



**Омский  
государственный  
университет**  
им. Ф.М. Достоевского

# **О возможности оценки скорости ветра по данным спутниковых радиолокаторов**

**Выполнил:**

**Студент группы ФРМ-401-О-07:**

**Новикова А.В.**

**Научный руководитель:**

**канд. физ.-мат. наук, доцент**

**Яценко А.С.**

# Введение:



В современном мире спутниковые системы дистанционного зондирования Земли играют ключевую роль в мониторинге природных процессов. Одним из представителей таких систем является спутник Sentinel-1B, разработанный в рамках программы Copernicus Европейского космического агентства (ESA). Sentinel-1B оснащён радаром с синтезированной апертурой (SAR), что позволяет получать высококачественные изображения поверхности Земли независимо от погодных условий и времени суток. Данные, полученные спутниковыми радиолокаторами, находят широкое применение при решении прикладных задач тематического картирования поверхности. Известно, что значения эффективной площади рассеяния связаны со степенью неровности или шероховатости поверхности. Это позволяет надёжно идентифицировать объекты имеющие гладкую поверхность, как, например, поверхность водоёма в безветренную погоду, и объекты имеющие неровности сопоставимые с или превышающие значение длины волны зондируемого импульса, как, например, лесные массивы.



## **Цель работы:**

Определить наличие корреляционной взаимосвязи между значениями эффективной площади рассеяния водной поверхности и скоростью ветра.

## **Задачи:**

1. Подбор и загрузка радиолокационных данных за лето 2021 года
2. Обработка данных в SNAP (калибровка, коррекция, фильтрация)
3. Расчёт ЭПР и построение временного ряда
4. Сравнение с метеоданными и анализ влияния ветра

# Объект исследования и данные



Данные:

- Спутник: Sentinel-1B
- Диапазон: C (5.405 ГГц)
- Поляризация: VH и VV
- Период наблюдения:  
июнь – сентябрь 2021



Рис. 1 Озеро Эбейты (Омская область, Россия)

# Эффективная площадь рассеяния (ЭПР)



ЭПР – это количественный показатель, отражающий, насколько сильно объект рассеивает радиосигнал в сторону радара.

Зависит от формы, шероховатости и материала поверхности.

Единица измерения - м<sup>2</sup>

При увеличении шероховатости поверхности (например, при наличии приводного ветра, вспашке поля, изменении биомассы растительности) ЭПР возрастает.

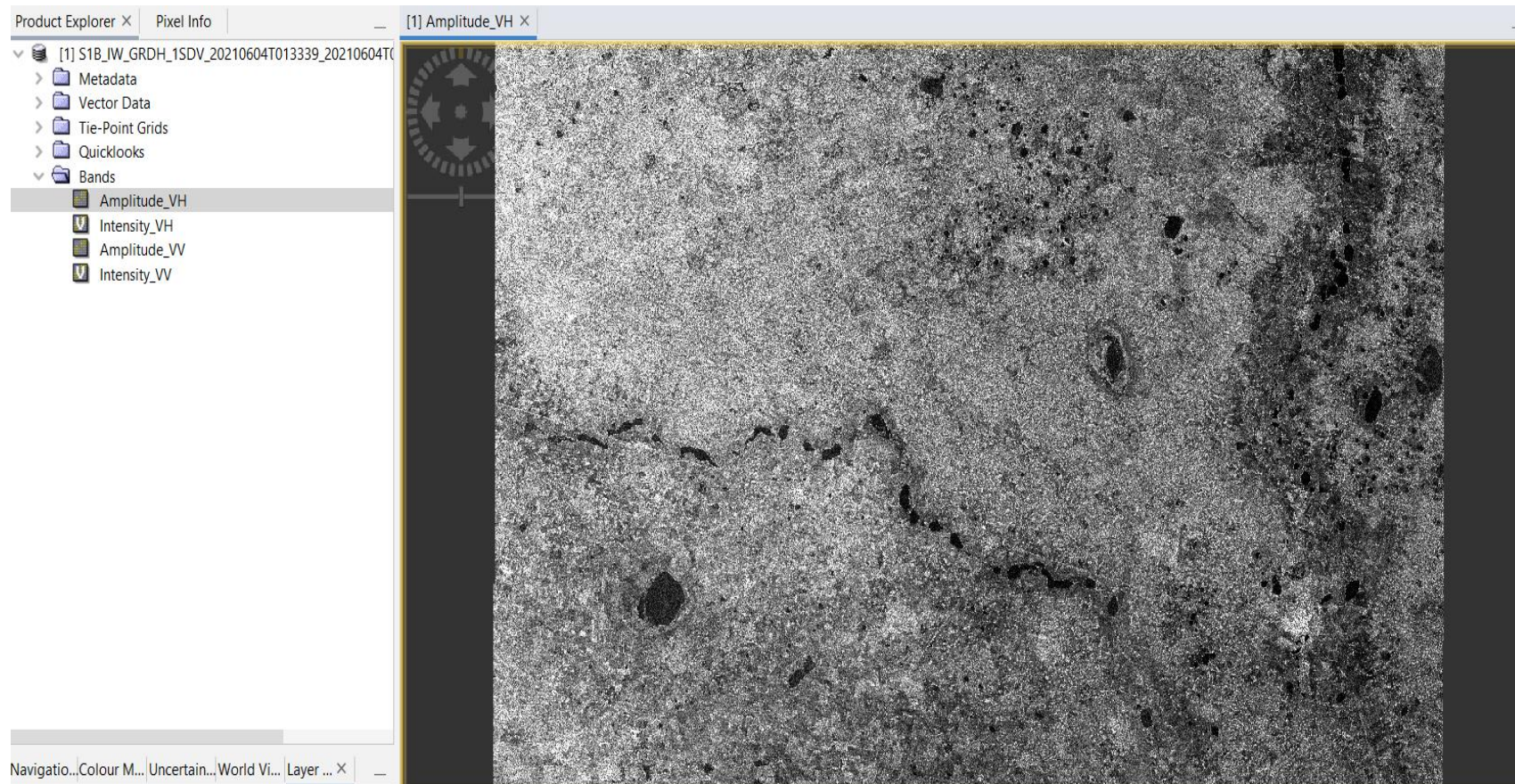


Рис. 2 Исходный радиолокационный снимок, загруженный в SNAP, включающий зону исследования – озеро, по которому проводился анализ ЭПР.

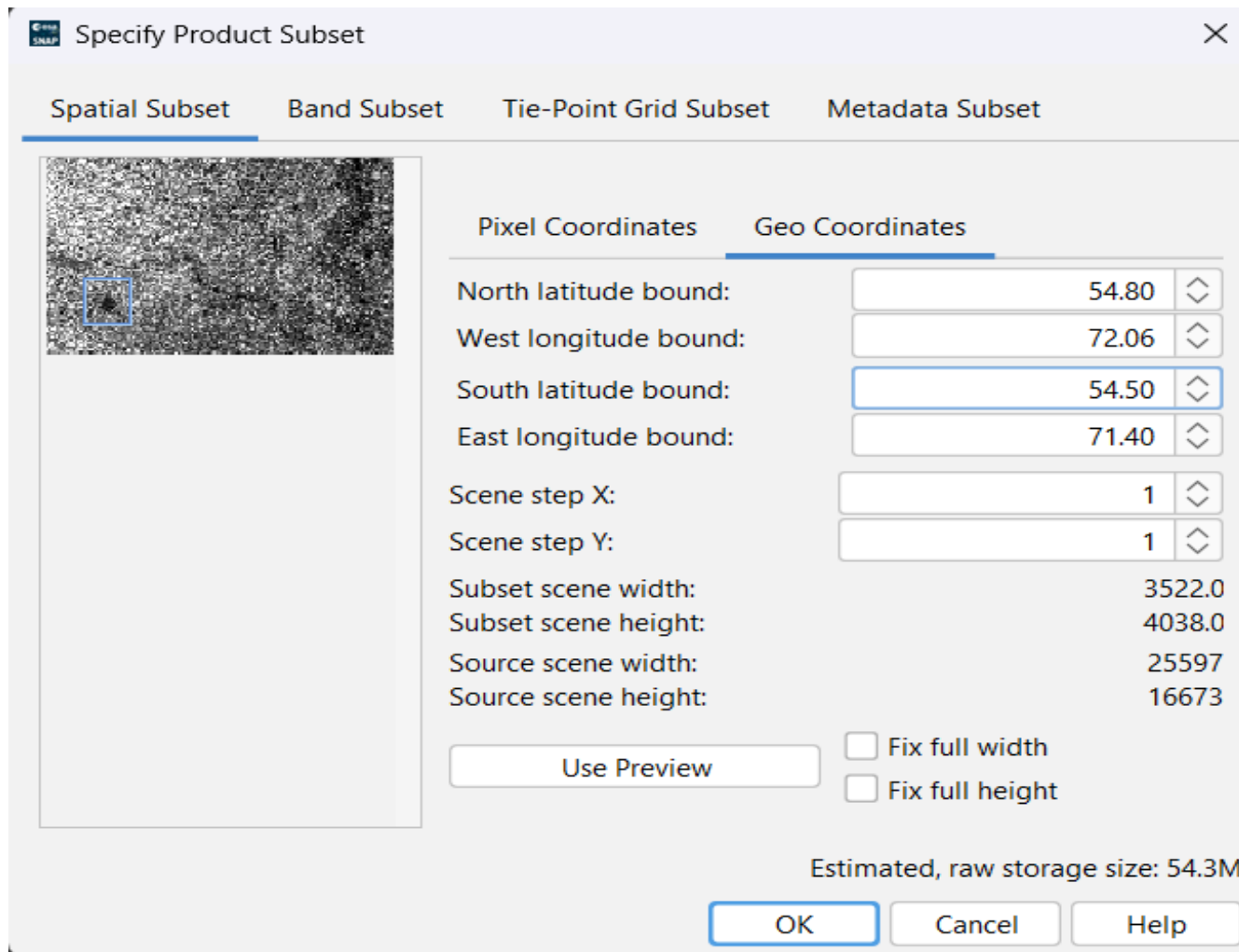


Рис. 3 Демонстрирует окно программного обеспечения SNAP, в котором вручную выбирается географическая область для дальнейшей обработки.



Рис. 4 Иллюстрация полученного результата после выбора области на снимке



Рис. 5 Снимок интерфейса SNAP в момент применения функции калибровки,

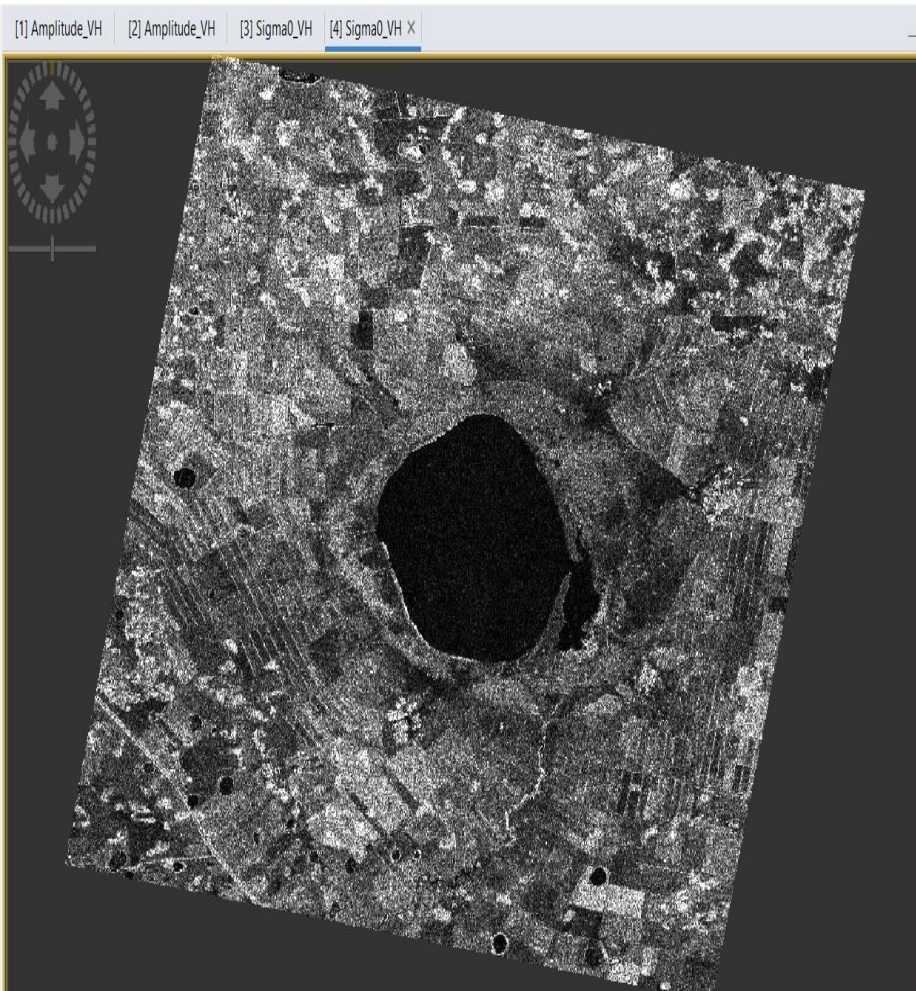


Рис. 6 Иллюстрация этапа коррекции рельефа, где активированы параметры географического положения и локального угла падения сигнала.

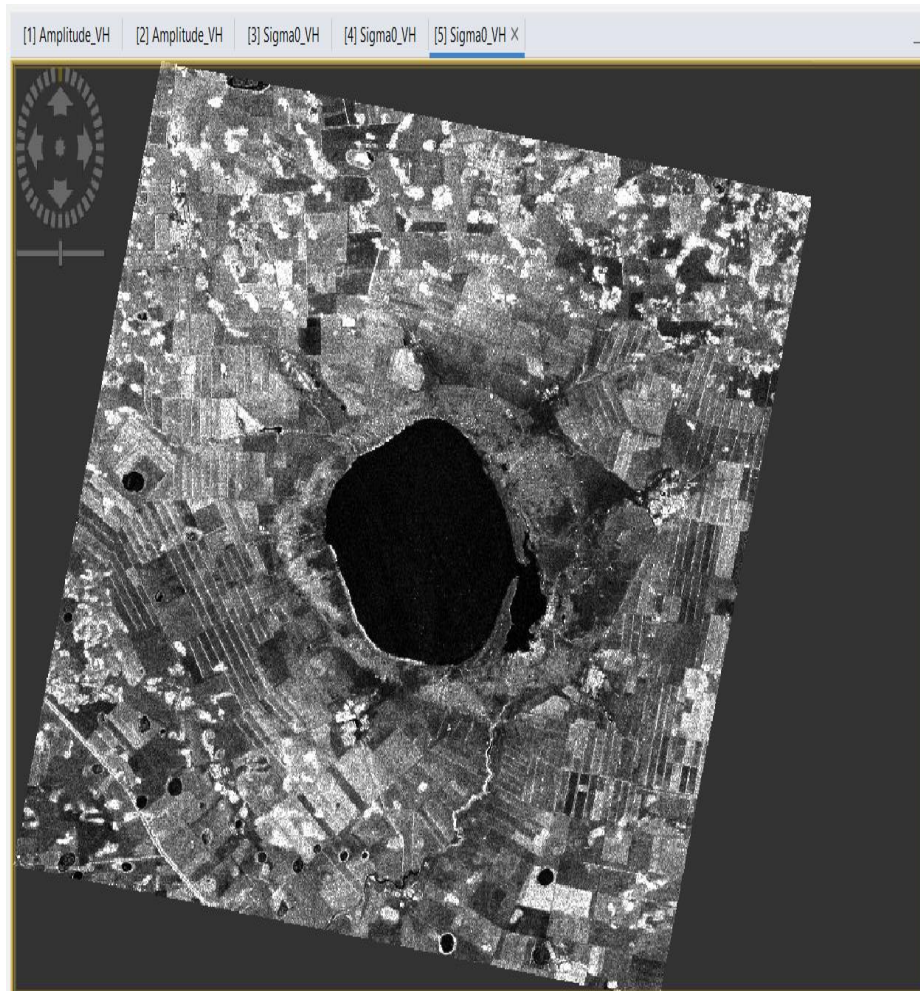


Рис. 7 Представляет этап устранения характерных «зернистых» шумов с помощью спекл-фильтра.

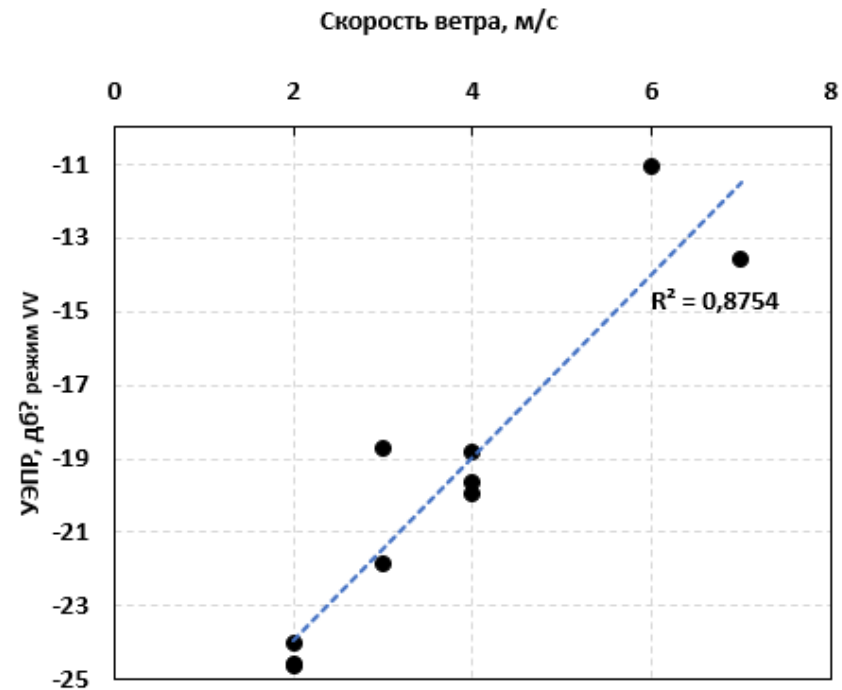
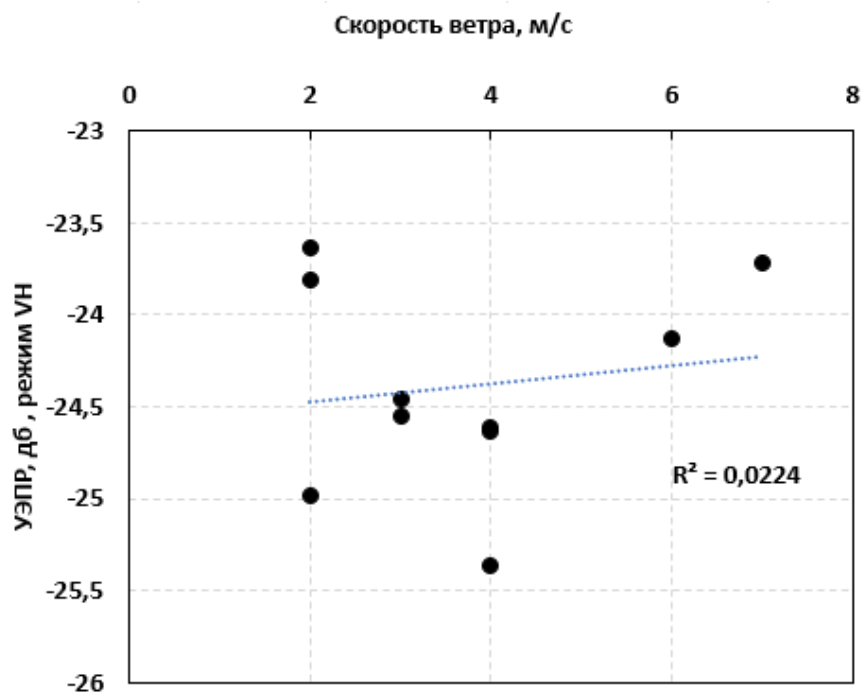


Рис. 8 Зависимость значения ЭПР от скорости ветра для угла зондирования  $33^\circ$

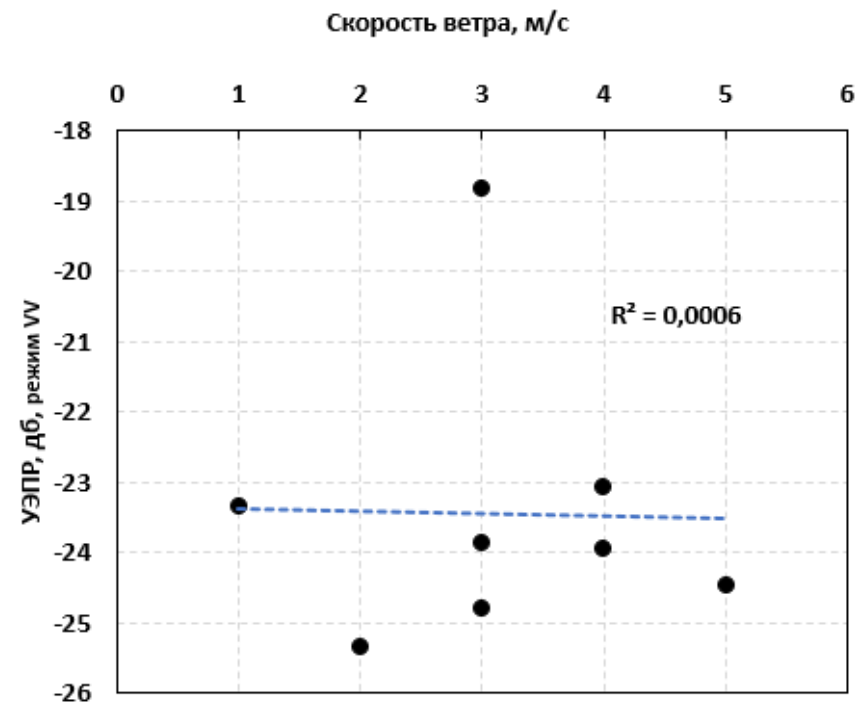
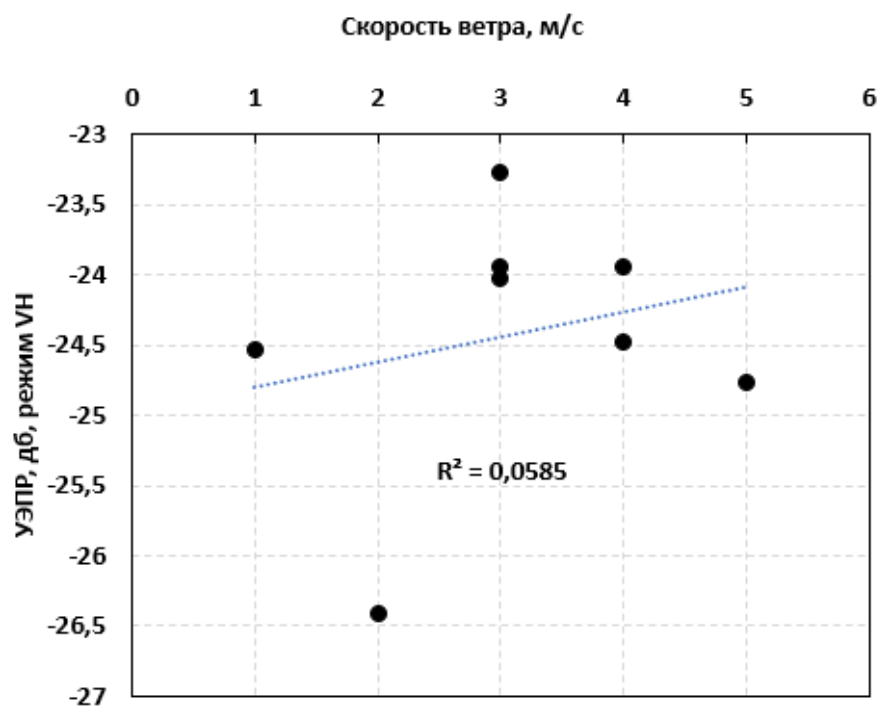


Рис. 9 Зависимость значения ЭПР от скорости ветра для угла зондирования  $41^\circ$



## Заключение:

В результате проведённого анализа данных была установлена корреляционная зависимость между скоростью ветра и уровнем УЭПР в режиме съёмки VV. Это может быть объяснено увеличением неровностей водной поверхности в вертикальном направлении (увеличением высоты волн) при росте скорости приводного ветра. Указанная зависимость обнаружена для данных, полученных под углом зондирования в 33 градуса. Предположительно это можно объяснить соотношением между направлением скорости ветра и азимутом угла под которым производилась съёмка.

# Список литературы



1. Европейское космическое агентство. Sentinel Online. URL: <https://sentinels.copernicus.eu/> (дата обращения: 12.05.2025).
2. Злотин Ю.Л. Основы дистанционного зондирования Земли. — М.: Наука, 2020. — 354 с.
3. Радиолокатор с синтезированной апертурой [Электронный ресурс] // Основы радиолокации / Radartutorial.eu. — URL: <https://www.radartutorial.eu/20.airborne/ab07.ru.html>
4. Ковальчук В.Н. Радиолокационные системы дистанционного зондирования. — М.: Радио и связь, 2019. — 280 с.
5. Соловьев А.А., Рогожин Н.А. Космические средства наблюдения Земли. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2021. — 318 с.
6. Колосов В.А. Радиолокационные спутники: учебное пособие. — СПб.: Политехника, 2020. — 212 с.
7. ESA. Sentinel-1 User Guide. URL: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar>
8. Ушаков М.В., Ковалев П.А. Аппаратура SAR на спутниках Sentinel. // Радиотехника и электроника. — 2021. — Т.66. — №12. — С.1452–1460.
9. Сивков С.Н. Основы функционирования спутников SAR. — М.: МГТУ им. Баумана, 2020. — 198 с.
10. Скворцов А.А. Обработка радиолокационных изображений. — М.: Техносфера, 2022. — 224 с.
11. Комарова Т.Ю. Роль SAR в мониторинге чрезвычайных ситуаций. // Геоинформатика. — 2023. — №4. — С.17–24.
12. Роскосмос. Навигационные системы спутников. URL: <https://www.roscosmos.ru>



# Объект исследования и данные

Дата	Скорость ветра	Sigma0_VH (дБ)	Sigma0_VV (дБ)	localIncidence Angle (Угол локального совпадения)	incidence Angle From Ellipsoid (угол падения от Эллипсоида)
04.июн	7	-23,7183	-13,6023	33,59914	33,581
16.июн	4	-25,361	-19,9717	33,39545	33,37695
28.июн	4	-24,6088	-18,8345	33,39302	33,37451
10.июл	2	-23,6415	-24,0029	33,39117	33,37267
22.июл	3	-24,4613	-21,8601	33,59753	33,57938
03.авг	4	-24,6291	-19,6269	33,59845	33,5803
15.авг	2	-23,8108	-24,5983	33,39429	33,37578
27.авг	2	-24,9795	-24,5481	33,39274	33,37422
08.сен	3	-24,5504	-18,7083	33,39431	33,3758
20.сен	6	-24,1314	-11,0559	33,39171	33,37321
11.июн	1	-24,5322	-23,3435	41,4419	41,42448
23.июн	4	-23,9407	-23,0541	41,44283	41,42541
05.июл	3	-23,2665	-23,8574	41,44728	41,42968
17.июл	2	-26,4154	-25,3459	41,6175	41,60076
10.авг	3	-23,9489	-18,8119	41,44548	41,42806
22.авг	3	-24,0296	-24,7806	41,44202	41,4246
03.сен	5	-24,76	-24,4657	41,44888	41,4313
15.сен	4	-24,4782	-23,9268	41,44906	41,43148

Таблица 1. Усредненные значения ЭПР и скорость ветра