



Дальневосточный центр ФГБУ «Научно-исследовательский центр
космической гидрометеорологии «Планета»

НЕЙРОСЕТЕВОЙ МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ОСАДКОВ ПО ДАННЫМ РАДИОМЕТРА ATMS

Докладчик: Филей Андрей Александрович

ИКИ РАН, 11 - 15 ноября 2024 г.

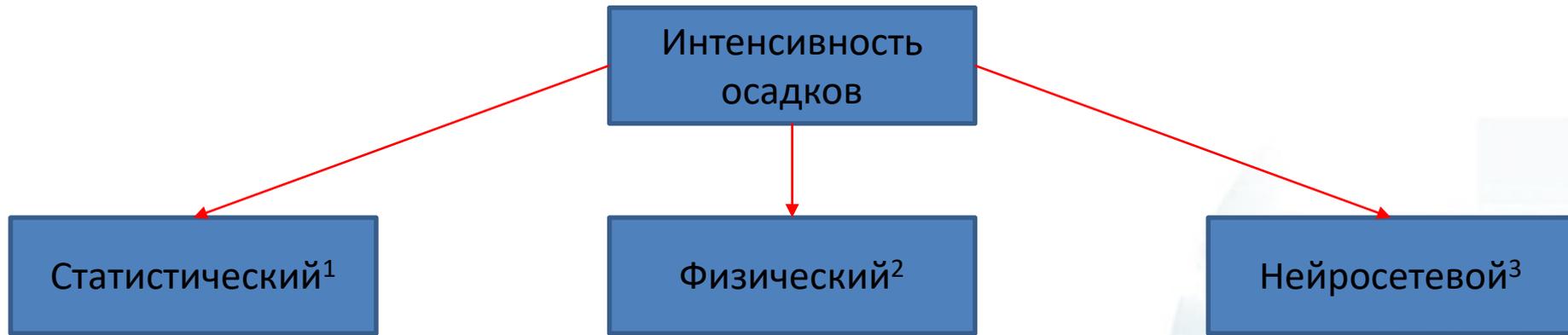
Радиометр ATMS

Радиометр ATMS является целевой аппаратурой, установленной на метеорологических КА Suomi NPP и NOAA-20/21. Прибор оснащен 22 каналами в диапазоне частот от 23 до 183 ГГц, имеет ширину обзора 2600 км, что позволяет проводить восстановление вертикальных профилей температуры и влажности, параметров облачности, осадков и характеристик подстилающей поверхности.

| No. | Central frequency (GHz) | Bandwidth (MHz) | Quasi-polarisation | NEΔT |
|-----|-----------------------------|-----------------|--------------------|--------|
| 1 | 23.800 | 270 | QV | 0.90 K |
| 2 | 31.400 | 180 | QV | 0.90 K |
| 3 | 50.300 | 180 | QH | 1.20 K |
| 4 | 51.760 | 400 | QH | 0.75 K |
| 5 | 52.800 | 400 | QH | 0.75 K |
| 6 | 53.596 ± 0.115 | 170 | QH | 0.75 K |
| 7 | 54.400 | 400 | QH | 0.75 K |
| 8 | 54.940 | 400 | QH | 0.75 K |
| 9 | 55.500 | 330 | QH | 0.75 K |
| 10 | $f_0 = 57.290344$ | 330 | QH | 0.75 K |
| 11 | $f_0 \pm 0.217$ | 78 | QH | 1.20 K |
| 12 | $f_0 \pm 0.3222 \pm 0.048$ | 36 | QH | 1.20 K |
| 13 | $f_0 \pm 0.3222 \pm 0.022$ | 16 | QH | 1.50 K |
| 14 | $f_0 \pm 0.3222 \pm 0.010$ | 8 | QH | 2.40 K |
| 15 | $f_0 \pm 0.3222 \pm 0.0045$ | 3 | QH | 3.60 K |
| 16 | 88.2 | 2000 | QV | 0.50 K |
| 17 | 165.5 | 3000 | QH | 0.60 K |
| 18 | 183.31 ± 7.0 | 2000 | QH | 0.80 K |
| 19 | 183.31 ± 4.5 | 2000 | QH | 0.80 K |
| 20 | 183.31 ± 3.0 | 1000 | QH | 0.80 K |
| 21 | 183.31 ± 1.8 | 1000 | QH | 0.80 K |
| 22 | 183.31 ± 1.0 | 500 | QH | 0.90 K |

Присутствуют на МТВЗА-ГЯ
КА Метеор-М № 2-3, 2-4

Методы получения интенсивности осадков



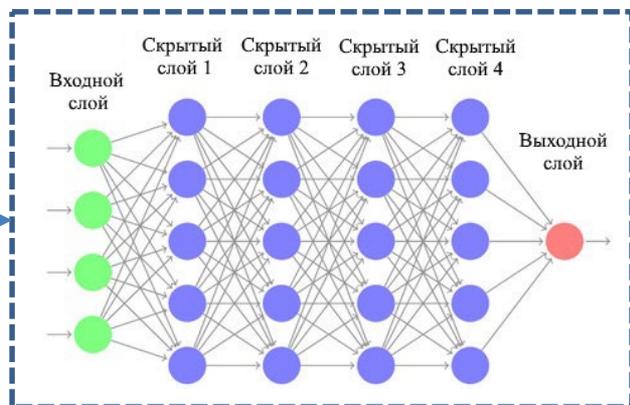
¹*Kummerow C.D., Giglio L.* A passive microwave technique for estimating rainfall and vertical structure information from space. Part I: Algorithm description // J. Appl. Meteorol. 1994. V. 33(1). P. 3–18. DOI: 10.1175/1520-0450(1994)033<0003:APMTFE>2.0.CO;2

²*Iturbide-Sanchez F. et al.* Assessment of a variational inversion system for rainfall rate over land and water surfaces // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 2011. V. 49(9). P. 3311–3333. DOI: 10.1109/TGRS.2011.2119375

³*Sanò P., Panegrossi G., Casella D., Marra A.C., Di Paola F., Dietrich S.* The new Passive microwave Neural network Precipitation Retrieval (PNPR) algorithm for the cross-track scanning ATMS radiometer: description and verification study over Europe and Africa using GPM and TRMM spaceborne radars // Atmos. Meas. Tech. 2016. V. 9. P. 5441–5460. DOI: 10.5194/amt-9-5441-2016

Архитектура нейронной сети

Классификация



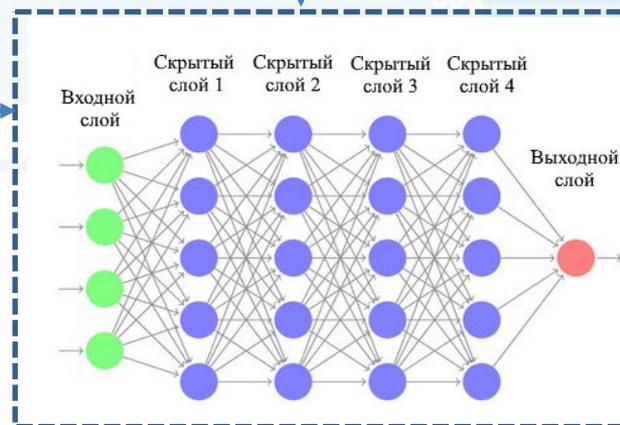
Классы интенсивности:

- 1) Слабые (0.25 – 2.5 мм/ч)
- 2) Умеренные (2.5 – 8 мм/ч)
- 3) Сильные (8 – 15 мм/ч)
- 4) Очень сильные (> 15 мм/ч)

Выбор регрессионной модели

- 1) Спектральные каналы
- 2) Углы наблюдения
- 3) Географические координаты

Спутниковые данные



Интенсивность
в мм/ч

Регрессия

Формирование обучающей выборки

Реанализ ECMWF ERA5 за 2022 г.

| № | Поле |
|-----------------------------|---|
| 1 | Географические координаты |
| 2 | Температура на высоте 2 метров н.у.м |
| 3 | Давление на высоте 2 метров н.у.м |
| 4 | Отношение смеси водяного пара на высоте 2 метров н.у.м |
| 5 | Компоненты векторов ветра U и V на высоте 10 метров н.у.м |
| 6 | Температура подстилающей поверхности |
| Вертикальный профиль | |
| 7 | Температура |
| 8 | Отношение смеси водяного пара |
| 9 | Давление |
| 10 | Удельное содержание жидкой воды в облаках |
| 11 | Удельное содержание льда в облаках |
| 12 | Удельное содержание жидкой воды в виде осадков |
| 13 | Удельное содержание снега в виде осадков |
| 14 | Доля облачности |

Поля ECMWF ERA5

Дополнительная информация:

- Высота рельефа
- Зенитный угол спутника
- Маска суша/вода
- Маска снег/лед

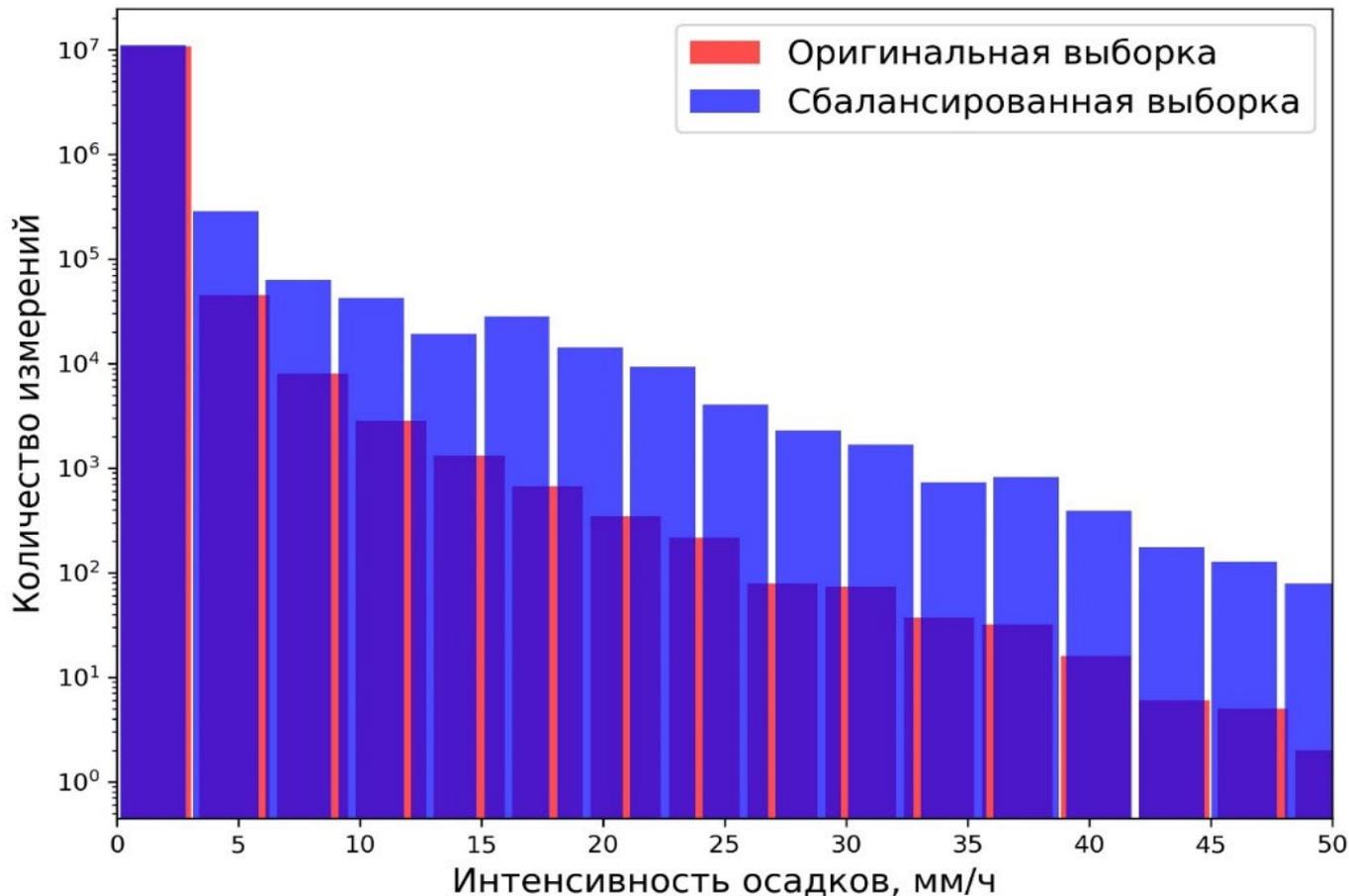
RTTOV:

- RTTOV-SCAT
- TELSEM2
- FASTEM-6

Обучающая Выборка:

- Смоделированные измерения в каналах ATMS
- Интенсивность осадков
- Маска суша/вода
- Географическая широта
- Маска снег/лед
- Зенитный угол спутника

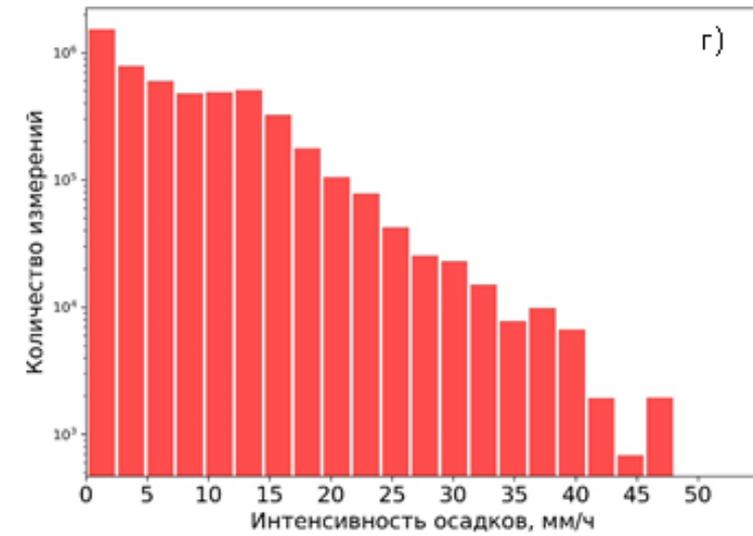
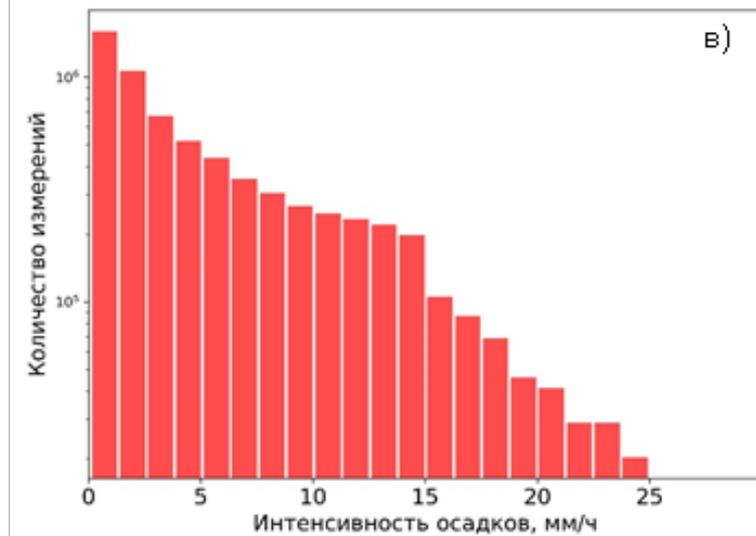
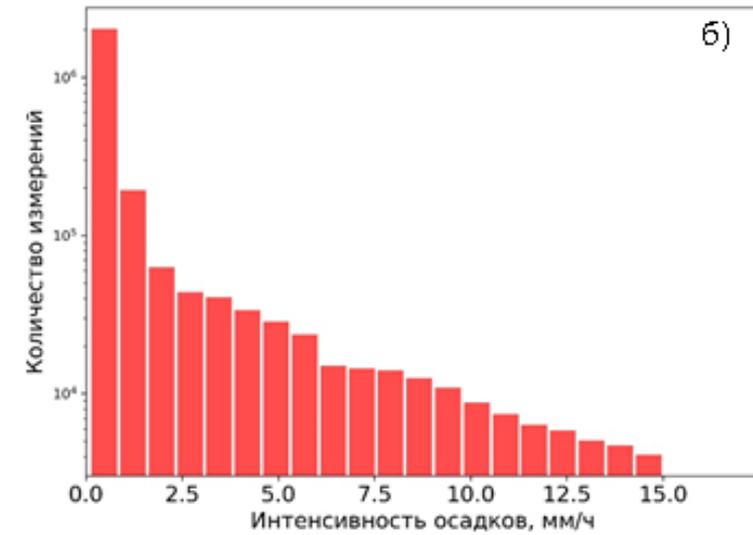
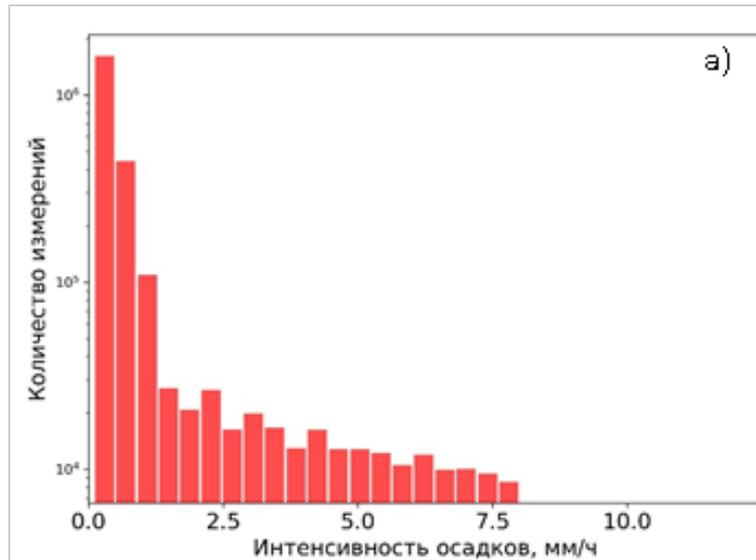
Балансировка обучающей выборки для классификации



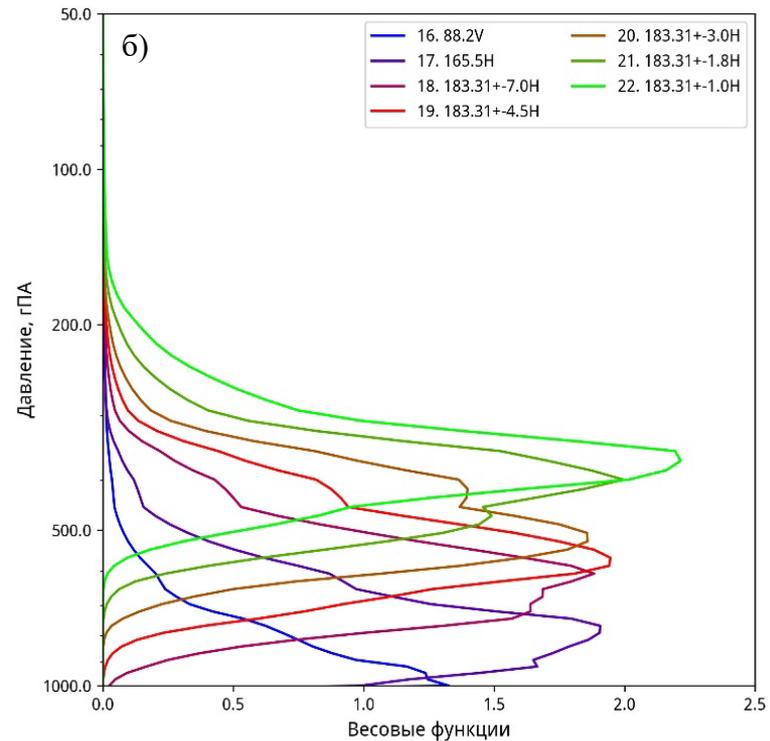
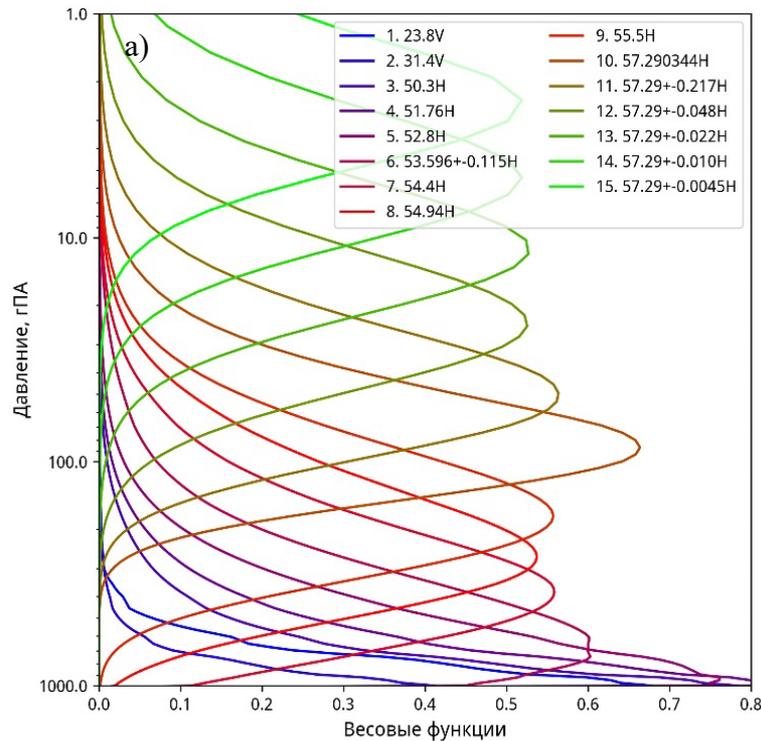
Классы интенсивности:

- 1) Слабые (0.25 – 2.5 мм/ч)
- 2) Умеренные (2.5 – 8 мм/ч)
- 3) Сильные (8 – 15 мм/ч)
- 4) Очень сильные (> 15 мм/ч)

Четыре регрессионных модели



Оптимальный выбор входных параметров



| | Суша | Вода |
|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------|
| Каналы | № 3-6, 16-22 | № 0-6, 16-22 |
| Разности | $D_{18,22}; D_{18,20}; D_{20,22}$ | |
| Вспомогательные параметры | Широта Зенитный угол спутника | |
| D – разность яркостных температур | | |



ВАЛИДАЦИЯ

Спутниковые данные

- 1) Радиометр ATMS КА NOAA-20

Исходные Данные

- 1) Интенсивность осадков, восстановленная с помощью представленного нейросетевого алгоритма.

Область интереса и временной интервал

- 1) Весь земной шар
- 2) Ограничение по широте -70 до 70 градусов
- 3) Отдельные сроки по месяцам в течение 2023 г.

Независимые данные Валидации

- 1) Интенсивность осадков, восстановленная с помощью статистическо-физического алгоритма программного комплекса MIRS (www.avl.class.noaa.gov)
- 2) Интенсивность осадков, восстановленная с помощью статистическо-физического алгоритма GPROF (www.gpm1.gesdisc.eosdis.nasa.gov).

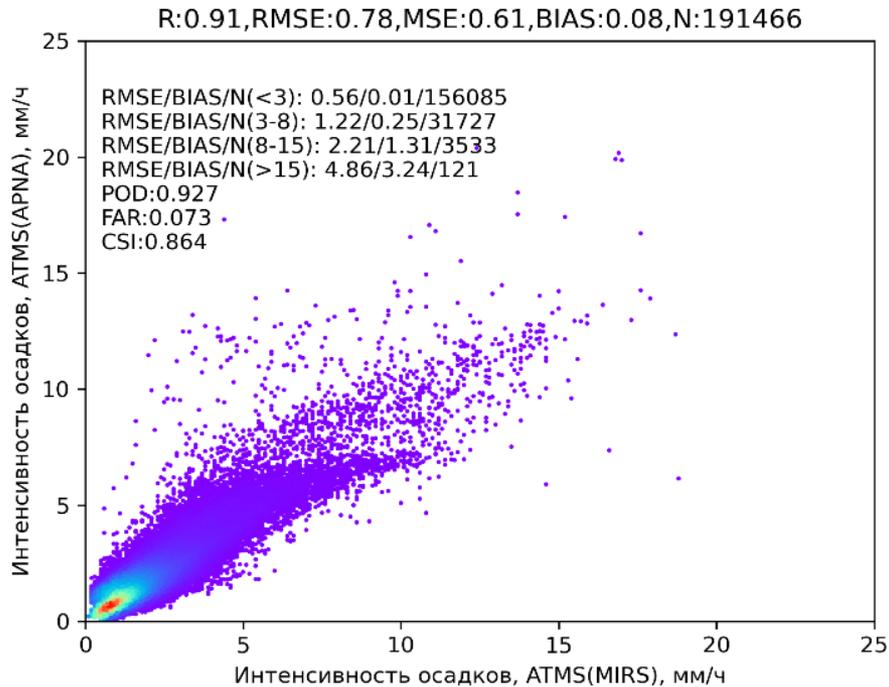
Метрики

POD (вероятность обнаружения) указывает на долю пикселей, наблюдаемых по фактическим данным, и которые были верно классифицированы нейросетевой моделью.

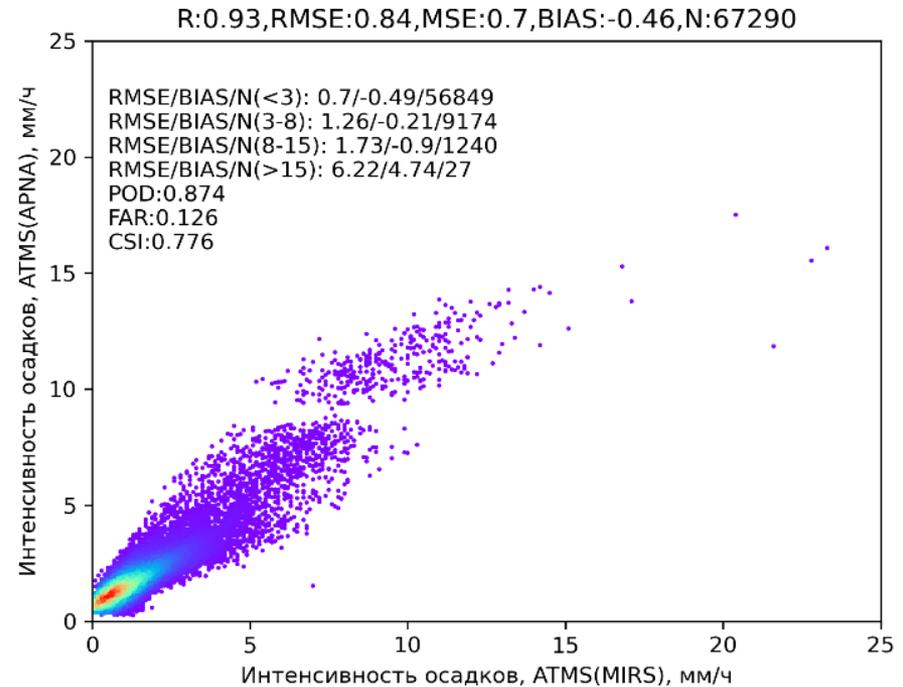
FAR (коэффициент ложной тревоги) показывает долю пикселей, соответствующих наличию осадков по нейросетевой модели, но фактически отсутствующих.

Сравнение с MIRS

Вода



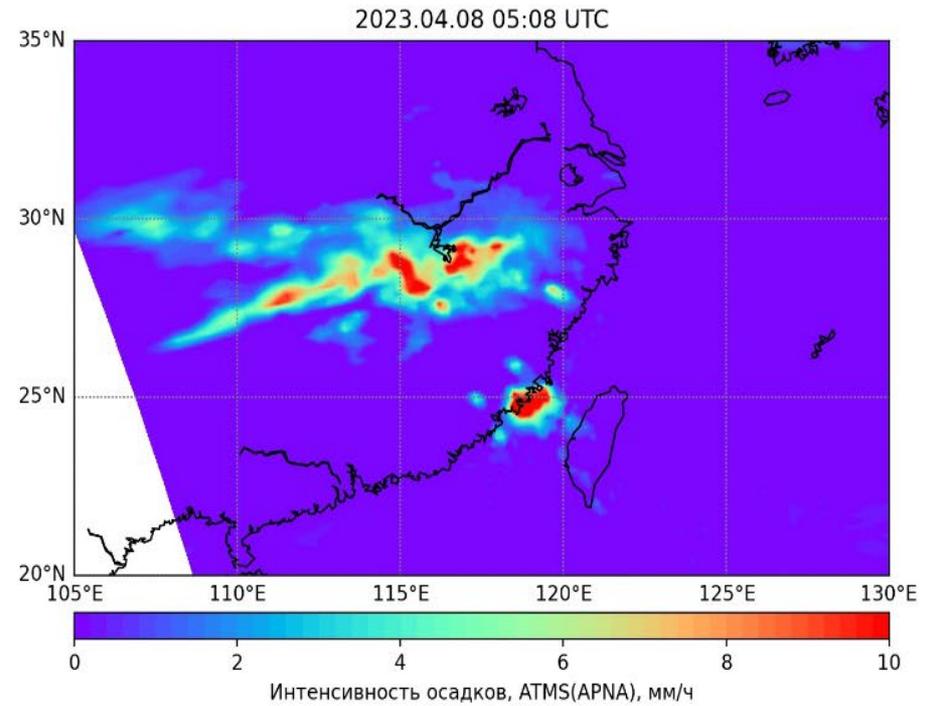
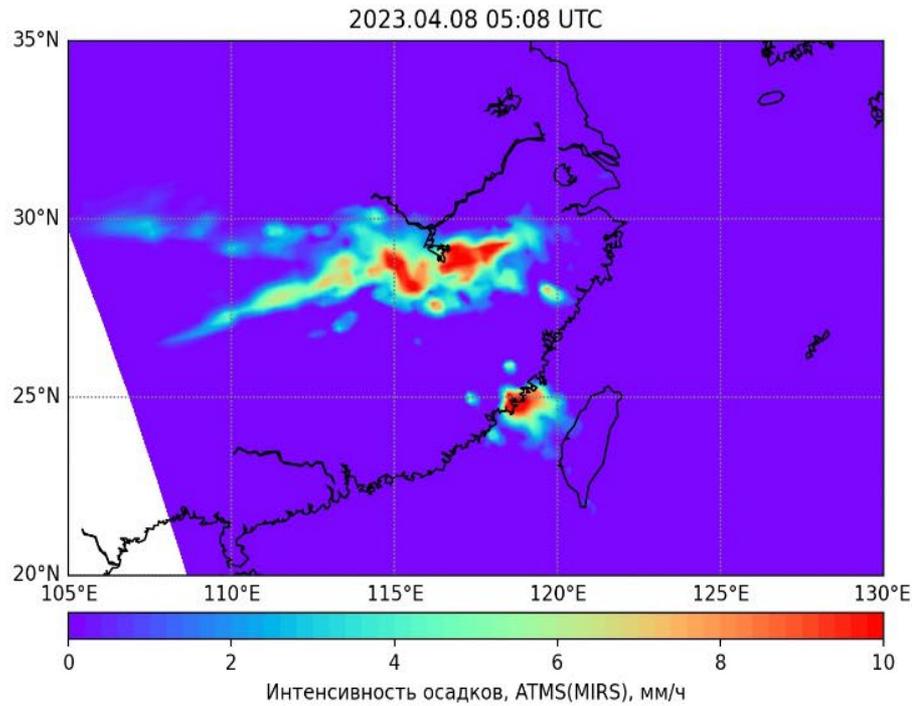
Суша



Оценка точности

| Подстилающая поверхность | Кол-во точек | POD | FAR | CSI | RMSE, мм/ч | Bias, мм/ч | R |
|--------------------------|--------------|-------|-------|-------|------------|------------|------|
| Вода | 191466 | 0.928 | 0.072 | 0.866 | 0.78 | 0.08 | 0.91 |
| Суша | 67290 | 0.874 | 0.126 | 0.776 | 0.84 | -0.46 | 0.93 |

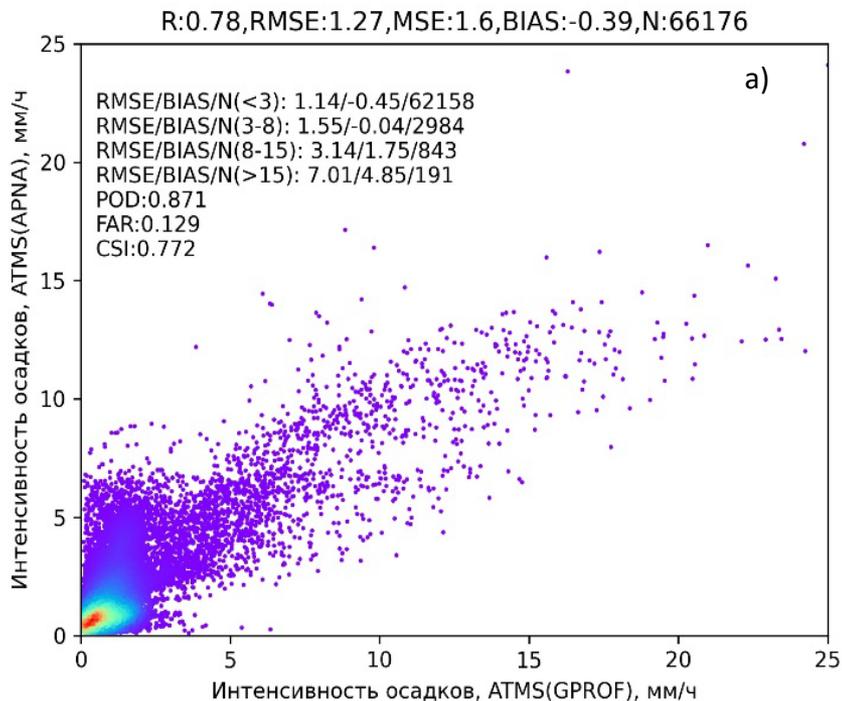
Сравнение с MIRS



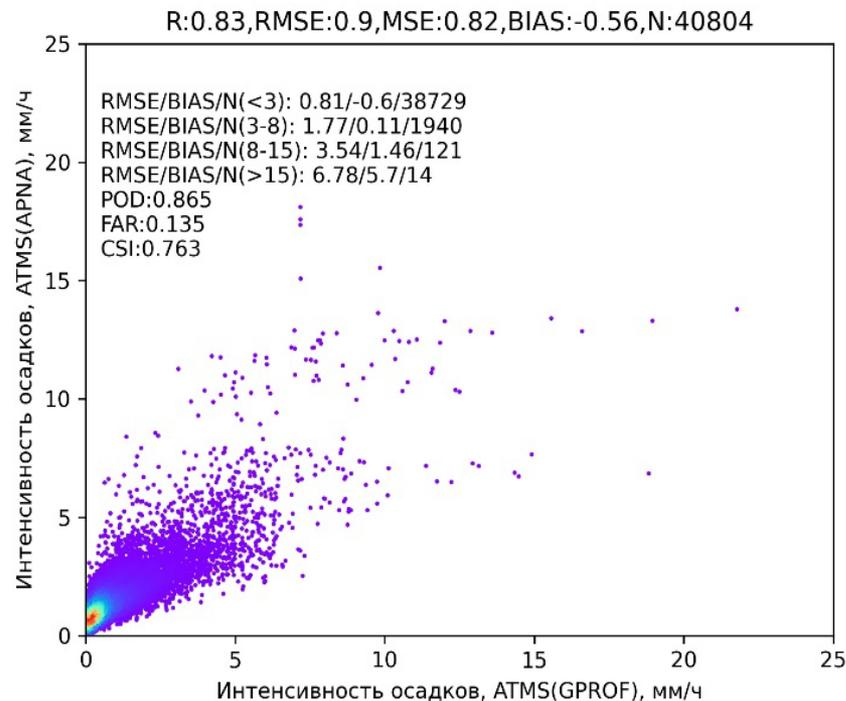
APNA (Advanced Precipitation Neural Algorithm) – разработанный алгоритм

Сравнение с GPROF

Вода



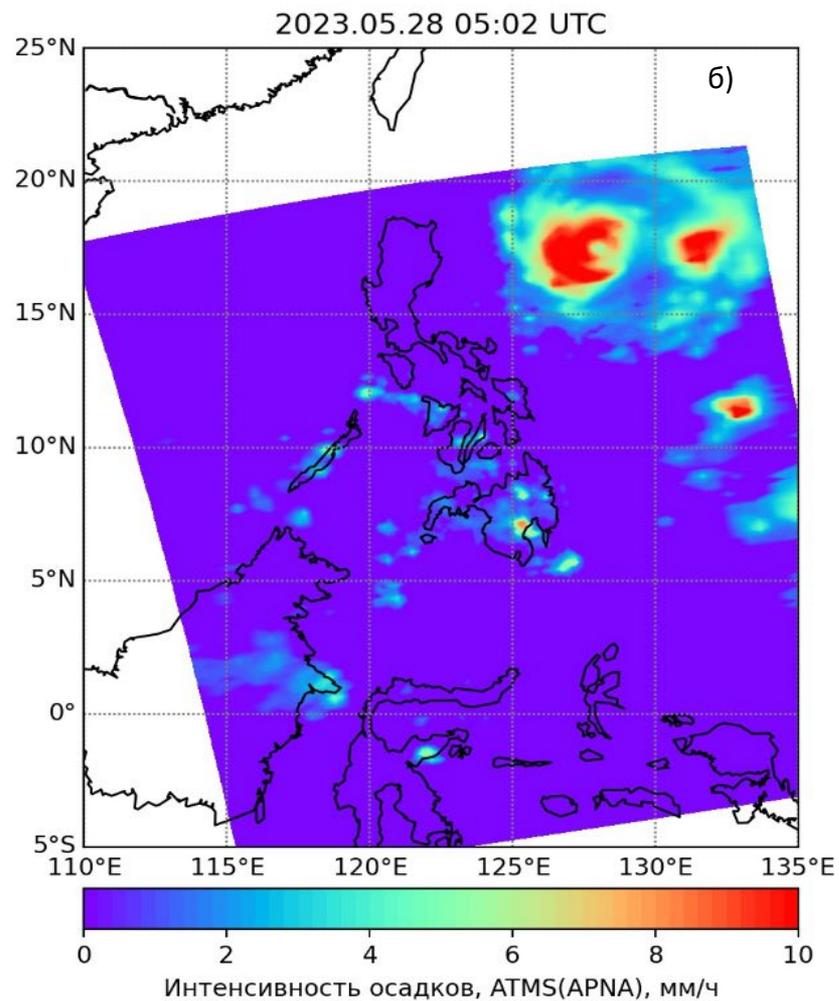
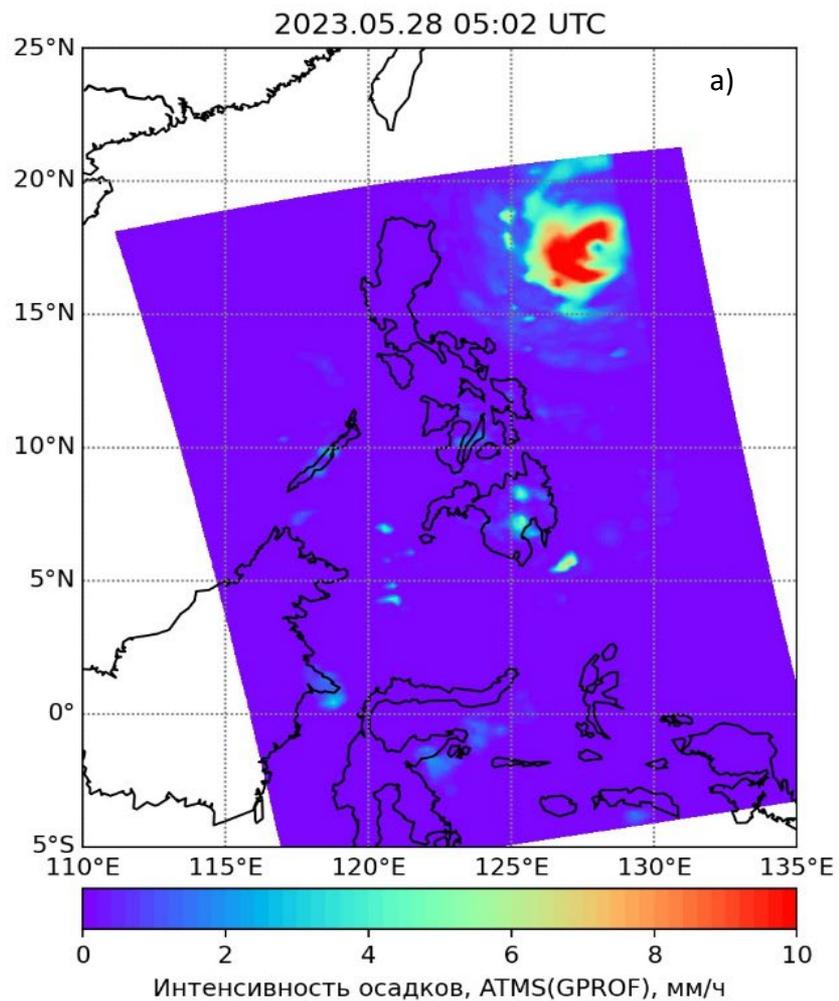
Суша



Оценка точности

| Подстилающая поверхность | Кол-во точек | POD | FAR | CSI | RMSE, мм/ч | Bias, мм/ч | R |
|--------------------------|--------------|-------|-------|-------|------------|------------|------|
| Вода | 66176 | 0.871 | 0.129 | 0.772 | 1.27 | -0.39 | 0.87 |
| Суша | 40804 | 0.865 | 0.135 | 0.763 | 0.9 | -0.56 | 0.83 |

Сравнение с GPROF



Выводы

- 1) Подтверждена работоспособность представленной нейросетевой методики восстановления интенсивностей осадков.
- 2) Получаемые карты могут служить в качестве источника информации об осадках при ограниченности непосредственных наземных измерений.
- 3) Необходимо продолжить исследования на предмет применение методики в зимнее время года при наличии в области наблюдения снега и льда.
- 4) Методика может быть адаптирована для измерений российского микроволнового радиометра МТВЗА-ГЯ.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Дальневосточный центр
ФГБУ «НИЦ «Планета»
Россия, г. Хабаровск,
ул. Ленина, д. 18
тел.: 8-(4212) 21-43-11
факс: 8-(4212) 21-40-07
e-mail: niokr@dvrpod.ru
<https://www.dvrpod.ru>