

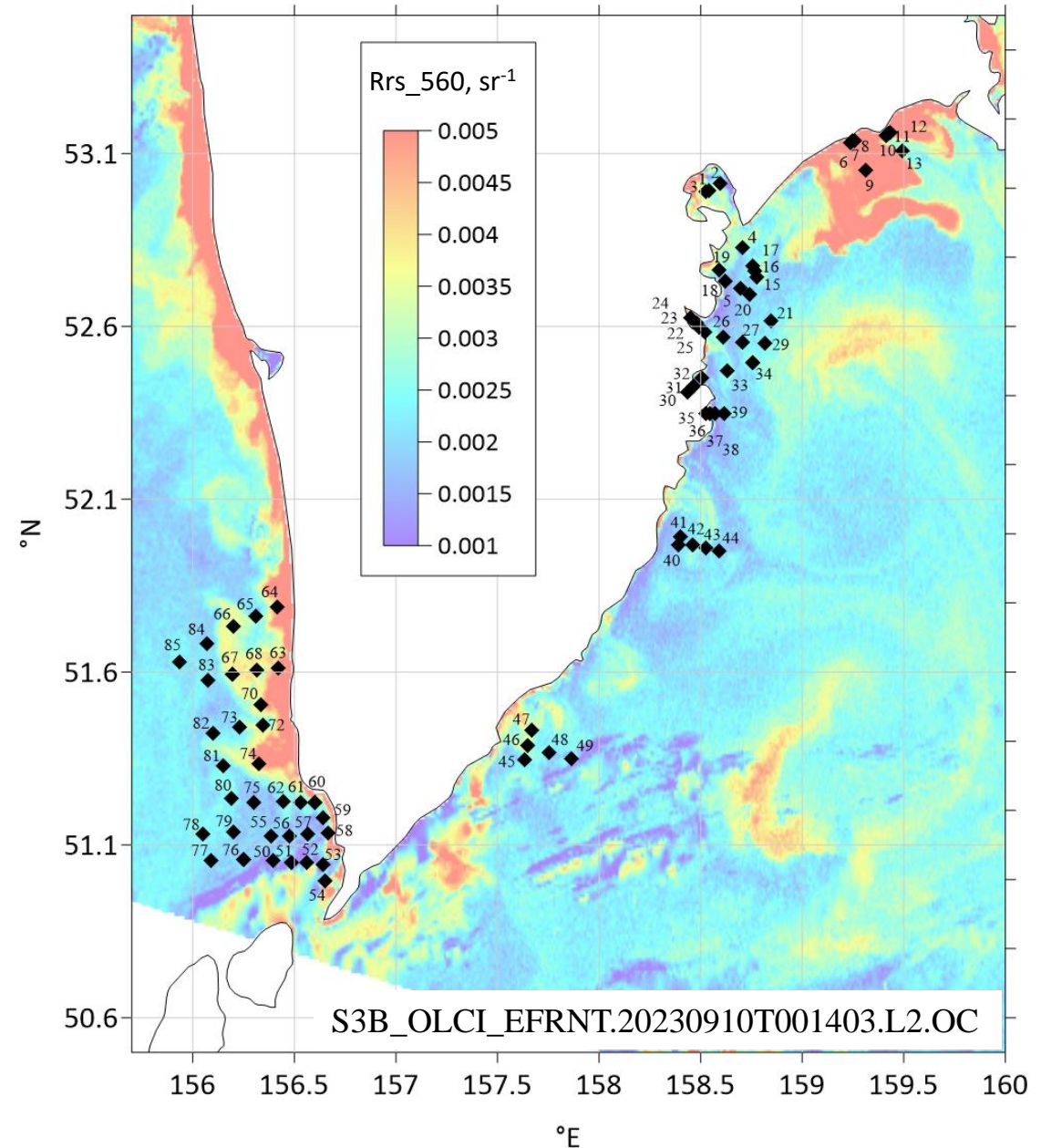


РАЗРАБОТКА СПУТНИКОВОГО БИООПТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ШЕЛЬФОВЫХ ВОД ЮЖНОЙ ЧАСТИ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА

Е.Н. Корчемкина, Т.Я. Чурилова, Е.Ю. Скороход, Н.А. Моисеева, Т.В. Ефимова
МГИ РАН, ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского РАН, ДВФУ

Район исследований

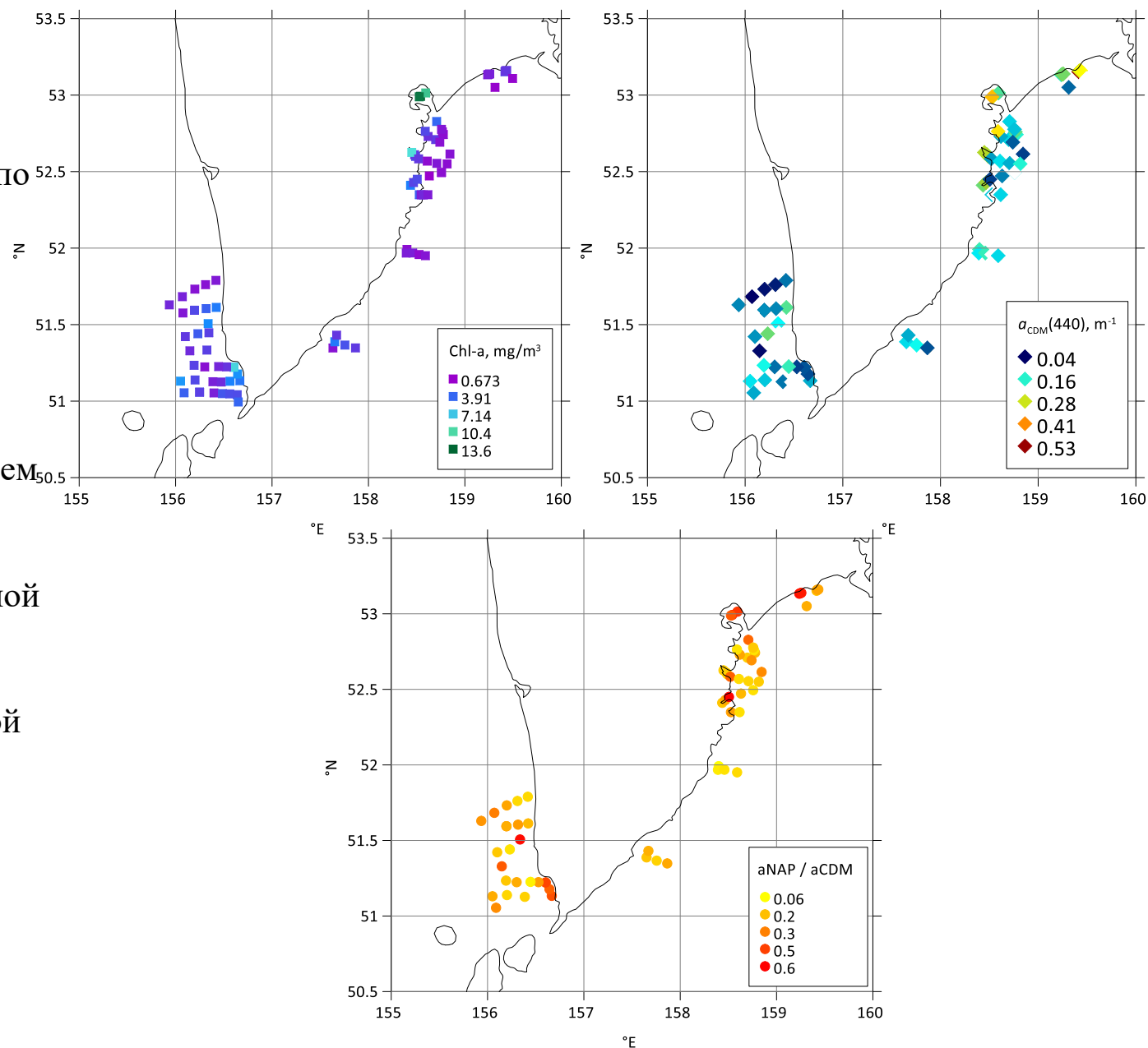
- Охотское море и северная часть Тихого океана – высокопродуктивные районы
- Речной сток, вертикальное перемешивание, апвеллинги поставляют биогенные элементы
- Высокая оптическая неоднородность шельфовых вод
- Неоднородность атмосферы вследствие вулканической активности
- Необходимость региональных биооптических алгоритмов
- Биооптические исследования проводились в ходе научно-исследовательского рейса № 23/4 на НИС «Профессор Мультановский» с 17 августа по 11 сентября 2023 г.
- Цель – проверка работоспособности имеющегося алгоритма и поиск причин недостаточной точности



Измерения

- Отбор проб с поверхности батометром
- Измерение концентрации хлорофилла-а в сумме с феофитином в ацетоновом экстракте (Chl-a, мг/м³) по методу (Jeffrey, Humphrey, 1975)
- Измерение поглощения частицами на влажных фильтрах
- Разделение поглощения частицами на поглощение пигментами (a_{ph}) и неживыми частицами (a_{NAP}) путем экстракции пигментов горячим метанолом
- Измерение поглощения РОВ (a_{CDOM}) в фильтрованной морской воде
- a_{NAP} и a_{CDOM} аппроксимировались экспоненциальной зависимостью

$$a(\lambda) = a(\lambda_r) \exp(-S(\lambda - \lambda_r)),$$
- a_{CDM} рассчитывалось как сумма a_{NAP} и a_{CDOM}



Моделирование коэффициента яркости моря

$$\rho(\lambda) = 0.15 \frac{b_{bw}(\lambda) + b_{bp}(\lambda)}{a_w(\lambda) + a_{ph}(\lambda) + a_{NAP}(\lambda) + a_{CDOM}(\lambda)}$$

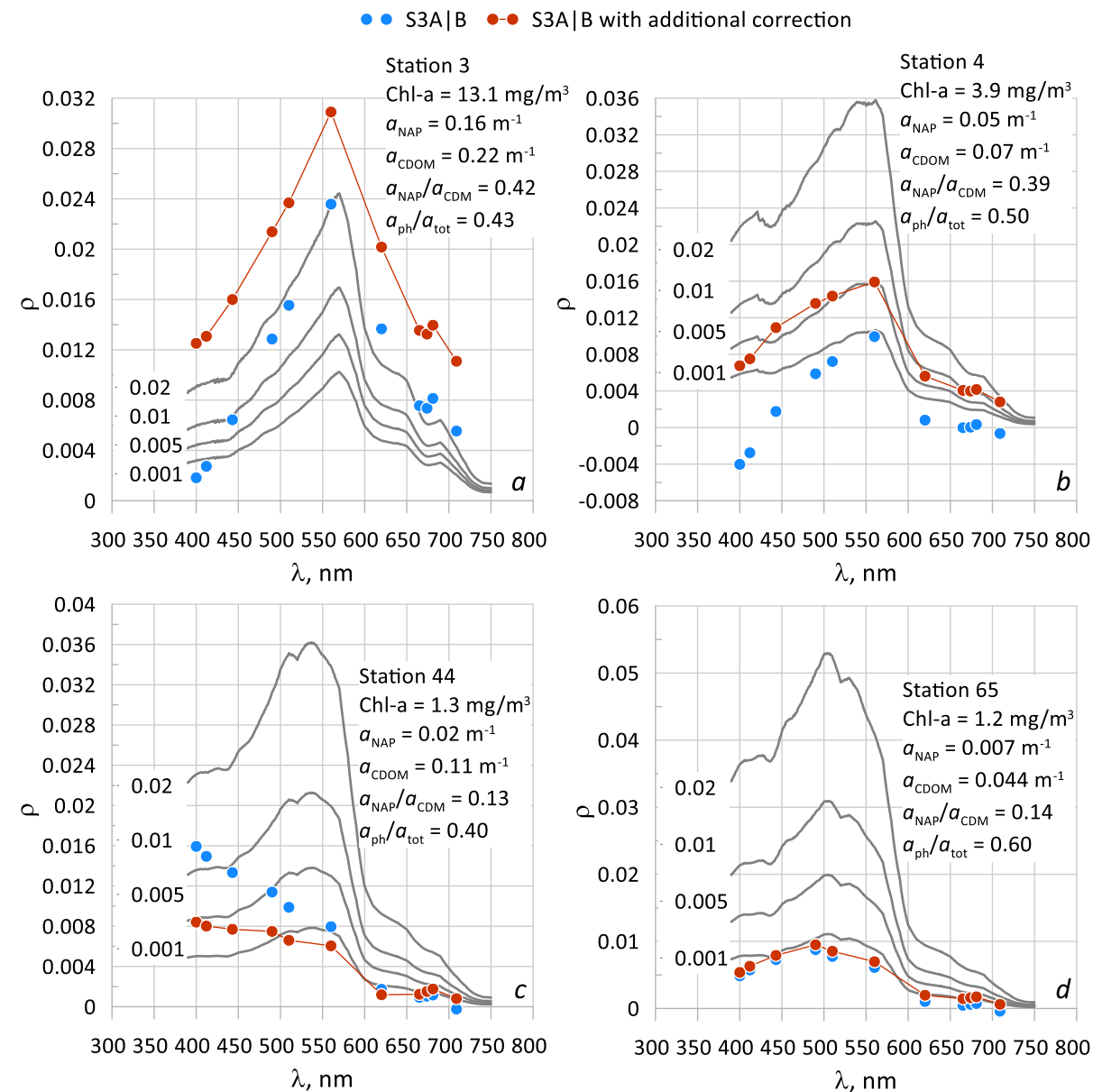
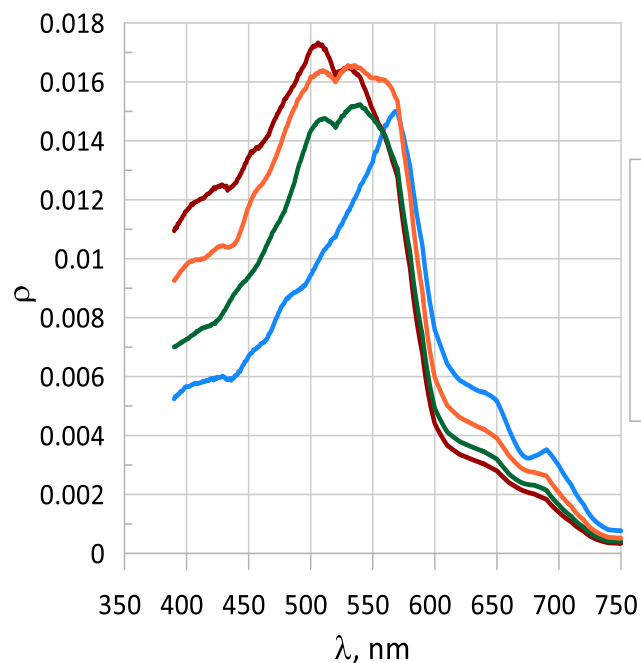
$$b_{bp}(\lambda) = b_{ph}(550) \left(\frac{550}{\lambda} \right)^{0.3} + b_{bm}(550) \left(\frac{550}{\lambda} \right)^{1.7}$$

$$b_{ph}(550) = 0.0024(1.5Chla)^{0.52}$$

$b_{bm}(550)$ варьировал от 0,001 до 0,02 м⁻¹.

$a_w(\lambda)$ - Pope, Fry, 1997

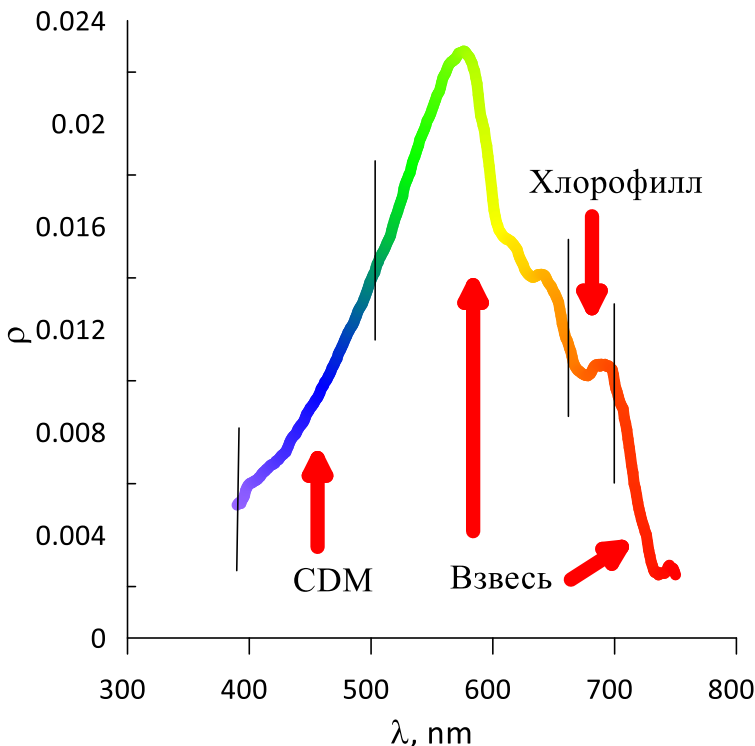
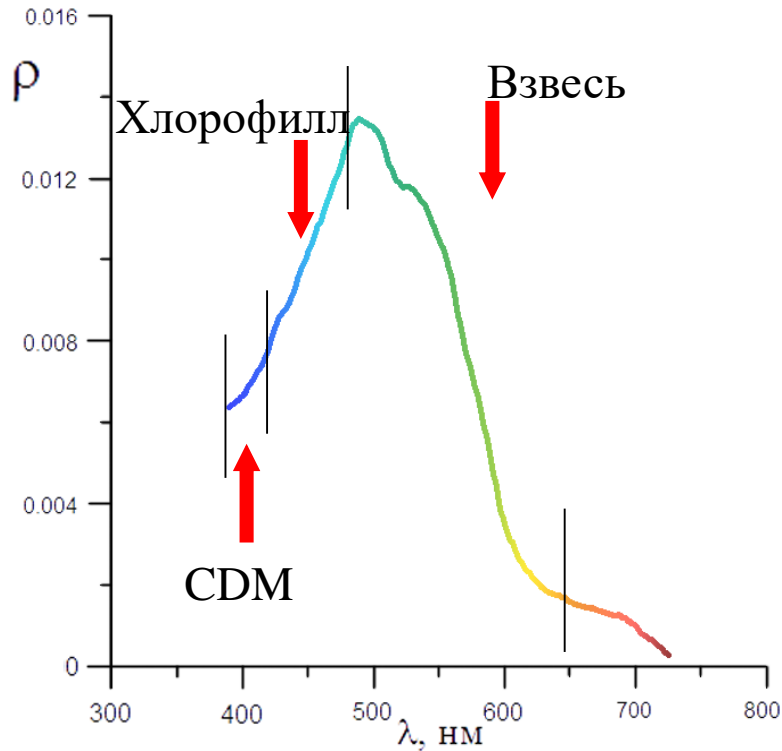
$a_{ph}(\lambda)$, $a_{NAP}(\lambda)$, $a_{CDOM}(\lambda)$ измерялись в пробах.



Адаптированный биооптический алгоритм

$$\rho = k \frac{b_{bw}(\lambda) + \underline{b_{bp}(\lambda_0)} \left(\frac{\lambda_0}{\lambda} \right)^n}{a_w(\lambda) + \underline{C_{chl} a_{chl}^*(\lambda)} + \underline{a_{cdm}(\lambda_0)} e^{-S(\lambda - \lambda_0)}}$$

Параметр	Для чистых вод	Для мутных вод
$a_{cdm}(440)$	390 – 420 нм	390 - 490 нм
C_{chl}	420 – 460 нм	660 – 700 нм
$b_{bp}(550)$	460 – 650 нм	490 – 650 нм + 700 – 750 нм



Применение биооптического алгоритма

2 параметризации:

Глобальная

a_{ph}^* - Bricaud et al., 1995

$S = 0.015 \text{ nm}^{-1}$

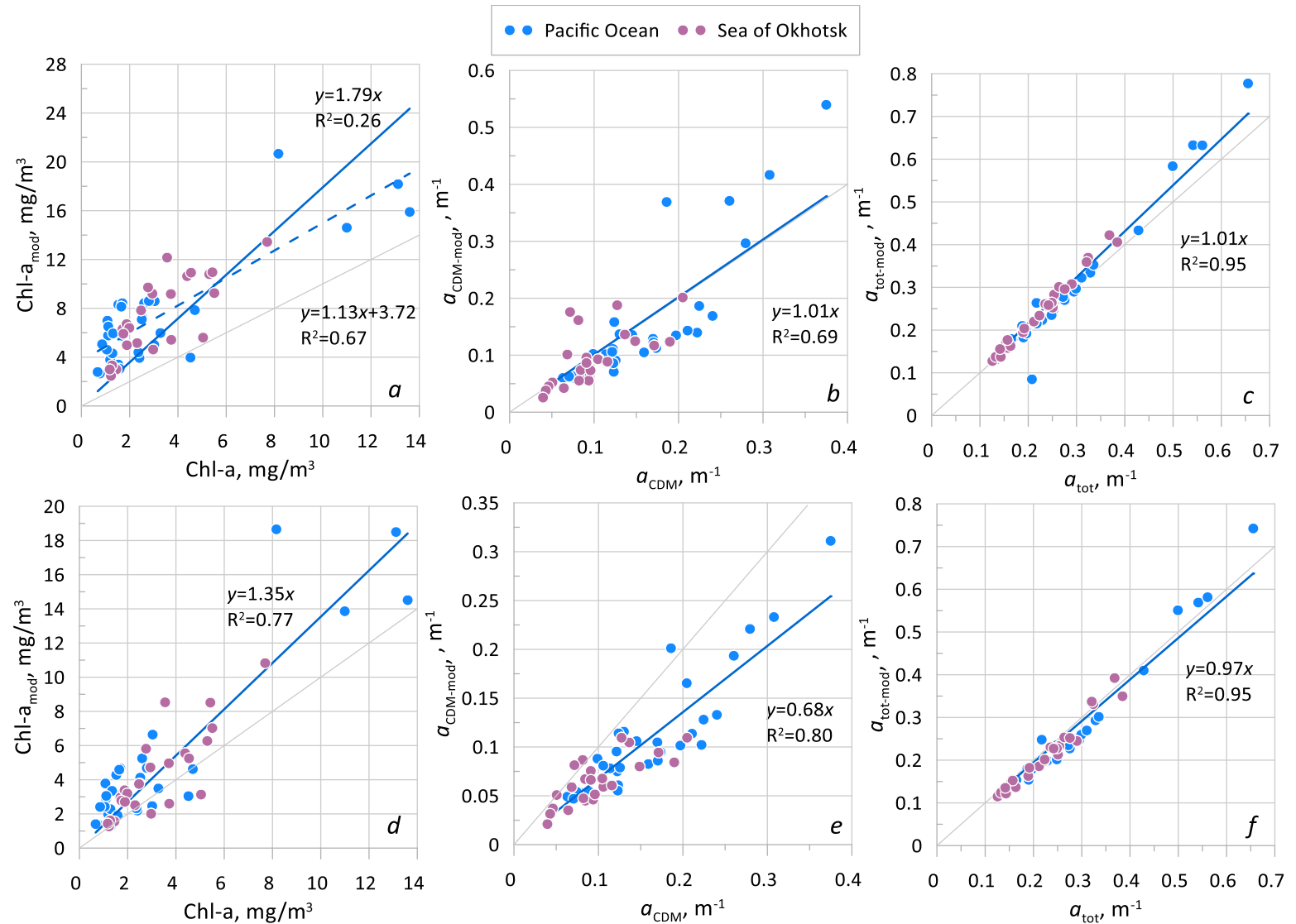
$n = 1$

Локальная

a_{ph}^* - рассчитано по измерениям в рейсе

$S = 0.013 \text{ nm}^{-1}$

$n = 1.5$



Угол цветности

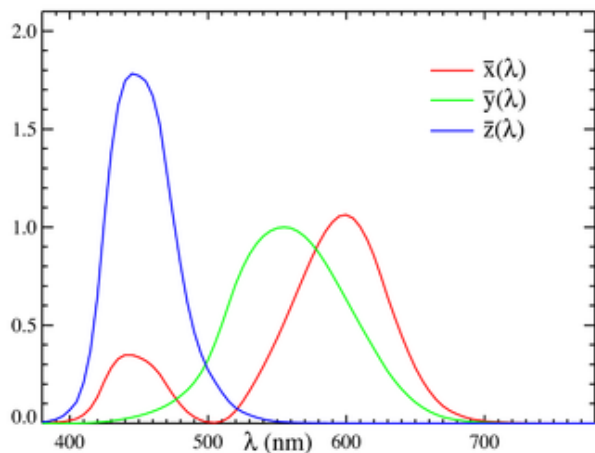
$$\alpha = (180/\pi)(\arctg((y - y_w)/(x - x_w)) \bmod 2\pi,$$

где $x_w = y_w = 1/3$ – координаты точки белого.

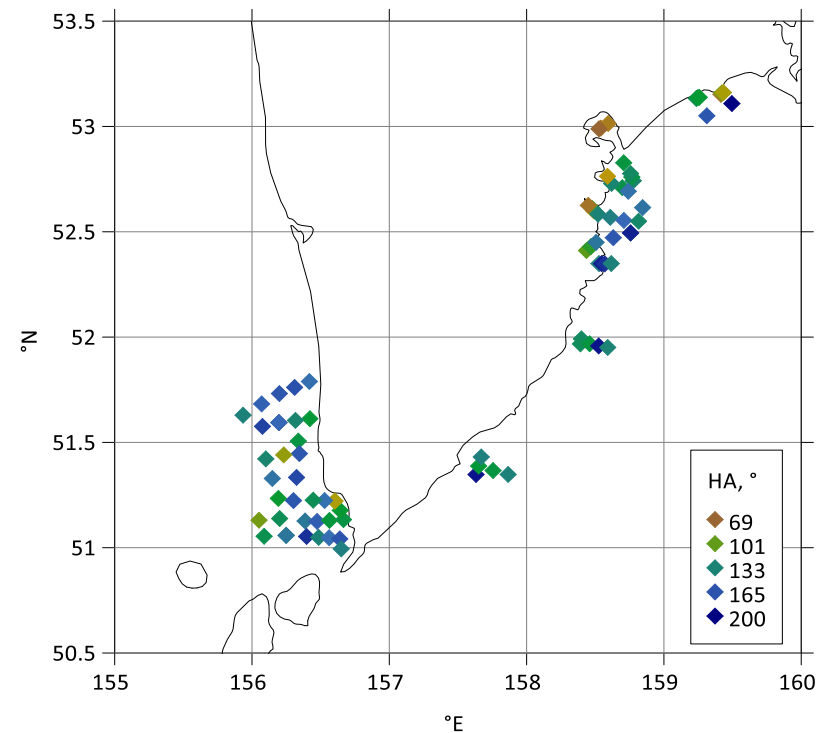
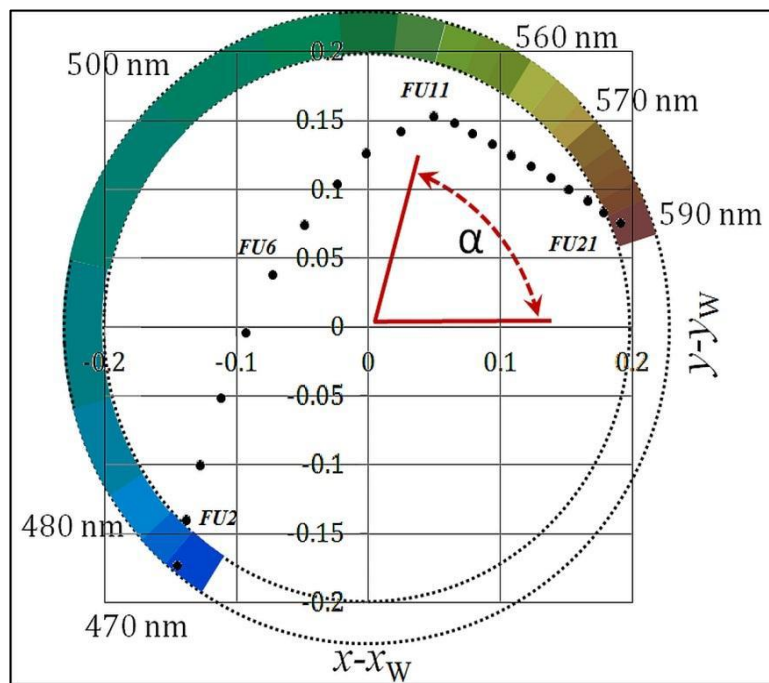
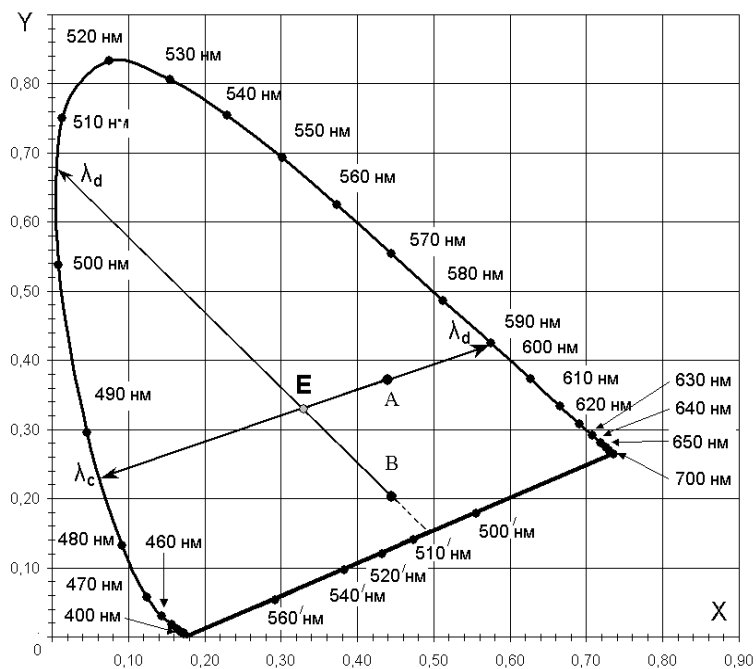
$$X = \int_{400}^{700} R_{rs}(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda; \quad x = X/(X + Y + Z);$$

$$Y = \int_{400}^{700} R_{rs}(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda; \quad y = Y/(X + Y + Z);$$

$$Z = \int_{400}^{700} R_{rs}(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda; \quad z = Z/(X + Y + Z);$$

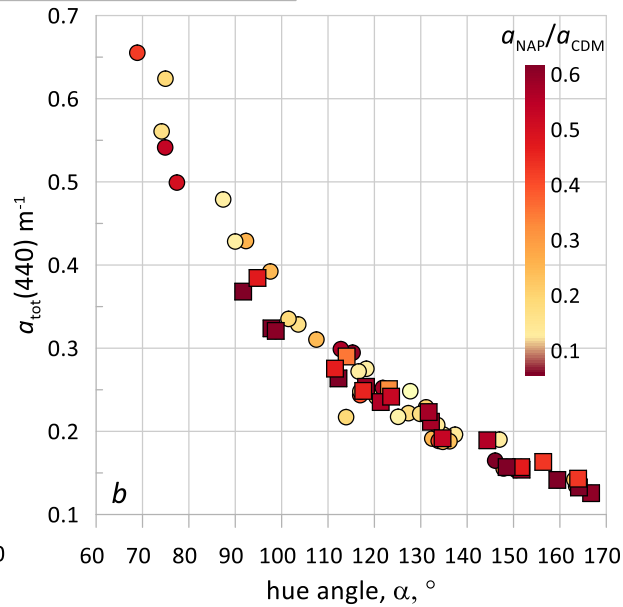
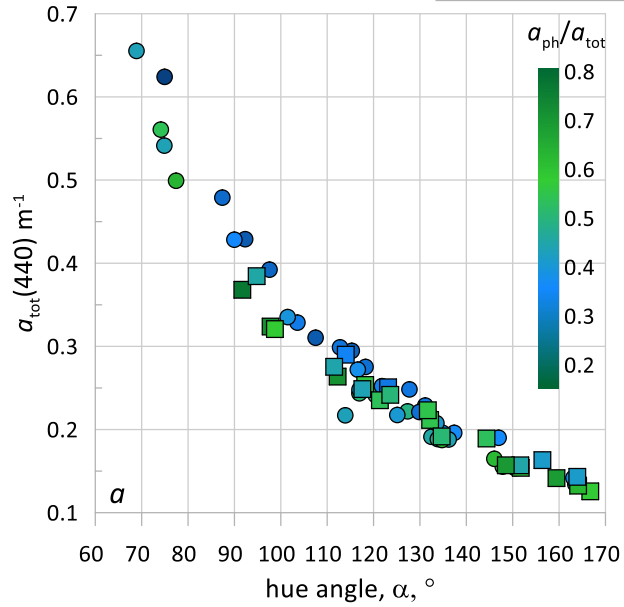


Функции спектральной чувствительности человеческого глаза

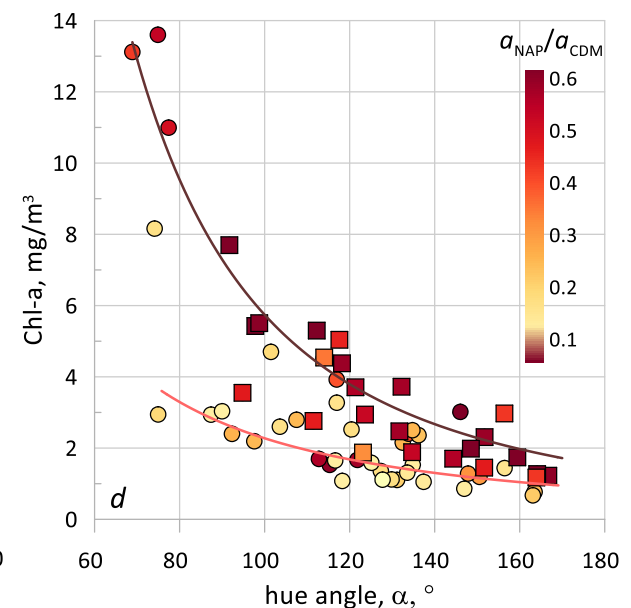
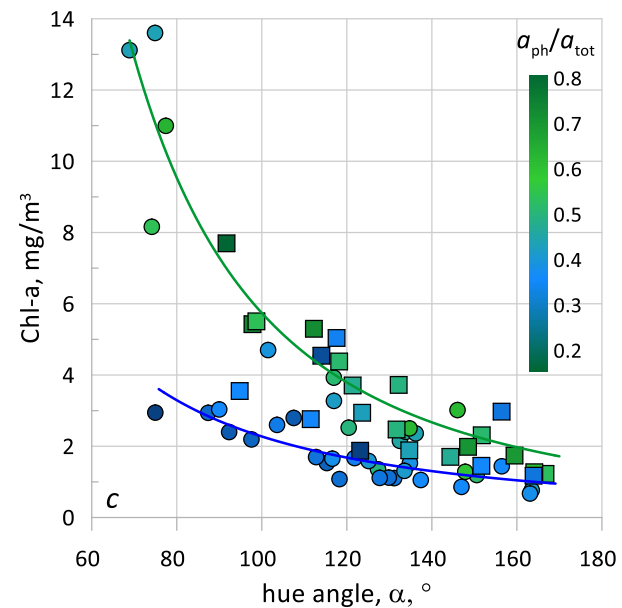
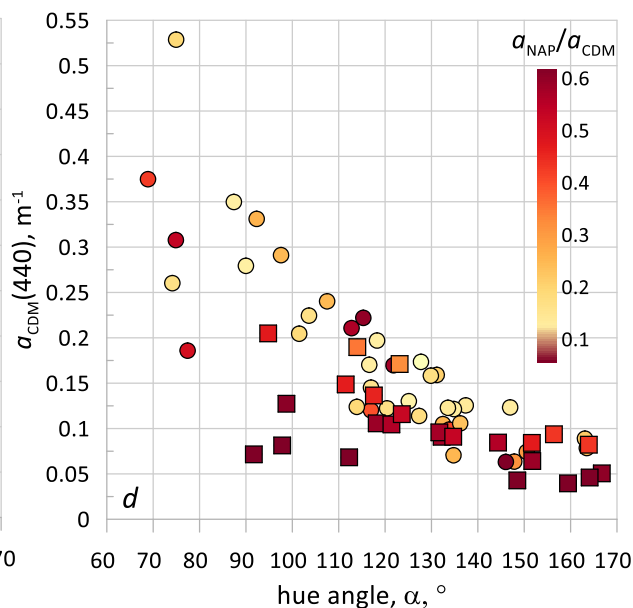
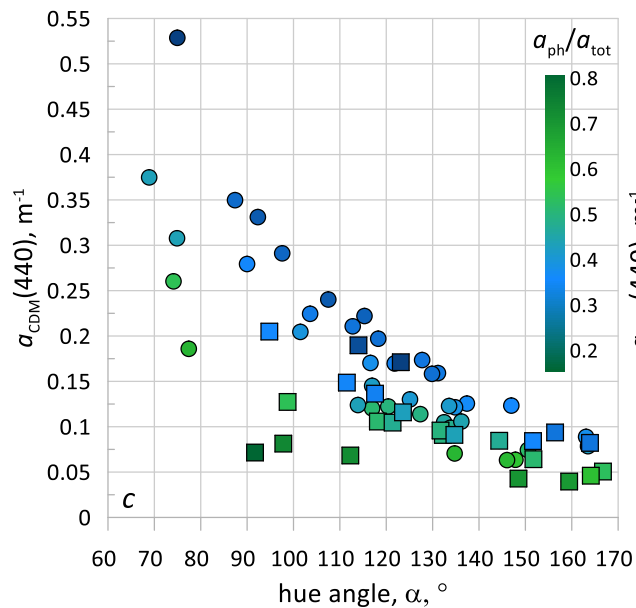
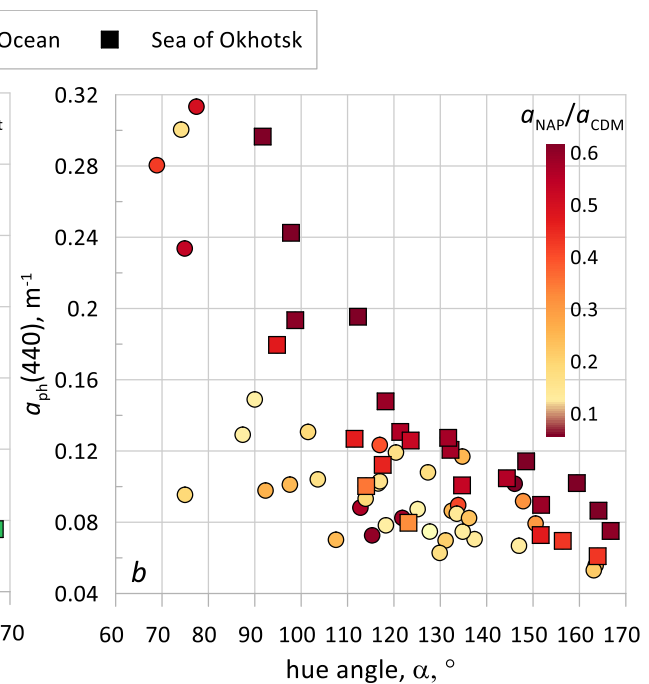
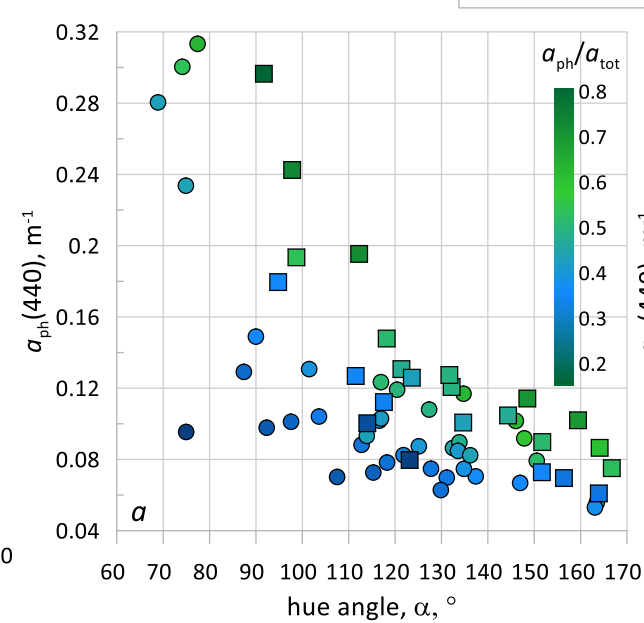


Связь угла цветности с биооптическими характеристиками

● Pacific Ocean ■ Sea of Okhotsk



● Pacific Ocean ■ Sea of Okhotsk



Выводы

- Полуаналитический алгоритм с региональной параметризацией позволяет достаточно точно восстановить полное поглощение оптически активными компонентами морской воды
- Форма спектра КЯ и угол цветности имеют четкую зависимость от полного поглощения ОАК, тогда как связь с поглощением отдельных компонентов неоднозначна из-за высокой вариабельности их вкладов в поглощение
- Расчеты угла цветности показали различие между прибрежными акваториями Тихого океана и Охотского моря по влиянию ОАК на форму спектра КЯ. Следовательно, для каждой акватории требуется своя параметризация оптических характеристик и, возможно, свой алгоритм
- Влияние конкретного ОАК на форму спектра КЯ (угол цветности) подавляется при малых значениях его поглощения
- Для более точного определения концентрации пигментов и поглощения отдельными ОАК требуется уточнение спектральных участков для использования в алгоритме, а также возможность переключения между ними в зависимости от вклада ОАК в общее поглощение

