

Современные проблемы радиофизики и радиотехники



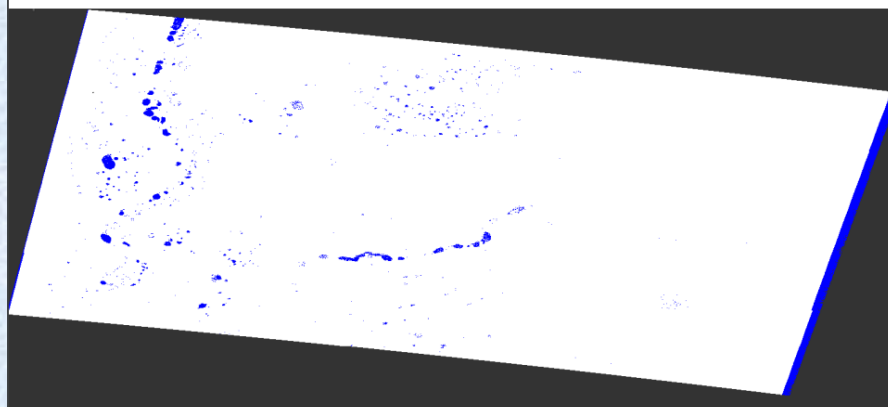
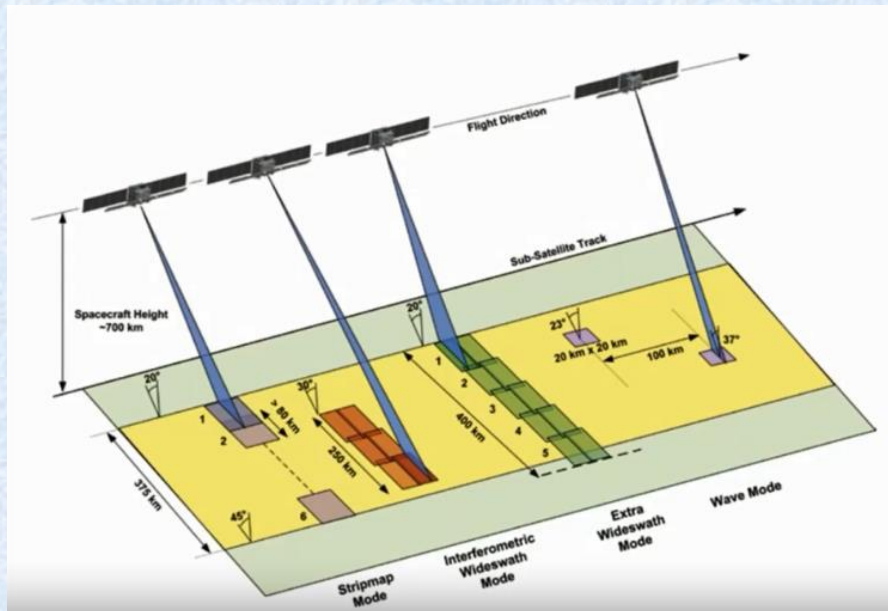
**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЕТРА НА СЕЧЕНИЕ ОБРАТНОГО
РАСSEИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ
ВНУТРИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ВОДОЁМОВ**

к.ф.-м.н. Ященко А.С.

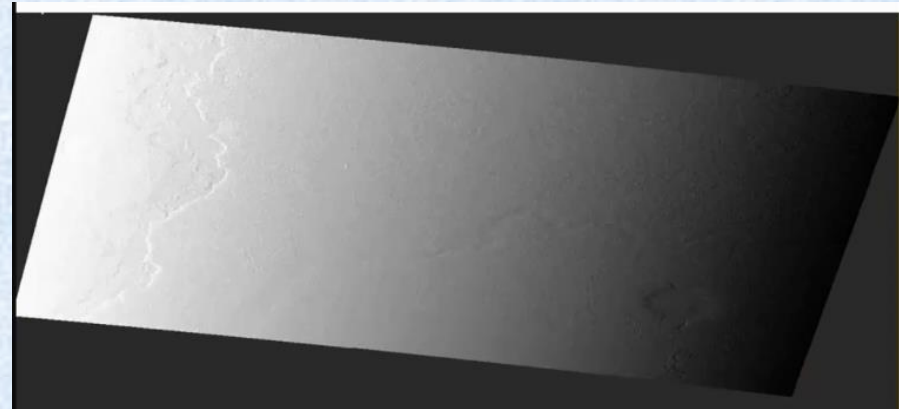
к.т.н. Шагарова Л.В.

к.ф.-м.н. Кривальцевич С.В.

Яценко А.С. Особенности нормировки данных, полученных спутниковыми радиолокаторами бокового обзора с синтезированной апертурой // *Современные проблемы радиофизики и радиотехники (183)*



Идентификация озёр по порогову значению $\sigma < -24 \text{ dB}$



05.09.2017

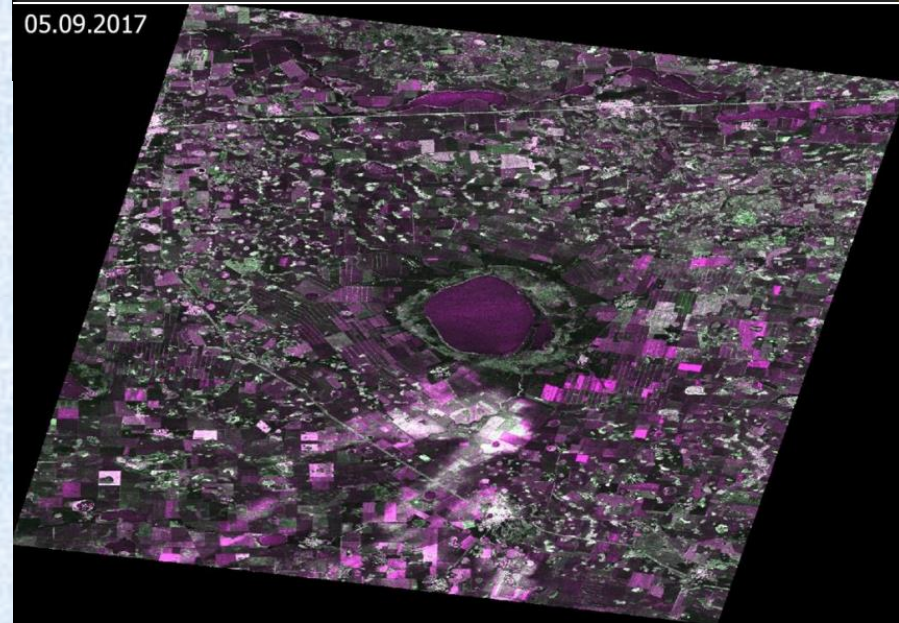


Иллюстрация наличия облачности на радиолокационном снимке Sentinel 1

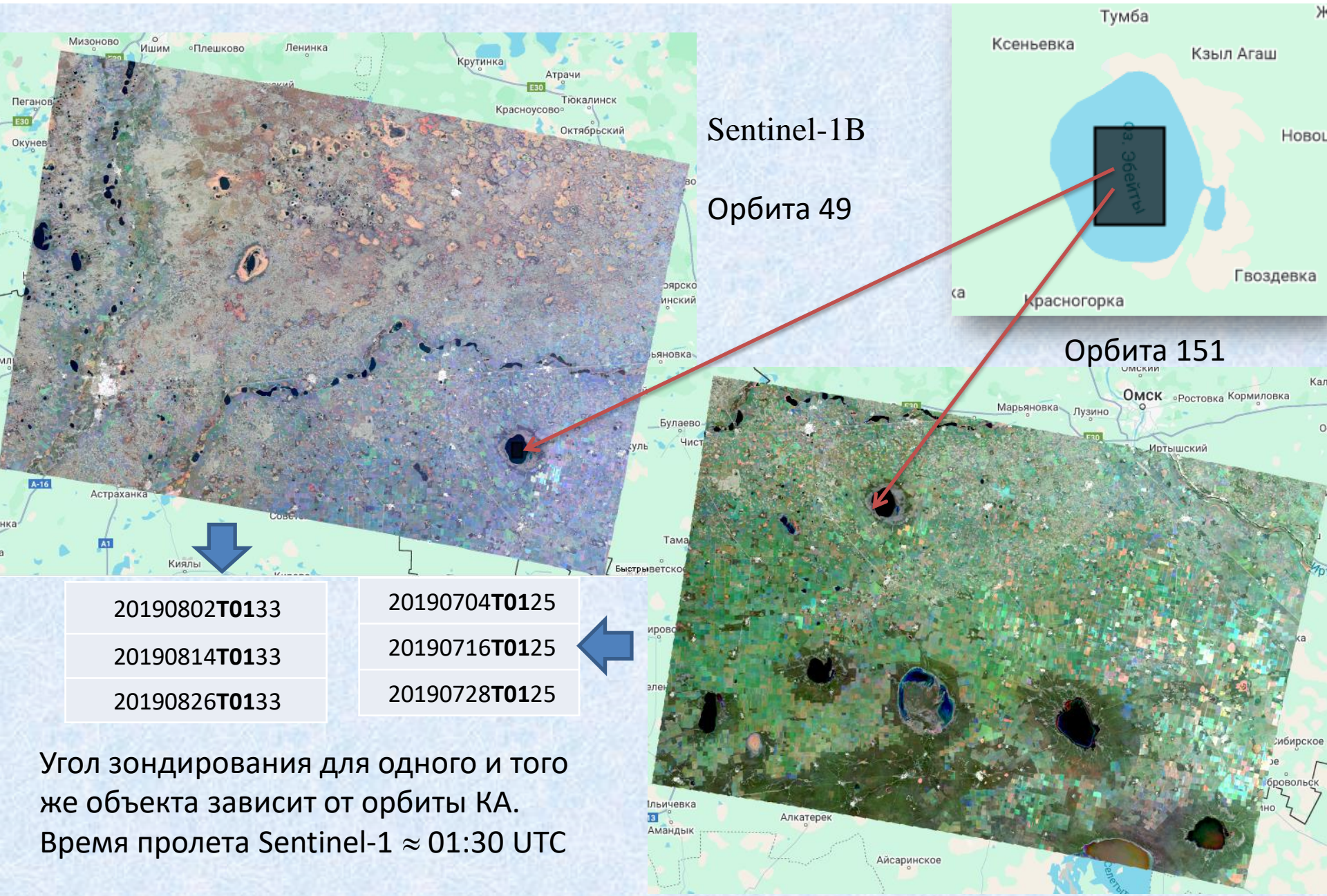
Актуальность

Современное развитие средств вычислительной техники и телекоммуникационных систем позволяет одновременно решать прогностические задачи по определению участков поверхности Земли, оказывающих влияние на излучение и распространение радиоволн и задачи оперативного сбора информации о текущем состоянии поверхности на данном участке.

Для удельной эффективной площади рассеивания (УЭПР) подстилающей поверхности характерна сезонная изменчивость, обусловленная, в основном, культивированием сельхозугодий, вегетацией растений и метаморфизмом снежного покрова. В зависимости от типа поверхности вариации УЭПР в течении года могут достигать нескольких десятков децибел.

Геометрия поверхности водоёмов, в отличии от суши, существенно зависит от текущих условий окружающей среды. Между данными о УЭПР озёр, полученными спутниковыми РСА, и скоростью приводного ветра имеется корреляционная зависимость. Однако значение коэффициента корреляции между этими параметрами определяется площадью зеркала внутриконтинентального водоёма. В связи с этим задача пополнения базы знаний о взаимосвязи сечения обратного рассеивания, измеренного спутниковыми РСА, со скоростью приводного ветра для внутриконтинентальных водоёмов, является актуальной.

В работе использовались значения УЭПР озера Эбейты, измеренные PCA Sentinel-1B; данные о скорости ветра ERA5-Land и измеренные наземной метеостанцией



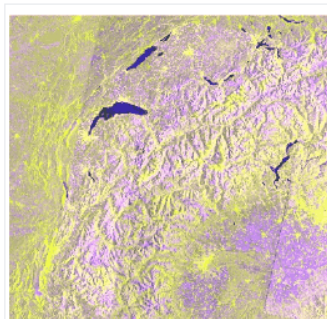
Угол зондирования для одного и того же объекта зависит от орбиты КА.
Время пролета Sentinel-1 \approx 01:30 UTC

I набор данных - радиолокационные космоснимки Sentinel-1B



Использовались значения УЭПР озера Эбейты, измеренные PCA Sentinel-1B с радиометрической точностью 1 дБ с центральной частотой 5,405 ГГц за период: май-октябрь 2017-2021 гг.

Радиолокационные КА Sentinel	Sentinel-1A	Sentinel-1B	Sentinel-1C
Год запуска КА	2014	2016	2024
Съемочная аппаратура	SAR		
Орбита	околополярная солнечно-синхронная		
Высота орбиты	693 км		
Диапазон	С-диапазон (5.405 ГГц)		
Уровень обработки данных в GEE	GRD		



Dataset Availability

2014-10-03T00:00:00Z–2026-05-19T02:32:23Z

Dataset Producer

[European Union/ESA/Copernicus](#)

Earth Engine Snippet

```
ee.ImageCollection("COPERNICUS/S1_GRD")
```

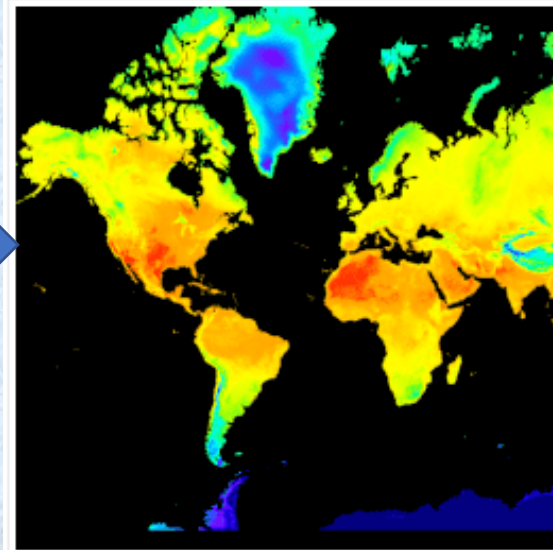
В зависимости от поставленных задач PCA производит съемку либо в режиме полной поляризации, либо в режиме VV+VH.

Углы зондирования участка поверхности, включающего озеро Эбейты, составляли 31° и 41° для орбит 49 и 151 соответственно.

Исходные данные о скорости ветра

Данные о скорости ветра за май-октябрь 2017-2021гг. :

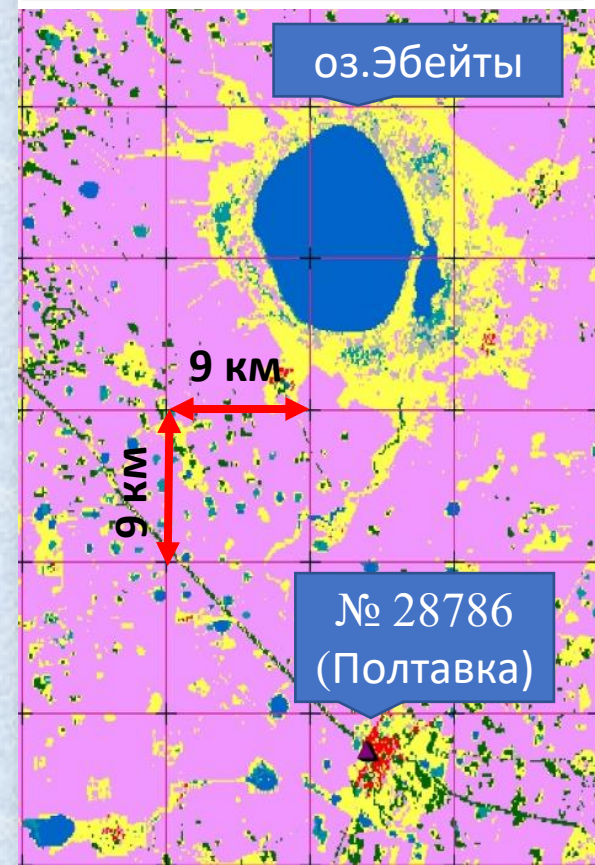
- данные глобального реанализа ERA5-Land
- измеренные наземной метеостанцией



Данные ERA5-Land предоставляются Европейским центром среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF) с периодичностью один раз в час (начиная с 1950 г. по настоящий момент времени).

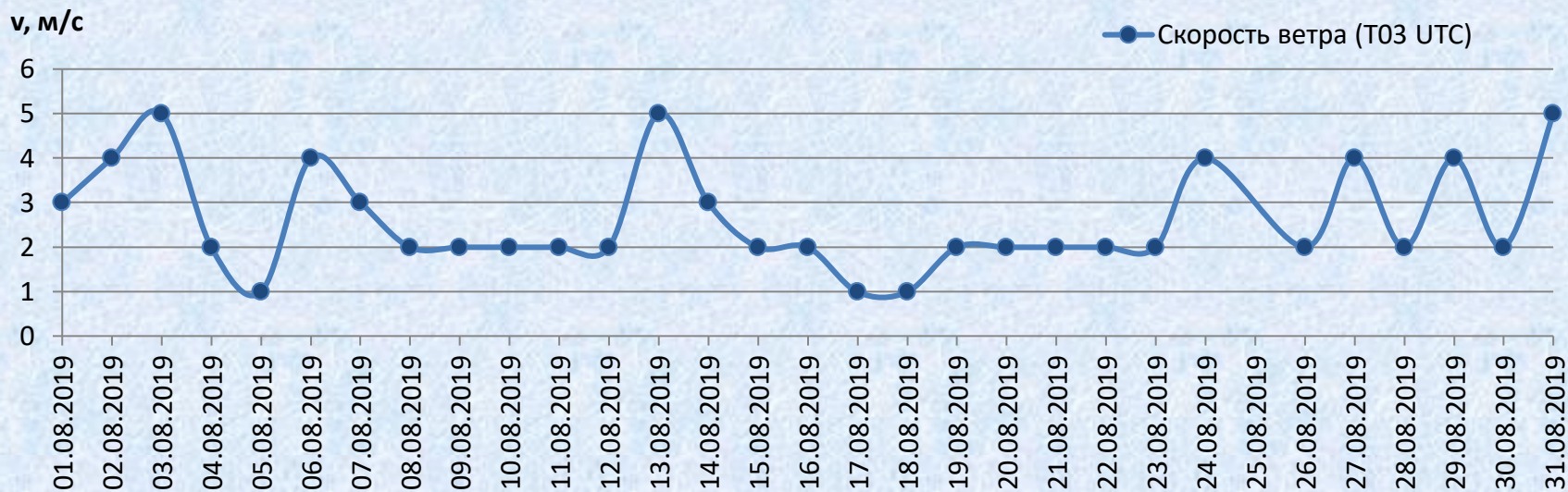
В качестве источника наземных метеоданных была выбрана наиболее близкая к озеру Эбейты станция, расположенная в посёлке Полтавка Омской области (номер 28786 в перечне Всемирной метеорологической организации).

Из архива данных о скорости ветра выбирались наиболее близкие к времени получения радиолокационного снимка.



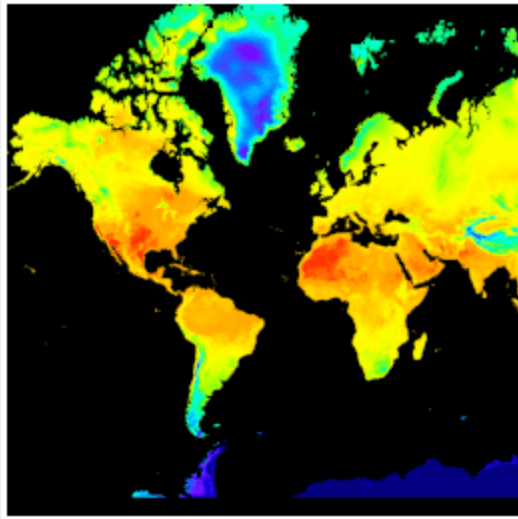
II набор данных - фактические измерения метеостанции 28786 (Полтавка)

Дата	Широта	Долгота	Высота	Азимут, ветер	Скорость, ветер	Температура	Точка росы	Давление	Осадки
------	--------	---------	--------	---------------	-----------------	-------------	------------	----------	--------



*Период – август 2019 г.
Временная частота – 3 часа.
Единица измерения – метры в секунду

III набор данных – реанализ ERA5 Land (ветер)



Dataset Availability

1950-01-01T01:00:00Z–2026-05-13T23:00:00Z

Dataset Producer

[Copernicus Climate Data Store](#)

Earth Engine Snippet

```
ee.ImageCollection("ECMWF/ERA5_LAND/HOURLY")
```



ERA5 — пятое поколение атмосферного реанализа глобального климата.

ERA5-Land предоставляет **почасовые** данные о скорости ветра в направлении восток-запад (u) и север-юг (v), что позволяет вычислить скорость и направление ветра.

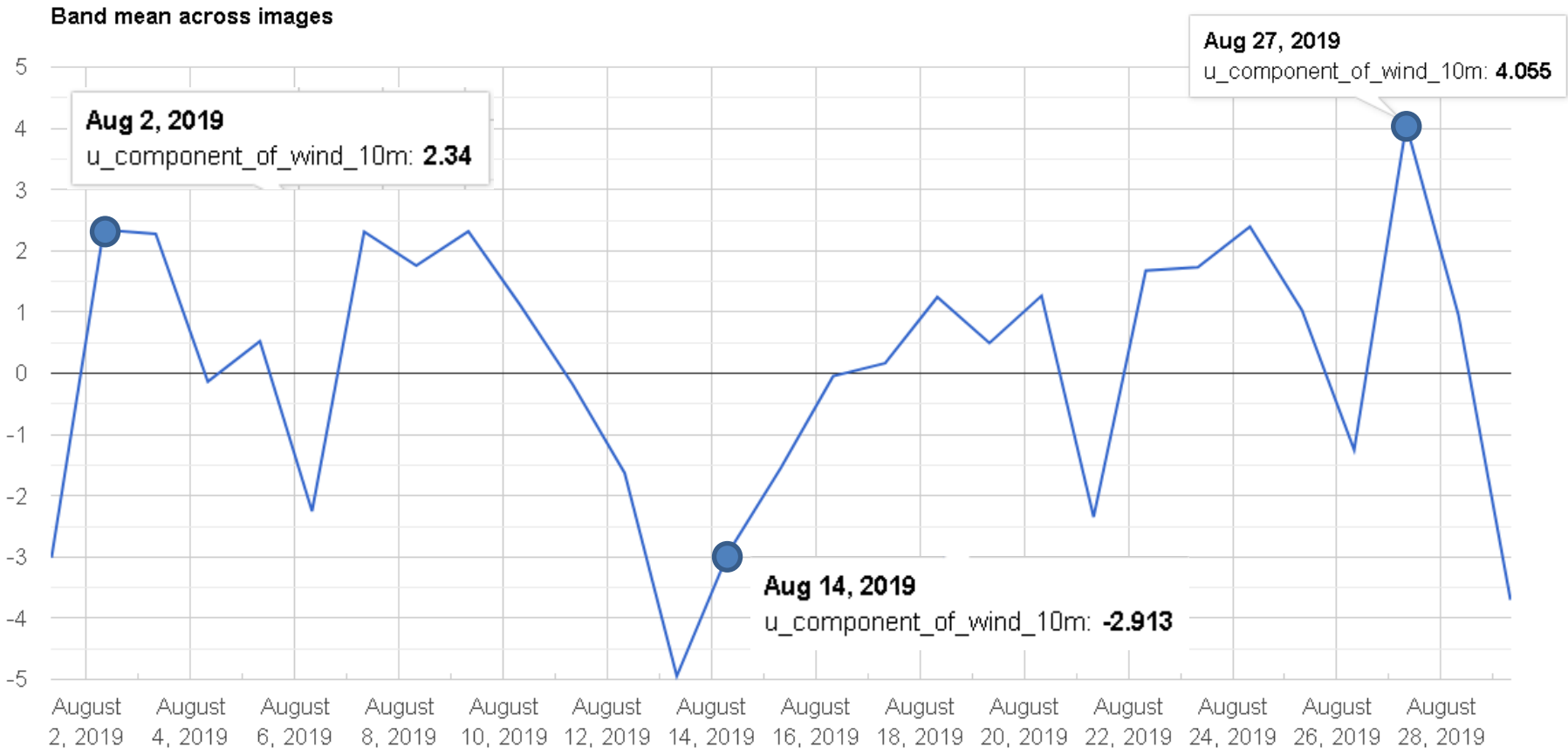
Пространственное разрешение - 9 км ($\sim 0,08^\circ$)

Динамика зональной (U-компоненты) ветра для T02 UTC



Период – август 2019 г.

U положительная - ветер с запада на восток, U отрицательная – с востока на запад



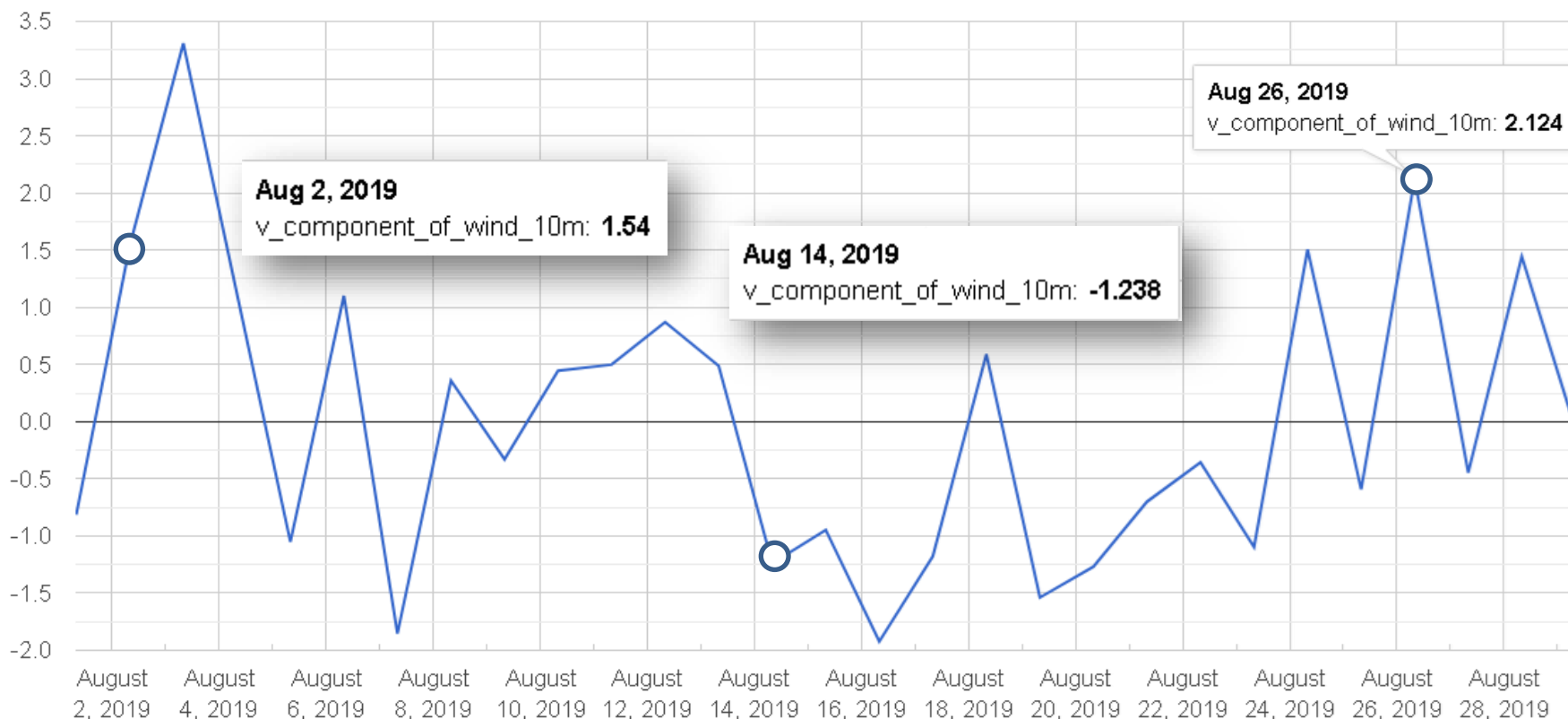
Динамика меридиональной (V-компоненты) ветра для T02 UTC



Период – август 2019 г.

V положительное - ветер с юга на север, **V** отрицательное - с севера на юг

Band mean across images



Результаты

В результате проведённого статистического анализа данных была обнаружена корреляционная взаимосвязь между значениями УЭПР в режиме VV и скоростью ветра

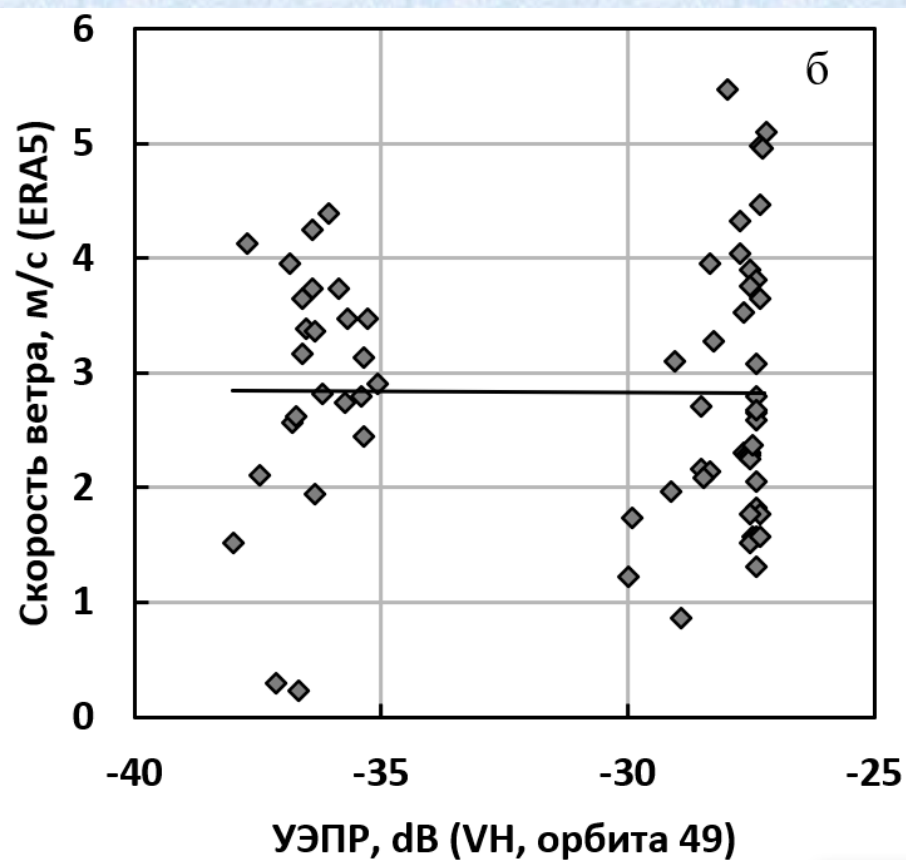
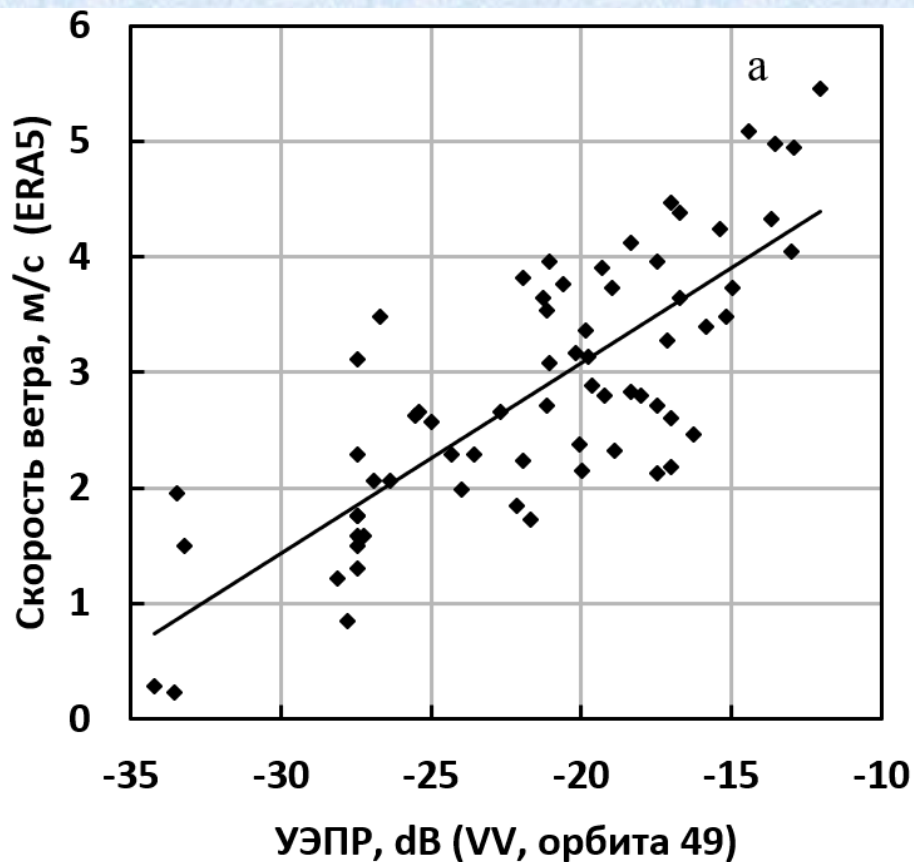
Значения коэффициентов корреляции между значениями скорости ветра и УЭПР

Ряды данных РСА (орбита КА)	Поляризация Sentinel-1	Ряды метеоданных	Время (время, UTC)	Корреляция Пирсона
УЭПР_orb49	VV	Скорость ветра ERA5-Land	02:00	0,79
УЭПР_orb151	VV	Скорость ветра ERA5-Land	02:00	0,71
УЭПР_orb49	VH	Скорость ветра ERA5-Land	02:00	-0,01
УЭПР_orb151	VH	Скорость ветра ERA5-Land	02:00	-0,07
УЭПР_orb49	VV	Скорость ветра, метеостанция	03:00	0,70
УЭПР_orb151	VV	Скорость ветра, метеостанция	03:00	0,70
УЭПР_orb49	VH	Скорость ветра, метеостанция	03:00	-0,03
УЭПР_orb151	VH	Скорость ветра, метеостанция	03:00	0,04



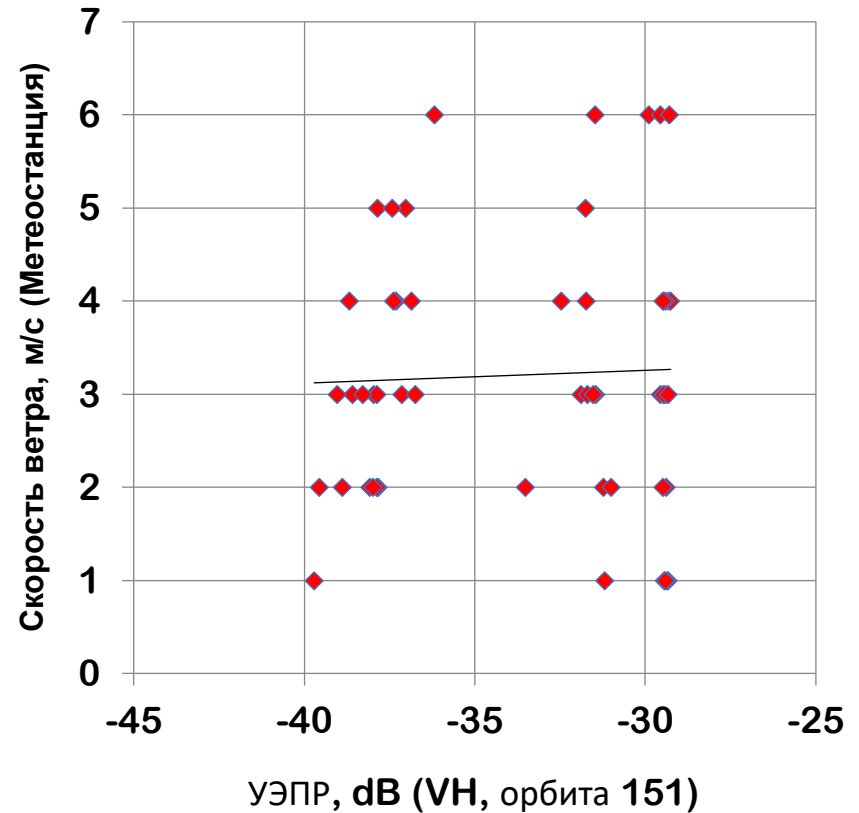
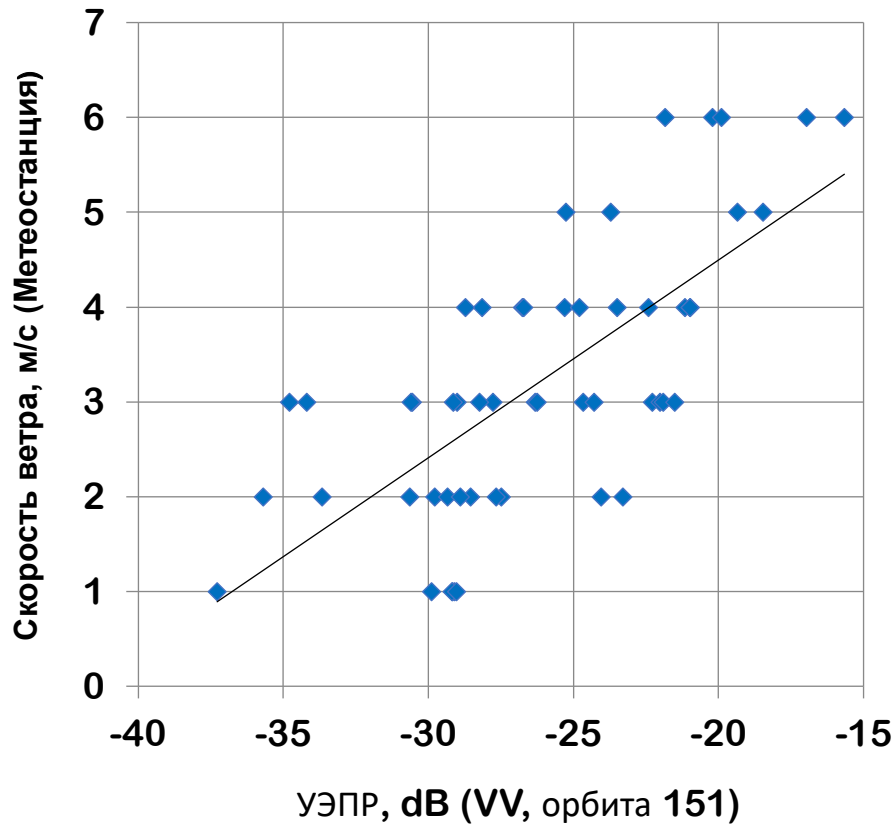
- Корреляционная зависимость между УЭПР в режиме VH и скоростью ветра отсутствует.
- Значение коэффициента корреляции между скоростью ветра ERA5 и УЭПР в режиме VV несколько выше, чем между скоростью ветра, измеренной на метеостанции и УЭПР в режиме VV. Это может быть обусловлено малой градацией значений скорости ветра, измеренной наземной метеостанцией, составляющей один метр в секунду

Графическая зависимость между УЭПР и значением скорости ветра ERA 5



Взаимосвязь между значениями скорости ветра ERA5 и УЭПР :
(а) – в режиме VV, (б) – в режиме VH

Графическая зависимость между УЭПР и значением скорости ветра, измеренной на метеостанции



Взаимосвязь между значениями скорости ветра по данным метеостанции и УЭПР :
(а) – в режиме VV, (б) – в режиме VH

ВЫВОДЫ

Проведённые исследования свидетельствуют о наличии корреляционной зависимости между скоростью ветра и УЭПР в режиме согласованной вертикальной поляризации (VV). Это объясняется возрастающей неровностью поверхности воды в вертикальном направлении при увеличении силы ветра.

Значения линейного коэффициента корреляции Пирсона для УЭПР и скоростями ветра, полученными из разных баз данных: Всемирной метеорологической организации и реанализа ERA5-Land, сопоставимы.

Полученные результаты могут найти применение при тематическом картировании поверхности по данным РСА, в частности при оценке неровностей поверхности и отражательных характеристик в дециметровом диапазоне волн

