



Двадцать вторая международная конференция
"СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"



Сравнение результатов гидрооптических измерений с данными спутникового сканера цвета MODIS-Aqua в Баренцевом и Карском морях в 2024 г.

Павлова М.А.^{1,2}, Салинг И.В.¹, Глуховец Д.И.^{1,2}

¹ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН

*² Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)*

14 ноября 2024 г.

География

- 95-ый рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш», июнь-июль 2024 г.
- *Арктика:*
 - Баренцево море;
 - Карское море.

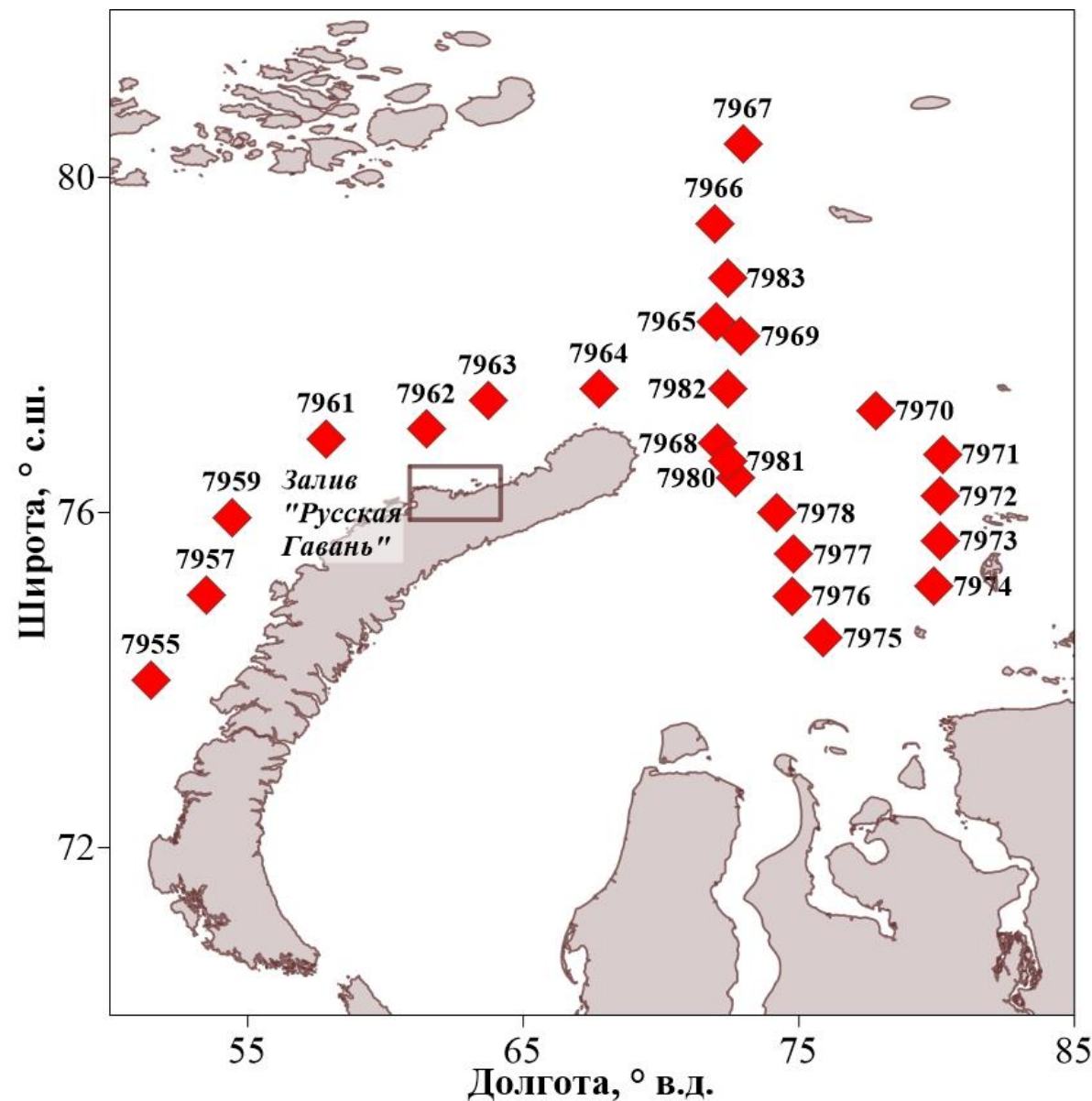


Рис. 1. Карта судовых станций 95-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш»

Измерения

- Палубный спектрорадиометр (Pavlova et al., 2023);
- Коэффициент яркости моря $R_{rs}(\lambda)$;

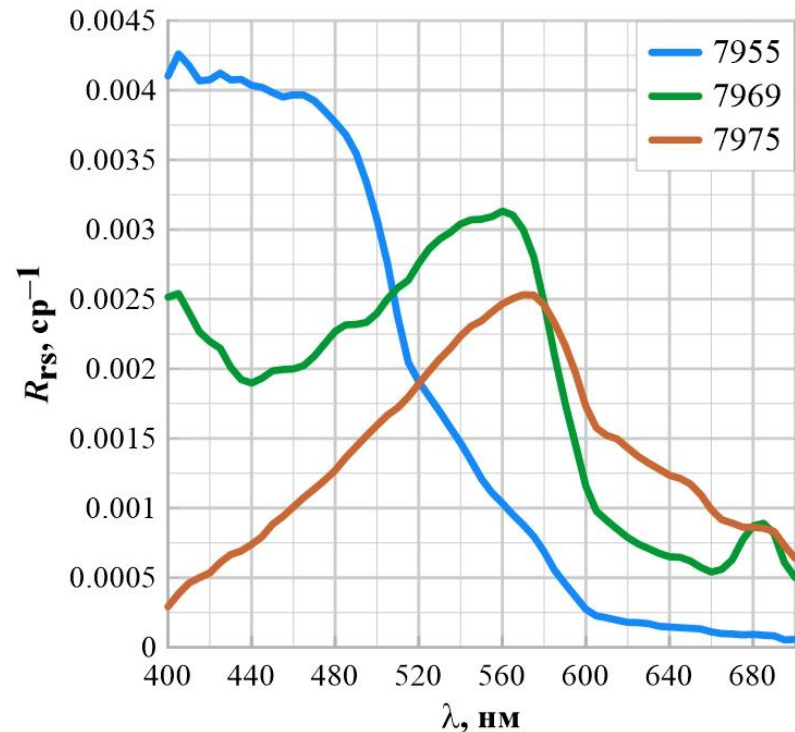


Рис. 2. Примеры спектров коэффициента яркости моря в Баренцевом и Карском морях

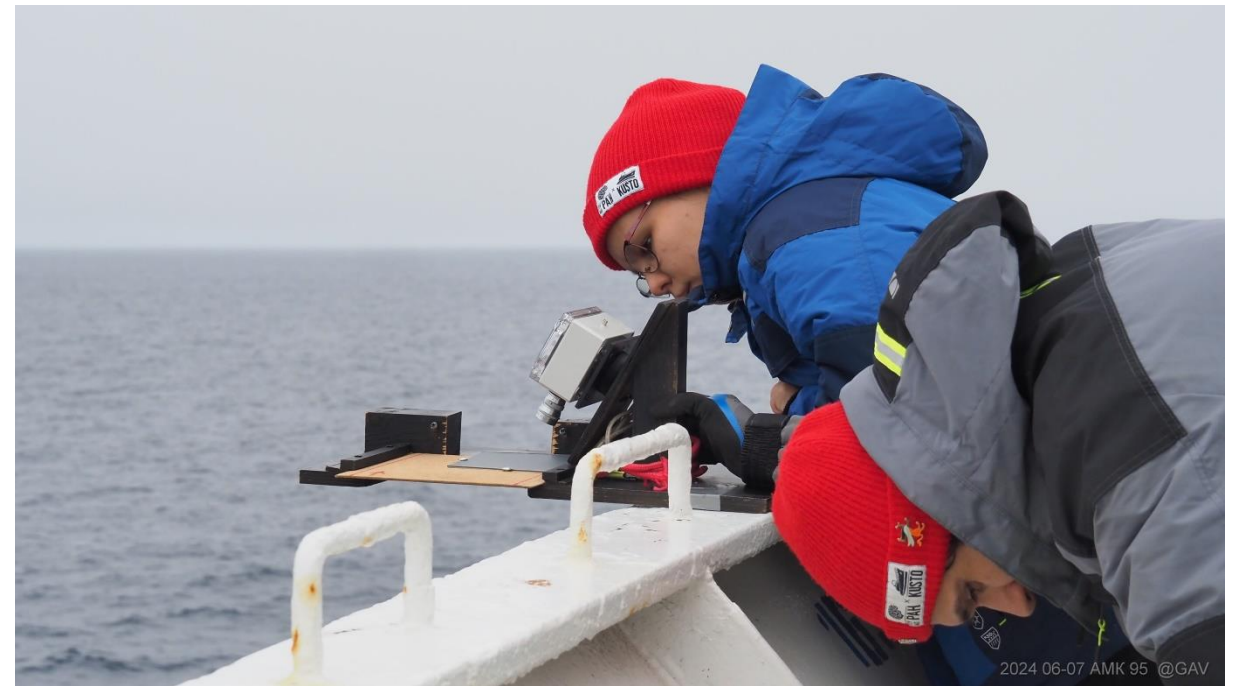


Рис. 3. Процесс измерения коэффициента яркости моря

- Разные оптические типы вод:
 - первый – Баренцево море;
 - второй – область распространения речного стока в Карском море.
- Север Карского моря:
 - цветение в областях таяния льда.

Измерения

- Интегрирующая сфера в конфигурации ICAM (Погосян и др., 2009; Глуховец и др., 2017).
- Показатель поглощения света морской водой $a(\lambda)$, в том числе:
 - Частицами, содержащими хлорофилл- a $a_p(\lambda)$;
 - Желтым веществом $a_g(\lambda)$.
- Наибольшие значения в поверхностном слое:
 - $a_g^{max}(443)$ – центр Карского моря, области распространения речного стока;
 - $a_p^{max}(675)$ – север Карского моря у кромки льда.

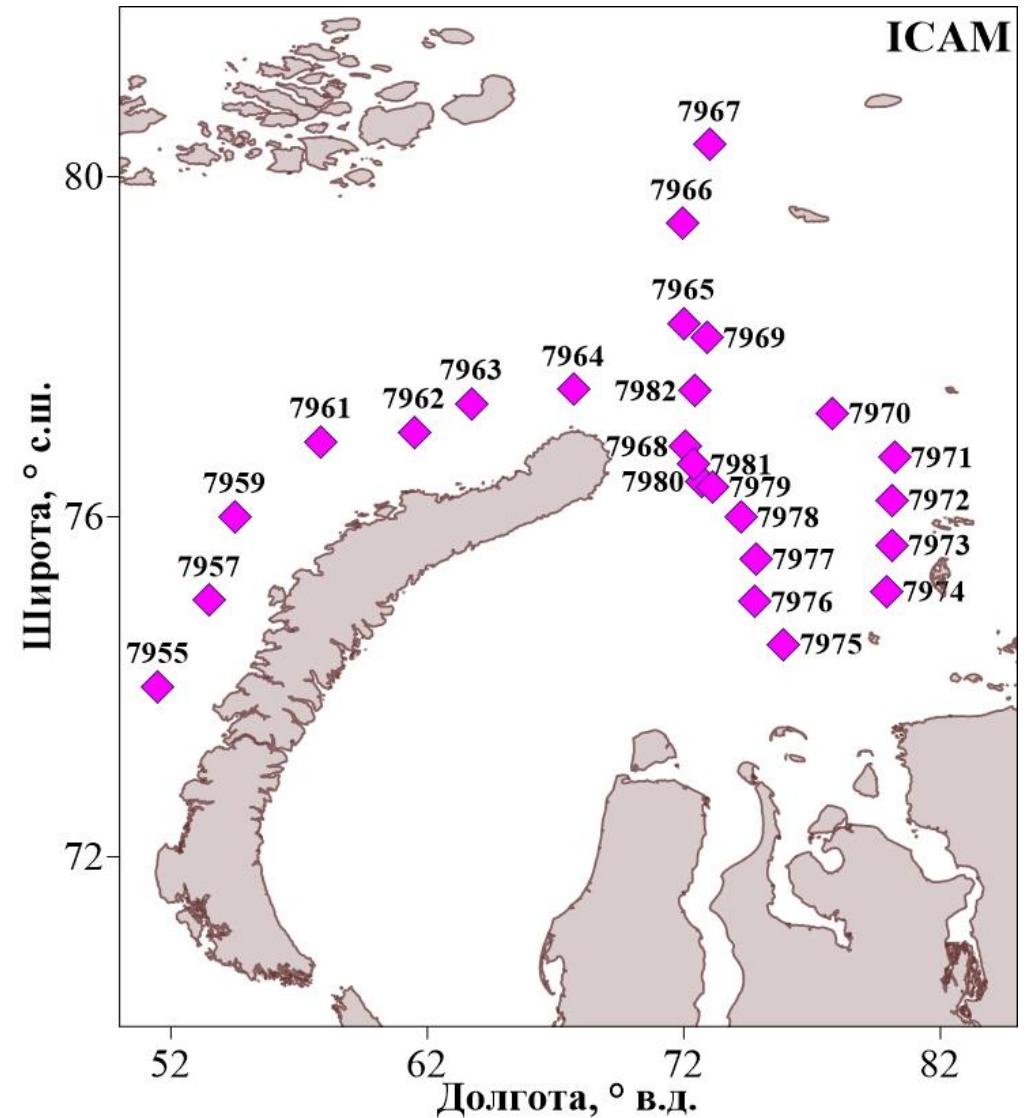


Рис. 4. Карта станций измерений показателя поглощения света морской водой и ее компонентами (25 июня – 13 июля 2024 г.).

Спутниковые данные

- Спутниковый сканер цвета MODIS-Aqua;
- ± 24 часа, SMCS (Шеберстов, 2015);
- Данные L2 (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov>):
 - ОС – коэффициент яркости моря;
 - IOP – показатель поглощения света морской водой и ее компонентами (Werdell et. al, 2013).
- Относительные ошибки:
 - $R_{rs}(\lambda)$: $RMSE < 10^{-3} \text{ cp}^{-1}$, $\lambda \in [400, 600]$;
 - $a(\lambda)$: $RMSE = 0.026 \text{ м}^{-1}$, $\lambda \in [400, 700]$ в случае лучшего согласия спутниковых и натурных данных о $R_{rs}(\lambda) \Rightarrow$ необходимость уточнения с помощью региональных спутниковых алгоритмов (Копелевич и др., 2018).

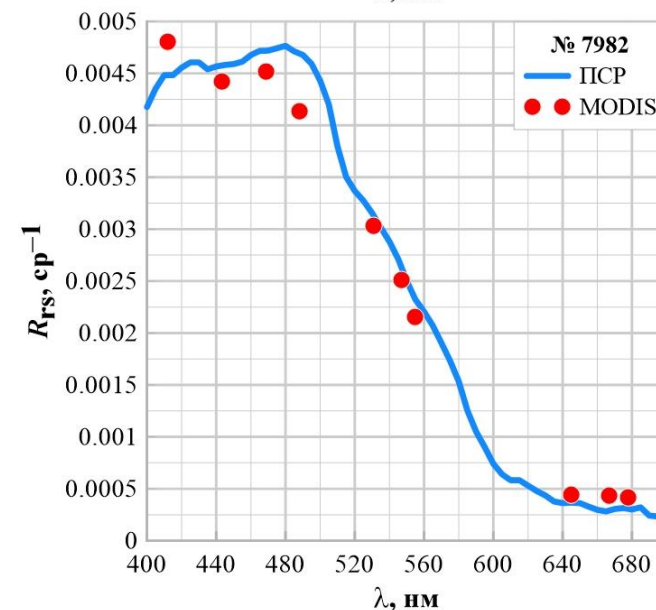
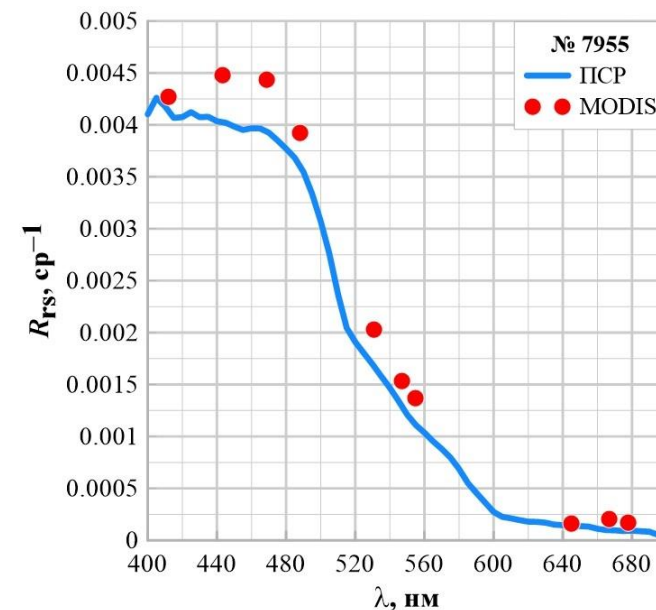


Рис. 5. Примеры наилучших сопоставлений $R_{rs}(\lambda)$

Спутниковые данные

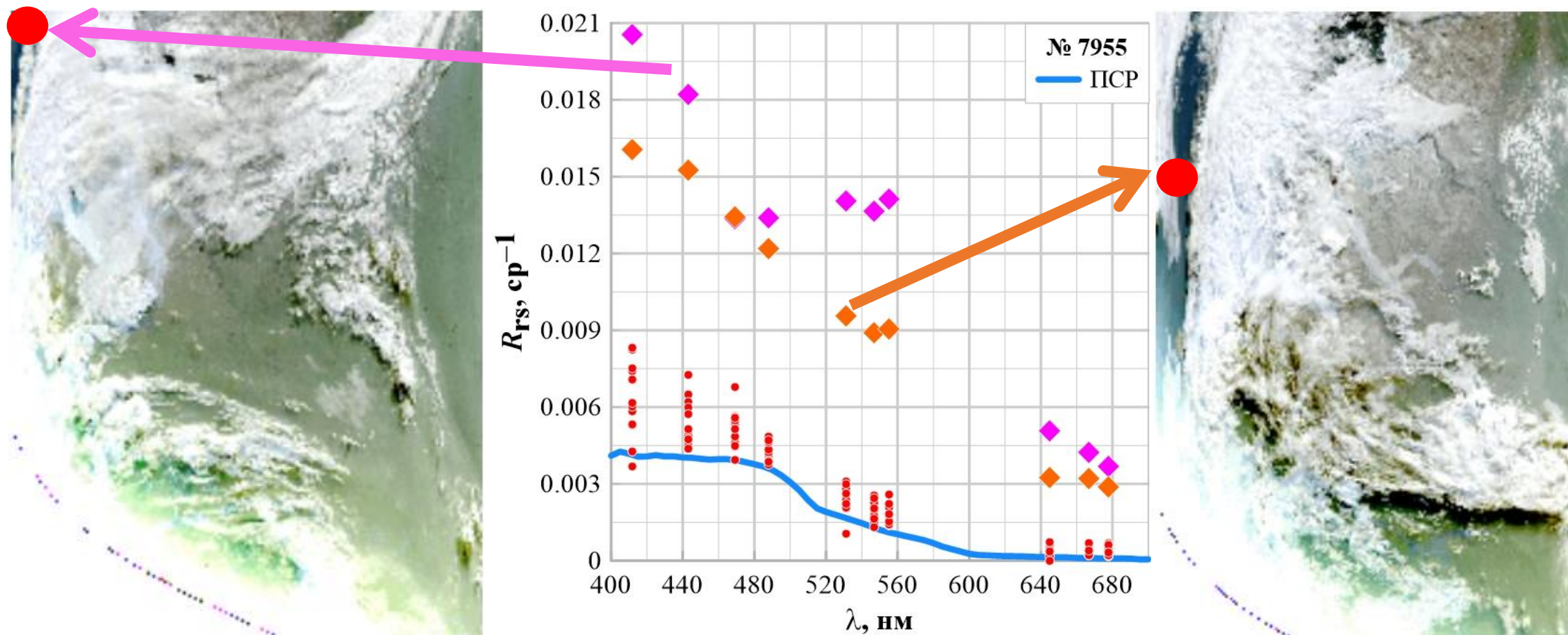


Рис. 6. Слева спутниковый снимок MODIS-Aqua от 24 июня 2024 г., 22:10 UTC. В центре натурный и спутниковые спектры коэффициента яркости моря для станции №7955 в Баренцевом море. Справа спутниковый снимок MODIS-Aqua от 25 июня 2024 г., 22:50 UTC.

Спутниковые данные

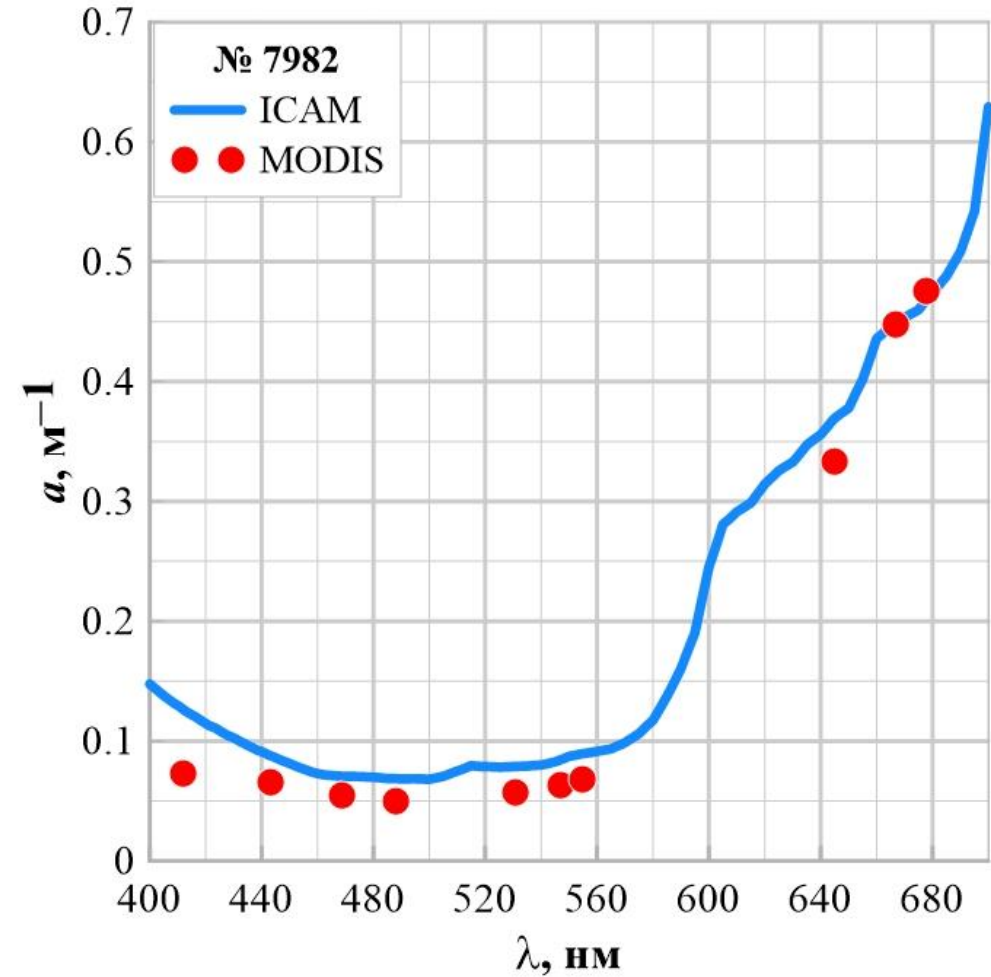
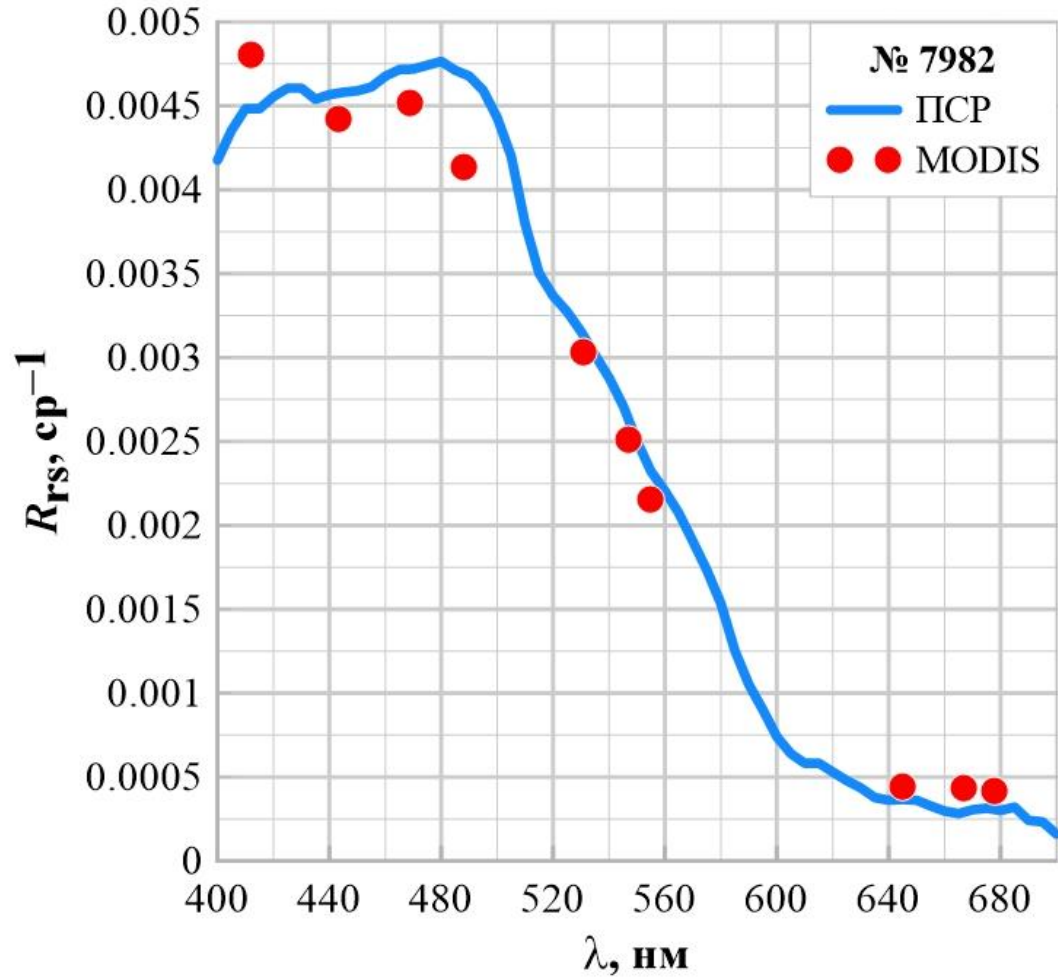


Рис. 7. Примеры подобранных спутниковых данных для станции №7982 в Карском море: коэффициент яркости моря (слева), показатель поглощения света морской водой (слева).

Выводы

- Результаты измерений коэффициента яркости моря и показателя поглощения света морской водой соответствуют региональным (распространение стока крупных сибирских рек) и сезонным (цветение фитопланктона в областях таяния льда) особенностям;
- Сравнение со спутниковыми данными показало необходимость уточнения алгоритмов атмосферной коррекции. Для этого будет использован полученный в экспедиции набор данных о коэффициенте яркости моря;
- Значения биооптических параметров, рассчитанные с помощью стандартного алгоритма GIOP, в ряде случаев значительно отличаются от результатов прямых измерений. Это говорит о важности разработки и валидации региональных алгоритмов, учитывающих особенности исследуемых регионов.

- **Финансирование:** Данные судовых измерений получены в рамках государственного задания ИО РАН по теме FMWE-2024-0015. Обработка данных проводилась по соглашению № 169-15-2023-002.
- **Благодарности:** Авторы благодарят Володина В.Д., Дерягина Д.Н., Круглинского И.А. за помощь в проведении измерений.
- **Литература:**
 1. Глуховец Д.И., Шеберстов С.В., Копелевич О.В., Зайцева А.Ф., Погосян С.И. Измерения показателя поглощения морской воды с помощью интегрирующей сферы // Светотехника. 2017. № 5. С. 39–43.
 2. Копелевич О.В., Салинг И.В., Вазюля С.В., Глуховец Д.И., Шеберстов С.В., Буренков В.И., Каралли П.Г., Юшманова А.В. Биооптические характеристики морей, омывающих берега западной половины России, по данным спутниковых сканеров цвета 1998-2017 гг. М: ООО «ВАШ ФОРМАТ», 2018 – 140 с.
 3. Погосян С.И., Дургарян А.М., Конюхов И.В. Чивкунова О.Б., Мерзляк М.Н. Абсорбционная спектроскопия микроводорослей цианобактерий и растворенного органического вещества: измерения во внутренней полости интегрирующей сферы // Океанология. 2009. Т. 49. № 6. С. 934–939.
 4. Шеберстов С.В. Система пакетной обработки океанологических спутниковых данных // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 6. С. 154–161.
 5. Pavlova M.A., Glukhovets D.I., Volodin V.D. Deck Spectroradiometer for Measuring Remote Sensing Reflectance // Oceanology. 2023. V. 63. P. 228-237.
 6. Werdell P.J., Franz B.A., Bailey S.W., Feldman G.C., Boss E., Brando V.E., Mangin A. Generalized Ocean color inversion model for retrieving marine inherent optical properties // Applied optics. – 2013. – V. 52, №. 10. – P. 2019-2037.