



Перспективы определения видового состава фитопланктона по данным радиометра MODIS

Алексанин А.И.†, Орлова Т.Ю.‡, Фомин Е.В.†, Шевченко О.Г.

†Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН,
690041, Владивосток, Радио 5, e-mail: aleks@satellite.dvo.ru, тел.: (4232) 310468

‡Институт биологии моря имени А.В. Жирмунского ДВО РАН
690041, Владивосток, ул. Пальчевского, д. 17, тел.: (4232) 310905, e-mail: torlova@imb.dvo.ru

Ключевая задача экологического мониторинга морей - идентификация и прогноз вредоносного цветения водорослей (фитопланктон).

Лишь около 30% массового цветения водорослей является вредоносным.

Проекты:

- 1. Проект ООН в Дальневосточном регионе - CEARAC/NOWPAP/UNEP - Special Monitoring Coastal Environmental Assessment Regional Activity Center/ Northwest Pacific Action Plan/ United Nation Enviromental Programm.**
- 2. Целевая комплексная программа ДВО РАН "Биологическая безопасность Дальневосточных морей Российской Федерации»**

Состояние дел в дальневосточных морях. Из 32 видов микроводорослей, вызывающих “цветение” воды в российских прибрежных водах дальневосточных морей, 17 видов могут продуцировать токсины, представляющие опасность для теплокровных животных и человека.



Характеристики радиометра MODIS

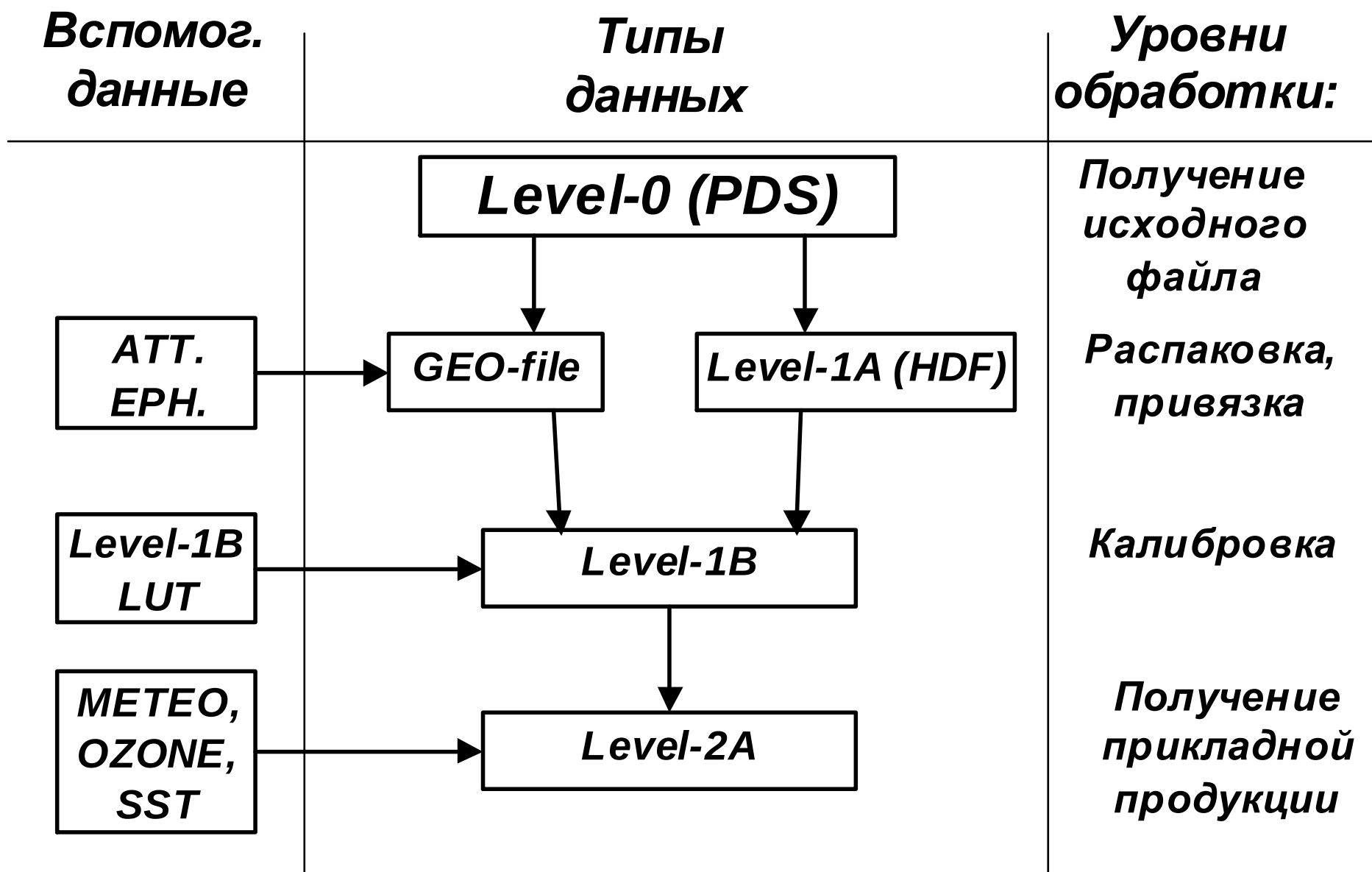
**36 спектральных каналов,
полоса обзора шириной 1354
пикселя разрешением 1000м.
Принятые данные
записываются в формате
MODIS Level-0, файлы имеют
размер до 980 (280) Мб в
дневном (ночном) режиме.**

Назначение каналов MODIS:

Основной предмет изучения	№ канала	Пространственное разрешение, м
Границы суши, облачности, аэрозолей	1-2	250
Свойства объектов суши, облаков и аэрозолей	3-7	500
Цвет океанической воды, содержание фитопланктона, биогеохимические характеристики	8-16	1000
Водяной пар в атмосфере	17-19	
Температура земной поверхности и облаков	20-23	
Температура атмосферы	24-25	
Водяной пар в атмосфере	26-28	
Свойства облаков	29	
Озоновый слой	30	
Температура земной поверхности и облаков	31-32	
Верхняя граница облаков	33-36	

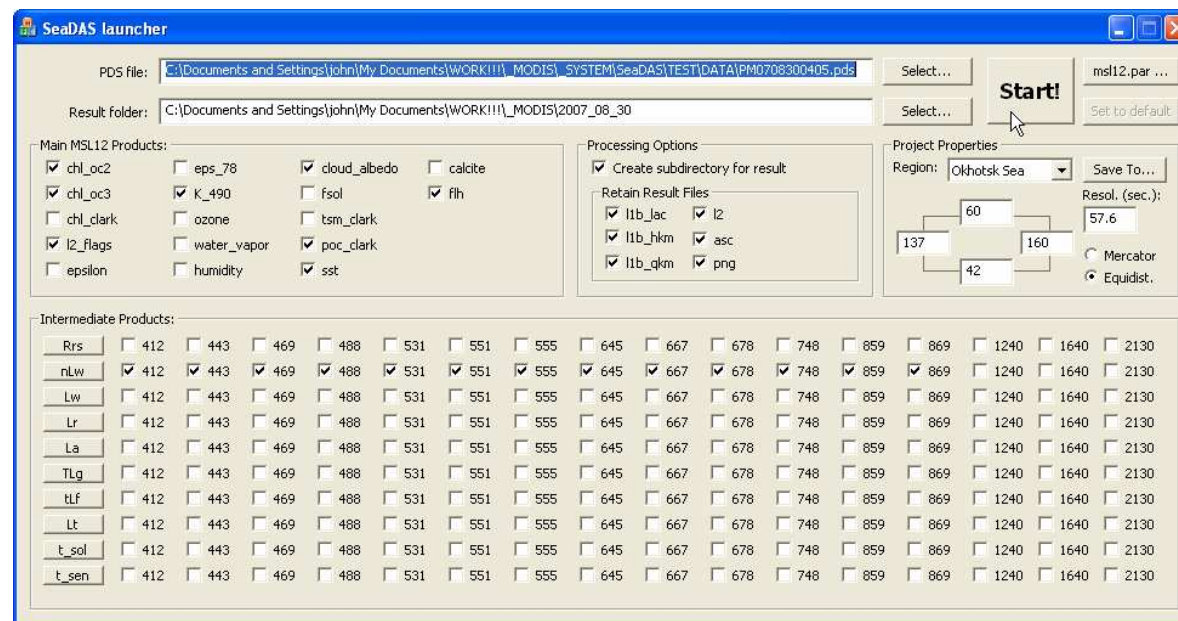


Схема обработки с использованием SeaDAS





Атмосферная коррекция



Программа для управления удаленным запуском SeaDAS

Проблема отрицательных величин восходящего из воды излучения.

Восходящее из воды излучение:

$$Lw_nnn = [(Lt_nnn - tLf_nnn) / t_oz_sen_nnn / t_oz_sol_nnn / polcor_nnn - TLg_nnn - Lr_nnn - La_nnn] / t_sen_nnn * t_oz_sol_nnn,$$

где Lt_nnn - ТОА (излучение, принимаемое радиометром), tLf_nnn - поправка на «пенные барашки», TLg_nnn - на солнечный зайчик, Lr_nnn - Релеевское излучение, La_nnn - аэрозольное излучение. Остальные переменные - различные поправочные коэффициенты.

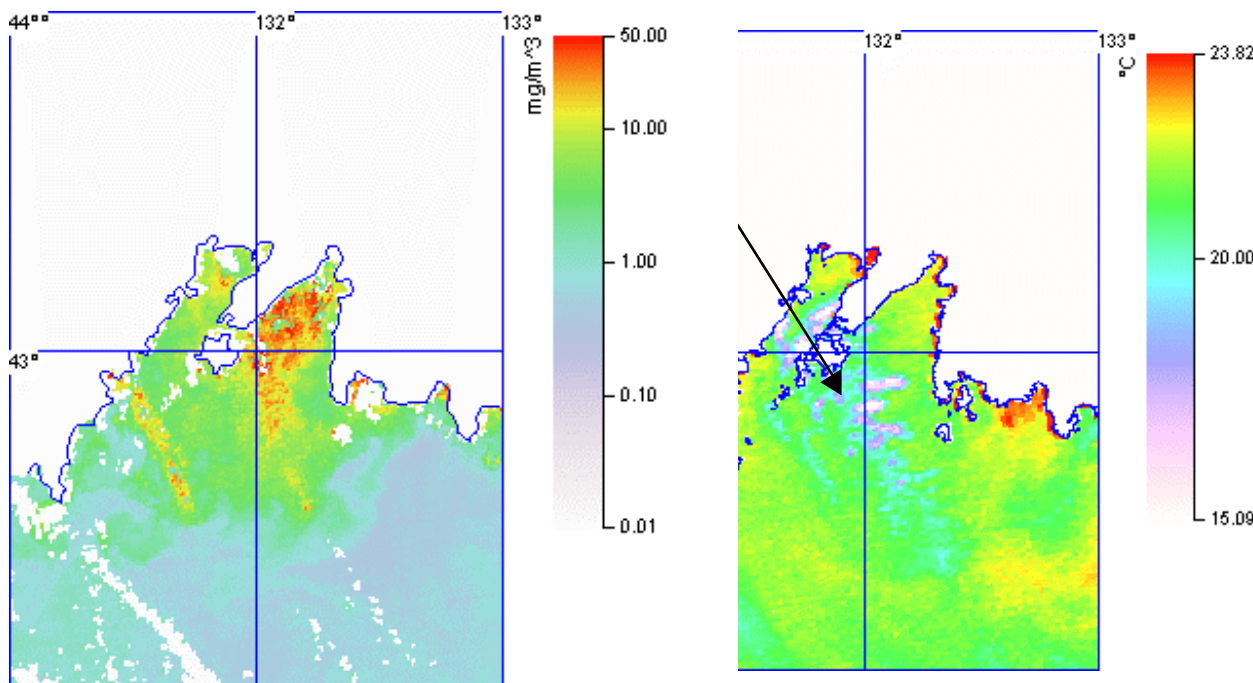
Оценка параметров формулы для региона Японского моря показала, что основная причина отрицательных величин восходящего излучения - завышенная величина La_nnn .

Наилучшие результаты получаются, если вместо рекомендуемой методики использовать методику выбора модели аэрозоля на основе моделей MUMM (Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Belgium) - параметр $aer_opt = -10$ утилиты msl12 (SeaDAS). При этом фактически исчезают «дикие» (на порядки большие) значения концентрации хлорофилла в прибрежных водах.



Расчет биопараметров (пакет SeaDAS)

- | | | |
|---------------------------|-------------|------------------------------|
| 1. Хлорофилл-а | 2. Мутность | 3. Органический углерод |
| 4. Коэффициенты рассеяния | 5. Кальций | 6. Флюоресценция |
| 7. Радиация фотосинтеза | 8. ТПО | 9. Нормализованное излучение |



Ошибки, возникающие при стандартной обработке (залив Петра Великого): а) завышенная концентрация хлорофилла-а из-за неправильного определения модели аэрозольного рассеяния (19.11.2005); в) ошибки расчета температуры поверхности океана из-за влияния аэрозоля (30.08.2006).



**Залив Петра Великого
MODIS/AQUA 30.08.2006**



Задача - определение видов водорослей и концентрации их биомассы по данным радиометра MODIS

Постановка задачи

Изменчивость излучения

R_k канала k :

$R_k - R_w = \sum C_i \cdot R_{i,k}$, где

R_w - излучение чистой воды;

C_i - концентрация

водоросли i ; $R_{i,k}$ -

характеристика

-предиктор

водоросли i в канале k .

Решается методом

наименьших квадратов.

Видовой состав:

От 50 до 90% биомассы

обеспечили 2 водоросли:

Coscinodiscus oculus-iridis

и *Ditylum brightwellii*.

Учет еще 2-х водорослей

обеспечивал более 90%

биомассы

Плотность и биомасса фитопланктона Амурского залива 30.08.20

Станция	Температура	Время	Плотность N, кл/Л	Биомасса B, мг/м3	Доминирующий вид	% от биомассы
1	21°C	10 00	125357,14	2842,96	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	55
					<i>Ditylum brightwellii</i>	40
2	21°C	10 15	231200,00	2455,12	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	35
					<i>Ditylum brightwellii</i>	48
3	21°C	10 30	131142,86	733,82	<i>Ditylum brightwellii</i>	75
4	21°C	10 45	173828,57	3482,62	<i>Ditylum brightwellii</i>	80
5	21°C	11 00	24857,14	991,15	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	41
					<i>Ditylum brightwellii</i>	37
6	21°C	10 25	98971,43	1426,08	<i>Ditylum brightwellii</i>	61
7	22°C	12 00	24100,00	1003,18	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	38
					<i>Ditylum brightwellii</i>	40
8	22°C	12 30	11228,57	646,72	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	37
					<i>Ditylum brightwellii</i>	30
9	21°C	12 55	8571,43	405,78	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	60
10	22°C	13 15	12942,86	391,52	<i>Ditylum brightwellii</i>	56
11	22°C	13 35	12000,00	617,92	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	76
12	21°C	16 30	33942,86	284,84	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	38
13	22°C	17 00	12900,00	285,90	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	66
14	22°C	17 30	6857,14	299,11	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	54



Варианты решения задачи - 3,4 и 5 типов водорослей.

Конечный вариант - 3 типа водорослей.

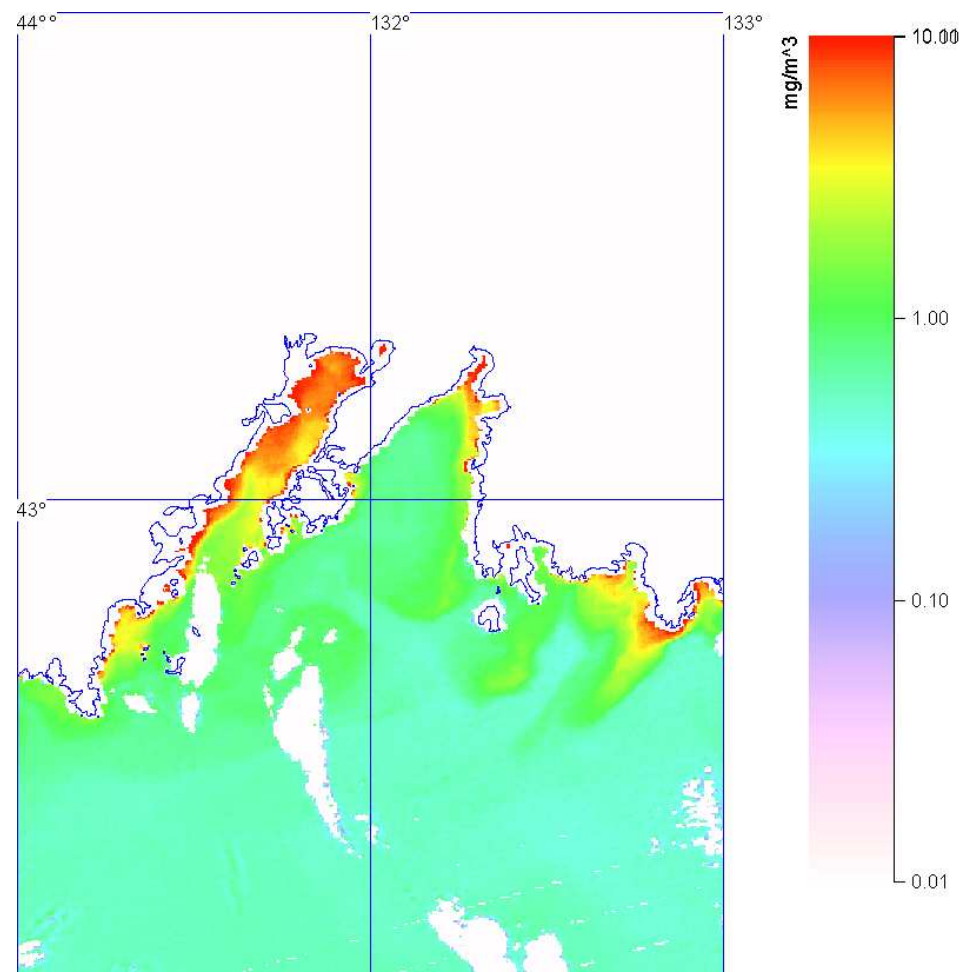
Третий тип - «универсальная» водоросль с одинаковыми спектральными характеристиками на всех станциях.

Параметры-предикторы - 4 тематических продукта и 13 - нормализованное восходящее излучение в 13-каналах.

Принятие решения - по анализу невязок переопределенной системы уравнений, величинам получающихся параметров и числу обусловленности системы.

Из 17 параметров только 10 оказались чувствительными к соотношению концентраций (невязки их уравнений в 10 и более раз меньше исходных значений).

Концентрация хлорофилла-а за 31.08.2006



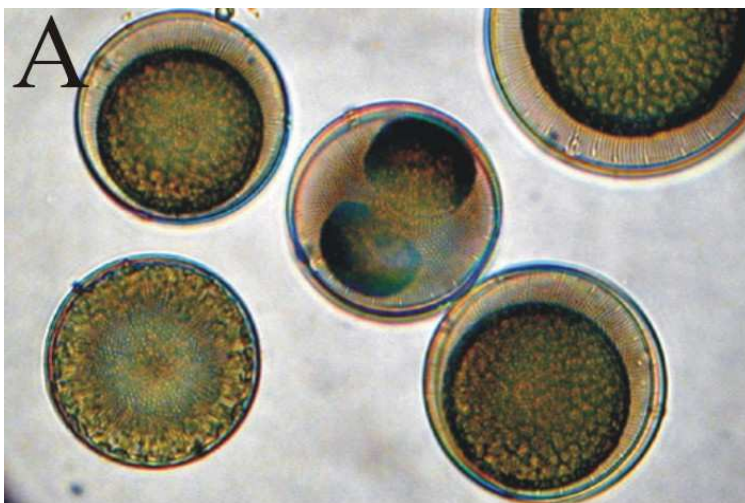


Водоросли и их биомасса

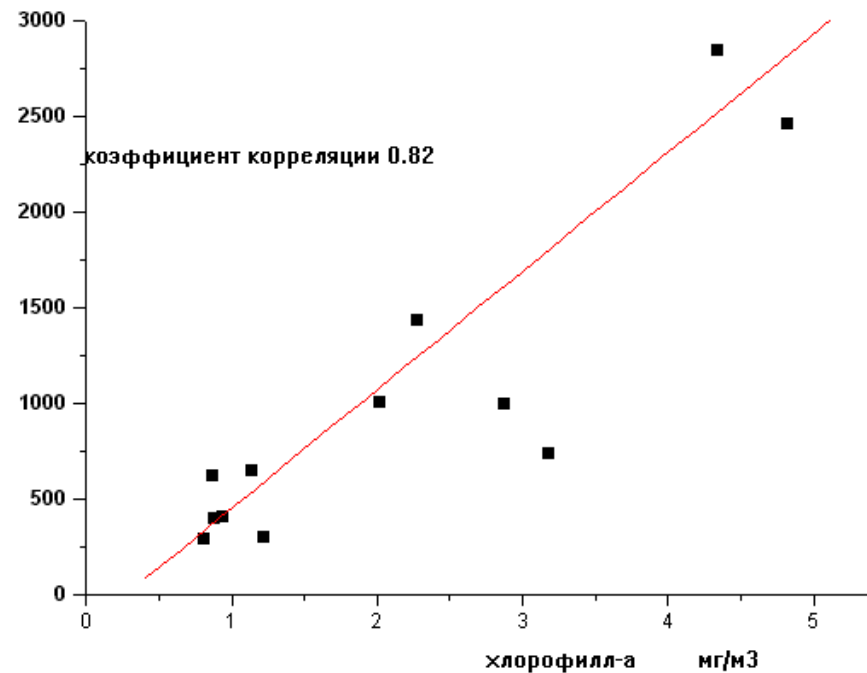
Фото водорослей и их свойства

А – *Coscinodiscus oculus-iridis* ;

В - *Ditylum brightwellii*



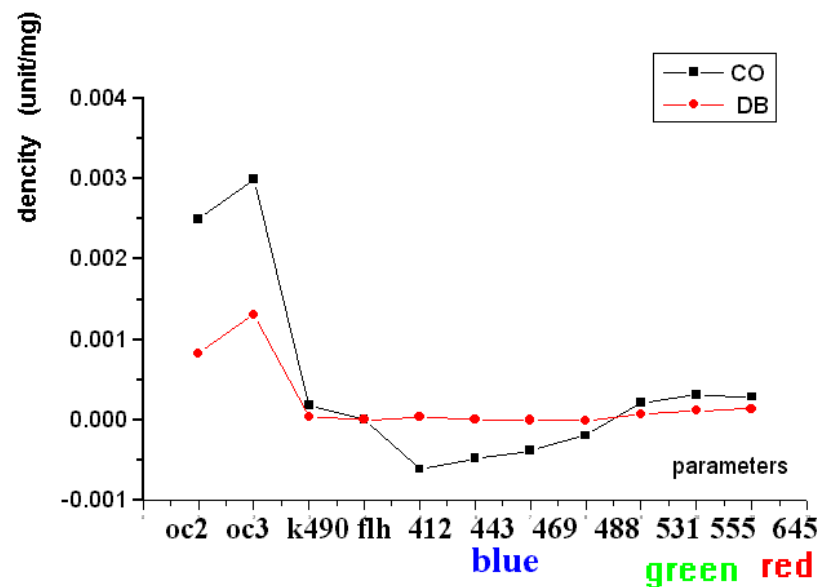
биомасса мг/м³



Зависимость между биомассой и спутниковыми оценками концентрации хлорофилла-а

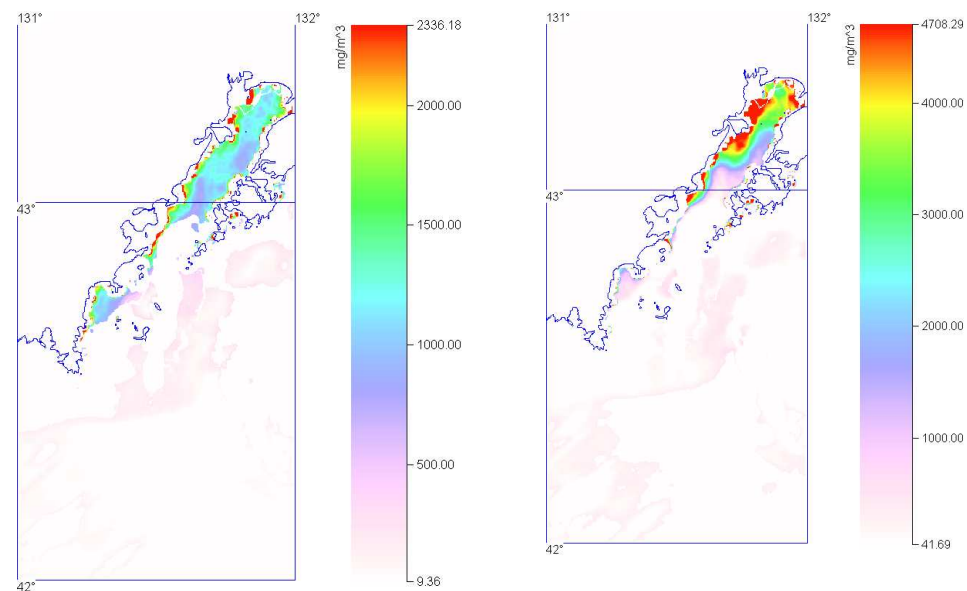


Видовой состав водорослей, биомасса



Оценки концентраций CO и DB

**Спектральные характеристики
водорослей**
CO -Coccinodiscus oculus-iridis ;
DB - Ditylum brightwellii





Выводы

Эксперименты показали, что задача определения видового состава фитопланктона по спутниковой информации и оценки концентраций идентифицированных видов может успешно решаться, но существенно зависит от правильности выбора алгоритма оценки модели аэрозоля и задаваемых характеристик излучения "чистой" воды. Оценка последних по излучению вод открытого моря с минимальной концентрацией хлорофилла-а оказалась неустойчивой.

Для общего решения задачи требуются лабораторные эксперименты по выращиванию доминирующих в море видов фитопланктона и определению их спектральных характеристик, а также согласование технологии комплексных измерений параметров океана и атмосферы. In situ измерения должны сопровождаться прямыми измерениями нисходящего и восходящего из воды излучения. Для повышения точности расчетов необходимо перейти от прогнозных метеопараметров к реальным - относительной влажности воздуха и приводного ветра, оцениваемым по спутниковой информации.



Благодарим за внимание!