

Двадцать третья международная конференция
"СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"



Зависимость сечения обратного рассеяния
степных озер от скорости приводного ветра

Шагарова Л.В., Ященко А.С.
ИРФЭ ОНЦ СО РАН

Актуальность исследования

- Микроволновое дистанционное зондирование активно применяется для изучения процессов взаимодействия атмосферы и подстилающей поверхности.
- Радиолокаторы с синтезированной апертурой (РСА) позволяют производить съёмку поверхности Земли в любое время суток при любых погодных условиях. Наличие облачности и ветра вносят погрешность в измерения сечения обратного рассеяния в диапазоне дециметровых и сантиметровых волн
- Проблему классификации типов поверхности на радиолокационном изображении по пороговым значениям эффективной площади рассеяния (ЭПР, σ^0) усугубляют разные углы зондирования. Т.е. диапазоны значений ЭПР, которые соответствуют одному и тому же участку поверхности, при разных углах зондирования значительно разнятся; требуется их нормирование. Этalonным объектом для нормирования данных является гладкая поверхность озер (гладкая – при отсутствии ветра).
- Сечение обратного рассеяния водной поверхности отражает состояние её микрорельефа и, следовательно, чувствительна к ветровому воздействию. Определить степень взаимосвязи сечения обратного рассеяния степных озер от скорости приводного ветра позволяет корреляционный анализ.

Методика и исходные данные

Радиолокационные данные Sentinel-1

- Данные ДЗЗ Sentinel-1 в режиме Interferometric Wide Swath (IW) за период май – октябрь с 2017 по 2021гг.
- Время пролёта спутников с относительных орбит 49 и 151 над районом исследования – 01:25 - 01:35 UTC
- Уровень обработки снимков Sentinel-1 – GRDH (Ground Range Detected High Resolution).

Источник ветровых данных

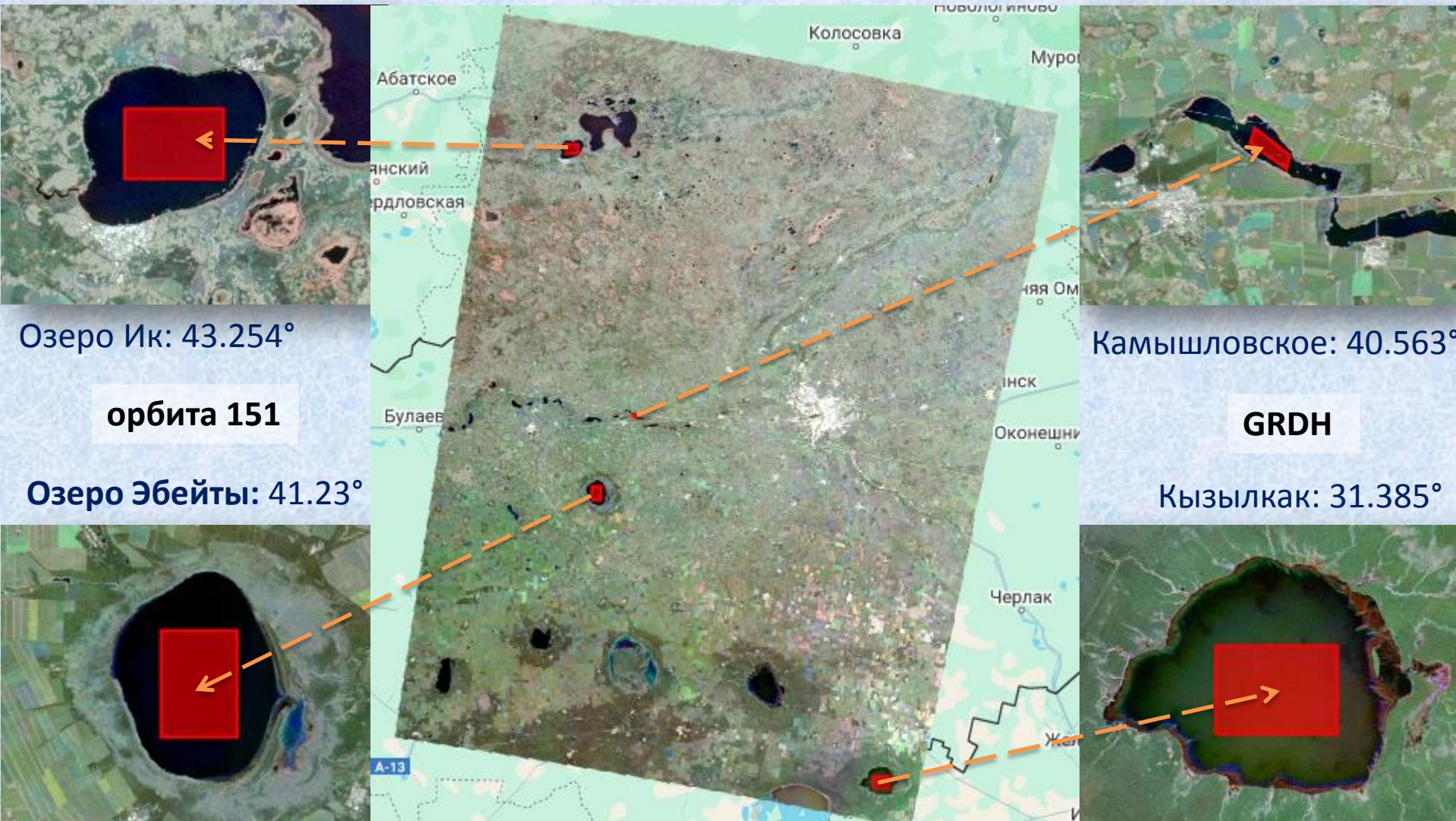
- Метеостанция «Полтавка» — данные о скорости ветра с трёхчасовой периодичностью. Для анализа выбраны значения, приближенные ко времени пролёта спутников (T00 и T03 UTC).

Корреляционный анализ

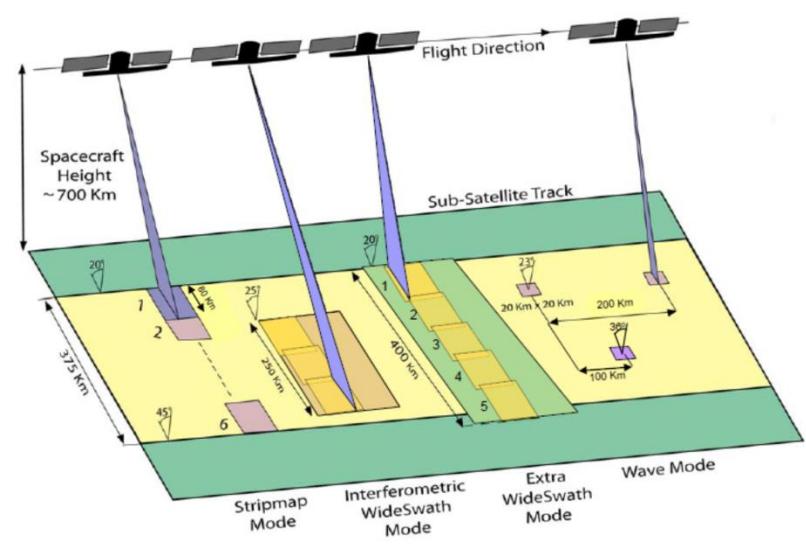
- Для оценки взаимосвязи ЭПР степных озер и приводного ветра вычислены коэффициенты корреляции (r) между временными рядами скоростей ветра и усреднёнными значениями ЭПР в различных поляризациях и при различных углах зондирования
- Коэффициенты корреляции определены статистическим методом Пирсона

Исходные данные I – радиолокационные снимки Sentinel-1

Объекты исследования – степные озера, ЭПР



Разным участкам снимка соответствуют разные углы зондирования



GEE: Sentinel-1

Загрузка и предобработка радиолокационных данных

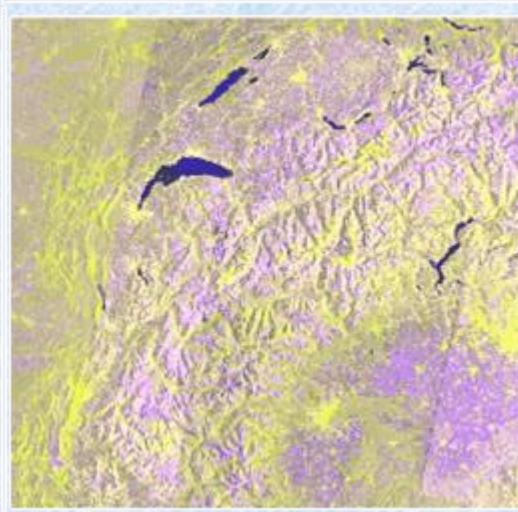


Преобразование
данных
геометрии
наземной
 дальности в σ^0 с
 использованием
 ЦМР

Radiometric
calibration

Noise removal

Apply orbit file



Dataset Availability

2014-10-03T00:00:00Z – 2025-08-18T04:15:47Z

Dataset Provider

European Union/ESA/Copernicus

Earth Engine Snippet

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

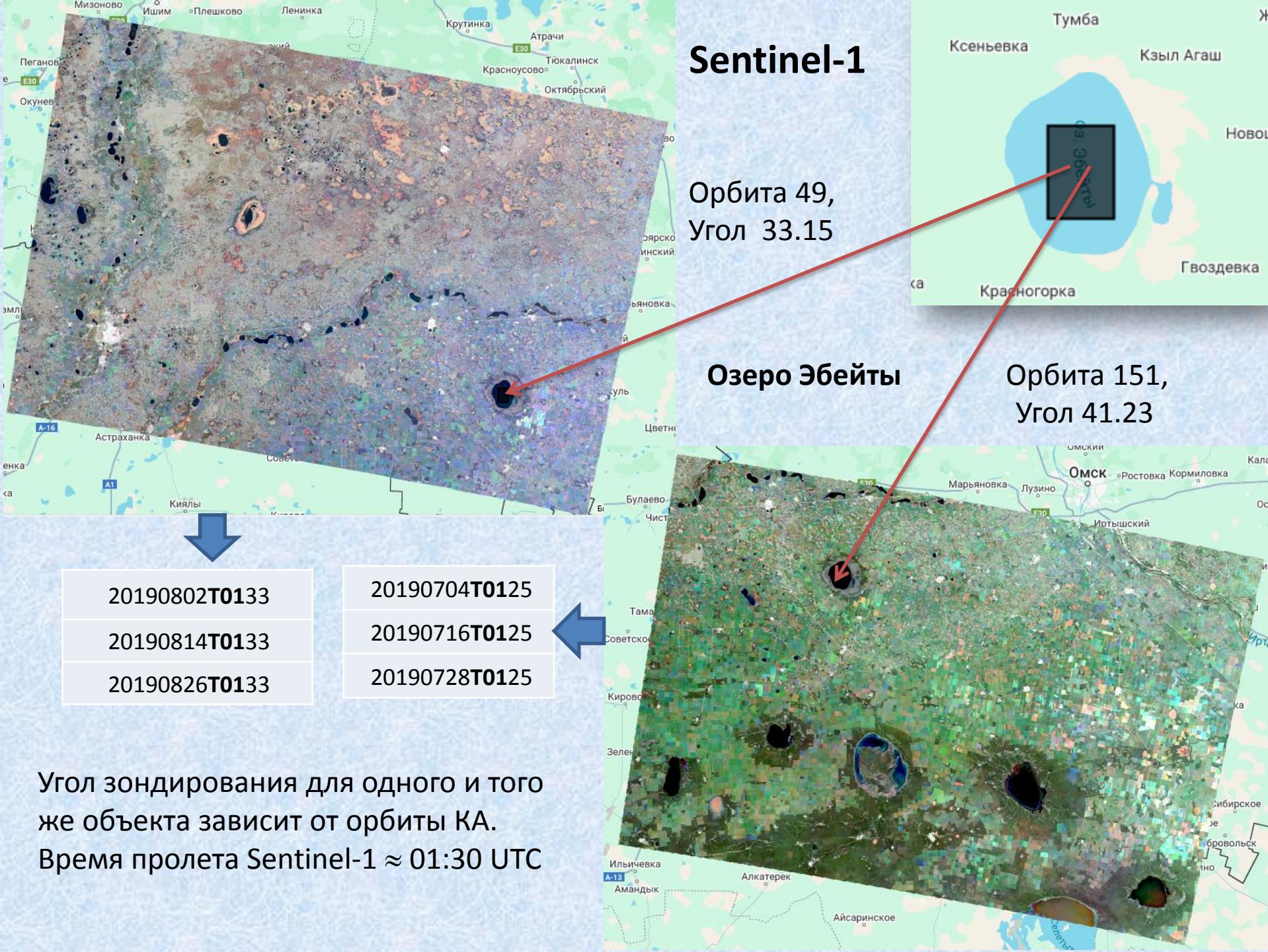
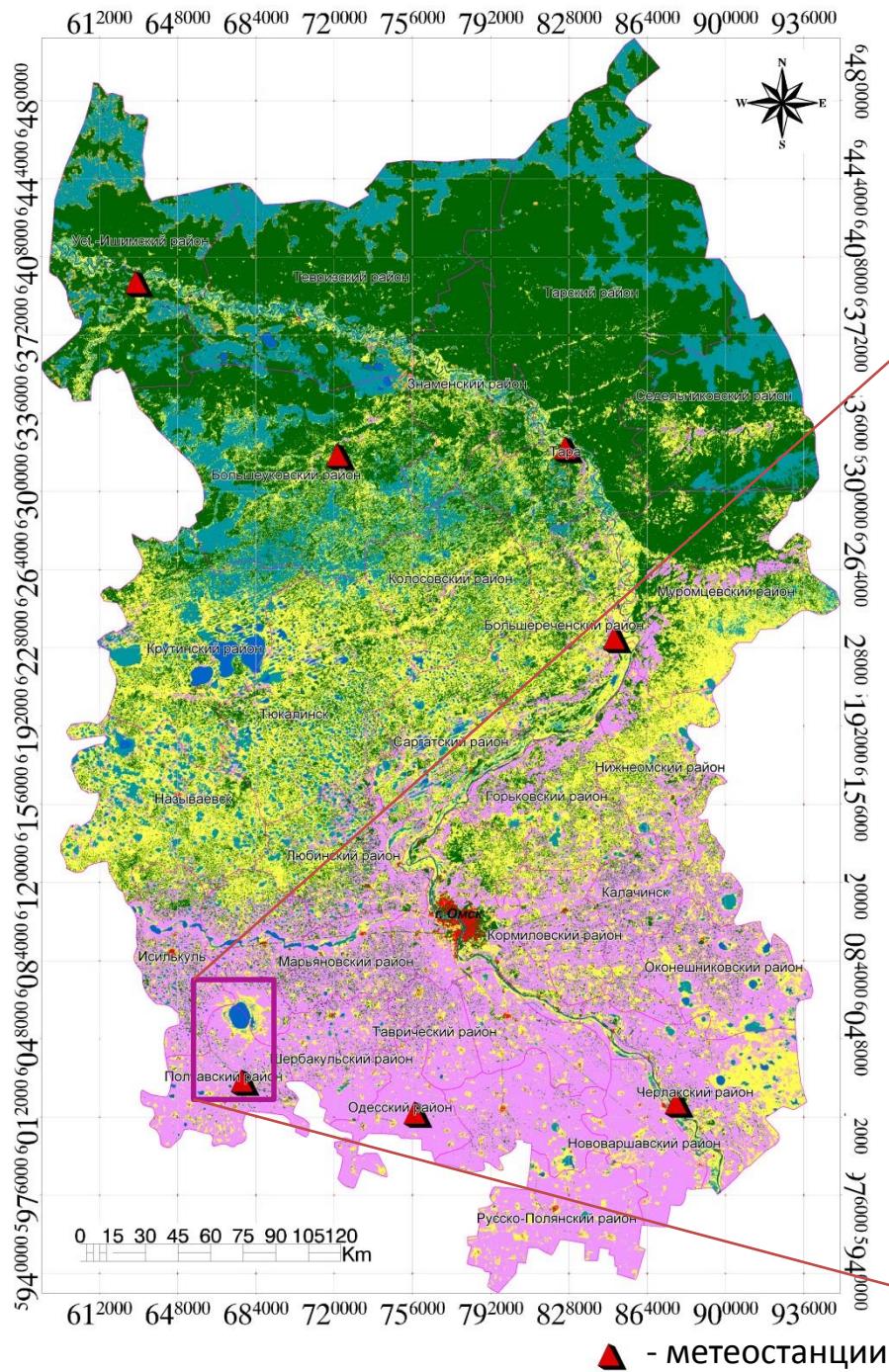
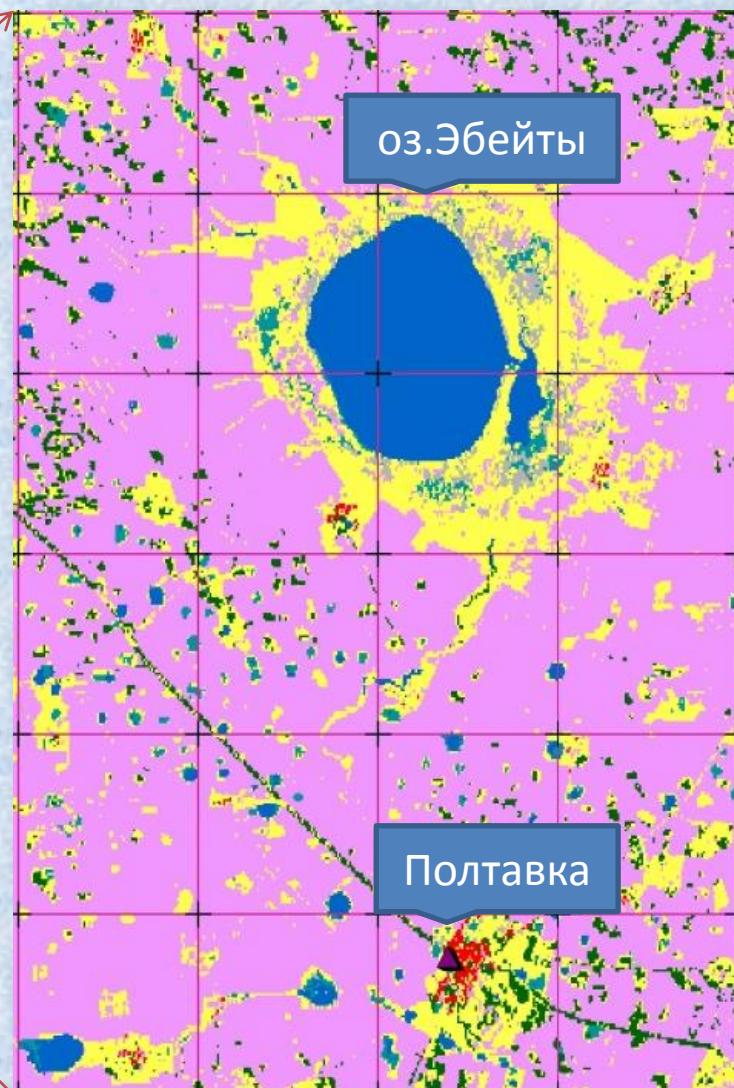


Схема расположения метеостанций в пределах Омской области



▲ - метеостанции



II набор данных - фактические измерения метеостанции 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

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ НАБОРОВ ДАННЫХ

Коэффициент корреляции Пирсона:

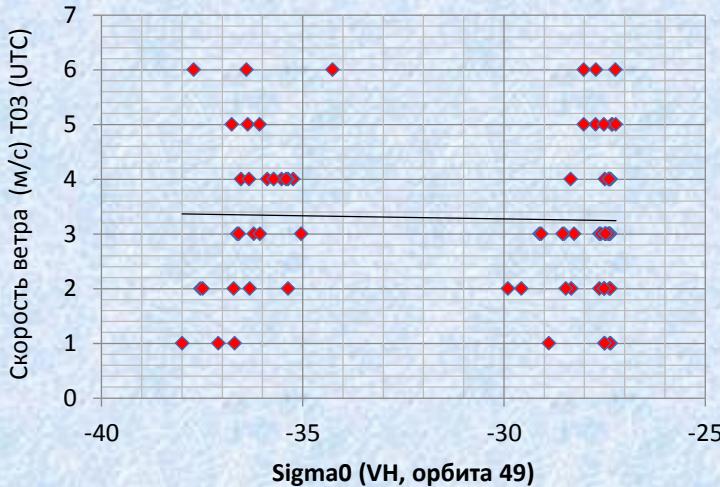
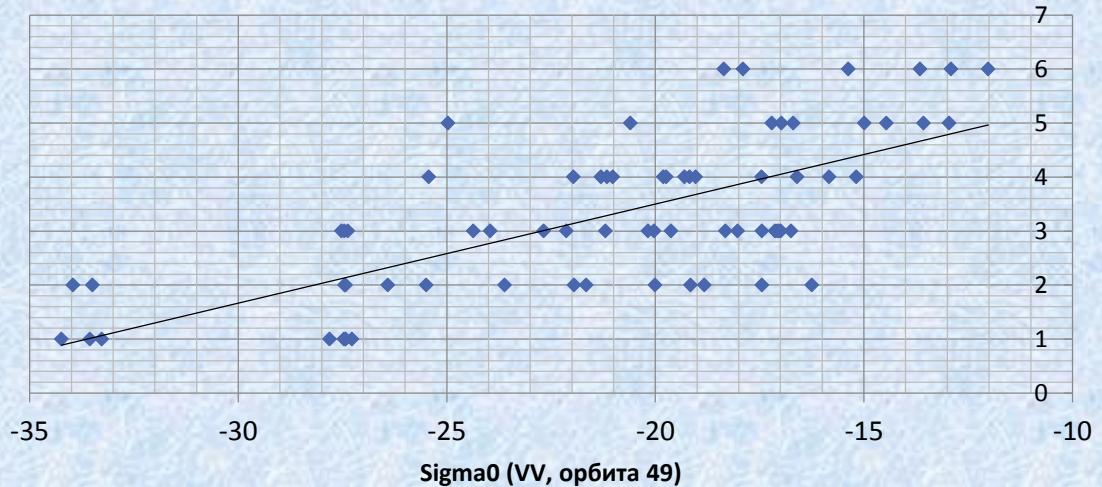
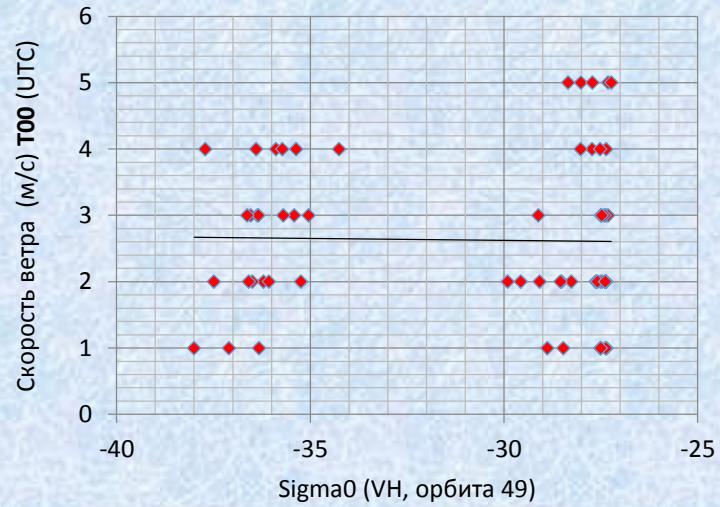
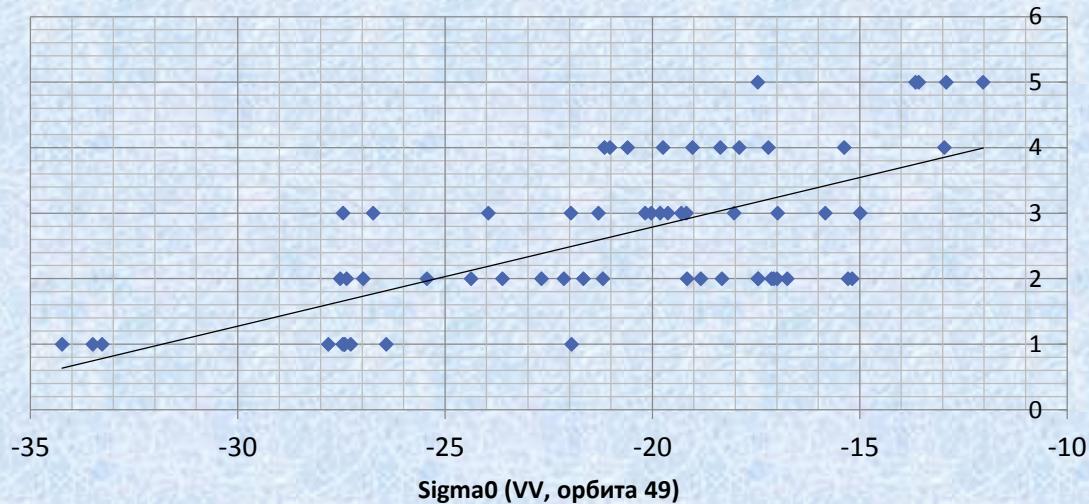
$$r = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2 \sum(Y_i - \bar{Y})^2}}$$

Характер связи между рядами данных:



Результаты

Корреляция Пирсона: ЭПР (Sentinel-1, орбита 49) -
скорость ветра (метеостанция) 2017-2021 (май – октябрь)

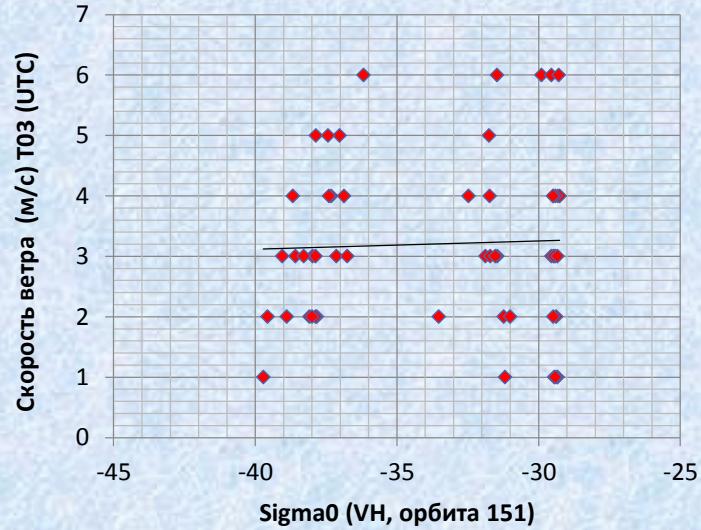
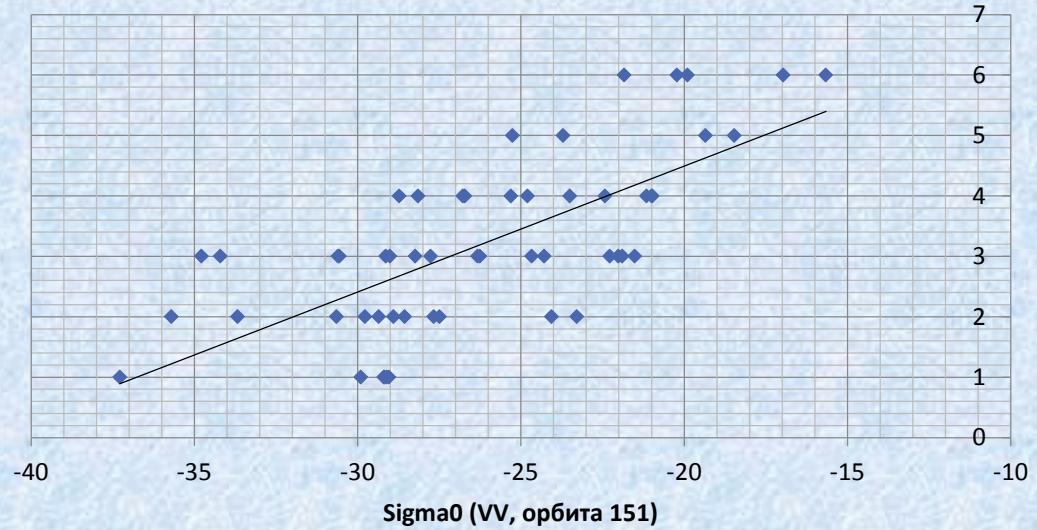
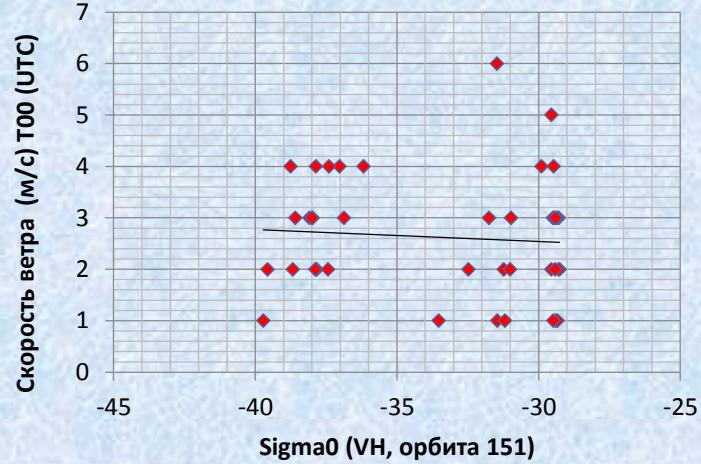
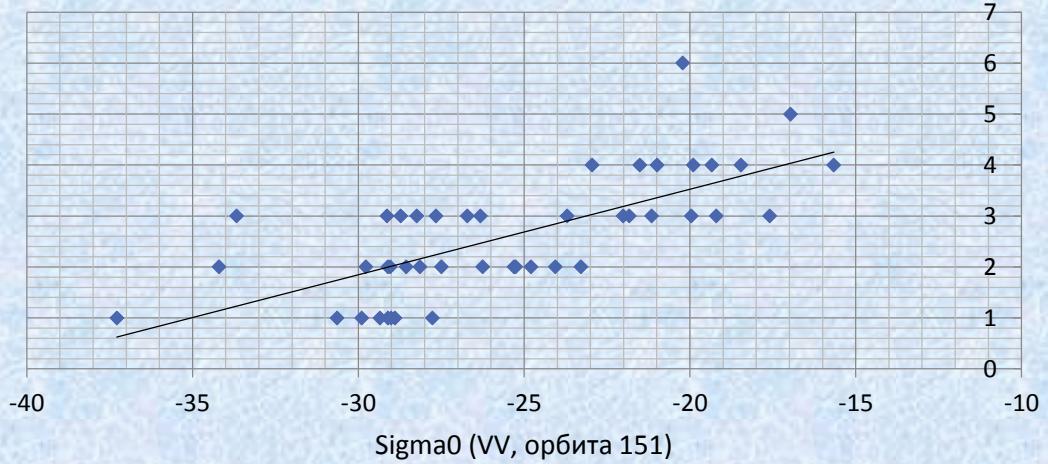


ЭПР (VV)	T 00:00	T 03:00
49 орбита, угол 33.15	0,667	0,700

ЭПР (VH)	T 00:00	T 03:00
49 орбита, угол 33.15	-0,020	-0,034

Результаты

Корреляция Пирсона: ЭПР (Sentinel-1, орбита 151) -
скорость ветра (метеостанция) 2017-2021 (май – октябрь)



ЭПР (VV)	T 00:00	T 03:00
151 орбита, угол 41.23	0,706	0,702

ЭПР (VH)	T 00:00	T 03:00
151 орбита, угол 41.23	-0,080	0,039

Выводы

Установлена корреляционная зависимость скорости ветра и ЭПР для согласованной вертикальной поляризации (VV)

Это объясняется возрастающей неровностью поверхности воды в вертикальном направлении при увеличении силы ветра.

Основное влияние оказывает зональная (восточно-западная) компонента ветра, совпадающая с азимутом зондирования Sentinel-1.

Представленная корреляционная взаимосвязь позволяет на основе информации о скорости ветра оценить ожидаемый диапазон значений сечения обратного рассеяния степных озер. Значительные отклонения измеренных значений ЭПР от этого диапазона свидетельствуют о наличии облачности над исследуемым участком.

При дальнейшем тематическом картировании на основе радиолокационных снимков степные озера планируется рассматривать в качестве эталонных участков поверхности для корректного определения ЭПР с учетом погодного затухания.

