

Построение квазианалитической модели гидрооптических характеристик морской воды по данным спутниковых сканеров цвета океана и подспутниковых измерений в Заливе Петра Великого (Японское море) в 2016 г.

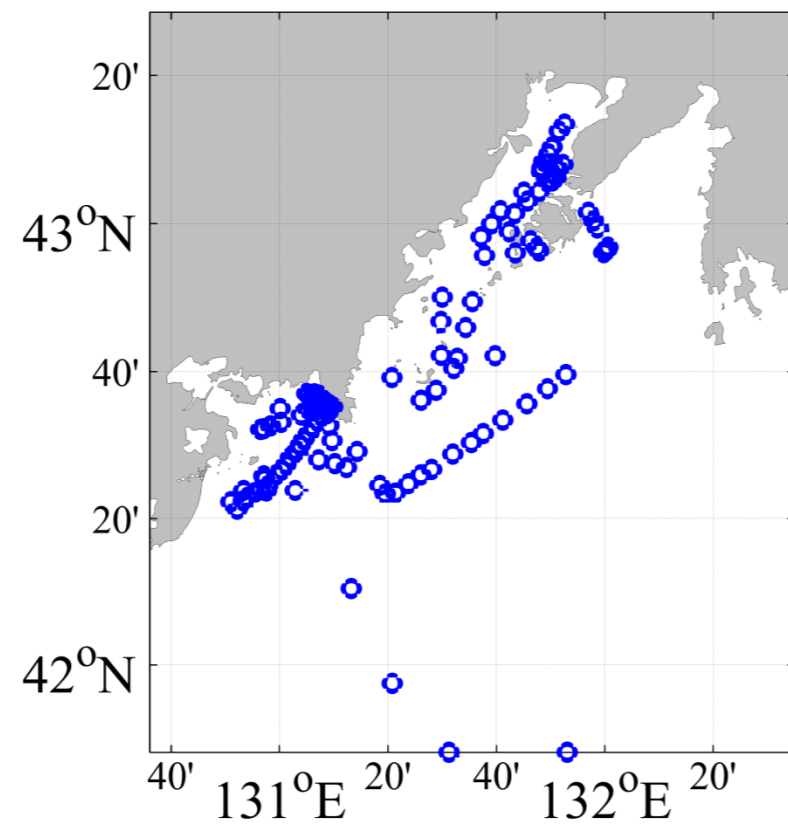


Стёпочкин И.Е., Шамбарова Ю.В., Салюк П.А., Голик И.А.

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия

Цели исследования:

- Исследование факторов, приводящих к ошибкам пассивного спутникового оптического зондирования цвета морской поверхности в Северо-Западной части Японского моря.
- Разработка соответствующих региональных эмпирических и квазианалитических моделей биооптических моделей.
- Исследование процессов функционирования фитопланктонных сообществ и их взаимодействия с другими климатообразующими факторами в водах различной тропности.



1. Полевые измерения



Рис. 1. Портативный спектрометр ASD FieldSpec Hand Held. Диапазон 325-1075 нм., разрешение 1 нм.



Рис. 2. Погружной профилограф. Датчики: температура, ФАР, флуоресценция (РОВ, Хлорофилл-а)

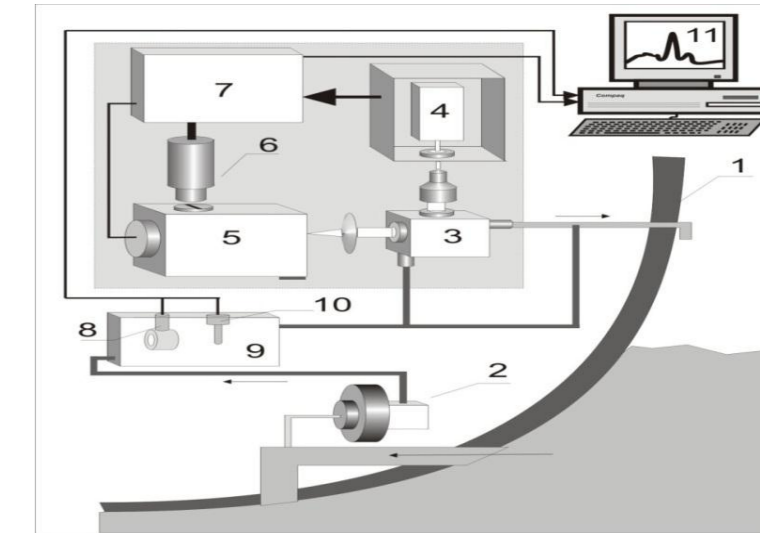


Рис. 3. Проточный флуориметр, ДВВ=532нм)

Спектры отражательной способности $RRS(\lambda)$

Средневзвешенные по глубине концентрации РОВ и Хлорофилла- «а»

2. Подбор длины волны для регионального эмпирического алгоритма

Процедура восстановления концентраций оптически-активных компонентов (ОАК) морской воды проводится с помощью биооптических алгоритмов, которые делятся на два основных класса: эмпирические, в которых используются экспериментально установленные соотношения между коэффициентами яркости моря на определенных длинах волн и концентрациями ОАК морской воды, и полуаналитические, где спектральное распределение коэффициента яркости моря представлено функцией показателей рассеяния и поглощения ОАК в исследуемой акватории, а также некими другими параметрами. Основная проблема, возникающая при построении алгоритмов восстановления, заключается в том, что РОВ, наряду с фитопланктоном вносят существенный вклад в общее поглощение света морской водой. Особенно это характерно для прибрежных вод, подверженных различным стокам с материка. И если в открытом океане влияние фитопланктона в формировании цвета океана преобладает (воды первого оптического типа) и стандартные алгоритмы, построенные на соотношении различных спектральных полос поглощения хорошо себя зарекомендовали, то в водах второго типа соотношение этих ОАК примерно одинаково, что ведет к постоянной смене калибровочных коэффициентов. Поэтому важнейшей задачей является разделение вкладов ОРОВ и фитопланктона и построение региональной эмпирической модели вне зависимости от типа вод.

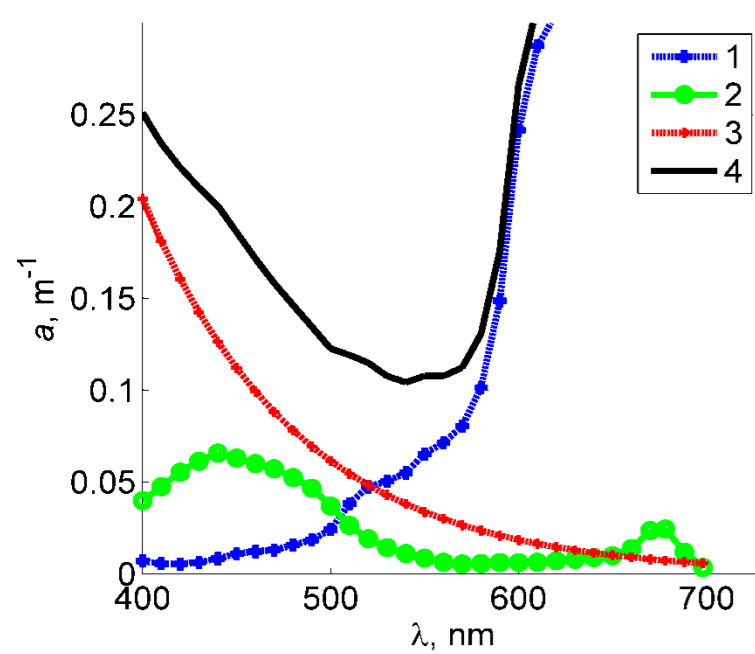


Рис. 4. Спектральные характеристики поглощения света фитопланктоном, РОВ, чистой водой.

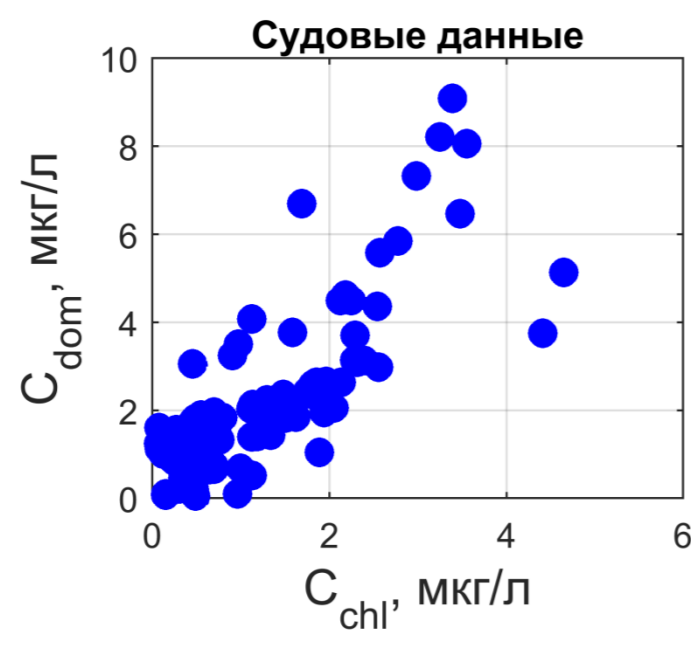


Рис. 5. Судовые данные

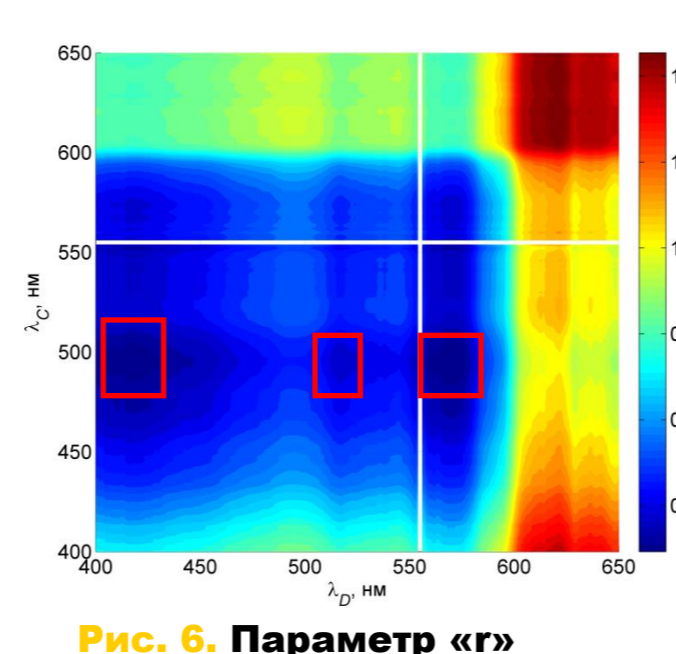
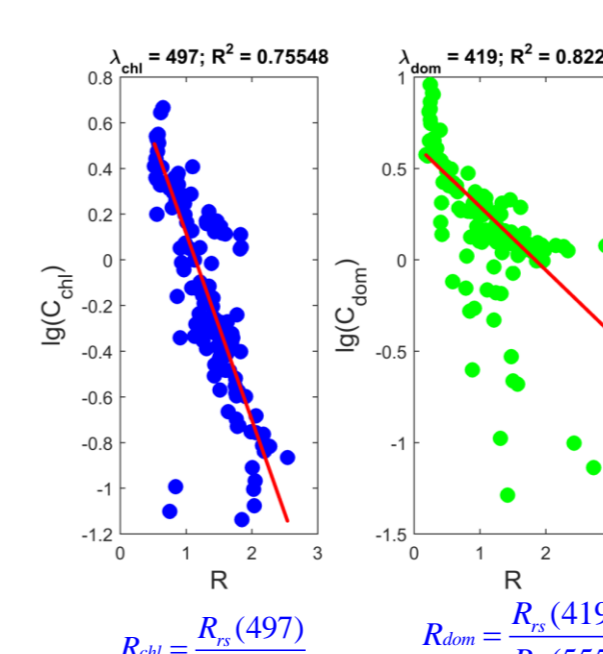


Рис. 6. Параметр «г» характеризует качество работы эмпирического алгоритма на данной длине волны.



$$R_{497} = \frac{R_{rs}(497)}{R_{rs}(555)} \quad R_{419} = \frac{R_{rs}(419)}{R_{rs}(555)}$$

$$r(\lambda, \lambda_0) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{C_{sat} - C_{chl}(\lambda)}{\sigma(C_{sat})} + \frac{D_{sat} - D_{chl}(\lambda_0)}{\sigma(D_{sat})} \right)$$

$$C_{sat} = b'_0 + b'_1 \times \lg\left(\frac{R_{rs}(\lambda)}{R_{rs}(\lambda_0) = 555}\right) \quad D_{sat} = c'_0 + c'_1 \times \lg\left(\frac{R_{rs}(\lambda)}{R_{rs}(\lambda_0) = 555}\right)$$

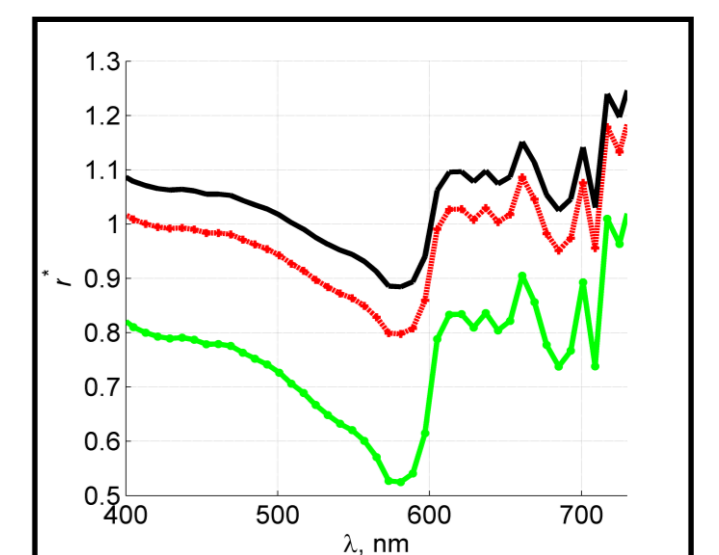


Рис. 8. Спектральное распределение параметра «г», при сравнении D_{rs} и хлорофилла, рассчитанного по стандартным алгоритмам ОСЗМ (красн.) и ОС4 (черн.) Полученный в работе алгоритм для хлорофилла имеет заметно меньшую ошибку (зел.)

3. Настройка квазианалитической модели

Исходная модель

$$R_{rs_m} = \frac{\pi G}{a} \left[\frac{b_{bw}}{3.4} + X \left(\frac{400}{\lambda} \right)^y \right]$$

$$a = a_w + a_{ph} + a_g$$

$$a_g(\lambda) = a_g(440) \times \exp(-Sg_1(500-440)) \times \exp(-Sg_2(\lambda-500))$$

- Суммарное поглощение света

$$a_{ph} = A(\lambda) C_{chl}^{B(\lambda)}$$

- Поглощение фитопланктоном

$$b_{bw} = 0.0038 \times \left(\frac{400}{\lambda} \right)^{4.3}$$

- Рассеяние водой

a_w (поглощение чистой водой), $A(\lambda)$, $B(\lambda)$ – табулированные величины

Начальные условия по умолчанию

$$a_g(440) = 10^{(-1.20 + 0.471 \lg(C_{chl}))}$$

$$0.9(0.86 + 1.2 \ln(\chi)) < Y < 1.1(0.86 + 1.2 \ln(\chi))$$

$$X > 0$$

$$0.011 \leq Sg_1, Sg_2 \leq 0.018$$

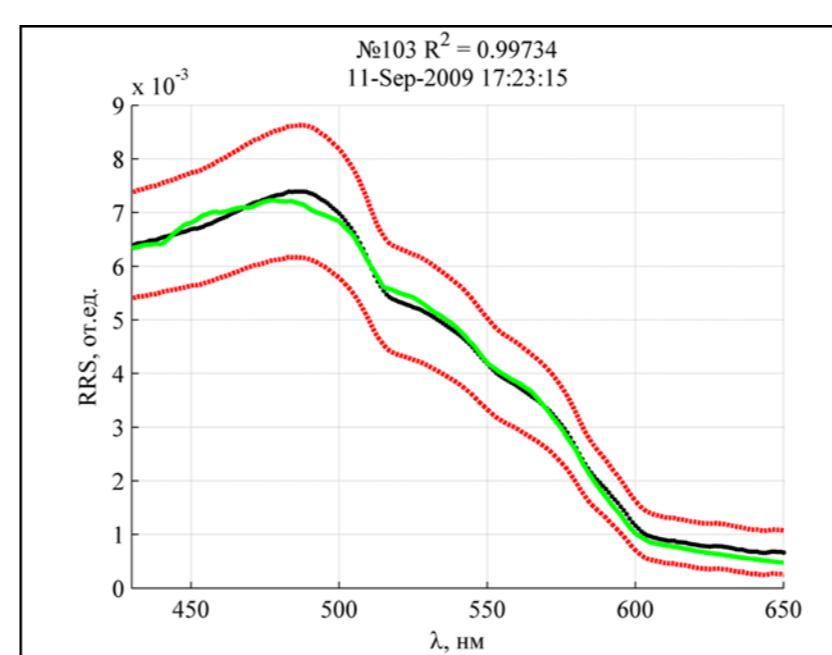


Рис. 9. Пример аппроксимации спектра RRS

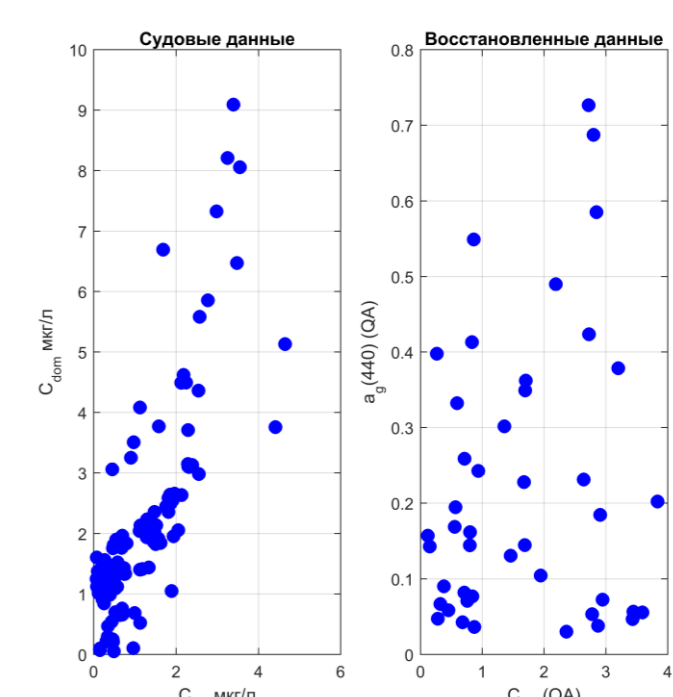


Рис. 10. Результат работы модели при использовании начальных и граничных условий по умолчанию

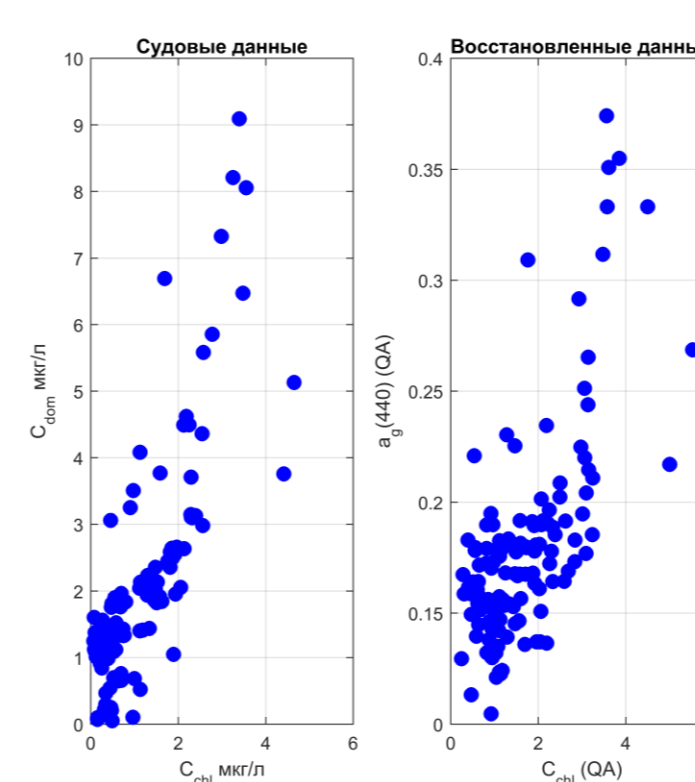


Рис. 10. Результат работы модели при использовании региональных алгоритмов для подбора начальных и граничных условий

Литература:

- Алексанин А.И., Качур В.А. Особенности атмосферной коррекции спутниковых данных цвета океана в Дальневосточном регионе // Исследование Земли из космоса. 2016. №6.
- Салюк П.А., Стёпочкин И.Е., Букин О.А., Павлов А.Н., Голик И.А. Разработка региональных эмпирических алгоритмов восстановления концентрации хлорофилла-«а» и растворенных органических веществ из данных пассивного оптического зондирования водной поверхности // Исследование Земли из Космоса, № 3, 2013, С. 45-57.
- Lee Z.P., Carder K.L., Peacock T.G., Davis C.O., Mueller J.I. Method to derive ocean absorption coefficients from remote-sensing reflectance // Applied Optics. 1996. V. 35, № 3. P. 453-462.
- Kendall L., Carder, F., Chen R., Lee Z., Hawes S.K. and Cannizzaro J.P. Case 2 Chlorophyll-a // MODIS Algorithm Theoretical Basis Document. 2003. 19. P. 1-67.
- Maritorena S., Siegel D.A. and Peterson A.R. Optimization of a semi-analytical ocean color model for global-scale applications // Applied Optics. 2002. V. 41. P. 2705-2714.