, $4 < N_{\text{общ}} \leq 6$, $6 < N_{\text{общ}} \leq 8$, $8 < N_{\text{общ}} \leq 10$), для $AOT_{500} \leq 0,15$ и без учёта АОТ.

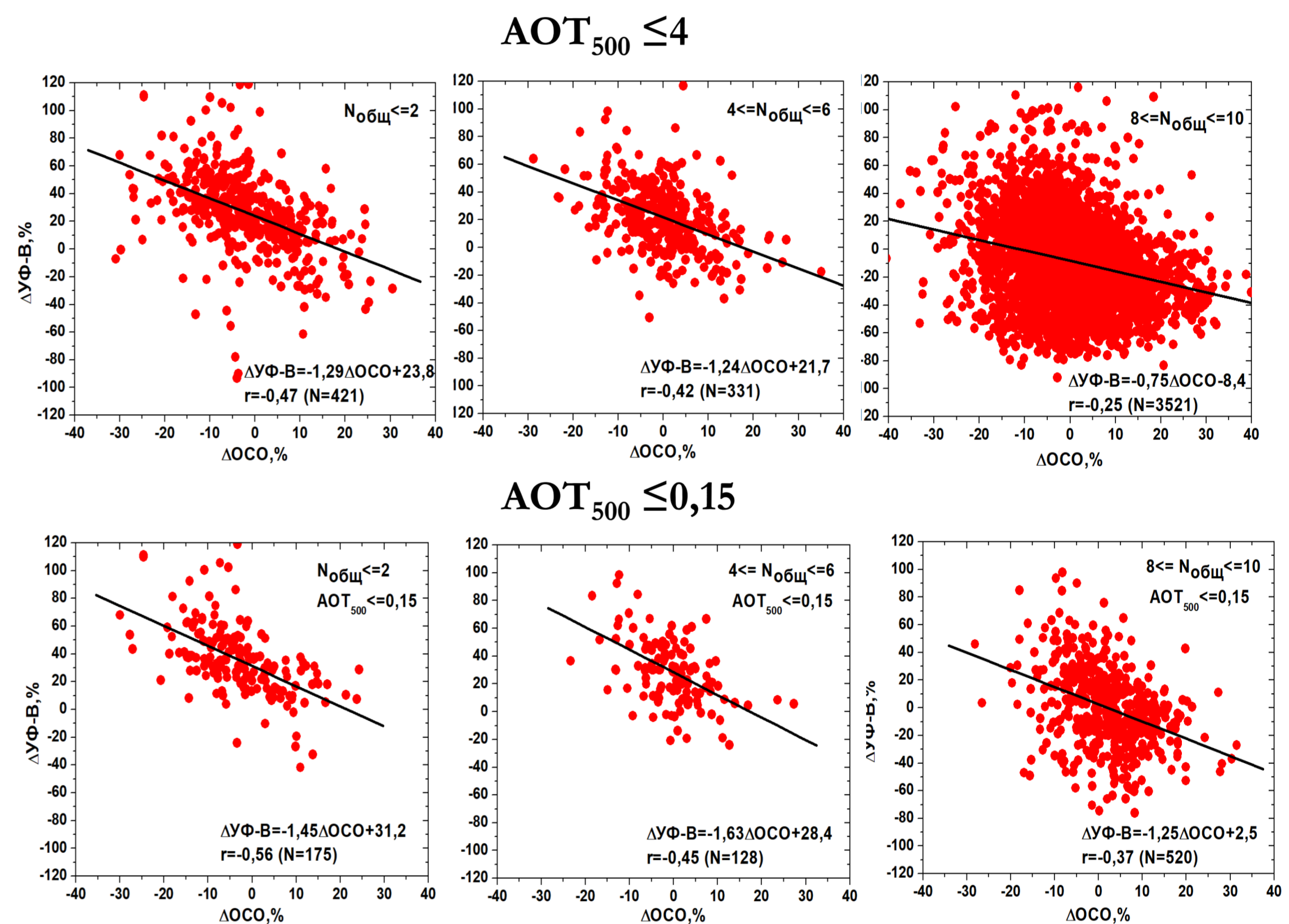


Рис.2. Регрессионная связь $\Delta U_{\text{Ф-В}}$ и $\Delta \text{ОСО}_i$.

- Получены соотношения относительных изменений УФ-В радиации и ОСО – RAF (Radiation Amplification Factor) ($RAF = (\Delta U_{\text{Ф-В}} / U_{\text{Ф-В}}) / (\Delta \text{ОСО} / \text{ОСО})$) (рис. 4).

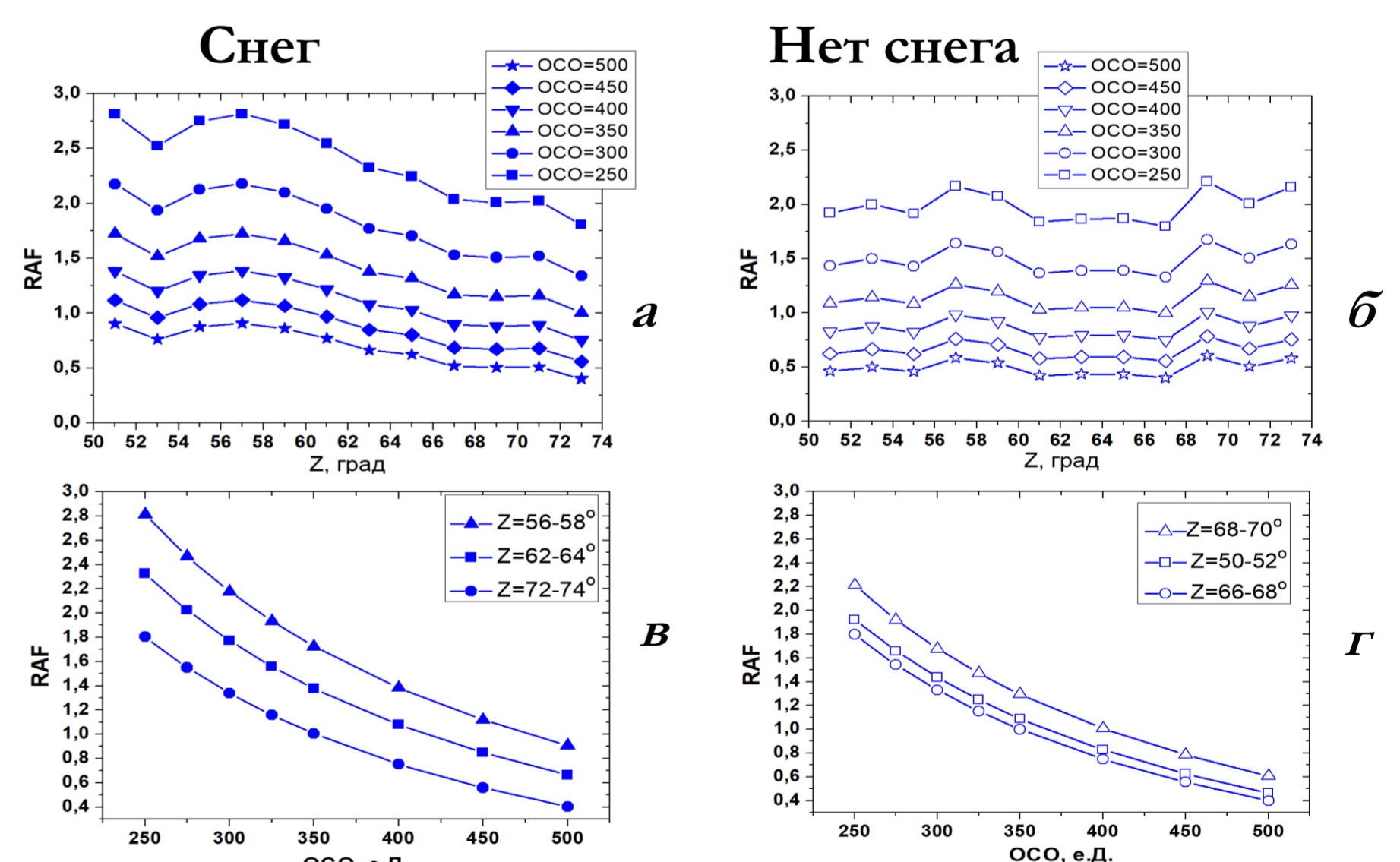


Рис.4. RAF в зависимости от зенитных углов Солнца (а,б) и общего содержания озона (в,г) – максимальные, средние и минимальные RAF.

Выводы

- При условиях безоблачного и прозрачного состояния атмосферы ($N_{\text{общ}} \leq 2$, $AOT_{500} \leq 0,15$) увеличение ОСО на 1% приводит в среднем к уменьшению УФ-В радиации на 1,45%.
- Средний вклад АОТ в изменение суточного поступления УФ-В радиации составляет от 4,3 до 10,9 % в зависимости от балла облачности.
- Облачность может снижать прирост УФ-В радиации на 0,7 – 28,7% в зависимости от балла облачности.
- Вклад приращения альbedo подстилающей поверхности в увеличение уровня УФ-В радиации составляет в среднем 4-8% для $\text{ОСО}=300-400$ е.д. и 9-13% для $\text{ОСО}=400-500$ е.д. при условии устойчивого снежного покрова и диапазоне изменения зенитного угла солнца от 52° до 68°.