# Введение

Оптические методы исследования Земли являются наиболее развитыми и широко используемыми в оперативной практике.

В настоящее время на орбите Земли находится большое количество сканеров, работающих в оптическом диапазоне (например, сканеры MODIS на спутниках Terra и Aqua, радиометры AVHRR на серии спутников NOAA).

Одно из основных применений данных оптических сканеров, - изучение «цвета» Океана (содержание фитопланктона и минеральной взвеси, биогеохимические характеристики), а также температуры его поверхности.

# Маска блика

При изучении оптических характеристик Океана, солнечная радиация, отраженная от морской поверхности, является шумом по отношению к радиации, рассеянной в верхнем слое Океана.

В областях солнечного блика отражённая радиация составляет значительную часть регистрируемого излучения, что исключает возможность применения алгоритмов восстановления «цвета» Океана.

Существование солнечного блика приводит к тому, что огромная часть спутниковых сканерных данных (до 30%) не может быть использована в классических океанографических приложениях.

Области, где восстановление параметров цвета Океана по спутниковым данным невозможно, маскируются для конечного пользователя и, таким образом, «выбрасываются в мусорный ящик».

Для наглядности какое количество информации “выкидывается” приводится пример маскировки областей поверхности океана, «засвеченных» солнечным бликом в данных сканера MODIS.

# Актуальность

Основная идея работы состоит в том, что отраженная солнечная радиация несёт информацию о характеристиках «шероховатости» поверхности Океана.

В этом случае данные оптических сканеров могут быть использованы для исследования статистических характеристик ветрового волнения и их вариаций, вызванных различными океаническими процессами.

Актуальность данного исследования также определяется необходимостью разработки нового метода, позволяющего использовать отбрасываемые ранее данные оптических сканеров для исследования проявления различных динамических процессов на поверхности Океана.

Предлагаемый подход, совместно с существующими радиолокационными (РЛ) методами наблюдения поверхности Океана, открывает новые возможности для мониторинга океанических явлений из Космоса по их поверхностным проявлениям.

# Цель

Цель исследования разбита на 2 этапа

В первую очередь необходимо создать метод исследования поверхности Океана по спутниковым изображениям солнечного блика

И во вторую – применить этот метод для исследования нефтяных загрязнений и поверхностных проявлений динамических процессов в Океане

# Задачи

Чтобы достичь поставленной цели решались следующие задачи:

* разработать метод восстановления пространственных вариаций среднеквадратичного наклона (СКН) морской поверхности по полю яркости солнечного блика;
* применить разработанный метод для анализа данных спутниковых оптических сканеров MODIS и MERIS;
* исследовать поверхностные проявления биологических и нефтяных сликов в солнечном блике и в поле СКН морской поверхности, а также исследовать подобие и отличия аномалий «шероховатости» морской поверхности в сликах, измеряемых оптическими и радиолокационными методами;
* исследовать особенности проявления внутренних волн и мезомасштабных течений на морской поверхности по изображениям солнечного блика;
* исследовать связь аномалий характристик «шероховатости» морской поверхности с параметрами мезомасштабных течений на основе синергетического анализа оптических и радиолокационных изображений;
* создать специализированное программно-математическое обеспечение, сопровождающее разработанные методы.

# Содержание

**1.** В **первой главе** описывается метод восстановления пространственных вариаций среднеквадратичного наклона (СКН) морской поверхности по солнечному блику, регистрируемому оптическими сканерами из космоса. Рассматриваются основные технические особенности приборов MODIS и MERIS. Разработанный метод применяется к анализу данных спутниковых оптических спектрометров MODIS и MERIS. Описываются разработанный алгоритм и программное обеспечение для восстановления СКН.

Обосновывается 1 положение, выносимое на защиту

**2.** Во **второй главе** метод, описанный в первой главе, применяется для исследования морской поверхности, покрытой нефтяными плёнками естественного и техногенного происхождения.

В качестве объекта исследования выбраны естественные нефтяные образования – грифоны и нефтяной разлив в результате взрыва на нефтяной платформе Дипвотор Хорайзон в Мексиканском заливе. Приводится совместный анализ полученных результатов с данными радиолокаторов с синтезированием апертуры (РСА), и раскрываются преимущества синергетического подхода в исследовании поверхностных сликов.

Обосновываются 2 и 3 положения, выносимое на защиту

**3.** В **третьей главе** рассматриваются примеры исследования суб- и мезомасштабной динамики Океана по оптическим и радиолокационным изображениям.

Обосновываются 4 и 5 положения, выносимое на защиту

# Блик в Севастополе

Как я уже отмечал, основные океанографические приложения оптических спутниковых данных связаны с изучением цвета Океана.

С одной стороны, отражённый от морской поверхности солнечный свет составляет основной вклад восходящей радиации и создаёт значительные трудности для разработчиков алгоритмов восстановления цвета Океана.

Однако, в солнечном блике содержится ценная информация о статистических характеристиках шероховатости морской поверхности

Если мы представим невозмущённую морскую поверхность, то олнечный блик в середине дня будет представлять собой симметричное яркое пятно.

Но ветер, течения, слики и проходящие суда сформировали на морской поверхности множество уклонов, благодаря которым мы наблюдаем сложную картину зеркальных отражений – множество солнечных зайчиков, которые, сливаясь воедино, формируют сложную и красивую картину

# Блик на снимках MODIS

На спутниковых изображениях солнечный блик проявляется как яркая полоса близкая к линии зеркального отражения.

Здесь представлены псевдо-цветные композиты данных прибора MODIS

При увеличении скорости ветра блик становится более тусклым, при этм охватывает больший диапазон направлений, что, конечно , связано с изменением среднеквадратичного наклона морской поверхности

# Данные

Для исследования солнечного блика наиболее предпочтителен красный канал, поскольку свет в красном канале поглощается в «тонком» поверхностном слое океана (Jerlov, 1976), и, таким образом, не так чувствителен к «цвету» водного столба и поверхностной температуре.

# Классическая задача рассеяния

Классическая задача рассеяния была подробно описана ещё в 1954 г. Коксом и Манком.

Подгоняя модель с ПРВ, заданной в виде рядов Грамма-Шарлье, к измеряемой яркости блика Кокс и Манк получили фундаментальные статистические характеристики наклонов морской поверхности

# Предлагаемый метод восстановления СКН

В диссертационном исследовании предлагается метод восстановления пространственных вариаций среднеквадратичного наклона морской поверхности по полю яркости солнечного блика на внутренних масштабах блика, с использованием передаточной функции, которая напрямую зависит от наблюдаемых градиентов яркости солнечного блика, без априорного задания плотности распределения уклонов морской поверхности

Для получения вариаций СКН выполняются следующие шаги:

Сначала исходное поле яркости представляется в виде суперпозиции среднего (*масштаб солнечного блика*) и его вариаций *(внутренний масштаб)*

Далее Полученные контрасты яркости преобразуются в контрасты СКН с использованием передаточной функции.

Поскольку количество отражённой радиации в районе солнечного блика зависит от СКН, любое явление, наблюдаемое на поверхности океана и приводящее к вариациям СКН, возможно наблюдать в контрастах яркости

# Особенности формирования

Разработанный метод позволяет работать с различными оптическими спектрометрами именно благодаря использованию передаточной функции

Далее рассмотрим конструктивные особенности приборов MERIS и MODI S, приводящие к различному формированию изображений этими приборами

Так изображение MODIS формируется за счёт сканирующей камеры, что приводит к образованию “полосообразной” структуры изображения в области солнечного

блика с явно выраженными двумерными градиентами яркости вдоль и поперек траектории полета спутника

В случае с изображением прибора MERIS ситуация кардинально отличается. Изображение формируется 5-ю одинаковыми неподвижно зафиксированными оптическими камерами, что приводит к формированию изображения с градиентами яркости лишь в одном направлении

# Метод

Разработанный метод диагностики пространственных аномалий «шероховатости» поверхности Океана по спутниковым изображениям солнечного блика позволяет работать с различными оптическими спектрометрами благодаря использованию передаточной функции, которая напрямую зависит от наблюдаемых градиентов яркости солнечного блика, без априорного задания плотности распределения уклонов;

# Примеры работы алгоритма

# Процедура восстановления СКН