7. Сначала кратко расскажу о том, как формируется изображение мп в зоне солнечного блика.

Мы считаем, что яркость определяется только отражением от солнечного диска и пренебрегаем рассеянным излучением от неба и излучением водной толщи.

И тогда, яркость мп можно описать формулой…

Она зависит от геометрии съемки и пропорциональна плотности вероятностей попадания наклона в данной точке, соответствующего наклону для формирования зеркального отражения

11. Особенностью спутниковых данных Сентинел-2 является то, что изображение формируется не с помощью матрицы, как в обычном фотоаппарате, а с помощью линейки датчиков. Двумерная картина получается за счет движения спутника.

План рассказа

**Актуальность темы**

* На шероховатость поверхности морской поверхности влияют множество динамических процессов, таких как:
  + ***Скорость ветра***;
  + Наличие поверхностных пленок;
  + Подповерхностные процессы;
  + Распространение внутренних волн;
  + Изменения топографии дна;
  + Наличия течений, вихрей, температурных фронтов, зон конвергенции и дивергенции;

Таким образом количественная оценка СКН позволяет решать обратные задачи – получать информацию о перечисленных динамических процессах.

В данной работе я рассматриваю только влияние скорости ветра.

**Возможные приложения:**

* + фундаментальные исследования динамики океана и взаимодействия океана и атмосферы;
  + получение информации о метеорологических параметрах;
  + мониторинг загрязнений морской поверхности;
  + наблюдение подповерхностных процессов;
  + транспорт биопродуктивного вещества;
  + и др.

**Цель исследования**

* Разработка и тестирование алгоритма оценки СКН по спутниковым изображениям в зоне солнечного блика, используя методы обработки спутниковых изображений.
* Получение достоверных значений скоростей приповерхностного ветра.

**Предмет исследования**

Широкополосные многоспектральные снимки миссии Sentinel-2 (ESA) участков морской поверхности в зоне солнечного блика, выложенные в свободный доступ.

**Постановка задачи**

* Анализ и усовершенствование метода для обработки многоспектральных изображений со спутника.
* Разработка алгоритма и его реализация в виде программы на языке Matlab.
* Проверка полученных результатов с помощью данных, собранных в рассматриваемом участке (Чёрное море) с помощью альтиметров.
* Анализ результатов и выводы.

**Справка (Лебедев).** Первые оптические исследования уклонов проводились по изображениям морской поверхности, полученным в начале ХХ века с помощью стереофотосъемки. В 1950-х гг. последовал эксперимент Кокса-Манка, в котором характеристики уклонов определялись по данным аэрофотосъемки. В 2000-х гг. для измерения уклонов морской поверхности были использованы оптические сканеры, установленные на космических аппаратах. Активные методы измерения уклонов начали быстро развиваться с появлением лазеров; их можно разделить на две группы: основанные на отражении лазерного луча морской поверхностью и основанные на преломлении лазерного луча на границе вода-воздух. Результаты измерений уклонов, полученные с помощью пассивных и активных методов, предназначены для применения в разных областях. Пассивные методы позволяют получать информацию для решения задач метеорологии и океанографии. Активные методы ориентированы на решение задач физики взаимодействия океана и атмосферы, в первую очередь на исследования проявления на морской поверхности процессов, протекающих в пограничных слоях моря и атмосферы.

В данной работе анализируются снимки, полученные с помощью **спутникового дистанционного зондирования (ДЗ)** – происходит регистрация датчиком, установленным на искусственном спутнике, электромагнитного излучения, которое отражается или испускается поверхностью Земли. При дистанционном зондировании океанов, морей и др. водных объектов одним из источников измеряемого излучения является солнечный свет, который проникает в толщу воды, частично поглощается ею, а также рассеивается и отражается, в том числе и в направлении удалённого датчика.

Фотоны, попадающие в водную среду, взаимодействуют с молекулами воды, органическим веществом, растворенным в воде, клетками микроводорослей, взвешенными веществами (такими как минеральная взвесь, детрит) и планктонными организмами (такими как бактерио– и зоопланктон).

Большая часть солнечной энергии поглощается водой и превращается в тепло, но часть фотонов оказывается рассеянной, в том числе, и в направлении раздела вода-воздух. В результате фотон может покинуть водную среду и достигнуть удаленного датчика. Величина вероятности рассеяния зависит как от размера рассеивающего компонента и его комплексного показателя преломления, так и от энергии фотона.

Спектральное распределение света, вышедшего из воды, зависит от положения Солнца, состояния облачности и природных свойств самой воды и веществ, в ней находящихся. Восприятие цвета воды человеческим глазом определяется спектральным распределением света, восходящего из-под поверхности воды. Так чистые океанические воды имеют голубой цвет, а прибрежные воды могут быть зеленоватыми, бурыми или желтоватыми в зависимости от наличия в воде микроводорослей, неорганических взвесей и растворенных органических веществ.

**Формирование изображения**

При условии, что океан мог бы оказаться совершенно спокойным, а его поверхность невозмущённой, то на поверхности сформировался бы единственный солнечный блик с центром в зеркальной точке. Однако, в природе мы часто наблюдаем другую картину, когда множество “солнечных зайчиков” формируют сложную “бликующую” картину на взволнованной водной глади.

В этом случае, излучение, приходящее в приёмник, формируется совокупностью зеркальных отражений от склонов поверхностных волн, распределённых по морской поверхности.

Для исследования солнечного блика наиболее предпочтителен красный канал, поскольку свет в красном канале поглощается в “тонком” поверхностном слое Океана, и, таким образом, менее чувствителен к “цвету” водного столба, а также не чувствителен к поверхностной температуре.

Солнечный блик несёт в себе очень ценную информацию о статистических характеристиках морской поверхности – среднеквадратичном наклоне (СКН), асимметрии и кривизне, что было отчётливо показано в пионерских работах Кокса и Манка, а также описано в недавней работе, в которой авторы использовали огромный массив спутниковых данных оптического диапазона. Поскольку количество отражённой радиации в районе солнечного блика зависит от СКН, любое явление, наблюдаемое на поверхности Океана (как слики, внутренние волны, фронты течений, вихри, грибовидные структуры и др.), приводящее к вариациям СКН, возможно наблюдать в контрастах яркости.

**Показ формул**

Геометрия зеркального отражения солнечного излучения от уклонов взволнованной поверхности Океана приведена на Рисунке. Зеркальные отражения должны удовлетворять двум условиям:

∙ угол падения равен углу отражения;

∙ луч падающий (𝐼), луч отражённый (𝑅) и перпендикуляр (𝑛) к отражающей поверхности в точке излома луча всегда лежат в одной плоскости

Система координат выбрана таким образом, что ось y сонаправлена с азимутом

Солнца, 𝜃𝑠, 𝜃𝑉 – зенитные углы Солнца и сенсора, соответственно, 𝜙𝑉 – азимут

сенсора. Уклон описывается зенитным 𝛽 и азимутальным 𝛼 углами

(отсчитываемого по часовой от Солнца).

Яркость 𝐵 изображения морской поверхности в солнечном блике определяется функцией распределения уклонов 𝑃(𝑍𝑥, 𝑍𝑦), присутствующих на поверхности волн. Исходя из геометрии отражения и опуская подробные выкладки, эту зависимость можно представить в следующем виде:

"Формула для яркости"

где 𝐵 – отраженная от поверхности моря яркость;

𝐸0 – освещённость поверхности моря прямыми солнечными лучами;

𝜌 – коэффициент отражения Френеля;

𝜃𝑣 – зенитный угол наблюдения;

𝑃(𝑍𝑥, 𝑍𝑦) – двумерная функция плотности распределения вероятности (ПРВ) наклонов

морской поверхности;

𝑍𝑥 и 𝑍𝑦 – наклоны морской поверхности, удовлетворяющие условиям зеркального отражения солнечного излучения в приемную апертуру прибора, которые связаны с “геометрией наблюдения и освещенностью” морской поверхности следующим образом:

"Формулы наклонов"

где 𝜃𝑠 – зенитный угол Солнца; 𝜙𝑣 и 𝜙𝑠 – азимутальные углы наблюдения и Солнца, соответственно и

"Формула тангенса"

Уравнение [яркости] рассматривается как основное, и все предположения относительно формирования яркости поверхности в солнечном блике относятся к заданию вида функции плотности распределения вероятности наклонов морской поверхности. Кокс и Манк в 1954 году, а позднее авторы других статей, предложили моделировать 𝑃(𝑍𝑥, 𝑍𝑦) в виде рядов Грамма-Шарлье. Подгоняя модель с 𝑃(𝑍𝑥, 𝑍𝑦), заданной в виде рядов Грамма-Шарлье, к измеряемой яркости блика, Кокс и Манк получили фундаментальные статистические характеристики наклонов морской поверхности – среднеквадратичный наклон, их асимметрию и эксцесс, а также выявили их зависимость от скорости ветра.

**Подходк оценке дисперсии уклонов.**



Модифицированная яркость пропорциональна плотности вероятности попадания зеркальной точки на рассматриваемый участок поверхности.

Распределение уклонов (плотность вероятности) близко к распределению Гаусса.

P = 1/(pi\*s^2)\*exp(-(Zx^2+Zy^2)/s^2)

Ширина гауссианы s^2 - искомая дисперсия уклонов

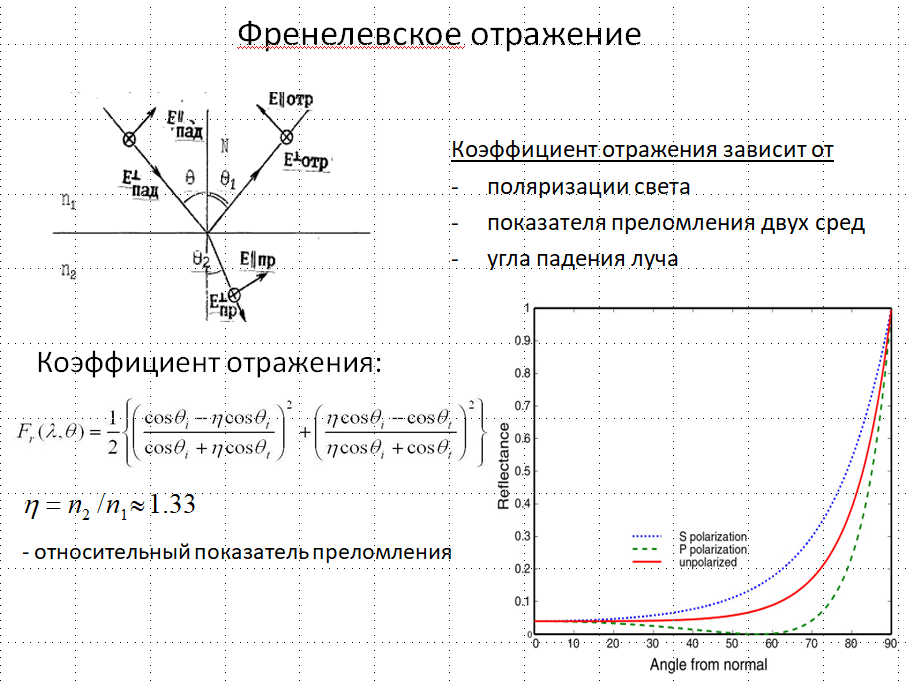
**Определения.**

**Спутниковое дистанционное зондирование (ДЗ)** – это регистрация датчиком, установленным на искусственном спутнике, электромагнитного излучения, которое отражается или испускается поверхностью Земли. При дистанционном зондировании океанов, морей и др. водных объектов одним из источников измеряемого излучения является солнечный свет, который проникает в толщу воды, частично поглощается ею, а также рассеивается и отражается, в том числе и в направлении удалённого датчика.

**Слики** - области с пониженной интенсивностью коротких ветровых волн, сулои - области с повышенной интенсивностью.

**Push-brum** - MultiSpectralInstrument (MSI) использует концепцию метелки. Датчик с веерным сканированием работает путем сбора рядов данных изображения по орбитальной полосе и использует поступательное движение космического корабля по траектории орбиты, чтобы предоставить новые ряды для получения изображения.

**Ряды Грамма-Шарлье** - ? наверное не стоит упоминать

****