1) Приветствие...

2) **Актуальность настоящей работы заключается** в том, что знание распределения уклонов на морской поверхности является необходимым для решения широкого круга задач.

Динамические процессы в океане влияют на шероховатость поверхности, определяемую среднеквадратичным наклоном поверхности – СКН.

Среди параметров, влияющих на СКН можно выделить:

* ***Скорость ветра***;
* Наличие поверхностных пленок;
* Подповерхностные процессы;
* Распространение внутренних волн;
* Изменения топографии дна;
* Наличия течений, вихрей, температурных фронтов, зон конвергенции и дивергенции;

В данной работе рассматривается наиболее существенный фактор – вклад, вносимый приповерхностным ветром.

Количественная оценка СКН позволяет решать обратные задачи – получать информацию о перечисленных динамических процессах, в частности, о скорости приповерхностного ветра.

3) 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.

4) **Целью исследования данной работы** является разработка и тестирование алгоритма оценки СКН по спутниковым изображениям в зоне солнечного блика, используя методы обработки спутниковых изображений.

**В результате работы** – получение достоверных значений скоростей приповерхностного ветра.

5) **Задачи работы состоят в следующем:**

* 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.
* Анализ результатов и формулирование выводов.

6) **Предметом исследования являются** широкополосные многоспектральные снимки миссии Sentinel-2 (ЕКА) морской поверхности в зоне солнечного блика.

Преимуществом этих данных является:

* высокое пространственное разрешение (10 м);
* высокая частота повторных посещений (система включает 2 спутника);
* подробное (попиксельное) описание геометрии съемки в метаданных;
* открытый доступ к данным;

7) Сначала следует кратко рассказать о том, как формируется изображение морской поверхности 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 представленной на слайде формулой…

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

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

Вид распределения уклонов (плотность вероятности) близко к распределению Гаусса.

Ширина гауссианы *S2* и является искомой дисперсией уклонов.

Для определения СКН решается система уравнений, записанных для каждой точки изображения, методом наименьших квадратов .

10) Предложенный подход применялся ранее к снимкам, полученным с судов, аэрофотоснимкам сделанных с самолётов и дронов. Моей задачей являлось применение этого метода к спутниковым данным, до этого задействованных ограниченно.

11) Существует два основных режима или метода сканирования, используемых для получения данных мультиспектрального изображения со спутников: сканирование поперек трека и сканирование вдоль трека.

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. Данная система носит название “push-brum” – дословно метёлка.

12) **Изображение, получаемое с помощью мультиспектрального сканера Sentinel-2 формируется с помощью 13 детекторов.**

Направление визирование соседних детекторов отличается на небольшую величину, << 1 градуса.

Благодаря этому сдвигу углов, расстояние между наблюдаемыми точками на поверхности составляет до 46 км для соседних детекторов, и в зоне солнечного блика изображение выглядит «полосатым»

13) На слайде представлено изображение, полученное со спутника Sentinel-2A в зоне солнечного блика.

Поскольку на данных снимках отсутствует одна из компонент градиента яркости (вдоль направления движения спутника), это создает принципиальное препятствие для применения модели Кокса и Манка. Однако за счет смещения датчиков, это ограничение можно обойти, используя перепад яркости на границе полос, который соответствует наблюдениям разных зон блика, сдвинутых по вертикали. Дисперсия уклонов (ширина гауссианы) будет определяться методом наименьших квадратов не только по горизонтальному градиенту яркости, но и в большей степени по вертикальному градиенту, оценкой для которого служит перепад яркости на границе полос.

Перепад яркости на границе полос используется для более надежной оценки ширины гауссианы (СКН), поскольку эти области попадают на разные участки солнечного блика. Это является необходимым условием для аппроксимации.

14) На слайде представлена линейная алгоритмическая структура, отражающая основные аспекты предложенного подхода.

Он состоит поэтапно из:

1. Получения набора метаданных Sentinel-2A;
2. Чтения и сохранения данных, а затем интерполяции углов визирования внутри полос;
3. Преобразования измеренной яркости для применения модели КМ;
4. Отбора участков анализа градиентов яркости и аппроксимация полученных значений с помощью МНК;
5. Затем производится восстановление СКН и приповерхностной скорости ветра на основе формул КМ;
6. В результате получившаяся картина сопоставляется с моделью, отображающей поле скоростей ветра на рассматриваемом участке.

15) Необходимо произвести отбор областей, удовлетворяющих критерию нахождения в зоне солнечного блика. Предложенная методика работает только в области отношения суммарного наклона к СКН меньше двух (данная зависимость заимствована из работ Юровская и Кудрявцева). Величина СКН заранее неизвестна, используется оценка для скорости ветра 5-10 м/с с не строгими границами.

16) Разные полосы соответствуют разным участкам солнечного блика. Для решения системы уравнений требуется минимум два участка.

Автоматически отмечаются участки с захватом двух и более полос (оптимальный случай – на границе полос).

17) Затем происходит оценка СКН с помощью метода наименьших квадратов.

Внутри одной области для каждого пиксела наносится точка на график:

Аппроксимация прямой линией и оценка ее наклона - > S2

Операция повторяется для каждой области.

18) На слайде представлен результат обработки 9 изображений, являющихся частью одной ячейки системы координат UTM.

Производится построение поля СКН. Необходимо оценить поле ветра по формуле Кокса-Манка. Полученный результат сопоставляется с данными численного моделирования.

В результате наблюдается хорошее качественное соответствие полученных скоростей ветра с результатами численного моделирования.

19) В итоге можно сделать следующие выводы:

Предложен метод оценки скорости ветра по оптическим изображениям со спутника Sentinel-2.

Новизна работы состоит в том, что полученные в предыдущих исследованиях формулы и зависимости впервые применяются к оптическим спутниковым данным Sentinel-2 для оценки скорости ветра. Преимуществом этих данных являеется более высокое разрешение по сравнению с данными, использованными в более ранних работах.  Однако в случае измерений со спутника Sentinel-2, возникала приницпиальная сложность, связанная с тем, что в системе датчиков push-broom (датчик с веерным сканированием) нет явного двумерного градиента яркости, как на фотографии или на снимках спутников типа MODIS, необходимого для применения методики. Эта проблема решена с помощью использования особенностей конструкции датчиков (разные углы визирования соседних датчиков). Таким образом, разработанная в середине прошлого века теория, основанная на натурных измерениях морской поверхности в зоне солнечного блика, дает развитие современным спутниковым методам.

Метод дает достаточно надежные оценки.

Благодаря высокой частоте посещения одного и того же участка спутником Sentinel-2 (A, B) и широкодоступной, постоянно обновляемой базе данных можно усовершенствовать способ построения поля скоростей ветра с высоким разрешением на глобальных масштабах .

В заключение, я хотел бы выразить благодарность своему научному руководителю М. В. Юровской за помощь, плодотворные дискуссии и советы по проведению исследований и рекомендации в процессе подготовки настоящей работы.