

# **Использование данных спутниковых сканеров цвета для исследования и мониторинга морей и океанов**

- 1. Краткая история и современное состояние**
- 2. «Видимый» и «истинный» цвет океана**
- 3. Составляющие компоненты сигнала, регистрируемого спутниковым датчиком**
- 4. Проблема атмосферной коррекции спутниковых данных**
- 5. Биооптические алгоритмы**
- 6. Требования к спутниковым датчикам**
- 7. Организация подспутниковых измерений**
- 8. Результаты использования данных спутниковых сканеров цвета**
- 9. Перспективы дальнейшего развития.**

**Олег Викторович Копелевич**

*доктор физико-математических наук,*

*Зав. Лабораторией оптики океана*

*Института океанологии*

*им. П.П. Ширшова*

*Российской Академии Наук*

Нахимовский пр., 36, Москва 117997

Россия

Телефон: **(495)124-7583**; Факс: **(495)124-5983**;

e-mail: [oleg@sio.rssi.ru](mailto:oleg@sio.rssi.ru)

# CZCS

## *Coastal Zone Colour Scanner*



**AGENCY: NASA (USA)**

**SATELLITE: Nimbus-7 (USA)**

**OPERATING DATES:**

**24/10/78 - 22/06/86**

**SWATH: 1556 km**

**RESOLUTION: 825 m**

**# OF BANDS 6**

**SPECTRAL COVERAGE:**

**433-12500 nm**

# Historical Ocean-Colour Sensors

<b>SENSOR</b>	<b>AGENCY</b>	<b>SATELLITE</b>	<b>OPERATING DATES</b>	<b>SWATH (km)</b>	<b>RESOL. (m)</b>	<b># OF BANDS</b>	<b>SPECTRAL COVERAGE (nm)</b>
<a href="#"><u><b>CZCS</b></u></a>	NASA (USA)	Nimbus-7 (USA)	24/10/78 - 22/6/86	1556	825	6	433-12500
<a href="#"><u><b>CMODIS</b></u></a>	CNSA (China)	SZ-3 (China)	25/3/02 - 15/9/02	650-700	400	34	403-12,500
<a href="#"><u><b>COCTS</b></u></a>	CNSA (China)	HY-1A (China)	15/5/02 - 1/4/04	1400	1100	10	402-12,500
<a href="#"><u><b>CZI</b></u></a>	CNSA (China)	HY-1A (China)	15/5/02 - 1/4/04	500	250	4	420-890
<a href="#"><u><b>GLI</b></u></a>	NASDA (Japan)	ADEOS-II (Japan)	25/1/03 - 24/10/03	1600	250/ 1000	36	375-12,500
<a href="#"><u><b>MOS</b></u></a>	DLR (Germany)	IRS P3 (India)	21/3/96 - 31/5/04	200	500	18	408-1600
<a href="#"><u><b>OCI</b></u></a>	NEC (Japan)	ROCSAT-1 (Taiwan)	27/01/99 - 16/6/04	690	825	6	433-12,500
<a href="#"><u><b>OCTS</b></u></a>	NASDA (Japan)	ADEOS (Japan)	03/9/96 - 29/6/97	1400	700	12	402-12,500
<a href="#"><u><b>POLDER</b></u></a>	CNES (France)	ADEOS (Japan)	16/9/96 - 29/6/97	2400	6 km	9	443-910
<a href="#"><u><b>POLDER-2</b></u></a>	CNES (France)	ADEOS-II (Japan)	01/2/03 - 24/10/03	2400	6000	9	443-910

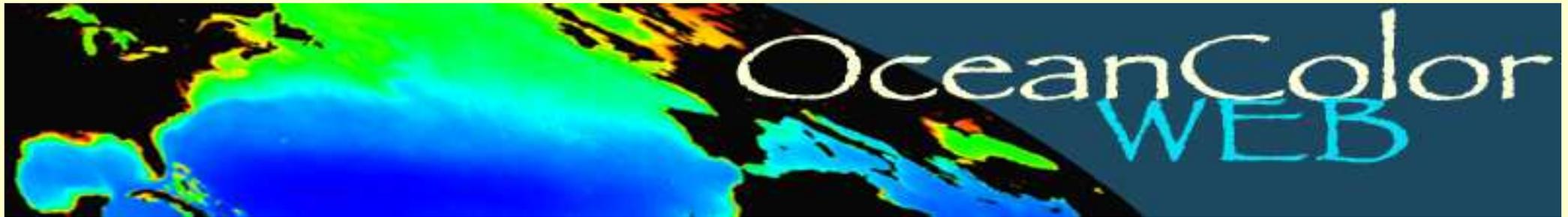
# Current Ocean-Colour Sensors

<b>SENSOR</b>	<b>AGENCY</b>	<b>SATELLITE</b>	<b>OPERATING DATES</b>	<b>SWATH (km)</b>	<b>RESOL. (m)</b>	<b># OF BANDS</b>	<b>SPECTRAL COVERAGE (nm)</b>
<a href="#"><u>MERIS</u></a>	ESA (Europe)	ENVISAT (Europe)	01/03/02	1150	300/ 1200	15	412-1050
<a href="#"><u>MMRS</u></a>	CONAE (Argentina)	SAC-C (Argentina)	21/11/00	360	175	5	480-1700
<a href="#"><u>MODIS-Aqua</u></a>	NASA (USA)	Aqua (EOS-PM1)	04/05/02	2330	1000	36	405-14,385
<a href="#"><u>MODIS-Terra</u></a>	NASA (USA)	Terra (USA)	18/12/99	2330	1000	36	405-14,385
<a href="#"><u>OCM</u></a>	ISRO (India)	IRS-P4 (India)	26/05/99	1420	350	8	402-885
<a href="#"><u>OSMI</u></a>	KARI (Korea)	KOMPSAT (Korea)	20/12/99	800	850	6	400-900
<a href="#"><u>PARASOL</u></a>	CNES (France)	Myriade Series	18/12/04	2100	6000	9	443-1020
<a href="#"><u>SeaWiFS</u></a>	NASA (USA)	OrbView-2 (USA)	01/08/97	2806	1100	8	402-885

# Биооптические параметры, определяемые по данным сканера цвета

<b>Параметр</b>	<b>Использование</b>
<b>Спектральный коэффициент яркости водной толщи</b>	<b>Характеризует пространственно-временную изменчивость свойств поверхностного слоя</b>
<b>Оптическая толщина атмосферного аэрозоля</b>	<b>Характеризует содержание аэрозоля в атмосфере, влияет на пропускание солнечной и уходящей радиации, микрофизику облаков.</b>
<b>Концентрация хлорофилла</b>	<b>Характеризует биомассу фитопланктона; ключевая характеристика для расчета первичной биопродукции</b>
<b>Показатель диффузного ослабления подводной облученности</b>	<b>Ключевая характеристика для расчета светового режима в водной толще, альбедо океана и объемного поглощения солнечного излучения в поверхностном слое</b>
<b>Показатель поглощения окрашенного органического вещества</b>	<b>Определяет поглощение света в воде; характеризует содержание окрашенной органики и качество воды в прибрежной зоне; один из параметров мониторинга</b>
<b>Показатель рассеяния назад взвешенными частицами</b>	<b>Определяет альбедо водной толщи; характеризует содержание взвеси в воде; один из параметров мониторинга</b>

# <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>



**MODIS**

**SeaWiFS**

**IOCCG**

**Products**

**News**

**People**

**Documents**

**Validation**

**Questions**

## Data Access

### Data Production and Distribution Status

#### [Level 1 and 2 Browser](#)

Visually search the ocean color data archive and directly download and/or order data from single files to the entire mission. Extensive online [HELP](#) and tutorials available.

#### [Level 3 Browser](#)

Browse the entire Level 3 global ocean color data set for many parameters and time periods and download either JPEG images or digital data in HDF format.

View [time series plots](#) of selected SeaWiFS parameters for selected regions of the globe.

## Ocean Color Web Feature

Recent topics and imagery of interest to the OceanColor community.

### **AQUA / SeaWiFS Merged Chlorophyll Data**

The OBPG now produces a merged Level-3 chlorophyll product derived from SeaWiFS and MODIS/Aqua. The products are being created routinely for daily, 8-day, monthly, seasonal and annual time periods. Details about this new product can be found [HERE](#)

## Support Services

### [SeaDAS](#)

A comprehensive image analysis package for the processing, display, analysis, and quality control of ocean color data.

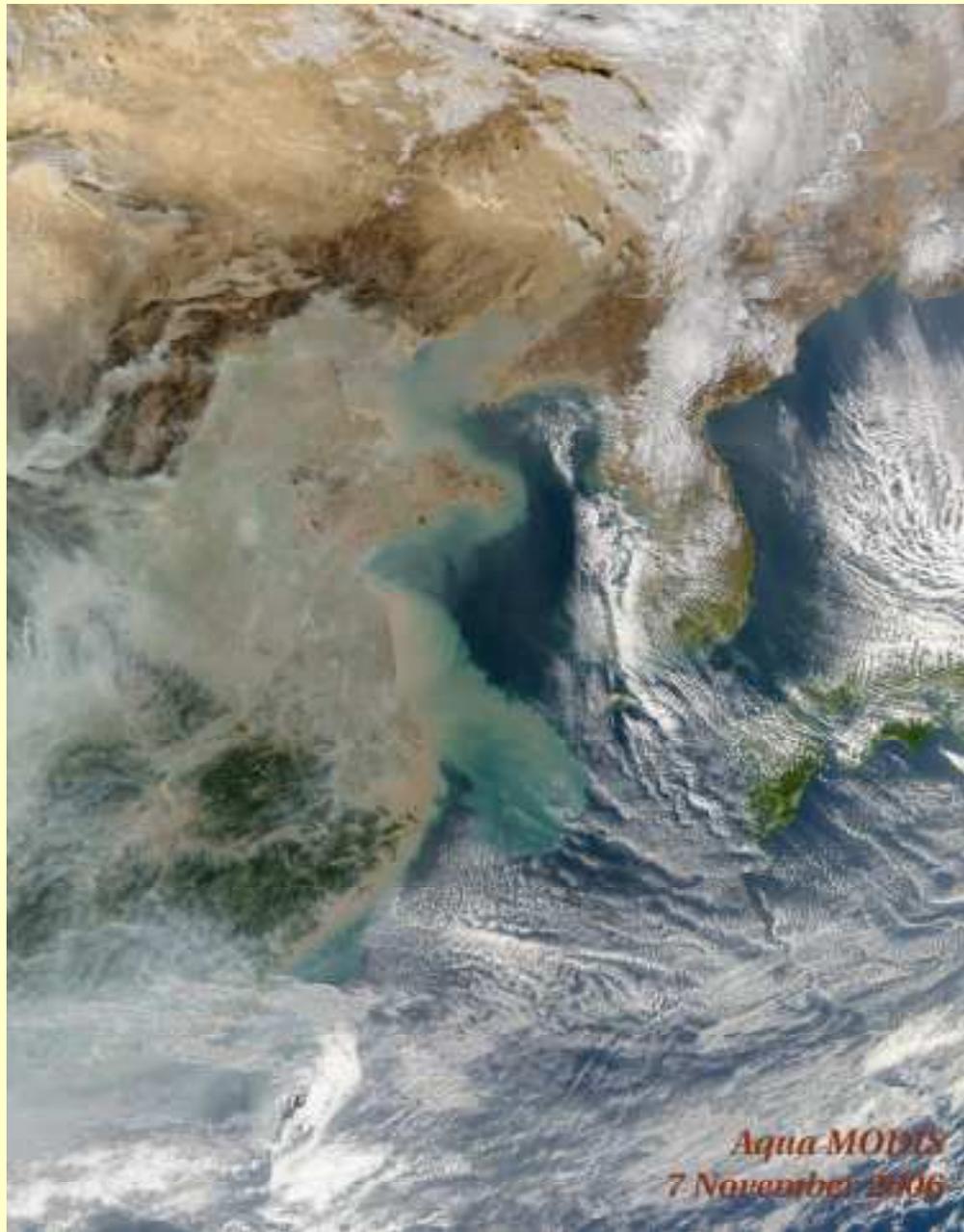
### [SeaBASS](#)

An archive of in situ data, both oceanographic and atmospheric, used for algorithm development and satellite validation.

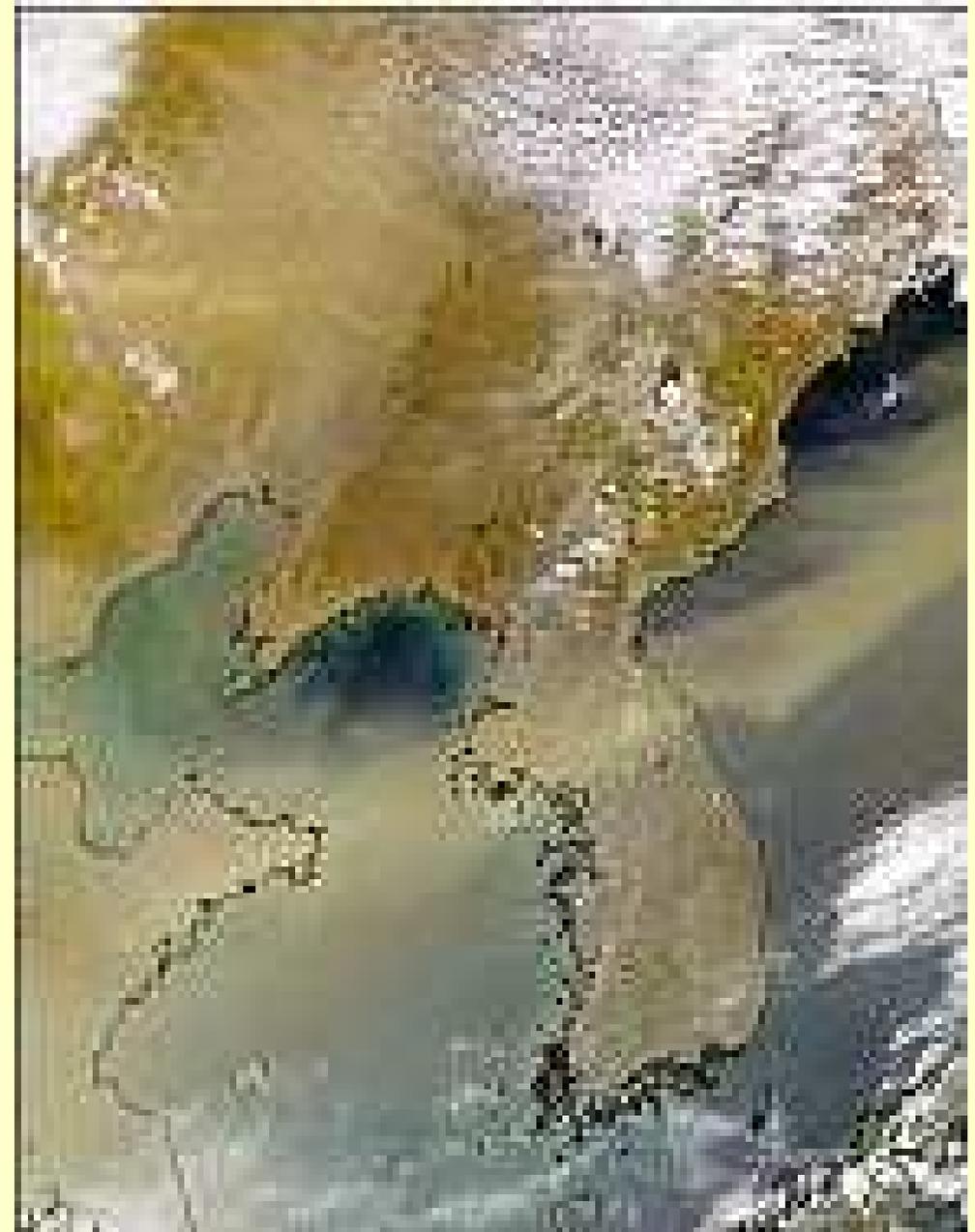
### [Register for Support Services](#)

Register for support services, including:

# Что «видят» спутниковые сканеры цвета?

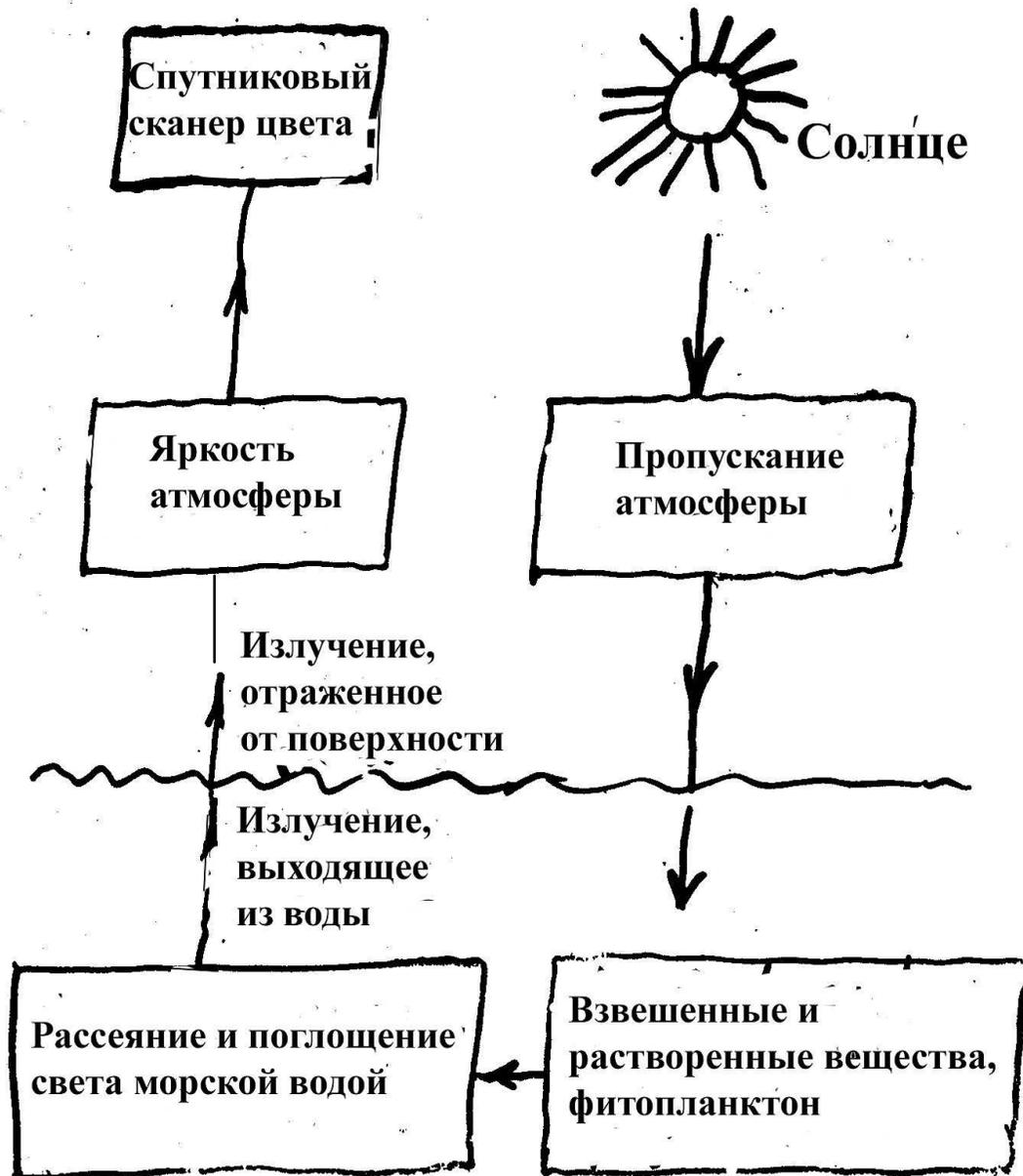


**MODIS-Aqua, 7 ноября 2006г.**



**SeaWiFS, 20 марта 2001г.**

## Факторы, формирующие спектральную яркость восходящего излучения, измеряемую спутниковым датчиком цвета



«Истинный» цвет океана обусловлен спектральным составом, излучения, выходящего из водной толщи. Спектральная яркость выходящего излучения определяется оптическими свойствами морской воды, которые зависят от количественного и качественного состава содержащегося в морской воде вещества.

«Видимый» спутниковым датчиком цвет обусловлен в значительной степени влиянием атмосферы и отражением от поверхности.

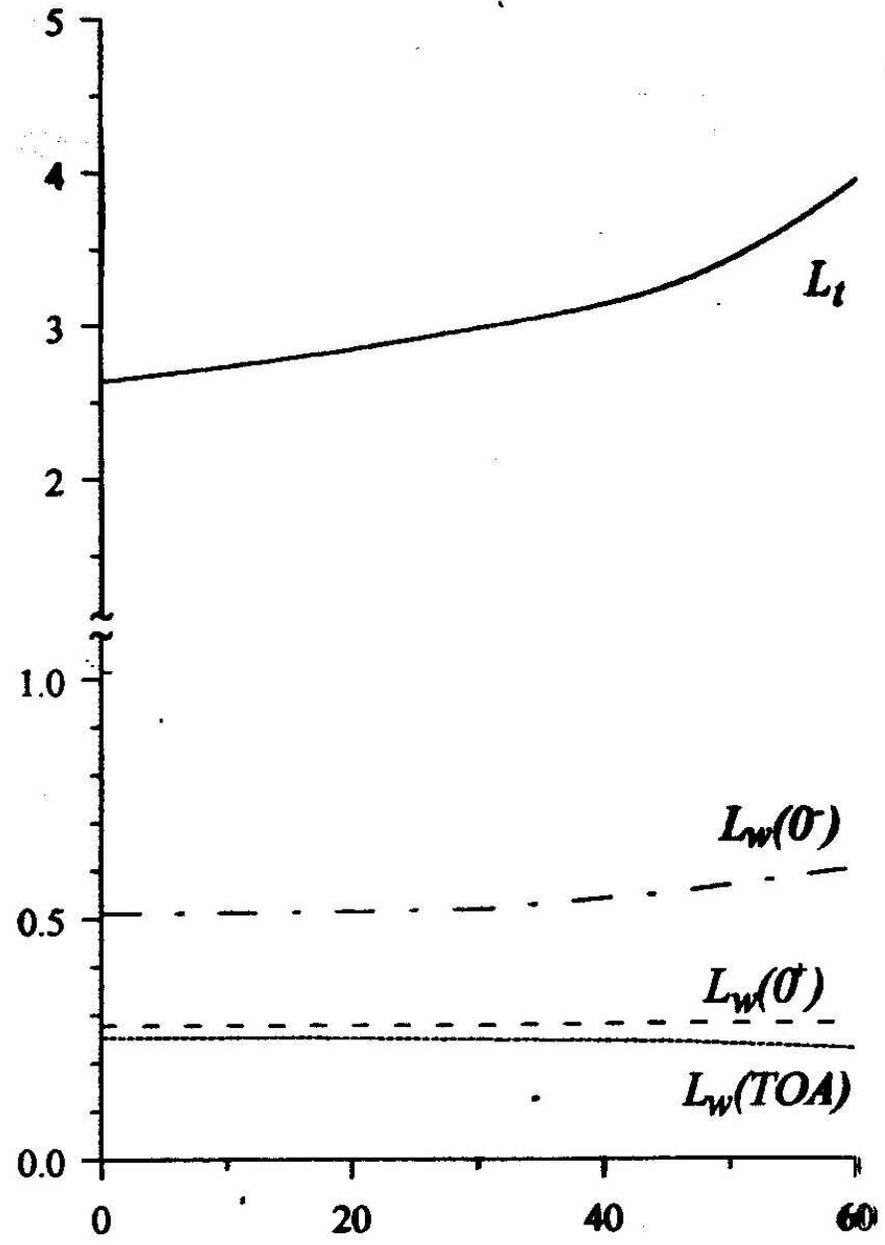
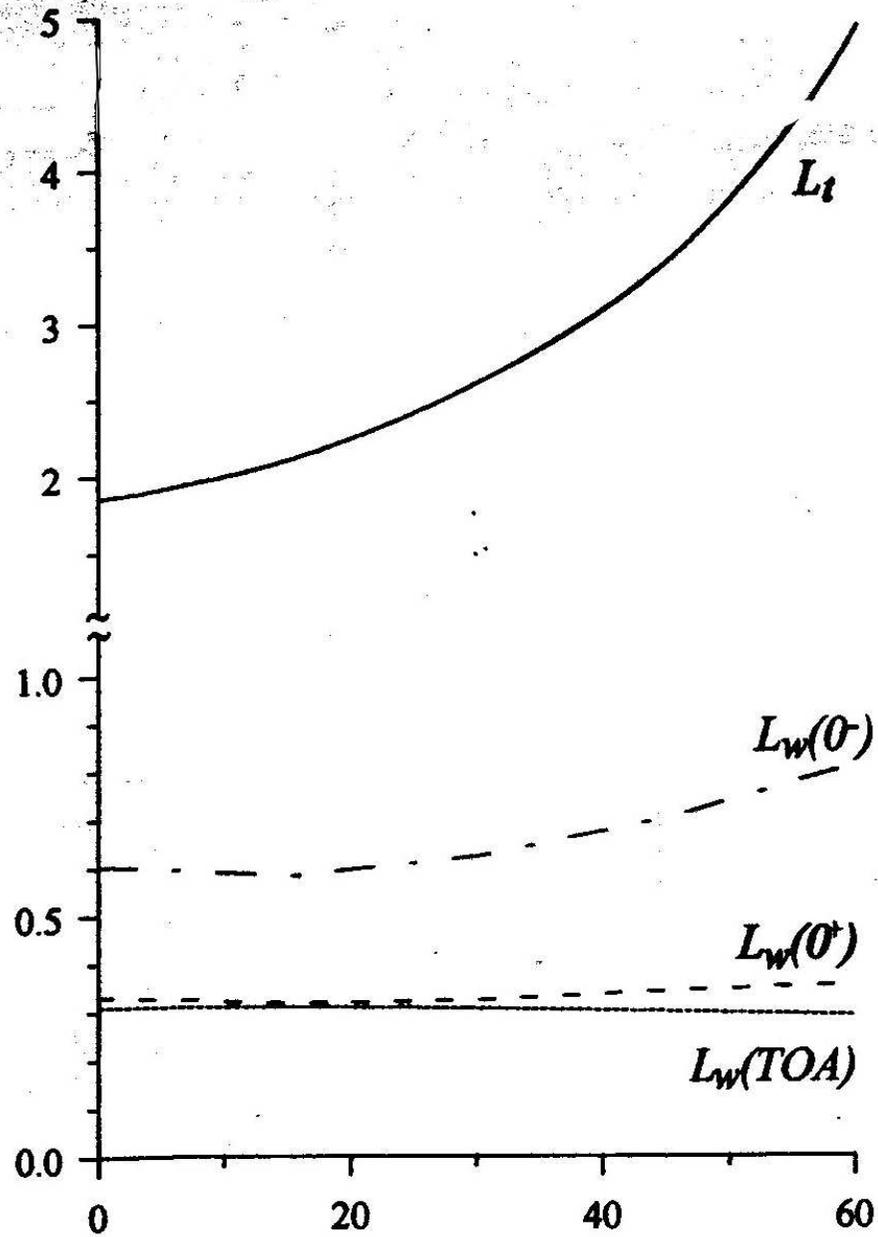
# Два главных этапа обработки данных спутниковых сканеров цвета

**1. Атмосферная коррекция – определение спектральных значений яркости  $L_w(\lambda_i)$  излучения, вышедшего из водной толщи, по спектральным значениям яркости  $L_t(\lambda_i)$  восходящего излучения на верхней границе атмосферы, измеренным спутниковым датчиком:**

$$L_t(\lambda_i) = L_r(\lambda_i) + L_a(\lambda_i) + T(\lambda_i) \cdot L_g(\lambda_i) + t(\lambda_i) \cdot L_{wc}(\lambda_i) + t(\lambda_i) \cdot L_w(\lambda_i),$$

где  $L_r(\lambda_i)$  и  $L_a(\lambda_i)$  – яркости, обусловленные, соответственно, рэлеевским рассеянием и многократным рассеянием аэрозолем;  
 $L_g(\lambda_i)$  и  $L_{wc}(\lambda_i)$  – яркости, обусловленные, соответственно, солнечными бликами и диффузным отражением пеной;  $T(\lambda_i)$  и  $t(\lambda_i)$  – направленное и диффузное пропускание излучения атмосферой;  
 $L_w(\lambda_i)$  – искомая яркость излучения, вышедшего из водной толщи.

**2. Расчет биооптических параметров воды по спектральным значениям яркости  $L_w(\lambda_i)$  излучения, вышедшего из водной толщи.**



Angular distributions of  $L_t(\theta)$ ,  $L_w(\theta, \theta)$ ,  $L_w(\theta^+, \theta)$ ,  $L_w(TOA, \theta)$ ,  $\text{mW}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\mu\text{m}^{-1}$  at 555 nm calculated by SIORAS code. Left - turbid water of the Barents Sea,  $\theta_0 = 60^\circ$ ; right - clear water of the Philippine Sea,  $\theta_0 = 20^\circ$ .

# 0	1024 – 1064 nm	width	30 nm
			(possible width 40 nm)
# 1	855 – 890 nm	width	20 nm
			(possible width 35 nm)
# 2	744 – 757 nm	width	14 nm
# 3	704 – 713 nm	width	10 nm
# 4	550 – 565 nm	width	10 nm
# 5	485 – 495 nm	width	10 nm
# 6	438 – 448 nm	width	10 nm
# 7	407 – 417 nm	width	10 nm

## Требования к спектральным каналам спутникового сканера цвета

Minimum requirements for  
an Operational Ocean-Colour Sensor  
for the Open Ocean.

*Reports of the International Ocean-  
Colour Coordinating Group, No.1.*  
IOCCG, Dartmouth, Canada, 46 pp.

C1 = Channels	1, 2, 4, 5
C2 = Channels	1, 2, 4, 5, 6
C3 = Channels	1, 2, 4, 5, 6, 7
C4 = Channels	1, 2, 3, 4, 5, 6
C5 = Channels	0, 1, 2, 4, 5, 6
C6 = Channels	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
C7 = Channels	0, 1, 2, 3, + $n$ channels in the visible part of the spectrum

# Атмосферная коррекция

Алгоритм атмосферной коррекции для сканеров цвета SeaWiFS и MODIS далек от совершенства и может давать большие ошибки для коротковолновых спектральных каналов. Неудовлетворительная атмосферная коррекция – на данный момент одно из главных препятствий для успешного использования спутниковых данных о цвете вод в высоких широтах и мутных прибрежных водах.

Два пути решения проблемы:

- Разработка усовершенствованных алгоритмов;
- Использование в биооптических алгоритмах значения  $L_w(\lambda_i)$  лишь для тех спектральных каналов, где ошибки атмосферной коррекции минимальны. Для SeaWiFS это каналы 510 и 555 нм, для MODIS - 488, 531, 551 нм.

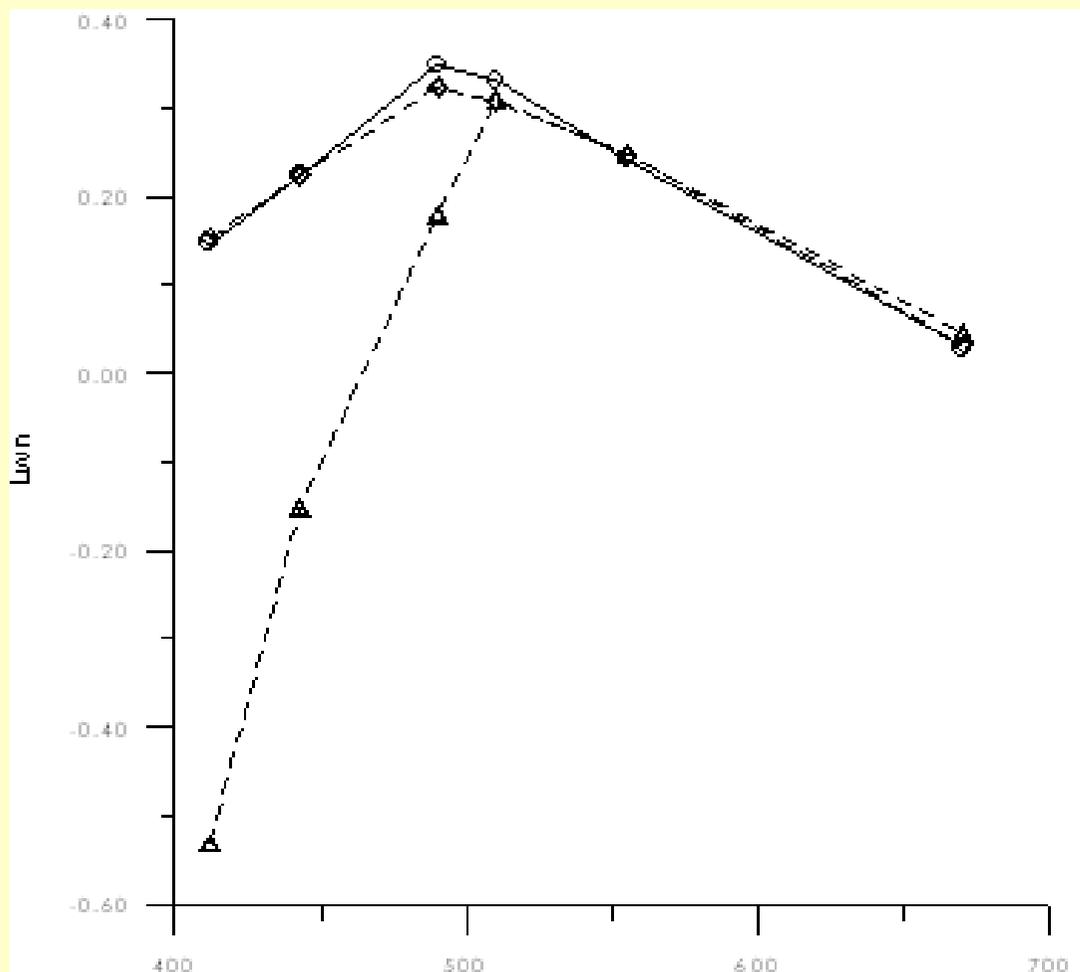
В тех случаях, когда необходимо использовать все спектральные значения  $L_w(\lambda_i)$  для видимой области, возможна коррекция ошибок атмосферной коррекции на основе данных натуральных измерений.

## Плавающий спектрорадиометр – основной прибор для верификации алгоритмов обработки спутниковых данных при подспутниковых экспериментах



Измеряет абсолютные величины спектральной облученности над поверхностью моря и яркости излучения, выходящего из водной толщи, непосредственно под поверхностью. Измерения проводятся на расстоянии порядка 50 м от судна, чтобы избежать влияния корпуса судна на измерения. Спектральный диапазон - 390-700 нм; спектральное разрешение - 2.5 нм; точность измерений - 5%.

# Региональный алгоритм коррекции ошибок атмосферной коррекции для Баренцева моря (Korelevich et al. 2003)



Ст. 1131 в Баренцевом море (69.77N,56.28E):  
кружочки – данные измерений in situ;  
треугольники – атмосферная коррекция  
посредством алгоритма SeaWiFS; ромбики –  
коррекция ошибок атмосферной коррекции.

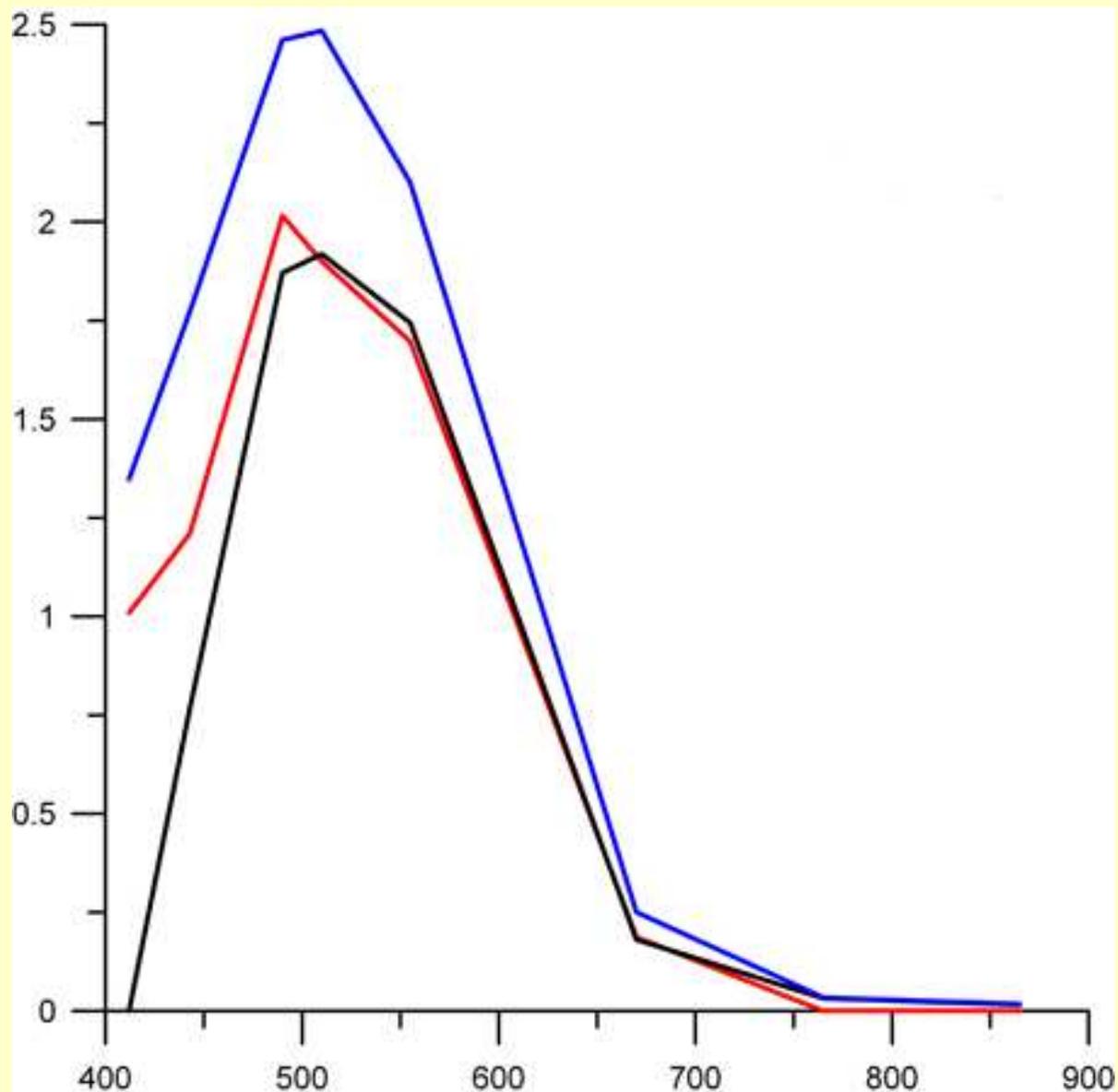
Алгоритм основан на данных измерений в Баренцевом море спектрального коэффициента яркости водной толщи  $\rho(\lambda)$  посредством плавающего спектрорадиометра. Для массива измеренных спектров рассчитано разложение по собственным векторам их ковариационной матрицы и построена система функций, позволяющая рассчитывать спектральные значения  $L_{wc}(\lambda_i)$  по спутниковым значениям этой величины лишь для двух каналов (у сканера SeaWiFS - 510 и 555 нм).

# Усовершенствованный алгоритм атмосферной коррекции ИОРАН

Разработанный в ИОРАН усовершенствованный алгоритм атмосферной коррекции основан на одновременном определении аэрозольного вклада  $\rho_a(\lambda_i)$  и искомого спектрального коэффициента яркости моря  $\rho_w(\lambda_i)$  по измеренным значениям коэффициента яркости  $\rho_t(\lambda_i)$  восходящего излучения на верхней границе атмосферы

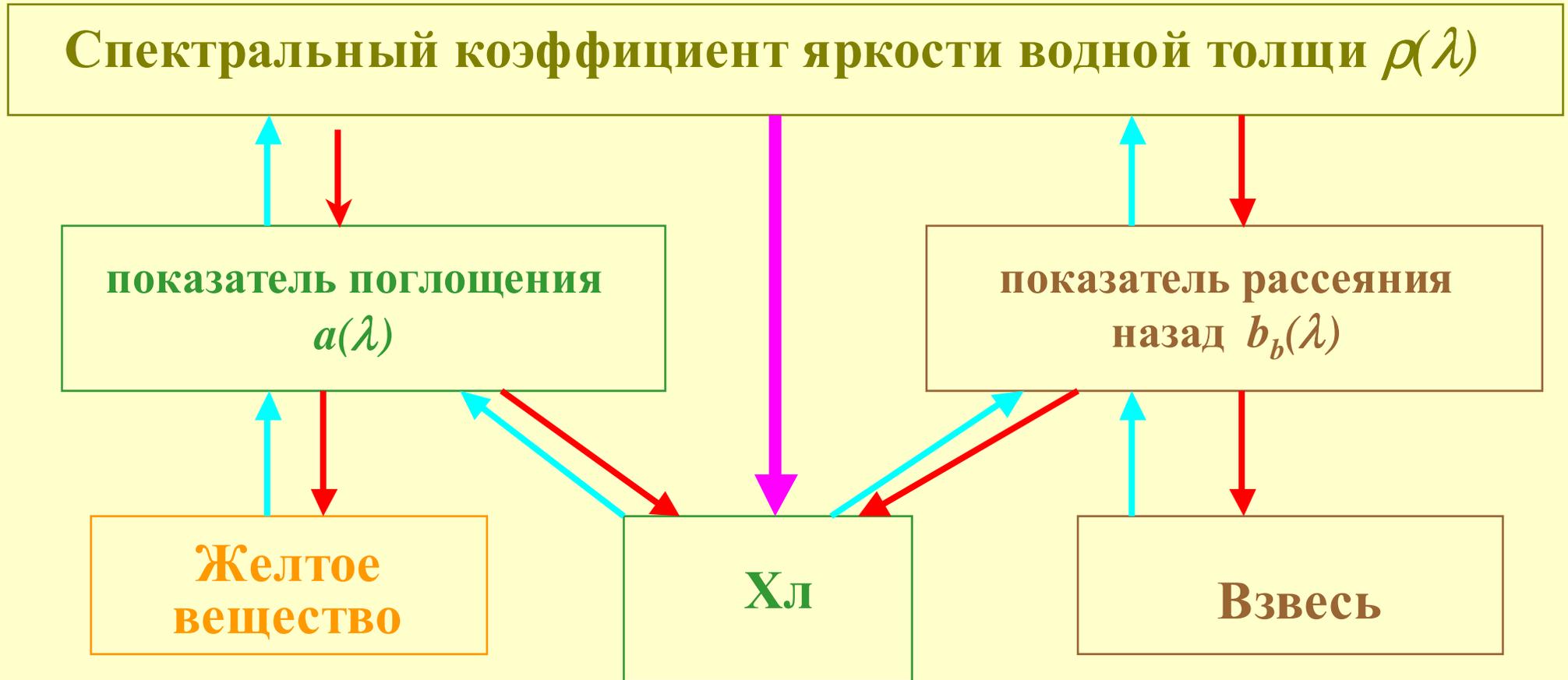
$$\rho_t(\lambda_i) = [\rho_r(\lambda_i) + T(\lambda_i)\rho_g(\lambda_i) + t(\lambda_i)\rho_{wc}(\lambda_i)] + \rho_a(\lambda_i) + t(\lambda_i)\rho_w(\lambda_i)$$

Используется параметризация спектральных функций  $\rho_a(\lambda_i)$  и  $\rho_w(\lambda_i)$  посредством нескольких базовых функций. Благодаря этому проблема сводится к нахождению нескольких весовых коэффициентов при этих базовых функциях, исходя из наилучшего соответствия измеренных и рассчитанных спектральных значений  $\rho_t(\lambda_i)$ . В качестве окончательного решения выбирается наиболее вероятное решение, рассчитанное как среднее по всему ансамблю приемлемых решений (Kopelevich et al. 2003, 2005).



Верификация нового алгоритма атмосферной коррекции для северной части Каспийского моря (июль 2006 г.). Красные кривые – данные измерений *in situ*, синие – стандартный алгоритм атмосферной коррекции, черные – новый алгоритм.

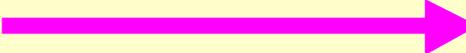
# Биооптические алгоритмы



Полуаналитический алгоритм:

 - прямая задача  
 - обратная задача

Регрессионный алгоритм:



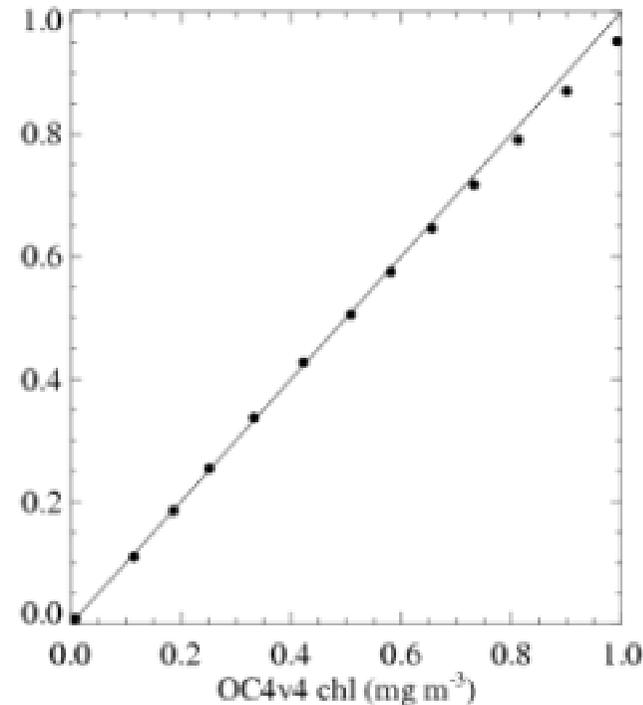
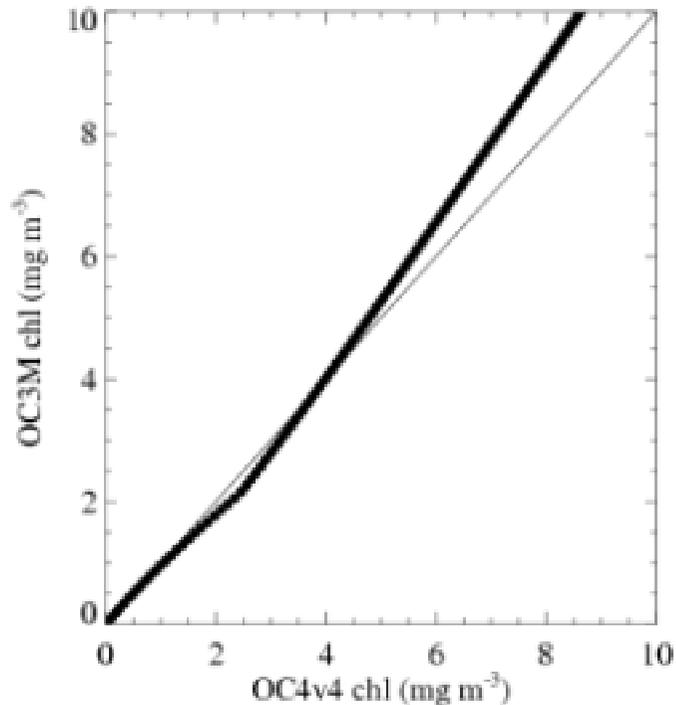
# Эмпирические (регрессионные) алгоритмы определения концентрации хлорофилла по данным сканеров цвета SeaWiFS и MODIS

## OC4v4 (SeaWiFS):

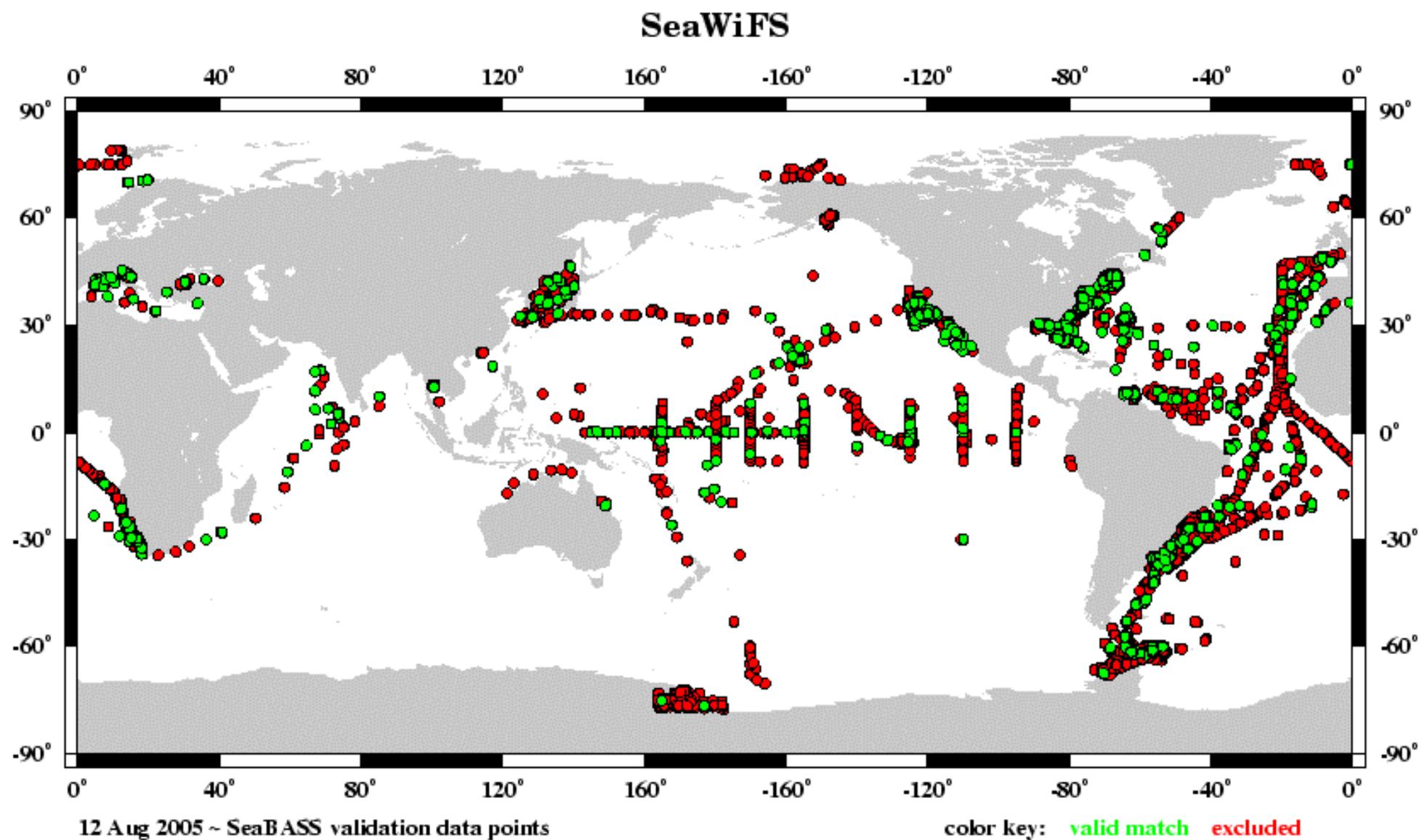
$$C_a = 10^{0.366 - 3.067R + 1.930R^2 + 0.649R^3 - 1.532R^4}, \text{ where } R = \log_{10} \left( \frac{R_{rs,443} > R_{rs,490} > R_{rs,510}}{R_{rs,555}} \right)$$

## OC3M (MODIS):

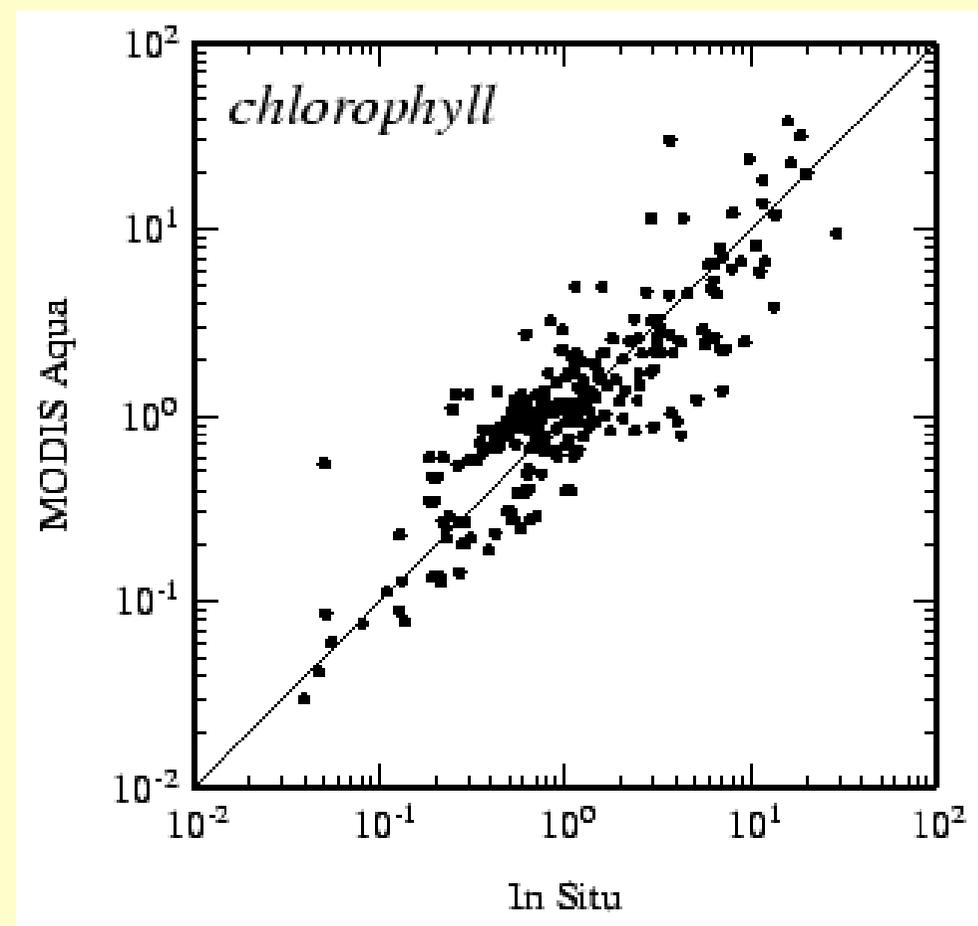
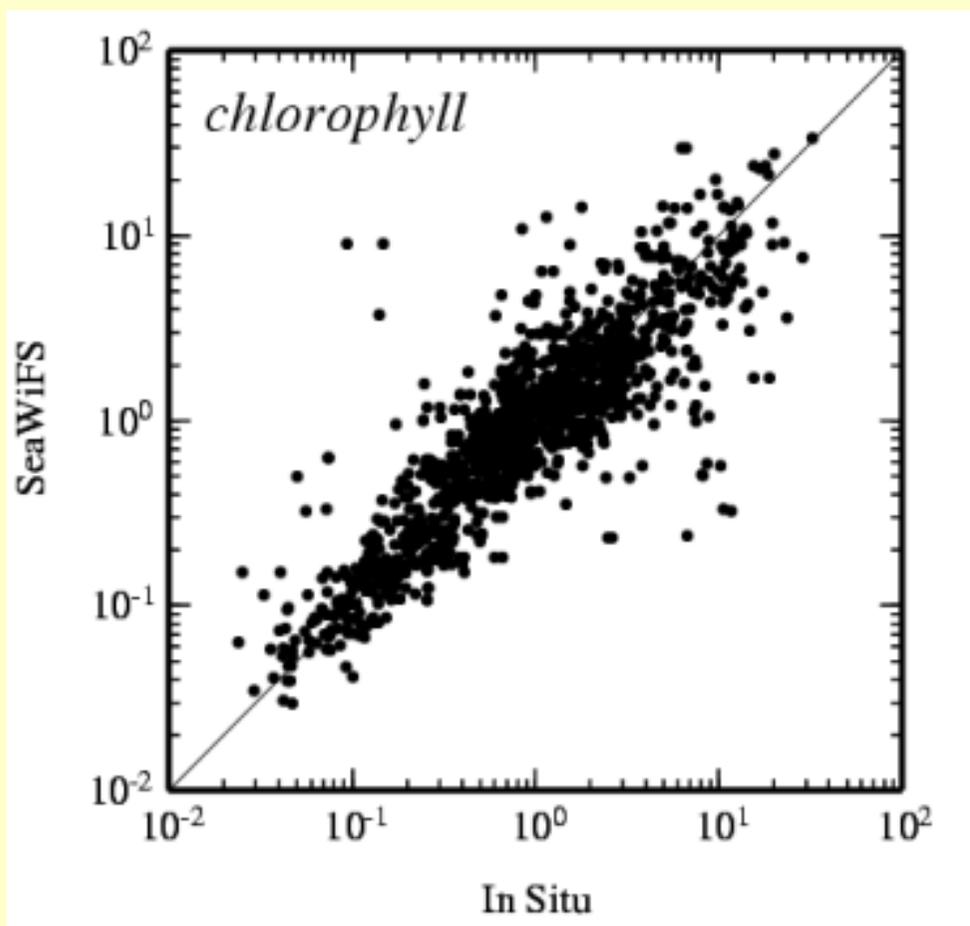
$$C_a = 10^{0.283 - 2.753R + 1.457R^2 + 0.659R^3 - 1.408R^4}, \text{ where } R = \log_{10} \left( \frac{R_{rs,443} > R_{rs,488}}{R_{rs,551}} \right)$$



# Валидация алгоритма расчета концентрации хлорофилла по данным натурных измерений



**Сравнение значений концентраций хлорофилла *a*, рассчитанных по данным спутниковых сканеров цвета SeaWiFS (слева) и MODIS-Aqua (справа) с измеренными на пробах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии HPLC**



# Регрессионные алгоритмы

Для определения концентрации хлорофилла использовались регрессионные алгоритмы, разработанные на основе данных натуральных измерений. По этим данным были рассчитаны уравнения регрессии между концентрацией хлорофилла  $C_{chl}$  и отношением нормализованных яркостей  $L_{WN}(510)/L_{WN}(555)$  для спектральных каналов SeaWiFS 510 и 555 нм, где рассчитанные нормализованные яркости  $L_{WN}(\lambda)$  совпадают с измеренными *in situ* с приемлемой точностью

$$Chl = A [L_{WN}(510)/L_{WN}(555)]^{-B}.$$

Для Баренцева моря  $A=0.34$ ,  $B=1.39$ ; для Черного –  $0.88$  и  $2.26$ .

Для Северного и Среднего Каспия –  $0.38$  и  $3.65$ .

$$Chl = 0.34 [L_{WN}(510)/L_{WN}(555)]^{-1.39}.$$

$$Chl = 0.88 [L_{WN}(510)/L_{WN}(555)]^{-2.26}.$$

Алгоритм для расчета показателя рассеяния назад взвесью основан на расчете показателя рассеяния назад морской воды  $b_b(555)$  через значения параметра  $X(555)$  и показателя диффузного ослабления  $K_d(555)$  через отношение  $L_{WN}(510)/L_{WN}(555)$  для каналов 510 и 555 нм.

# ПОЛУАНАЛИТИЧЕСКИЙ БИО-ОПТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ

Основан на использовании аналитической формулы для коэффициента яркости водной толщи  $\rho(\lambda)$  и малопараметрических моделей для показателей поглощения  $a(\lambda_i)$  и рассеяния назад  $b_b(\lambda_i)$  морской воды:

$$\rho(\lambda) = \pi (0.070 + 0.155 X^{0.752}) X, \text{ где } X = b_b(\lambda_i) / [a(\lambda_i) + b_b(\lambda_i)];$$

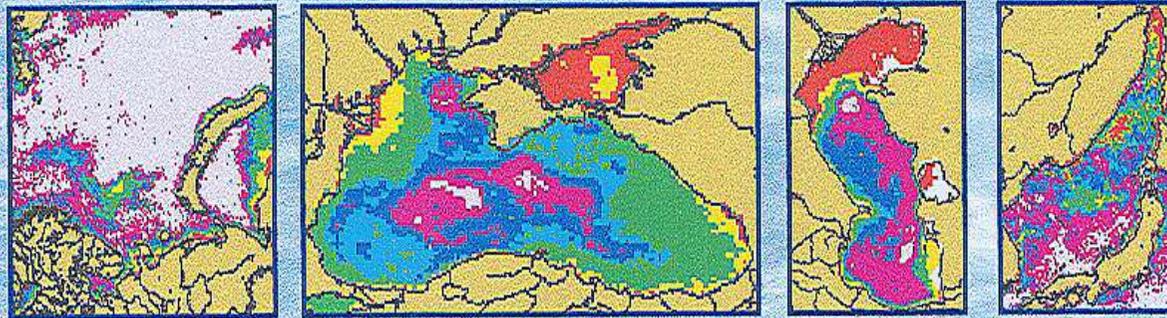
$$a(\lambda) = \exp[-S(\lambda - 440)] \cdot a_y(440) + a_{ph}^*(\lambda) \cdot a_{ph}(440) + a_w(\lambda);$$

$$b_b(\lambda) = 0.5b_{bw}(\lambda) + b_{bp}(550) \cdot (550/\lambda)^n;$$

где  $a_w(\lambda)$  и  $b_{bw}(\lambda)$  - известные показатели поглощения и обратного рассеяния чистой морской водой;  $a_{ph}(\lambda)$  - спектральное поглощение пигментами фитопланктона;  $a_g(\lambda)$  - поглощение растворенным органическим веществом (РОВ), в которое включено также поглощение детритом;  $b_{bp}(\lambda)$  - показатель обратного рассеяния взвешенными частицами.  $S$  и  $n$  – наклоны спектральных кривых поглощения «желтым веществом» и рассеяния назад взвешенными частицами.

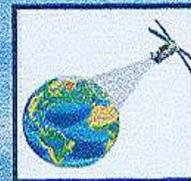
Вообще говоря 5 неизвестных:  $a_y(440)$ ,  $a_{ph}(440)$ ,  $b_{bp}(550)$ ;  $S$ ,  $n$ .

P.P.Shirshov Institute of Oceanology  
Russian Academy of Sciences



## BIO-OPTICAL CHARACTERISTICS OF THE SEAS OF RUSSIA FROM DATA OF THE SEAWIFS SATELLITE OCEAN COLOR SCANNER

O.V.Kopelevich, V.I.Burenkov, S.V. Sheberstov,  
E.A. Lukyanova, O.V. Prokhorenko



Moscow 2005

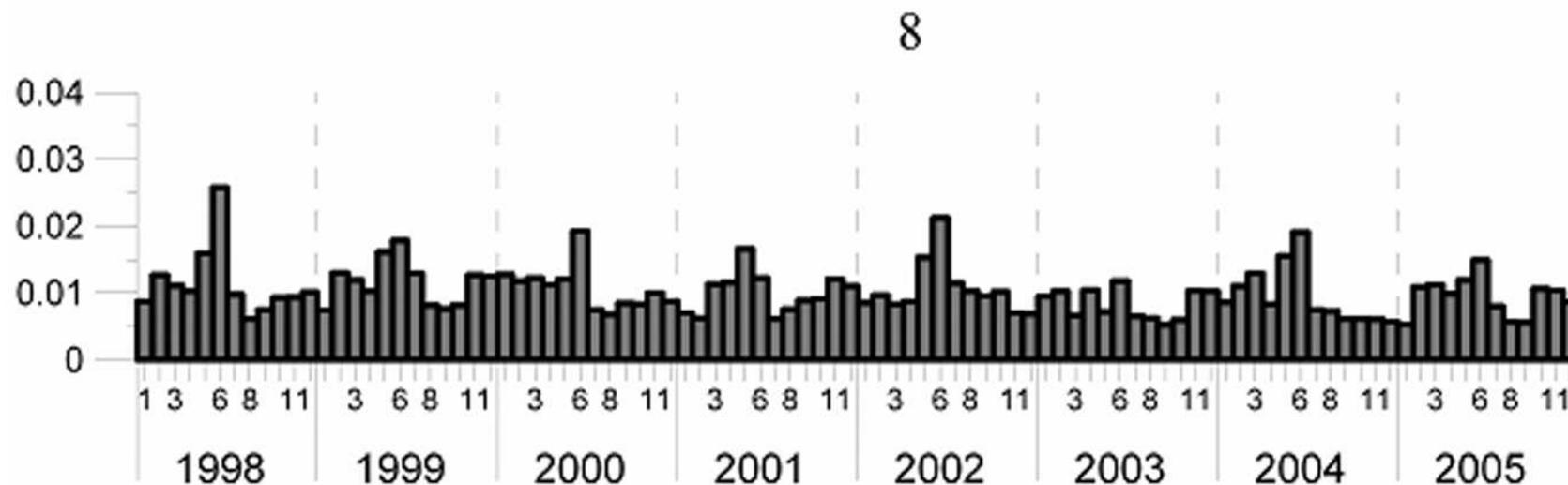
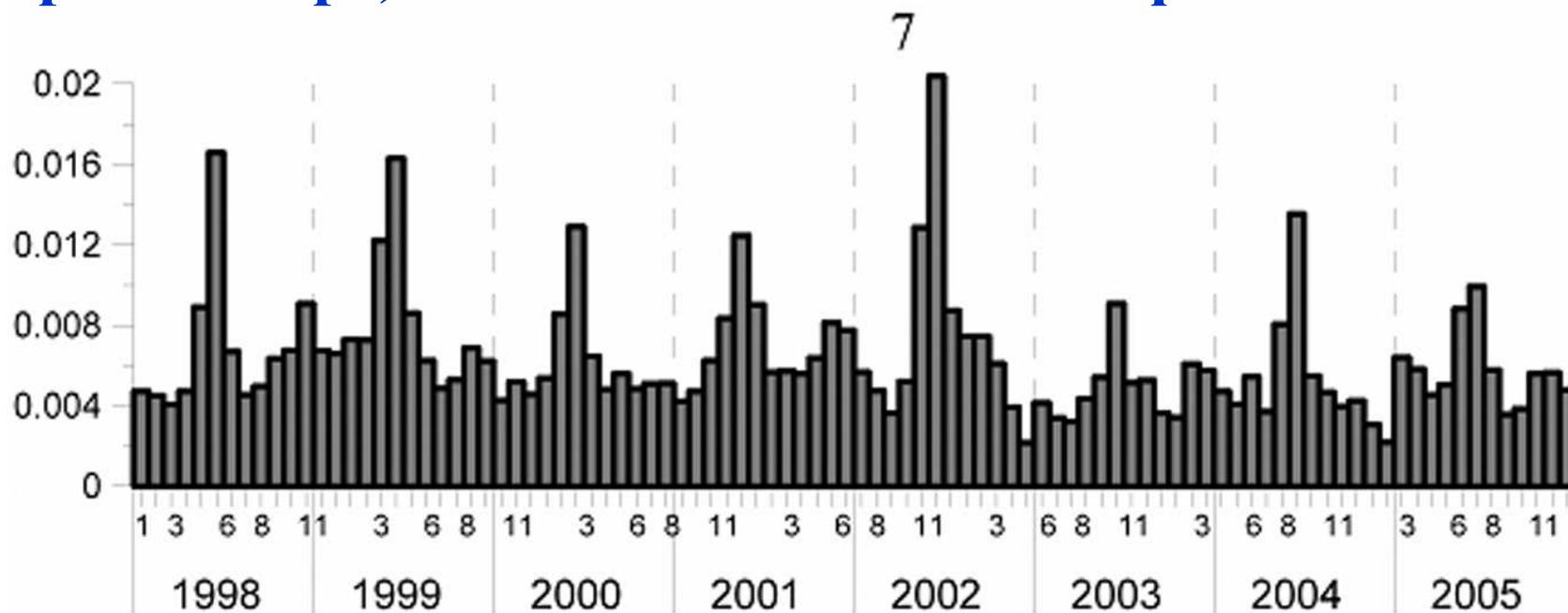
**CD-ROM содержит среднемесячные распределения концентрации хлорофилла "а", показателей рассеяния назад взвешенными частицами и поглощения желтым веществом в Баренцевом, Белом, Черном, Каспийском и Японском морях по данным сканера цвета SeaWiFS с 1998 to 2004 гг. (742 цветные карты).**

**Дан краткий анализ полученных результатов.**

**Материалы, представленные на CD, доступны на сайте:**

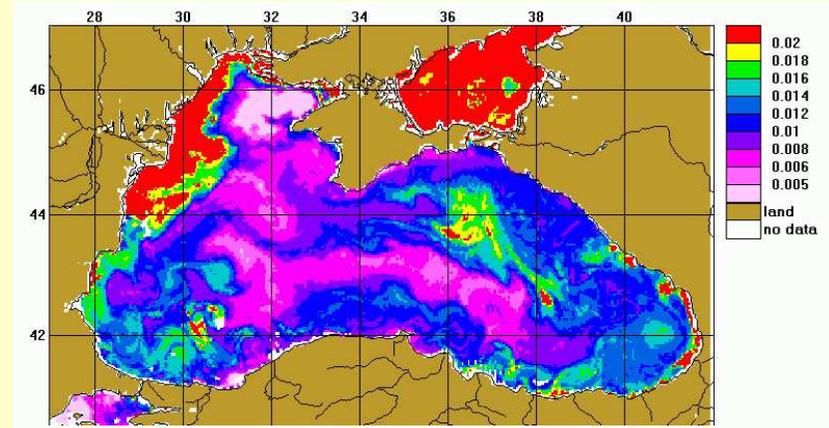
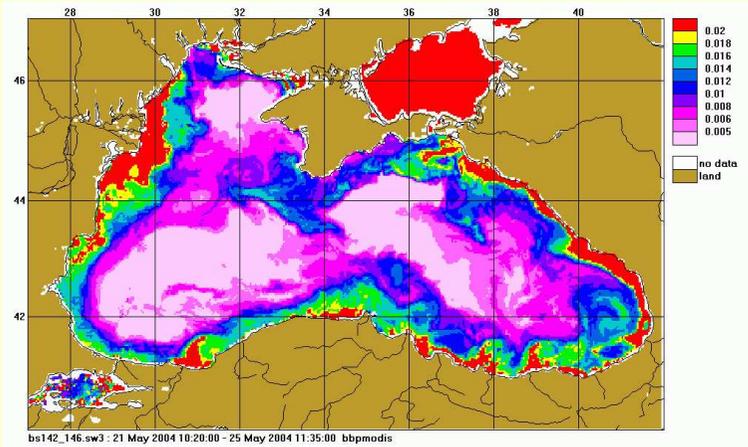
**<http://manta.sio.rssi.ru/>**

Изменение среднемесячных величин показателя рассеяния назад взвешенными частицами  $b_{br}$ ,  $m^{-1}$  с января 1998 по декабрь 2005 гг. в восточной части Черного моря: верхний рисунок – открытое море, нижний – область шельфа.

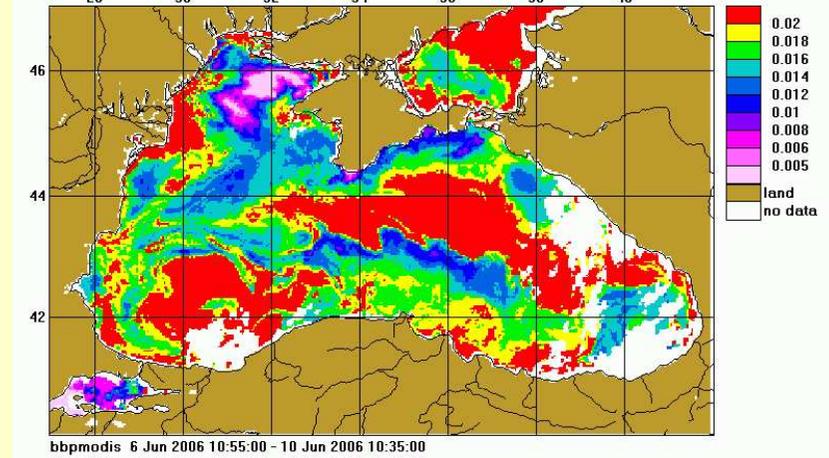
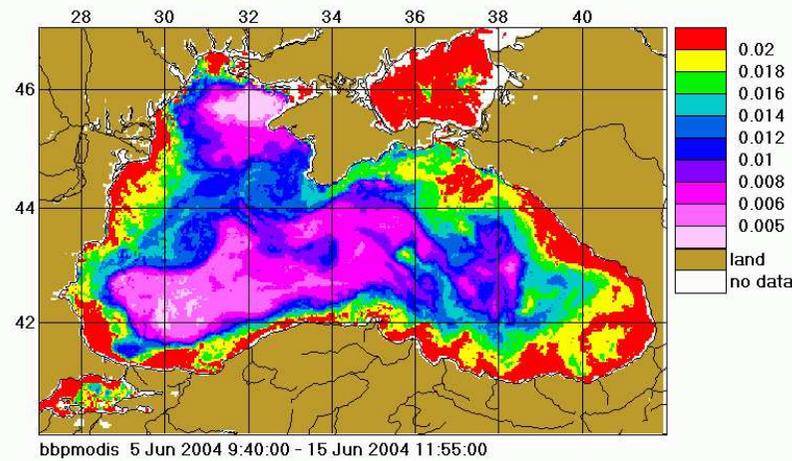


# Изменение пространственных распределений показателя рассеяния назад $b_{br}$ , $m^{-1}$ в мае-июне 2004г. (слева) и 2006г. (справа)

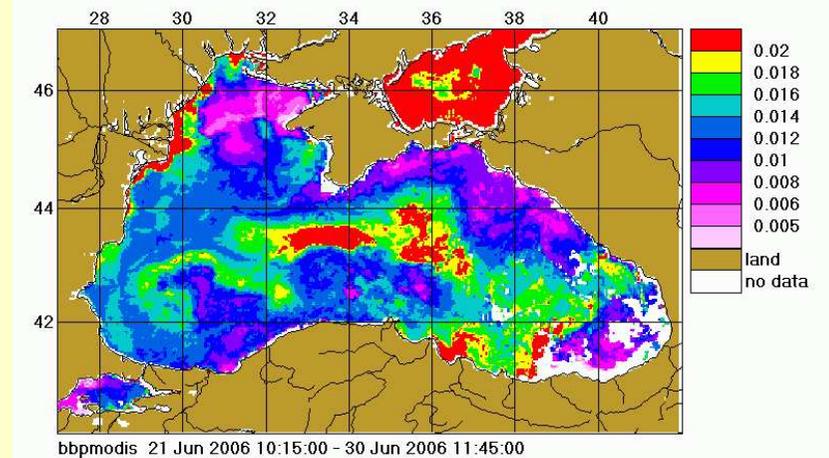
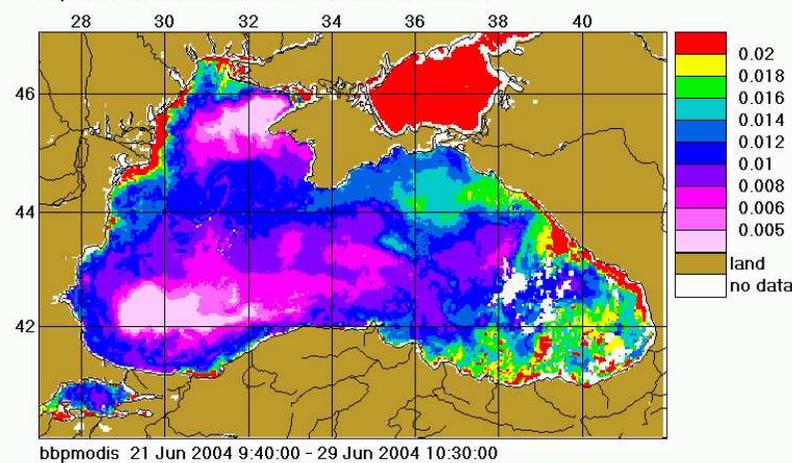
21-25.05



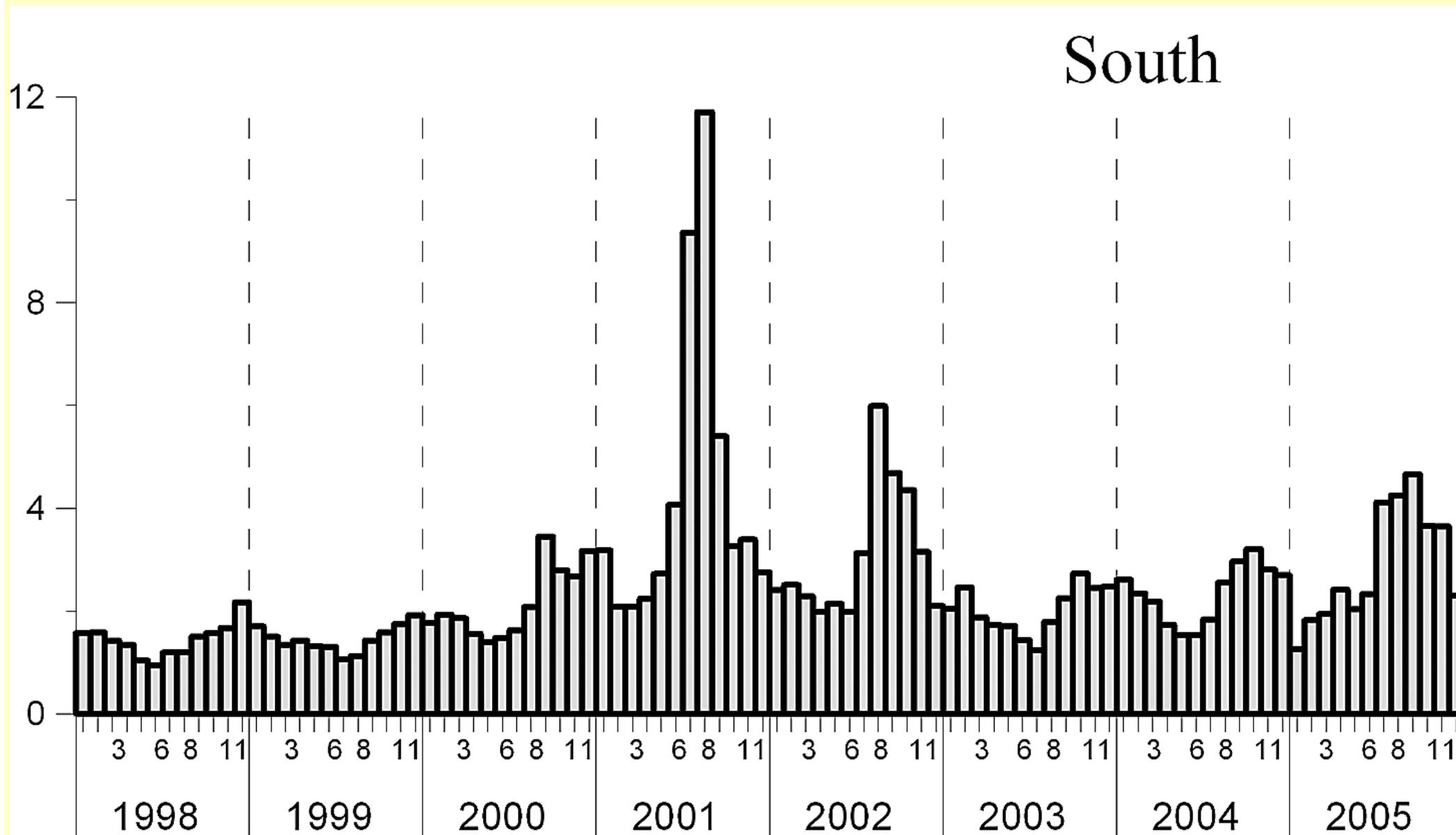
5-15.06



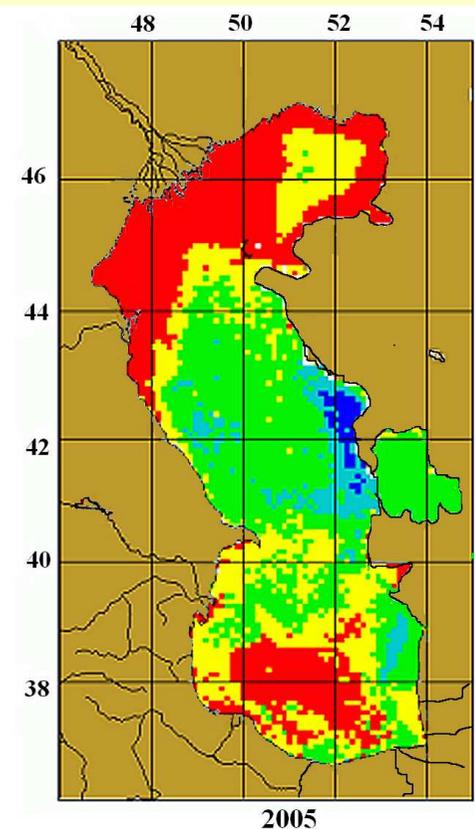
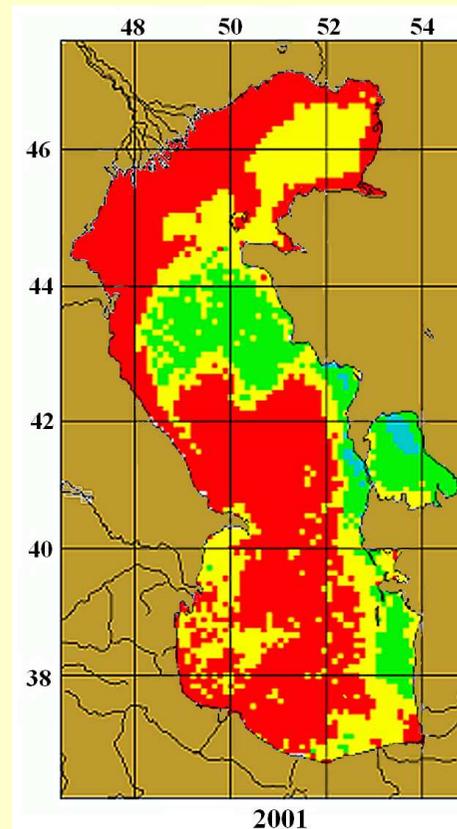
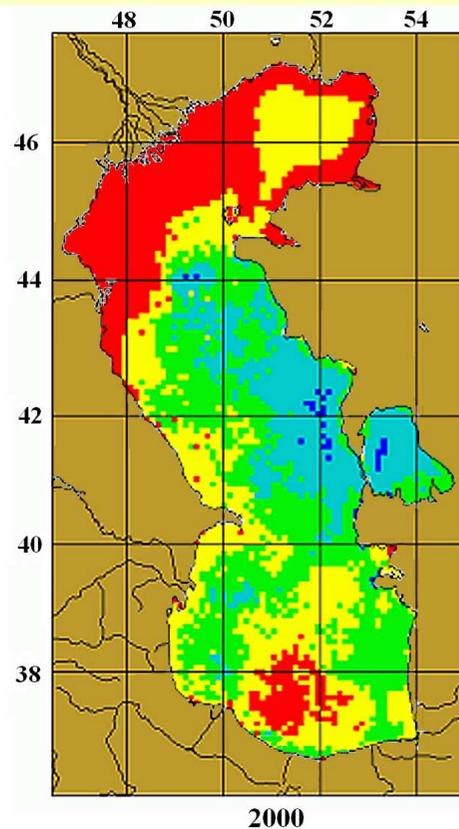
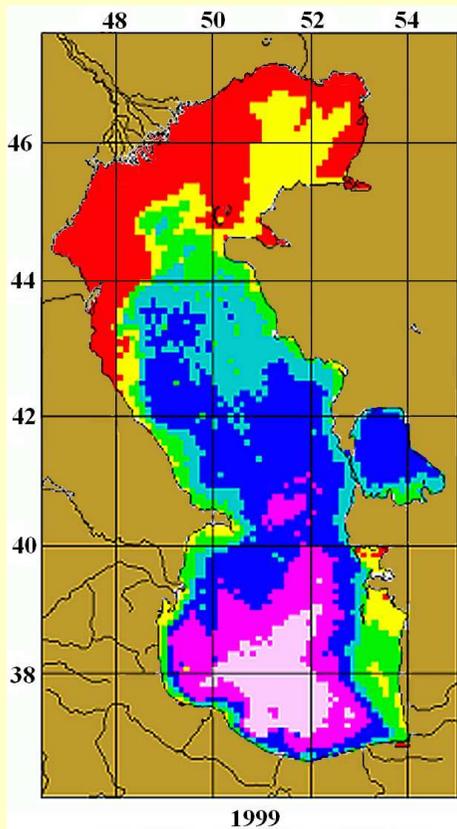
21-30.06



**Изменение среднемесячных величин концентрации хлорофилла *Chl*, мг·м<sup>-3</sup> с января 1998 по декабрь 2005 гг. в южном Каспии.**



# Среднемесячные распределения концентрации хлорофилла в Каспийском море в 1999, 2000, 2001 и 2005 гг.



# Коррекция спектральных величин яркости излучения, выходящего из воды, на отражение ото дна на мелководье

Для глубокого моря:

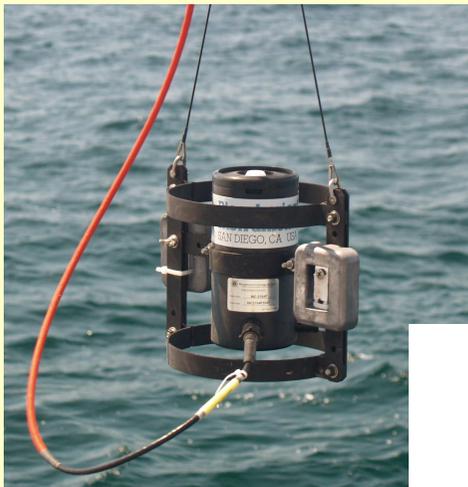
$$\rho_{dp} = 0.0922 \pi X / (1-X),$$

где  $X = b_b / (a + b_b)$ ,  $a$  и  $b_b$  – показатели поглощения и рассеяния назад морской воды.

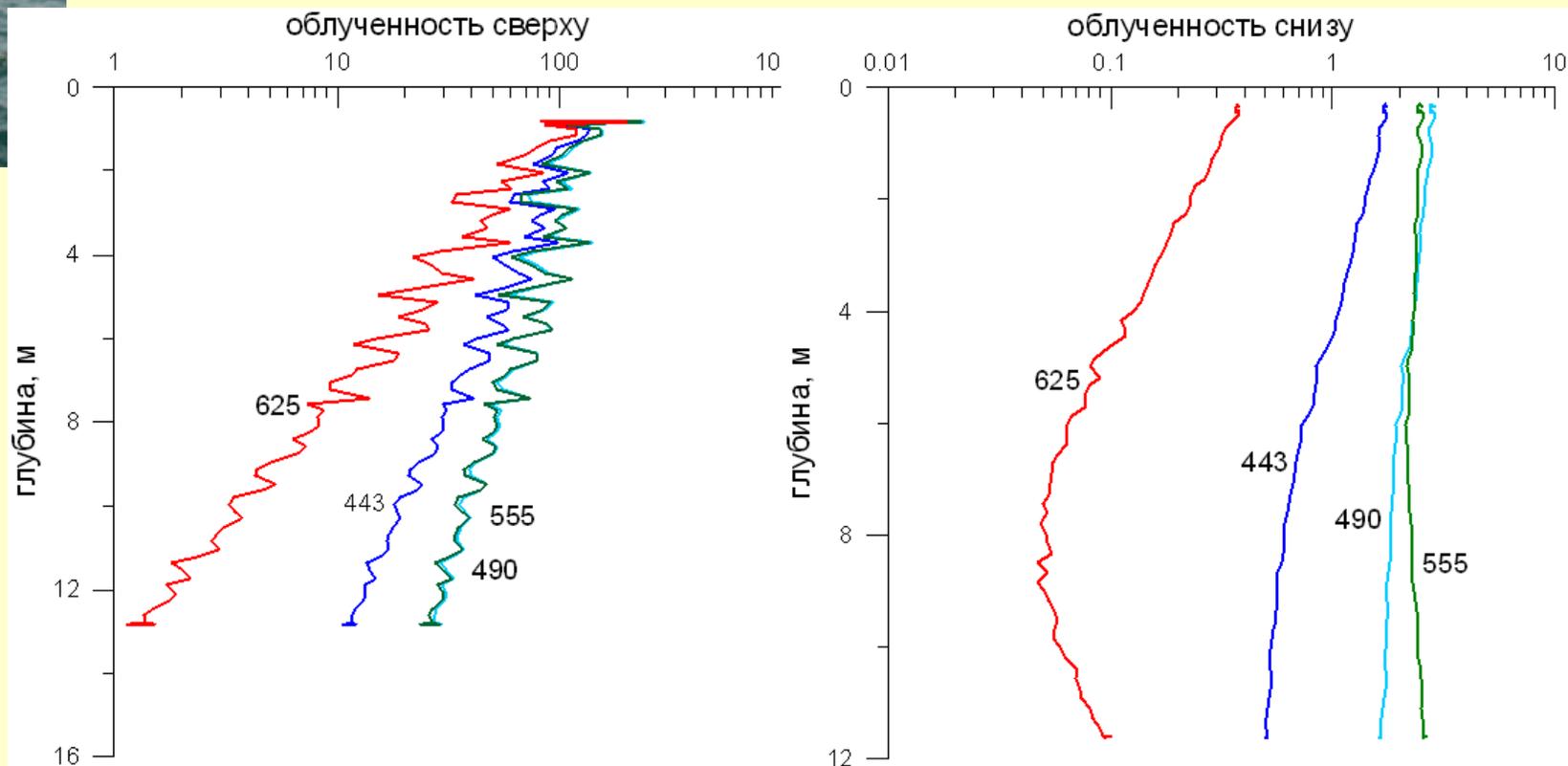
Для мелководья:

$$\rho_{sh}(\lambda) = \rho_{dp} [1 - \exp(-2K_d(\lambda) H)] + \rho_B(\lambda) \exp(-2K_d(\lambda) H),$$

где  $K_d(\lambda)$  – спектральный показатель диффузного ослабления подводной облученности,  $H$  – глубина,  $\rho_B(\lambda)$  – спектральный коэффициент отражения ото дна.

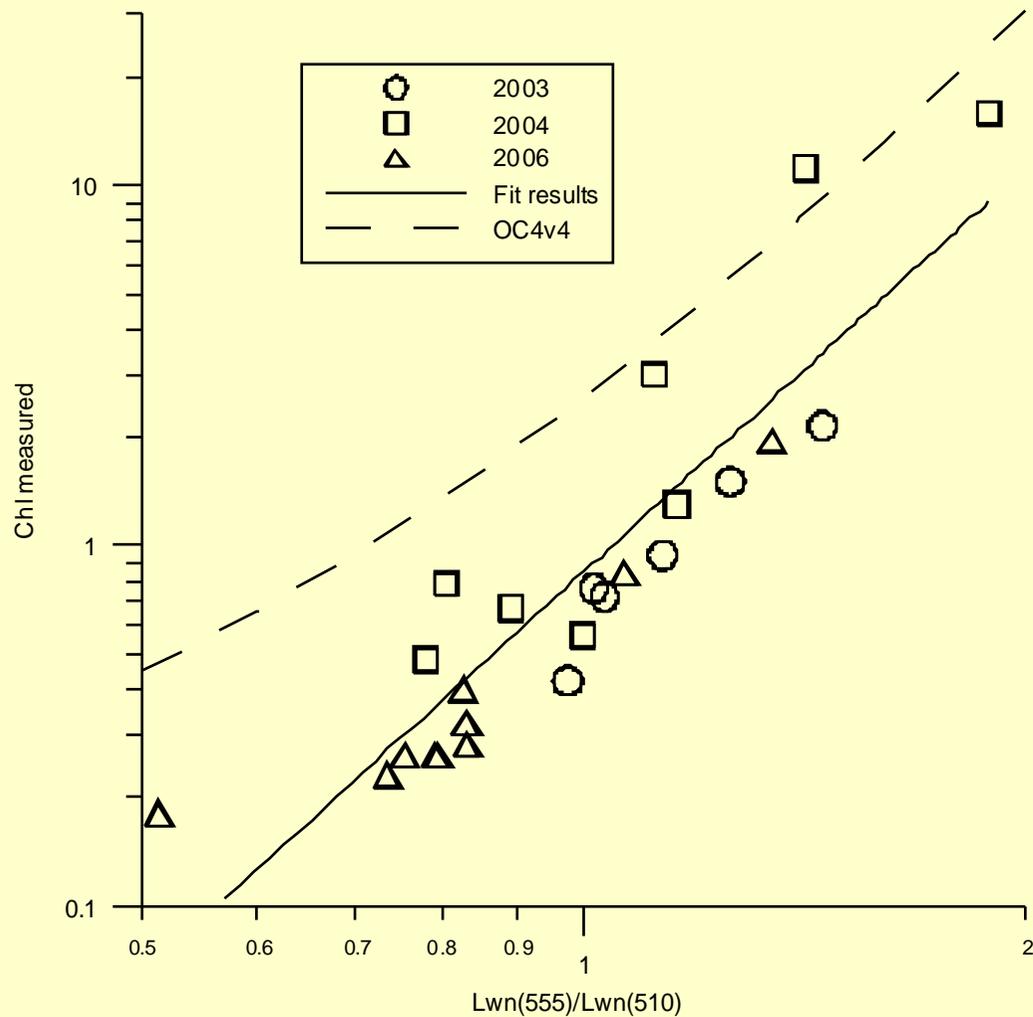


## Изучение влияния отражения ото дна на спектры яркости моря



**Измерения выполнены на станции, где глубина ~12 м и относительно чистая вода. Видны резкие различия вертикальных профилей подводной облученности сверху (создаваемой нисходящим потоком солнечного излучения) и снизу (восходящим), обусловленные влиянием отражения ото дна. Полученные данные совместно с данными от плавающего спектрорадиометра позволят верифицировать алгоритм учета отражения ото дна и оценить спектральный коэффициент отражения дна.**

# Новый алгоритм для расчета концентрации хлорофилла по данным о цвете вод с учетом отражения ото дна

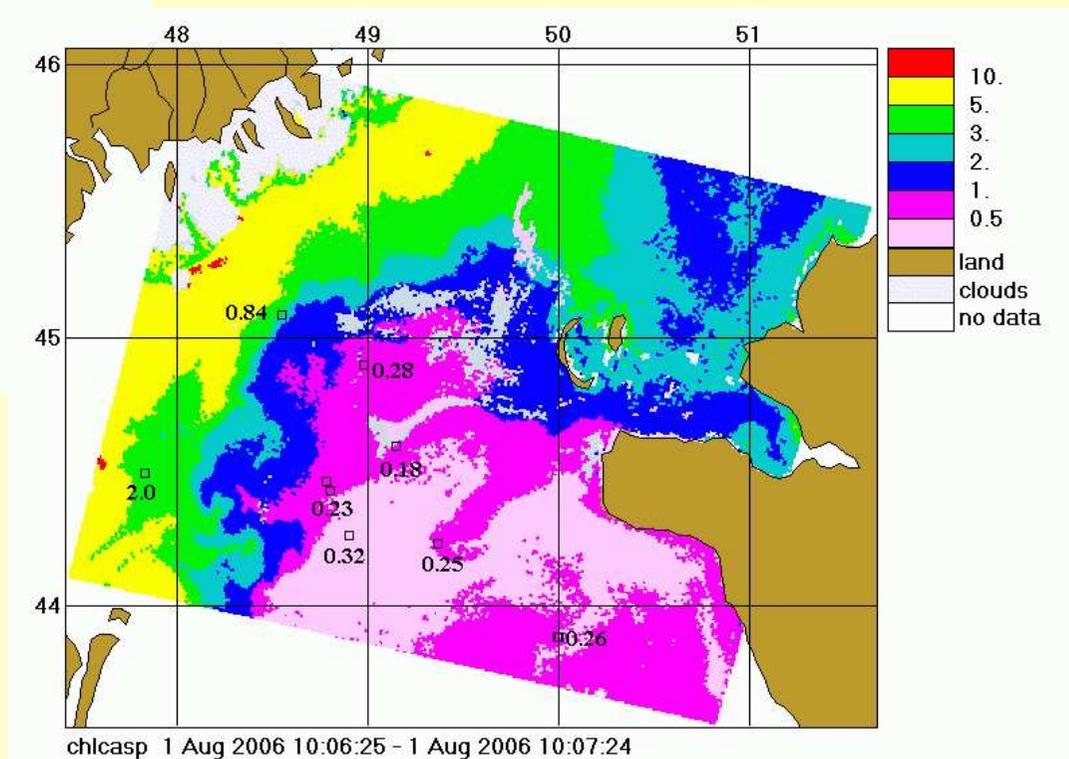
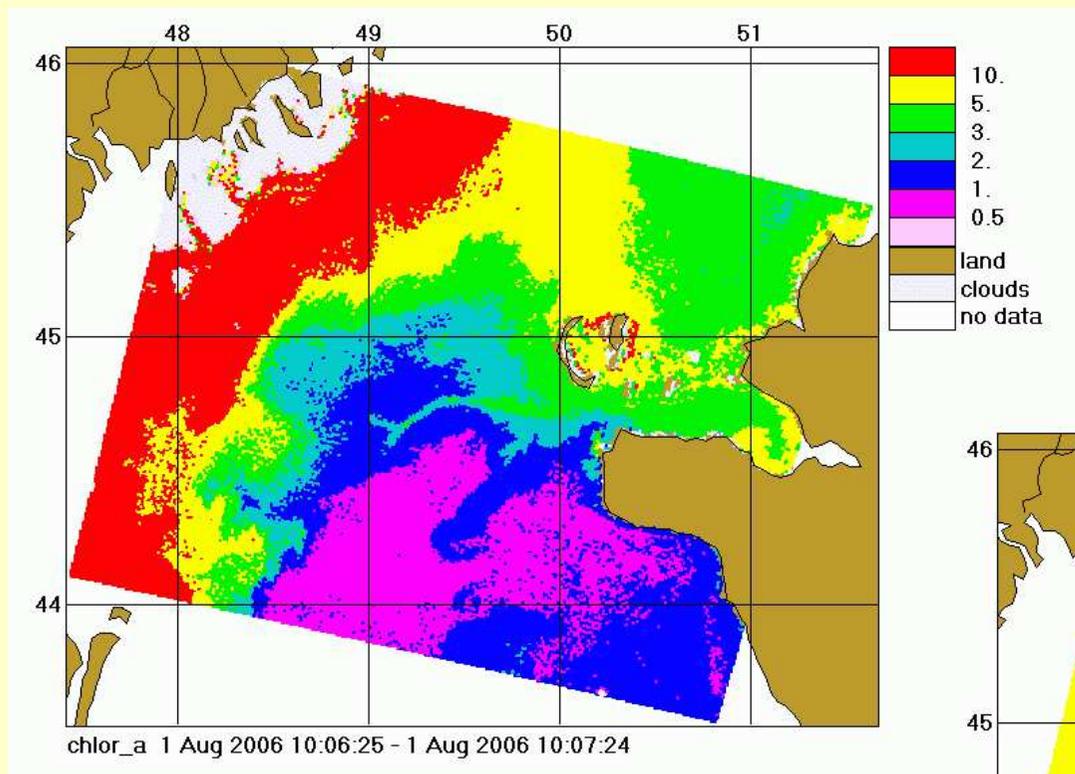


$$C_{chl} = k_1 [L_{WN}(510)/L_{WN}(555)]^{-k_2};$$

$$k_1 = 0.848, \quad k_2 = 3.73.$$

$R^2 = 0.807$ ; относительная  
ошибка расчета  $\sim 27\%$ .

# Сравнение распределений концентрации хлорофилла по данным спутникового сканера цвета SeaWiFS 1.08.06, рассчитанных посредством стандартного (слева) и нового регионального (справа) алгоритмов

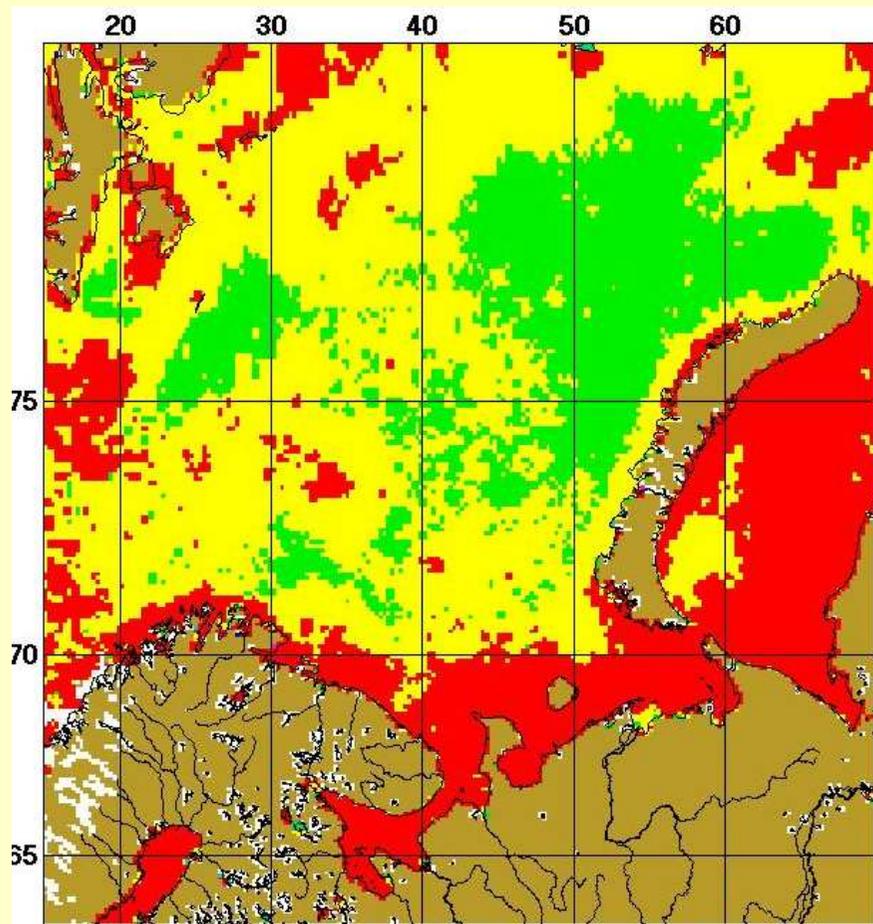


# ОЦЕНКА ОБЪЕМНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ВОДНОЙ ТОЛЩЕ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

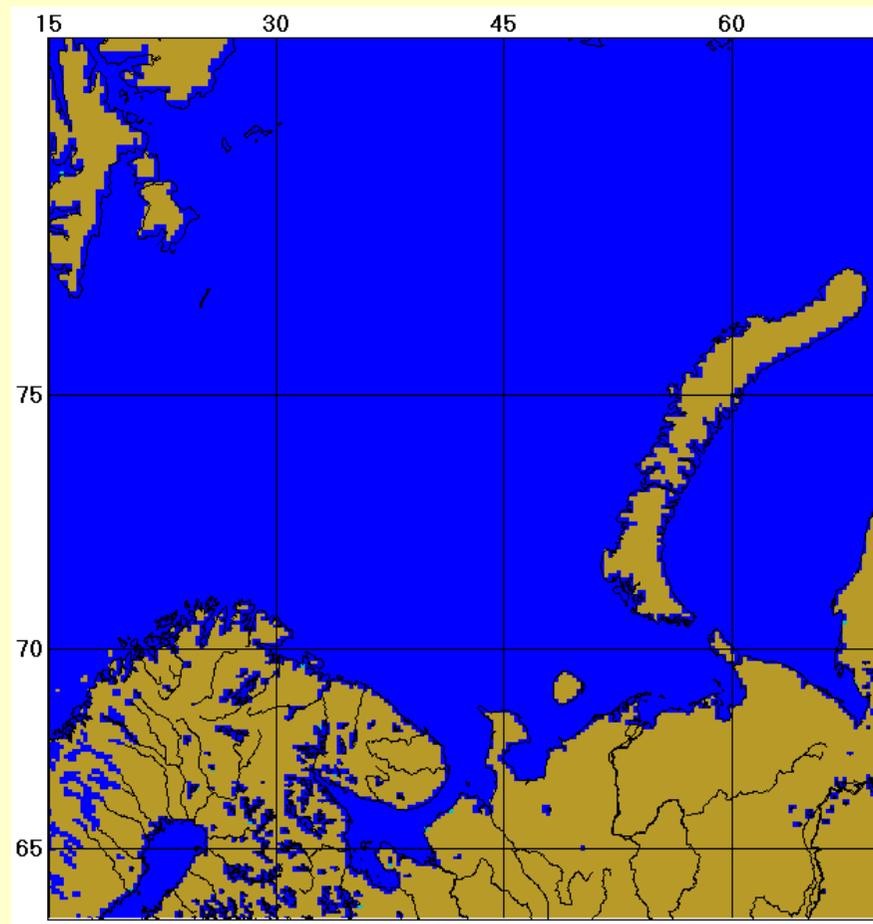
Спутниковые данные используются для определения основных параметров, определяющих распространение излучения в системе атмосфера-океан. По данным спутникового сканера цвета SeaWiFS рассчитываются следующие величины (Копелевич и др. 2003):

- спектральная облученность поверхности океана как для безоблачной, так и
- облачной атмосферы;
- отраженное от поверхности моря излучение с учетом поверхностного волнения;
- излучение, вышедшее из водной толщи.
- Входные параметры для расчетов - значения спектральной яркости восходящего излучения на верхней границе атмосферы, измеренные спутниковым сканером цвета SeaWiFS (8 спектральных каналов: 412, 443, 490, 510, 555, 670, 765 и 865 нм), и сопутствующие параметры, входящие в комплект данных SeaWiFS и необходимые для проводимых расчетов (такие, например, как содержание озона и скорость ветра).
- Рассчитываются спектральные величины подводной облученности и объемное поглощение в водной толще, исходя из баланса лучистой энергии в рассматриваемом слое  $\Delta z = z_2 - z_1$

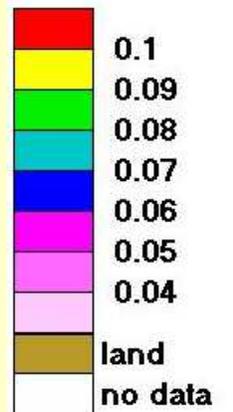
The mean monthly distribution of the absorbed PAR at the layer of 2-3 m at the Barents Sea and White Seas in August 2000 (relative values of  $E_{abs}/E_{sur}$  are presented)



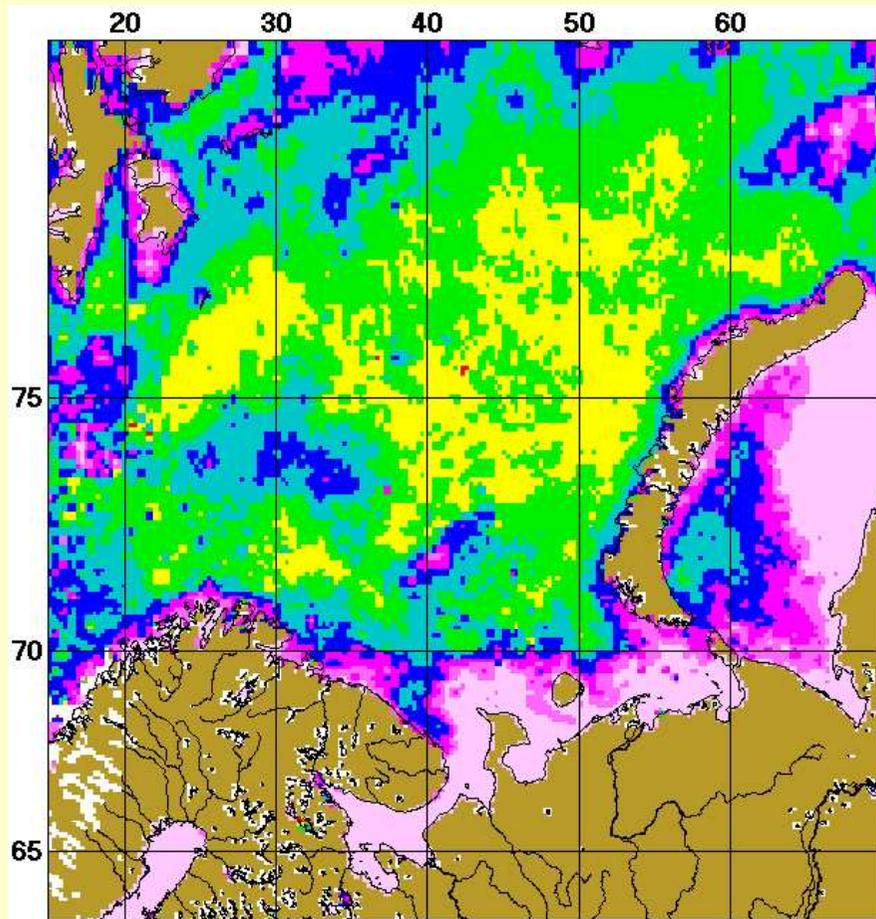
**the real sea**



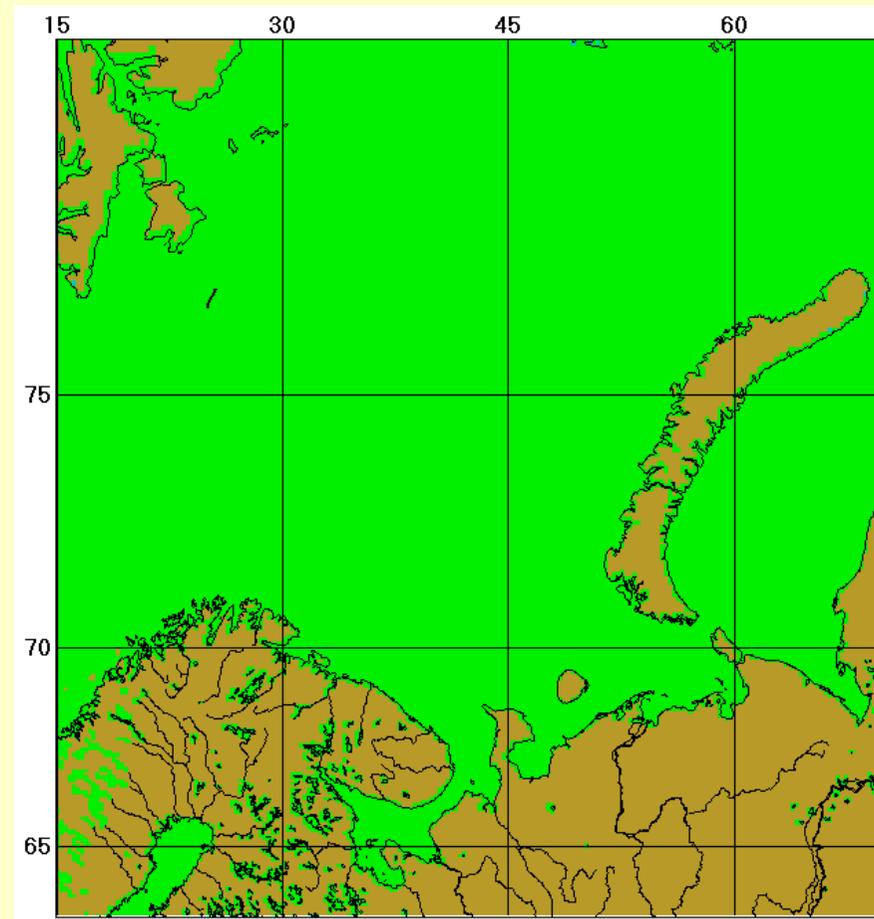
**the sea filled with clear water**



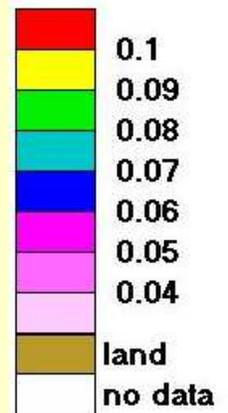
The mean monthly distribution of the absorbed PAR at the layer of 15-25m at the Barents Sea and White Seas in August 2000 (the relative values of  $E_{abs}/E_{sur}$  are presented)



**the real sea**



**the sea filled with clear water**



# Scheduled Ocean-Colour Sensors

<b>SENSOR</b>	<b>AGENCY</b>	<b>SATELLITE</b>	<b>OPERATING DATES</b>	<b>SWATH (km)</b>	<b>RESOL. (m)</b>	<b># OF BANDS</b>	<b>SPECTRAL COVERAGE (nm)</b>
<b>GOCI</b>	<b>KARI/ KORDI</b>	<b>COMS-1 (Korea)</b>	<b>2008</b>	<b>2500</b>	<b>500</b>	<b>8</b>	<b>400 - 865</b>
<b>GOCI</b>	<b>KARI/ KORDI</b>	<b>COMS-2 (Korea)</b>	<b>2014</b>	<b>2500</b>	<b>500</b>	<b>8</b>	<b>400 - 865</b>
<b>HES-CW</b>	<b>NOAA/ NESDIS</b>	<b>GOES-R (USA)</b>	<b>2012</b>	<b>400</b>	<b>30 - 300</b>	<b>14</b>	<b>412 - 900</b>
<b>OCM-II</b>	<b>ISRO (India)</b>	<b>IRS-P7 (India)</b>	<b>2007</b>	<b>1400</b>	<b>1 - 4 km</b>	<b>8</b>	<b>400 - 900</b>
<b>OLCI</b>	<b>ESA (Europe)</b>	<b>GMES- Sentinel 3 (ESA)</b>	<b>2011</b>	<b>1120</b>	<b>&lt; 300</b>	<b>15</b>	<b>400 - 900</b>
<b>S-GLI</b>	<b>JAXA (Japan)</b>	<b>GCOM-C (Japan)</b>	<b>2011</b>	<b>1150</b>	<b>250/ 1000</b>	<b>19</b>	<b>375 - 12,500</b>
<b>VIIRS</b>	<b>NASA / IPO</b>	<b>NPP</b>	<b>2008</b>	<b>3000</b>	<b>370 / 740</b>	<b>22</b>	<b>402 - 11,800</b>
<b>VIIRS</b>	<b>NASA / IPO</b>	<b>NPOESS</b>	<b>2012</b>	<b>3000</b>	<b>370 / 740</b>	<b>22</b>	<b>402 - 11,800</b>