

На правах рукописи



АКМАЙКИН ДЕНИС АЛЕКСАНДРОВИЧ

**АНАЛИЗ СТРУКТУР БИООПТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ МОРСКОЙ
ПОВЕРХНОСТИ МЕТОДАМИ ОПТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ**

01.04.05 – оптика

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

Владивосток - 2005

Работа выполнена в Морском физико-техническом институте при Морском государственном университете им. адм. Г.И. Невельского

Научный руководитель: кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник Пермяков
Михаил Степанович

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,
заслуженный деятель науки РФ, профессор
Белоконь Валерий Иванович

кандидат физико-математических наук,
доцент Карпец Юрий Михайлович

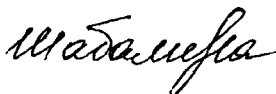
Ведущая организация — Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

Защита состоится «22» ноября 2005 г. в 16⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета ДМ218.003.01 при Дальневосточном государственном университете путей сообщения по адресу: 680021, Хабаровск, ул. Серышева, 47, ауд. 230

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Дальневосточного государственного университета путей сообщения

Автореферат разослан «20» октября 2005 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук



Шабалина Т.Н.

2006-4
21431

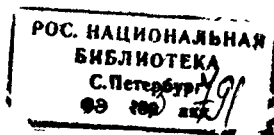
2210346

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы: Определение пространственных структур в распределении биооптических параметров верхнего слоя океана (ВСО) является важным при решении широкого круга задач оптики океана, мониторинге фитопланктонных сообществ и прогнозировании изменений происходящих в морских экосистемах под воздействием процессов различной природы. Разработка новых методов анализа биооптических структур значительно расширяет возможности активных и пассивных оптических методов в исследованиях окружающей среды.

Оптические дистанционные методы зондирования поверхности океана как нельзя лучше отвечают требованиям мониторинга морской среды в широком диапазоне пространственных и временных масштабов. Однако, использование оптических методов зондирования океана (особенно пассивных) сдерживается, в значительной мере, той неоднозначностью интерпретации результатов, которая вызвана несовершенством методов обработки. Например, использование глобальных алгоритмов для восстановления полей концентрации хлорофилла «А» из спутниковых данных о цвете морской поверхности, может приводить к значительным ошибкам, для некоторых оптических типов морских вод. В связи с этим встает задача разработки оптических методов, обеспечивающих проведение коррекции спутниковых данных о цвете морской поверхности и других биооптических параметрах.

Разработка методов лазерной спектроскопии, в частности лазерной индуцированной флуоресценции (ЛИФ) морской воды, позволила оперативно восстанавливать структурные особенности биооптических полей, а так же проводить коррекцию спутниковых данных. В данном исследовании проводилась разработка новых методов определения пространственных структур биооптических полей с использованием данных о спектрах восходящего излучения и ЛИФ спектрах морской воды. Актуальность данной работы обусловлена тем, что полученные результаты расширяют возможности оптических дистанционных методов исследования океана и могут быть использованы для решения целого ряда проблем в исследовании окружающей среды.



Цель работы: Анализ пространственной изменчивости полей биооптических характеристик ВСО с использованием спутниковых данных о цвете морской поверхности и судового лазерного флуориметра.

В связи с этим в данной работе были поставлены следующие задачи:

1. Отработка методов численного анализа случайных полей биооптических характеристик.
2. Разработать процедуры согласования спутниковых данных сканеров цвета и ЛИФ измерений.
3. Уточнить регрессионные соотношения для расчетов концентраций хлорофилла «А» по данным сканера SeaWiFS на основе измерений судовым флуориметром.
4. Провести анализ спектров пространственной изменчивости распределения биооптических характеристик.
5. Применить разработанные методики для исследования влияния различных процессов в атмосфере и океане на статистические характеристики биооптических полей Мирового океана.

Данные, используемые в работе: В работе использовались данные сканера цвета морской поверхности SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor), установленного на спутнике SeaStar и сканера CZCS (Coastal Zone Color Scanner), установленного на спутнике Nimbus-7. Первичное определение значения концентрации хлорофилла «А» производилось с помощью глобальных алгоритмов OC2 и OC4. Данные подспутниковых измерений были получены в экспедиционных исследованиях спектров ЛИФ и других биооптических параметров морской воды, проведенных в период 2001–2003 гг. на акваториях Охотского, Японского морей и в кругосветном плавании 2003–2004 гг. парусного судна «Надежда».

Научная новизна работы состоит в следующем:

1. Предложена классификация оптических типов морской воды по диаграммам рассеяния величин нормированного восходящего излучения для корректировки спутниковых измерений концентрации хлорофилла «А» и представлены регрессионные соотношения для расчета концентрации хлорофилла «А» по данным спутникового зондирования.
2. Реализованы методы численного анализа статистических характеристик пространственной изменчивости биооптических полей

регистрируемых сканерами цвета моря и оптимальное согласование судовых измерений концентраций хлорофилла «А» и спутниковых данных о спектрах восходящего излучения.

3. По данным сканеров цвета впервые проведен анализ степени анизотропии оптических полей и получены ее количественные характеристики.

4. Показано, что тропические циклоны (ТЦ) оказывают существенное влияние на биооптические параметры морской воды и на их пространственно-временное распределение.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Применение методики оптимальной интерполяции при обработке данных сканера цвета морской поверхности в процедурах сопоставления с подспутниковыми измерениями, выполненными ЛИФ методом, позволяет более достоверно восстановить структуру биооптических полей ВСО.

2. Использование двумерных корреляционных функций в процедурах обработки данных сканеров цвета морской поверхности позволяет проводить анализ степени анизотропии биооптических полей и связывать ее характеристики с разнообразными гидрофизическими процессами.

3. Классификация вод по диаграммам рассеяния нормированного восходящего излучения позволяет провести коррекцию регрессионных соотношений определения концентрации хлорофилла «А» по данным о цвете морской поверхности.

4. Глобальные алгоритмы корректно работают в диапазоне значений нормированного восходящего излучения на длине волны 412 нм от 2 до 6 единиц и на длине волны 490 нм, в диапазоне от 2 до 5 единиц.

Практическая значимость результатов полученных в работе:

Разработанные и использованные в диссертации методы, алгоритмы и программы обработки данных могут найти применение в комплексной обработке спутниковых данных и данных судовых измерений биооптических параметров морской воды. Созданное программное обеспечение, большей частью, автоматически адаптируется к изменениям характеристик полей спектров восходящего от морской поверхности излучения и иных биооптических параметров в океане. Оно может использоваться для анализа полей других физических величин измеряемых с помощью спутниковых сканеров.

Апробация работы. Основные результаты, вошедшие в диссертационную работу, докладывались и обсуждались на следующих конференциях:

49-я молодежная научно-техническая конференция «Творчество молодых - интеграция науки и образования», Владивосток, 2001.

Международная научная конференция творческой молодежи «Безопасность на море. Научно-технические проблемы и человеческий фактор», Владивосток, 2002.

Региональная научно-техническая конференция "Наука делает мир лучше", Владивосток, 2003.

Вторая молодежная конференция по проблемам географических и геоэкологических исследований «Геоэкология и проблемы рационального природопользования на Дальнем Востоке» ДВГУ, Владивосток, 2003.

The Third Workshop on the Okhotsk Sea and adjacent areas. PICES, Владивосток, 2003.

The 6-th IOC/WESTPAC International Scientific Symposium «Challenges for Marine Science in the Western Pacific», Hangzhou, China, 2004.

Вторая открытая всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса» ИКИ РАН, Москва, 2004.

Третья международная конференция «Современные проблемы оптики естественных средств» ONW2005, Санкт-Петербург, 2005.

Mechanisms of climate and human impacts on ecosystems in marginal seas and shelf regions. PICES XIV Annual Meeting, Владивосток, 2005.

Публикации. Результаты, полученные в диссертации, опубликованы в 14 печатных работах, список которых приведен в конце автореферата.

Личный вклад соискателя. Автор участвовал в разработке специализированных программных продуктов для обработки и анализа данных спутниковых сканеров цвета и данных судового флуориметра. Участвовал в подготовке материалов и написании статей по тематике диссертации.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы (116 наименований). Общий объем работы – 141 страница, в том числе 56 рисунков и 7 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении определены цель, актуальность, научная новизна и практическое значение работы. Кратко излагается содержание диссертации и поясняется ее структура.

В первой главе описаны физические принципы оптических активных и пассивных методов определения биооптических параметров ВСО.

В параграфе 1.1 рассмотрены основные принципы измерения концентрации хлорофилла «А» по спектрам восходящего из моря излучения. Представлены характеристики спектрального поглощения некоторых биооптических компонентов морской воды.

В параграфе 1.2 описаны оптические сканеры, используемые для измерения спектров восходящего излучения (CZCS, SeaWiFS). Представлены основные оптические и технические характеристики спутниковых сканеров. Показаны методы обработки спутниковой информации о цвете моря.

Основные проблемы, возникающие при определении концентрации хлорофилла «А» с помощью спутниковых сканеров цвета морской поверхности, обсуждаются в параграфе 1.3. Фиксированное (изменяющееся вдоль строки сканирования) пространственное разрешение приводит к трудностям при синхронизации данных по координатам и по времени. Влияние атмосферы на спектры восходящего излучения приводит к тому, что 90% сигнала, принятого на спутнике, обусловлено вкладом атмосферы. Отсутствие данных из-за промежутков между смежными снимками обусловлено параметрами орбиты спутника. Описана проблема координатной привязки спутниковых данных и подходы, применяемые для ее восстановления, с оценкой точности каждого из них. В данной работе предложен способ координатной привязки с использованием модели движения спутника по орбите. Использование предложенного метода ускорило обработку спутниковой информации и выборку спутниковых данных по временным и пространственным интервалам.

В параграфе 1.4 описан метод лазерно-индуцированной флуориметрии. Показана структура судового флуориметра, данные которого используются в настоящей работе. Отмечаются некоторые особенности его использования.

Во второй главе представлены методы и алгоритмы восстановления концентрации хлорофилла «А» из данных активного и пассивного оптического зондирования поверхности океана.

В параграфе 2.1 описаны основные алгоритмы восстановления значений концентрации хлорофилла «А» по спутниковым данным о цвете морской поверхности и методы калибровки этих алгоритмов.

Метод определения концентрации хлорофилла «А» по спектрам ЛИФ описаны в параграфе 2.2.

В параграфе 2.3 представлена методика построения региональных регрессионных соотношений на основе сопоставления данных спутникового зондирования и данных подспутниковых измерений методом ЛИФ.

Третья глава посвящена методам расчета и обработки биооптических данных, используемых в работе.

В параграфе 3.1 показан метод обработки горизонтальных биооптических профилей с использованием кубических сглаживающих сплайнов с выбором сглаживающего параметра. Описанная процедура активно использовалась в данной работе как вспомогательная при обработке данных.

В параграфе 3.2 представлены процедуры расчета статистических характеристик биооптических полей, используемые в работе, особенности их использования и точности их восстановления. Показаны процедуры расчета и аппроксимации одномерных и двумерных корреляционных функций. Описаны методы пространственного спектрального анализа распределения биооптических параметров однородных случайных полей. Принципы использования диаграмм рассеяния и расчета регрессионных коэффициентов, входящих в аналитические зависимости между спутниковыми оценками и судовыми данными. Предложены процедуры «весового окна» и скользящего контроля с коэффициентами, учитывающими статистическую структуру обрабатываемых полей.

В параграфе 3.3 описан метод оптимальной интерполяции биооптических полей, полученных в неравномерно распределенных точках наблюдений, в узлы заданной, регулярной сетки либо в точки проведения подспутниковых измерений. Учет особенностей пространственного распределения данных наблюдений происходит автоматически. Среди прочих методов объективного анализа данный метод, благодаря учету статистической структуры исходных данных, позволяет восстановить

значения поля, обеспечивая наименьшую среднеквадратическую ошибку.

Реализованный в настоящей работе алгоритм отличается от подобных алгоритмов оптимальной интерполяции тем, что использует оценки характеристик статистической структуры (корреляционную или структурную функции) и параметры оптимальной интерполяции (радиус влияющих пикселей, погрешность данных) по исходному набору данных наблюдений, которые необходимо интерполировать.

На рис. 1 в качестве примера показан результат сопоставления ЛИФ и SeaWiFS данных на основе использования разработанного алгоритма оптимальной интерполяции. На карте точками показаны данные спутникового зондирования, знаком «+» - данные SeaWiFS внутри круга корреляции, отрезок в центре показывает маршрут подспутниковых измерений. На графике рис. 1 б), отрезками показаны значения концентрации хлорофилла «А» в ближайших к маршруту судна пикселях SeaWiFS, точками – значения, интерполированные на маршрут судна.

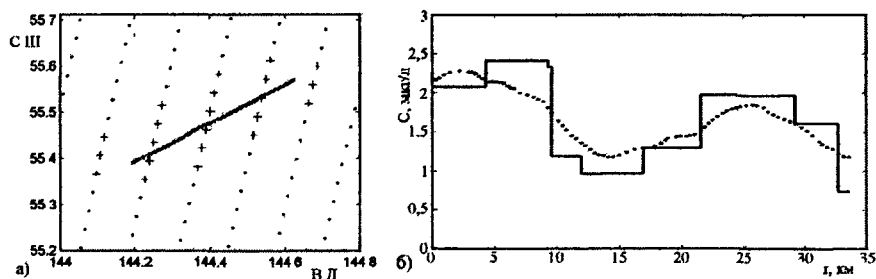


Рис. 1. Применение оптимальной интерполяции для сопоставления спутниковых данных с подспутниковыми измерениями. а) - спутниковые данные и маршрут исследовательского судна, б) - результат применения процедуры

В четвертой главе проводится статистический анализ биооптических полей в ВСО по спутниковым и судовым данным лазерного флуориметра.

В параграфе 4.1 представлены результаты обработки полей оптических параметров по данным спутникового зондирования. Для наглядного представления анизотропии биооптических полей предложе-

но использовать корреляционные эллипсы, построенные на уровне 0,5 от максимума двумерных корреляционных функций распределения исследуемого параметра. Проведен массовый расчет для акватории Охотского моря. Характеристики корреляционных эллипсов могут служить в качестве признаков (критериев) классификации районов моря, отражающей их гидроопические и гидрологические особенности. На рис. 2 в качестве примера представлена карта распределение корреляционных эллипсов и их статистические характеристики для отдельного района.

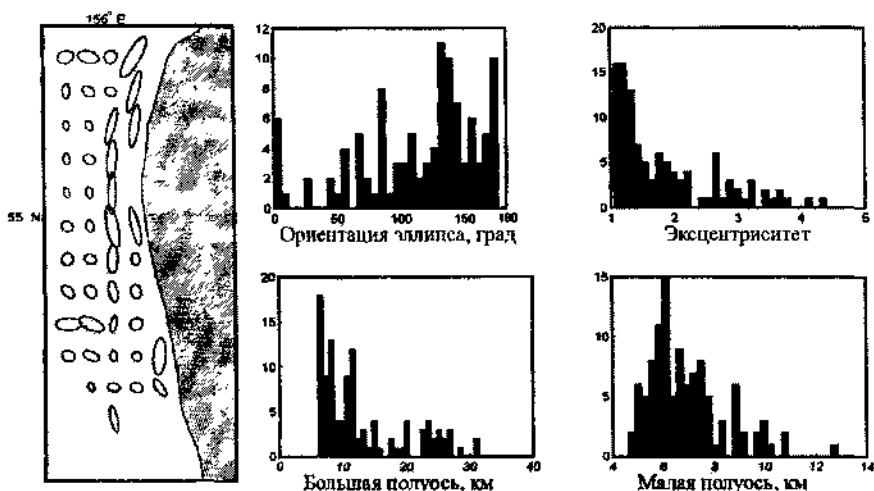


Рис. 2. Статистические характеристики корреляционных эллипсов рассчитанных по данным дистанционного оптического зондирования

Показано существенное сокращение объема информации, требуемой для представления статистической структуры поля с помощью корреляционных эллипсов и примеры использования их в процедурах обработки полей спутникового зондирования.

В параграфе 4.2 проведено сравнение одномерных пространственных статистических характеристик, полученных по судовым ЛИФ спектрам и по спутниковым данным о цвете морской поверхности. Показано, что значения корреляционных функций рассчитанных по данным

ЛИФ при аппроксимации в ноль позволяют оценить уровень шума данных. В отдельных случаях были получены отношения сигнал/шум для спутниковых данных порядка 2, а для данных лазерной флуориметрии это значение может достигать 10, что объясняется более высокой точностью метода ЛИФ.

Корреляционные функции по спутниковым данным спадают медленнее, их радиус корреляции больше чем у ЛИФ. Для полей хлорофилла «А» со средней концентрацией более 2 мкг/л, в случае достаточного количества исходных данных, вид корреляционной функции близок по виду корреляционной функции для гидрологических случайных полей (прозрачности, солености, температуры). При сильной зашумленности данных спутникового зондирования, а также при концентрациях меньше 0,5 мкг/л, отсчеты корреляционной функции оцениваются не во всех градациях расстояний, и сильно меняются при малом изменении расстояния.

На рис. 3 показан пример пространственных спектров рассчитанных по корреляционным функциям для спутниковых и судовых данных.

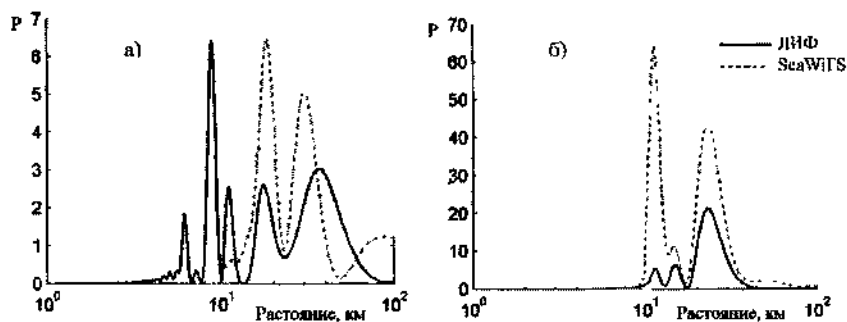


Рис. 3. Пример одномерных пространственных спектров по данным ЛИФ и спутникового сканера

Пространственные спектры, рассчитанные из корреляционных функций, имеют совпадение по масштабам и по мощности в диапазоне от 10 до 80 км. По спектрам ЛИФ возможна оценка масштабов до сотен метров. Пространственные масштабы спектров, рассчитанные из дан-

ных спутника, не позволяют проводить анализ масштабов менее восьми километров. Спектры, рассчитанные по данным спутникового сканера, превышают в некоторых случаях масштабы спектров, рассчитанных по данным ЛИФ, позволяя анализировать распределения биооптических параметров на больших масштабах.

В параграфе 4.3 проводится сравнение диаграмм рассеяния яркости нормированного восходящего излучения на длинах волн 412 нм (nLw_{412}) и 490 нм (nLw_{490}), деленные на яркость нормированного восходящего излучения на длине волны 555 нм (nLw_{555}). Выбор этих длин волн обусловлен тем, что растворенное в морской воде органическое вещество ("желтое вещество") наиболее сильно поглощает на длине волны 412 нм, а длина волны 490 нм используется в основном для восстановления концентрации хлорофилла «А» алгоритмом ОС2.

Анализ большого числа диаграмм рассеяния (более ста) показал, что полученные диаграммы по области рассеяния можно разделить на три типа (Рис. 4).

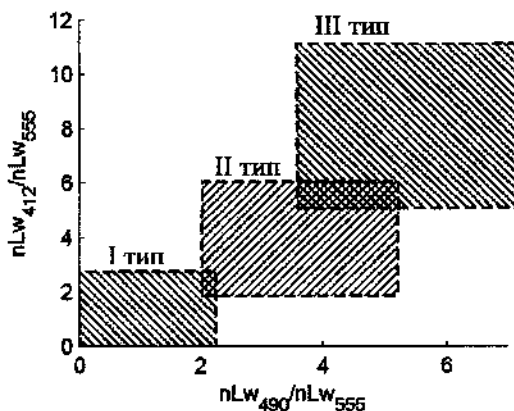


Рис. 4. Разделение области значений биооптических параметров на три типа

Диаграммы рассеяния первого типа лежат в области от 0 до 2,5 единиц по обеим осям nLw . В этом случае концентрации хлорофилла «А», определенные по спектрам восходящего излучения, обычно превышают значения концентрации, определенные по спектрам ЛИФ, в

несколько раз. При коэффициенте корреляции данных по осям более 0,5 предлагается использование региональных алгоритмов.

Диаграммы рассеяния второго типа лежат в области от 2 до 5 единиц по оси nLw_{490}/nLw_{555} и в области 2-6 по оси nLw_{412}/nLw_{555} . Концентрации хлорофилла «А» в таких случаях чаще всего достаточно близки, а гистограммы очень близки по форме.

Диаграммы рассеяния третьего типа распределены по диапазону 4-7 единиц по оси nLw_{490}/nLw_{555} и 5-12 по оси nLw_{412}/nLw_{555} . Спутниковые данные при диаграммах рассеяния такого типа занижены относительно данных ЛИФ не более чем в два раза.

На основе введенной классификации были предложены регрессионные соотношения позволяющие проводить расчет концентрации хлорофилла «А» по спутниковым данным в случаях, если диаграммы рассеяния для них соответствуют первому или третьему типу:

$$OC4_I \text{ тип} \quad C = 10.0^{-0.045-2.361LR_{oc4}+0.941(LR_{oc4})^2}$$

$$OC4_III \text{ тип} \quad C = 10.0^{-0.249-0.143LR_{oc4}-0.181(LR_{oc4})^2}$$

где LR_{oc4} – соотношения полос сканера цвета используемые в алгоритме обработки данных SeaWiFS - OC4

В параграфе 4.4 обсуждается влияние синоптических атмосферных возмущений на поля биооптических характеристик. Для исключения из анализа районов и тайфунов, в которых рост концентрации хлорофилла «А» обусловлен ошибками стандартных алгоритмов, в параграфе осуществляется их выбор с использованием статистических гипотез о равенстве двух средних.

В параграфе 4.5 приводятся результаты оценки влияния тайфунов на поля хлорофилла «А» и биооптические характеристики поверхности океана. Отмечены характерные переходные процессы во временном ходе статистических характеристик полей оптических параметров. Пространственные спектры смещаются в область меньших масштабов (Рис. 5).

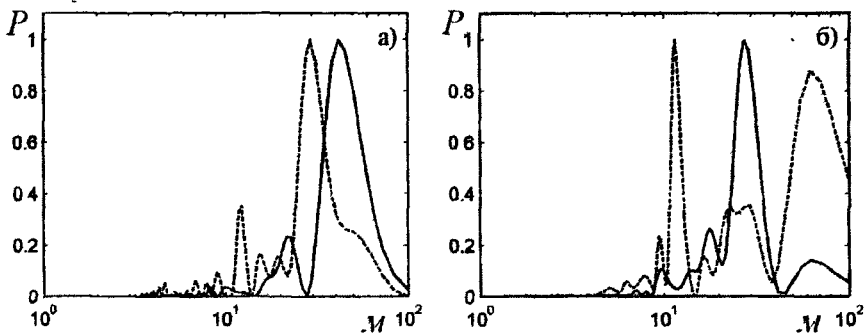


Рис. 5. Изменение пространственных спектров полей восходящего излучения при прохождении тайфуна. Сплошная линия - пространственные спектры до прохождения тайфуна, пунктирная - после прохождения тайфуна

Прохождение тайфуна зачастую приводит к смене биооптического типа вод по классификации, приведенной в параграфе 4.3. Пример такого влияния приведен на рис. 6. Диаграмма рассеяния нормированных коэффициентов яркости до прохождения тайфуна представлена серыми точками, после прохождения тайфуна - черными.

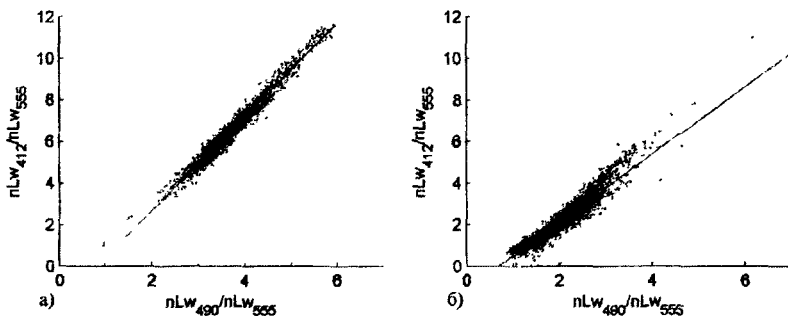


Рис. 6. Влияние тайфуна на изменение биооптического типа морской воды: а) диаграмма рассеяния не изменяется; б) диаграмма рассеяния смещается в область значений диаграмм первого типа

В заключении сформулированы выводы и описаны основные результаты работы:

1. Предложена оптическая классификация вод по диаграммам рассеяния индексов цвета на длинах волн 490/555 и 412/555 нм, определяющая три оптических типа вод. Показана необходимость и возможность коррекции глобальных алгоритмов для морских вод второго типа, в которых диаграмма рассеяния индексов цвета лежит вне диапазона значений от 2 до 6 относительных единиц для индекса цвета 412 и от 2 до 5 относительных единиц для индекса цвета 490 нм. В первом типе вод индексы цвета 490 и 412 находятся в диапазоне 0-2,5, диаграммы рассеяния третьего типа по индексу цвета 490 от 4 и выше, а по 412 от 6 относительных единиц

2. Получены регрессионные коэффициенты в эмпирических формулах расчета концентрации хлорофилла «А» по данным спутникового зондирования при 1 и 3 типах оптической классификации

3. Уточнены региональные регрессионные соотношения расчета концентрации хлорофилла «А» в Охотском море в осенне-летний период.

4. Разработано программно-алгоритмическое обеспечение для анализа статистических характеристик пространственной изменчивости оптических полей. Важной особенностью разработанных алгоритмов и программ является применение скользящих окон при расчете значений корреляционных функций в грациях расстояний. Для повышения достоверности и точности оценок корреляционной функции применяется процедура «скользящий контроль». Указанные особенности алгоритмов обработки позволяют на малых выборках получать достаточно надежные оценки статистических характеристик полей оптических характеристик. Предложен быстрый алгоритм координатной привязки для предварительной обработки данных оптического дистанционного зондирования

5. Реализован корреляционный алгоритм оптимальной интерполяции. Особенности реализации алгоритма заключаются в расчете корреляционной функции, радиуса влияющих пикселей, погрешность данных и других параметров алгоритма по исходной выборке данных.

6. Реализована процедура оптимального согласования разнесенных по координатам и асинхронных во времени данных сканеров цвета и подспутниковых судовых измерений. Процедура позволяет про-

водить сопоставление измерений различных масштабов и различной пространственной структуры.

7. Двумерные корреляционные функции позволяют провести анализ анизотропии оптических полей и получить оценки ее количественных характеристик - корреляционные эллипсы, длины больших и малых осей, ориентация. Показано, что характеристики корреляционных эллипсов существенно зависят от географических, гидрофизических и биологических особенностей акваторий. При численном анализе структуры полей использование параметров корреляционных эллипсов позволяет существенно сократить объем информации, требуемой для восстановления осредненных по времени полей биооптических характеристик.

8. По данным судового лазерного флуориметра и сканеров цвета моря получены оценки спектров пространственных масштабов полей биооптических характеристик для некоторых районов Мирового океана и Дальневосточных морей, позволяющие судить об основных физических процессах формирующих пространственную изменчивость оптических полей в верхнем слое океана.

9. На примере тропических циклонов исследовано влияние интенсивных погодных возмущений на статистические характеристики биооптических полей. После их прохождения в течение 7-15 дней отмечены характерные переходные процессы во временном ходе статистических характеристик полей и при этом возможна смена оптического типа вод.

ПУБЛИКАЦИИ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИССЕРТАЦИИ

1. Букин О.А., Пермяков М.С., Павлов А.Н., Майор А.Ю., Малеев А.В., Тархова Т.И., Скороход Г.В., Акмайкин Д.А. Использование пассивно-активных методик оптического зондирования для измерения структурных особенностей распределения биооптических характеристик в верхнем слое океана// Оптика атмосферы и океана.- 2000.- Т.13.- № 09.- С.847-850.

2. Пермяков М.С., Акмайкин Д.А., Салюк П.А., Букин О.А., Тархова Т.И., Смолин П.В. Влияние тайфунов на поля концентрации хлорофилла «А» по данным сканера цвета морской воды SeaWiFS// Исследование Земли из космоса.- 2005.- № 5.- С.56-62.

3. Пермяков М.С., Букин О.А., Акмайкин Д.А. и др. О региональных алгоритмах восстановления концентрации хлорофилла А по данным сканера SeaWiFS для Охотского моря// Электронный журнал «Исследовано в России».- 2004.- №87.- С.972-981.

<http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/087.html>

4. Bukin O., Pavlov A., Permyakov M., Mayor A., Tsareva O., Konstantinov O., Akmaykin D. Comparison of some results of pigment concentrations measured by satellite and shipborne remote sensing methods// Proceedings of SPIE, 2002, Vol. 4154-10, pp. 74-82.

5. Permyakov M., Bukin O., Mayor A., Pavlov A., Tarkhova T., Skorokhod G., Akmaykin D. Statistical features of space distribution of chlorophyll a in the South Pacific using SeaWiFS data and shipborne laser fluorometer measurements// Proceeding of SPIE, 2001, Vol 4154-27, pp. 188-192.

6. Salyuk P.A., Bukin O.A., Akmaykin D.A., Lastovskaya I.A. Application of the laser induced fluorescence method for monitoring of the processes of dissolved organic matter reproduction by phytoplankton cells// Proceedings of the III international conference "Current problems in optics of natural waters".- St.Peterburg 2005, pp.107-111.

7. Акмайкин Д.А., Букин О.А., Пермяков М.С., Салюк П.А. Оценки воздействия тропических циклонов на распределение концентрации хлорофилла «А» в некоторых районах Тихого океана// Сборник научных статей «Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса».- М.: Полиграфсервис, 2005, т. II, – С.64-69.

8. Akmaykin D.A. Typhoon effect of chlorophyll concentration in the upper of the Western Pacific received from satellite SeaWiFS data// Abstracts of 6th IOC/WESTPAC International Scientific Symposium «Challenges for Marine Science in the Western Pacific».- Hangzhou, China 2004. – P.92.

9. Salyuk P., Akmaykin D. Developing of the regional ocean color chlorophyll a algorithms for SeaWiFS for the Okhotsk Sea// Proceedings of the Third Workshop on the Okhotsk Sea and Adjacent Areas.- PICES scientific report 2004.- No 26.- P.192.

10. Акмайкин Д.А. Обработка и корректировка данных CZCS// Сборник докладов 49-ой молодежной научно-технической конференции «Творчество молодых - интеграция науки и образования».- Владивосток: МГУ им. адм. Г.И. Невельского, 2001.- С.156-160.

11 Акмайкин Д.А. Обработка данных SEAWIFS// Сборник докладов 50-ой молодежной научно-технической конференции «Безопасность на море. Научно-технические проблемы и человеческий фактор».- Владивосток: МГУ им. адм. Г.И. Невельского, 2002.- С.114-119.

12. Akmaykin D., Salyuk P. Statistical structure of biooptical parameters of the surface layer of the Japan and Okhotsk seas// PICES fourteenth annual meeting program abstracts. Vladivostok 2005.- P.169.

13. Акмайкин Д.А. Влияние тайфунов на изменение концентрации хлорофилла А в поверхностном слое океана по данным сканера цвета морской поверхности «SeaWiFS»// Сборник докладов второй молодежной конференции по проблемам географических и геоэкологических исследований «Геоэкология и проблемы рационального природопользования на Дальнем Востоке».- Владивосток: ДВГУ, 2004.- С.51-54.

14. Salyuk P.A., Bukin O.A., Akmaykin D.A. Monitoring of processes of dissolved organic matter production by phytoplankton using optical spectroscopy methods// PICES fourteenth annual meeting program abstracts. Vladivostok 2005.- P.174.

Акмайкин Денис Александрович

**АНАЛИЗ СТРУКТУР БИООПТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ МОРСКОЙ
ПОВЕРХНОСТИ МЕТОДАМИ ОПТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ**

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

Подписано к печати 21.10.2005 г. Уч.-изд. л. 1,0. Усл. печ. л. 1.
Формат 60 × 84/16 Тираж 100 экз. Заказ № 830

Отпечатано в типографии ИПК
МГУ имени адмирала Г.И. Невельского
690059, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50^а

№ 19767

РНБ Русский фонд

2006-4

21431