

Козлов Е.М.

**Характеристики дифференцированных
вариаций спектральной яркости восходящего
излучения системы атмосфера-поверхность в
международном многоуровневом эксперименте
“Карибэ - 88” (Наблюдаемые реакции).**

Введение

- Результаты исследований поля вариаций восходящего излучения системы «атмосфера – земная поверхность» (САП) $I_\lambda(x)$ в оптическом диапазоне длин волн λ , где x - горизонтальная координата наблюдений, позволяют утвердиться во мнении, что имеющая место анизотропия вариаций спектральной яркости восходящего излучения в λ, Ω - пространстве является следствием проявления компонентов, образующих систему. В свою очередь, это позволяет прийти к выводу, что носителями информации о компонентах САП могут служить взаимные спектральные (или биспектральные) образы $VS_k(\Omega, \lambda)$, которые, с одной стороны, отображают характер реакции взаимодействия k -компонента системы с электромагнитным (солнечным) излучением $r_k(\Omega, \lambda)$, а с другой, через спектры пространственных вариаций $S_k(\lambda, \Omega)$ - пространственные особенности регистрируемого компонента.

- Такое восприятие поля вариаций восходящего излучения САП может позволить использовать спектральный подход при решении задач дифференциации ее компонентного состава (ДКС).
- Следует отметить, что обоснованная и исчерпывающая оценка положительных и отрицательных сторон такого подхода возможна лишь только после его соответствующих исследований и проверки на практике. Первым шагом в этом направлении можно считать попытку восстановления спектральной яркости атмосферной дымки и выходящего из водной толщи излучения, которая была предпринята по надирным измерениям восходящего излучения, во время международного, многоуровневого эксперимента «Карибэ 88» с помощью спектрометра МКС – М.
- Предварительные результаты дифференциации компонентов системы, позволили прийти к мнению о принципиальной возможности применимости рассмотренного метода ДКС при решении задач дистанционного зондирования, а имеющиеся резервы в части учета мешающих факторов, позволяют надеяться на получение, после доработки алгоритма ДКС САП, более качественных результатов. С этой целью были проведены дополнительные исследования.

- В частности, были проанализированы спектры дифференцированных вариаций $S_{\lambda r_0}(\lambda, \Omega)$ и наблюдаемые реакции взаимодействия с солнечным излучением $m_{\lambda r_0}(\Omega, \lambda)$, где λr_0 - идентификатор, определяющий на оси длин волн координату максимального значения реакции соответствующего вариационного компонента системы.
- Некоторые предварительные результаты исследований $S_{\lambda r_0}(\lambda, \Omega)$ были рассмотрены на 6 –й Открытой Всероссийской конференции Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.
- В настоящей работе вниманию предлагаются результаты исследований $m_{\lambda r_0}(\Omega, \lambda)$ для λr_0 - дифференцированных вариаций (далее - вариации).

Реакция системы

- В общем случае, реакция системы является комплексной величиной, которая в λ, Ω -пространстве отображает особенности трансформации падающего излучения $I_{0\lambda}$, вызванной его взаимодействием с компонентами системы.
- Здесь будут рассмотрены особенности действительных составляющих реакций САП, т. е. без учета их фазовых свойств. В этом случае, реакцией системы для $\lambda r0$ - вариаций, является
- $$m_{\lambda r0}(\Omega, \lambda) = \bar{a}_{\lambda r0}(\Omega, \lambda) / \bar{a}_{\lambda r0}(\Omega, \lambda_{\lambda r0})$$
,
где $\bar{a}_{\lambda r0}(\Omega, \lambda)$ - среднее амплитудное значение нормированных на солнечную постоянную $\lambda r0$ - типа вариаций в Π_{Ω} - полосе центрированных около Ω пространственных частот, которые имели место в центрированной около λ Π_{λ} -полосе длин волн оптического диапазона.

Обсуждение результатов

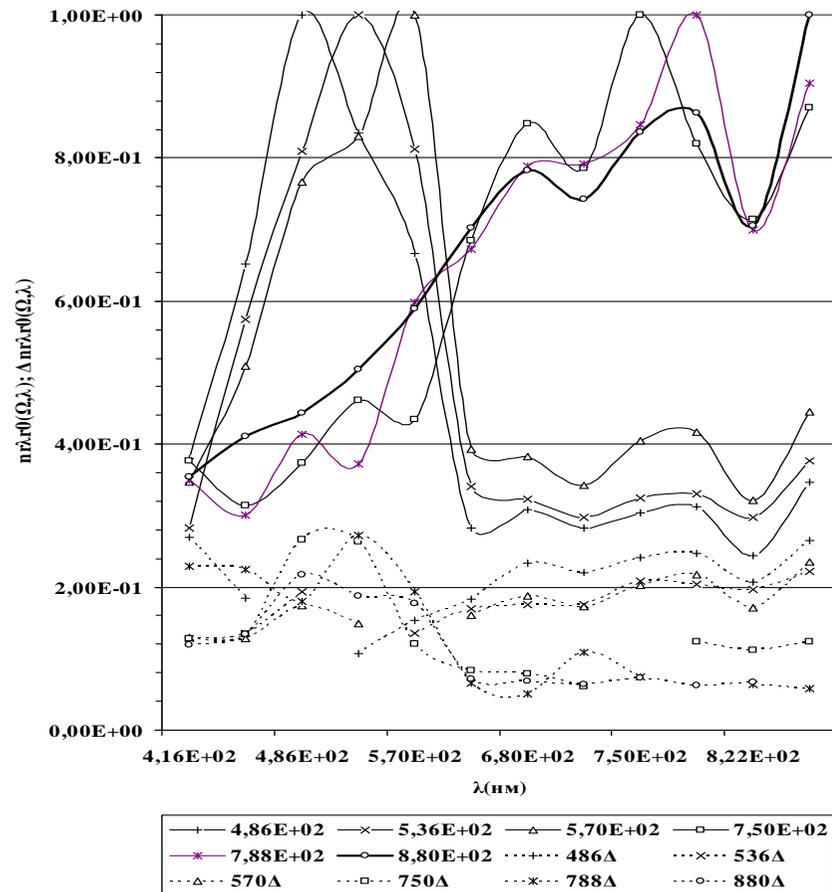
- Применение би-спектрального анализа к вариациям восходящего излучения САП $\Delta I_{\lambda}^{\uparrow}(x)$, в λ, Ω - пространстве, определяемом граничными координатами $\lambda_n = 486$ нм, $\lambda_k = 880$ нм и условными пространственными частотами $\Omega_n = 1, \Omega_k = 12$, были выделены шесть типов λ_{r0} - дифференцированных вариаций.
- В результате статистической обработки полученных таким образом $rn_{\lambda_{r0}, \Omega, i}(\lambda)$ сгруппированных по λ_{r0} - признаку, были рассчитаны средние наблюдаемые реакции $\overline{rn}_{\lambda_{r0}}(\lambda)$ и среднеквадратические отклонения $\overline{\Delta rn}_{\lambda_{r0}}(\lambda)$ от их средних значений.
- На ряду с этим, для вариационного компонента с $\lambda_{r0} = 880$ нм, были проанализированы распределения средних значений $\overline{rn}_{880}(\Omega, \lambda)$ и среднеквадратических отклонений $\overline{\Delta rn}_{880}(\Omega, \lambda)$ реакций $rn_{880, i}(\Omega, \lambda)$ от их средних значений.
- Информация об ансамбле $rn_{\lambda_{r0}, \Omega, i}(\lambda)$: числе случаев $n_{\lambda_{r0}}(\Omega)$ их обнаружения вдоль трассы наблюдений на частотах Ω и λ_{r0} - координатах, сведена в таблицу 1.

Таблица 1.

Число наблюдаемых реакций $n_{\lambda r0}(\Omega)$

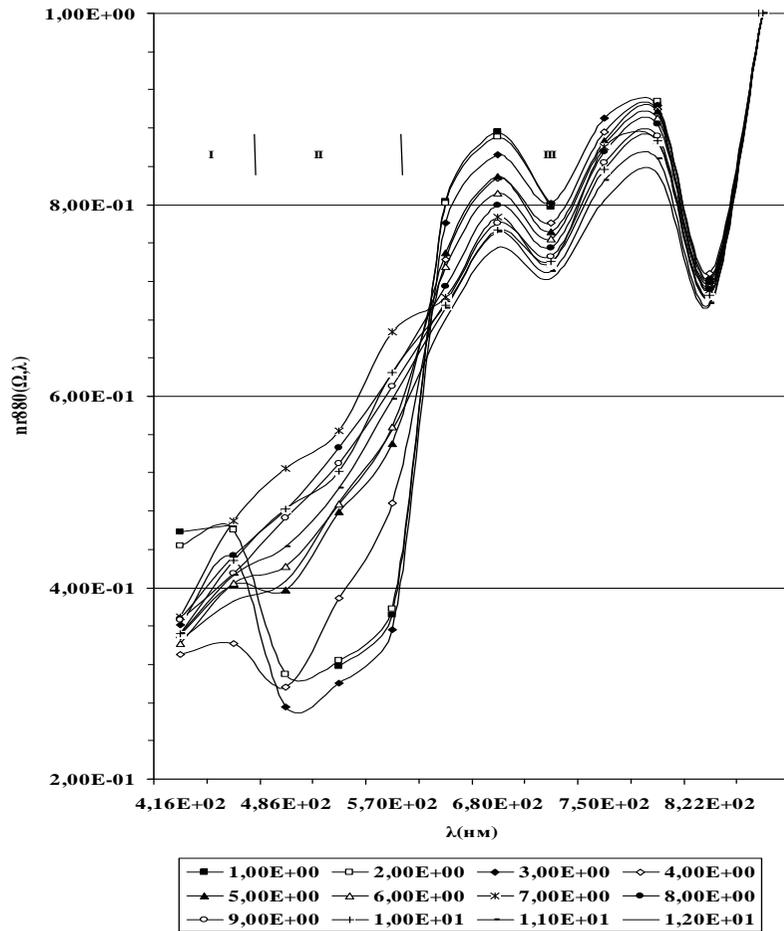
● $\Omega \setminus r0$	486	536	570	750	788	880
● 1	2	2	—	—	—	2
● 2	4	2	—	—	—	2
● 3	5	2	—	—	—	7
● 4	1	2	4	—	—	14
● 5	6	2	12	—	—	33
● 6	5	2	18	—	—	46
● 7	5	—	—	—	—	12
● 8	8	8	32	—	—	79
● 9	8	11	29	—	2	125
● 10	18	13	31	1	4	137
● 11	30	19	38	5	10	164
● 12	30	26	41	7	1	169
● $N_{\lambda r0}$	122	89	205	13	17	790

Средние реакции $\overline{rn}_{\lambda r0}(\lambda)$ и среднеквадратические отклонения $\overline{\Delta rn}_{\lambda r0}(\lambda)$



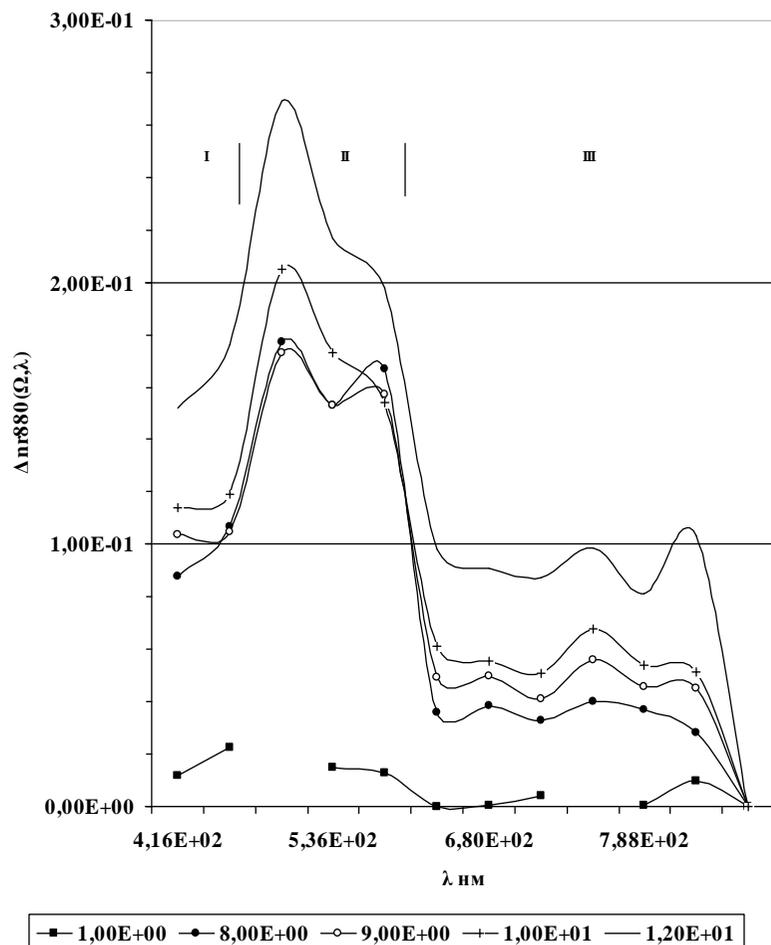
- Отображают свойства системы для различных вариационных компонентов. Так $\overline{rn}_{880}(\lambda)$, на смещенных в высокочастотную область частот, демонстрируют спектральный ход отраженного от водной поверхности излучения со всеми присущими ему спектральными особенностями: слабое поглощение озоном в полосах Шаппю (450 - 621нм) и водяным паром при $\lambda = 712$ и 822 нм. Все это происходит на фоне возрастающей реакции, определяемой произведением спектральных коэффициентов отражения от водной поверхности на спектральное пропускание атмосферы.
- Представленные пунктиром $\overline{\Delta rn}_{\lambda r0}(\lambda)$ - распределения, отображают особенности среднеквадратических отклонений восстановленных реакций $rn_{\lambda r0, \Omega, i}(\lambda)$ от их средних значений $\overline{rn}_{\lambda r0}(\lambda)$, которые находятся в интервале 0,05 – 0,27.
- Для выяснения причин, с которыми связаны эти отклонения были проанализированы реакции системы для дифференцированных вариаций
- с $\lambda r0 = 880$ нм .

Средние реакции $\overline{m}_{880}(\Omega, \lambda)$ ■



- Можно выделить три характерные области длин волн: I - $\lambda = 416 - 450$ нм; II - $\lambda = 486 - 570$ нм и III - $\lambda = 621 - 880$ нм.
- I и II области отображают особенности трансформации излучения в диапазоне длин волн, где проявляется молекулярное (релеевское) рассеяние САП с коэффициентом рассеяния $\sigma_r(\lambda) \equiv \lambda^{-4}$.
- Суть происходящего здесь явления, состоит в том, что увеличение коэффициента рассеяния среды приводит к ухудшению ее амплитудно-частотных передаточных характеристик (II область). При достижении же определенной величины рассеяния, передаточные свойства системы улучшаются (I область).
- III область, с точностью определяемой условностью координаты максимального значения $\lambda_{r0} = 880$ нм, отображает передаточные свойства САП для этого типа вариаций в длинноволновой области оптического диапазона.

Среднеквадратические отклонения $\overline{\Delta r_{880}}(\Omega, \lambda)$



- Занимают диапазон 0,00023-0,27.
- Позволяют:
 - - установить координаты вариационных компонентов в λ, Ω пространстве;
 - - оценить величины отклонений, вносимых различными типами, вариационных компонентов, выступающих в роли помехи по отношению к вариациям с $\lambda_{r0} = 880$ нм.
- - и пр.

Заключение

- Таким образом, статистическая обработка реакций САП, которые были восстановлены по спектральным измерениям вариаций восходящего излучения в оптическом диапазоне длин волн во время международного эксперимента «Карибэ – 88», и анализ этих данных, позволил получить представление о компонентном составе системы и их характеристиках в λ, Ω пространстве во время эксперимента.
- На основе анализа распределений средних реакций для вариаций с $\lambda_{r0} = 880$ нм прослежена динамика реакции этого вариационного компонента, которая вызвана проявлением атмосферной составляющей системы.
- Исследования среднеквадратических отклонений реакций $m_{880,i}(\Omega, \lambda)$ от их средних значений подтверждают селективный характер вариационных компонентов и их распределенность в частотном пространстве.