



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.

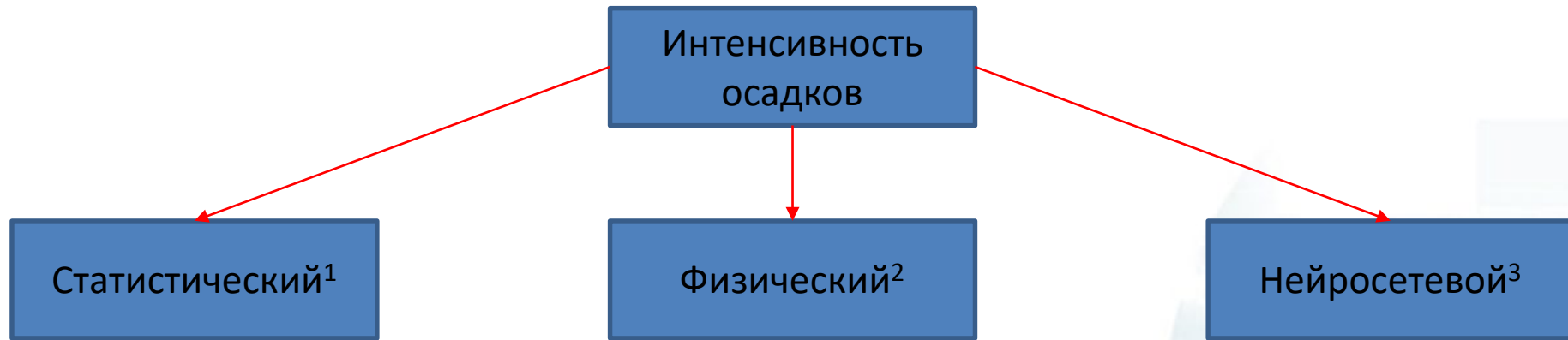
Радиометр ATMS

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 ± 0.217	78	QH	1.20 K
12	f ₀ ± 0.3222 ± 0.048	36	QH	1.20 K
13	f ₀ ± 0.3222 ± 0.022	16	QH	1.50 K
14	f ₀ ± 0.3222 ± 0.010	8	QH	2.40 K
15	f ₀ ± 0.3222 ± 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



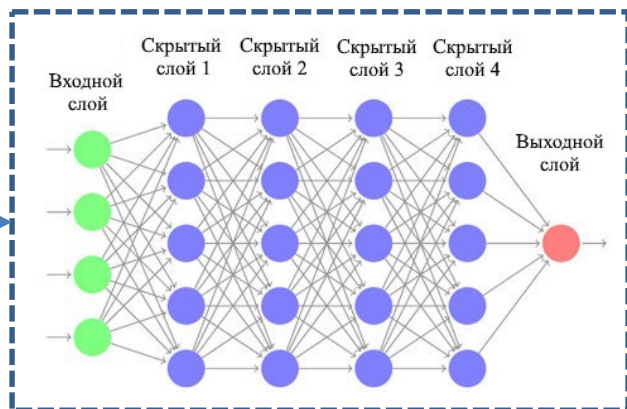
¹*Kummerow C.D., Giglio L.* A passive microwave technique for estimating rainfall and vertical structure information from space. Part I: Algorithm description // J. Appl. Meteorol. 1994. V. 33(1). P. 3–18. DOI: 10.1175/1520-0450(1994)033<0003:APMTFE>2.0.CO;2

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



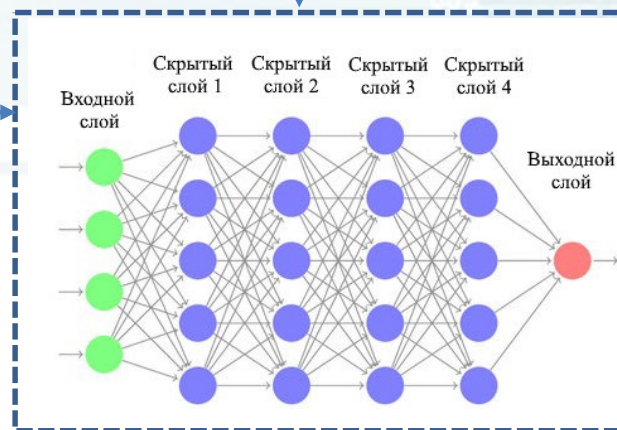
Классы интенсивности:

- 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

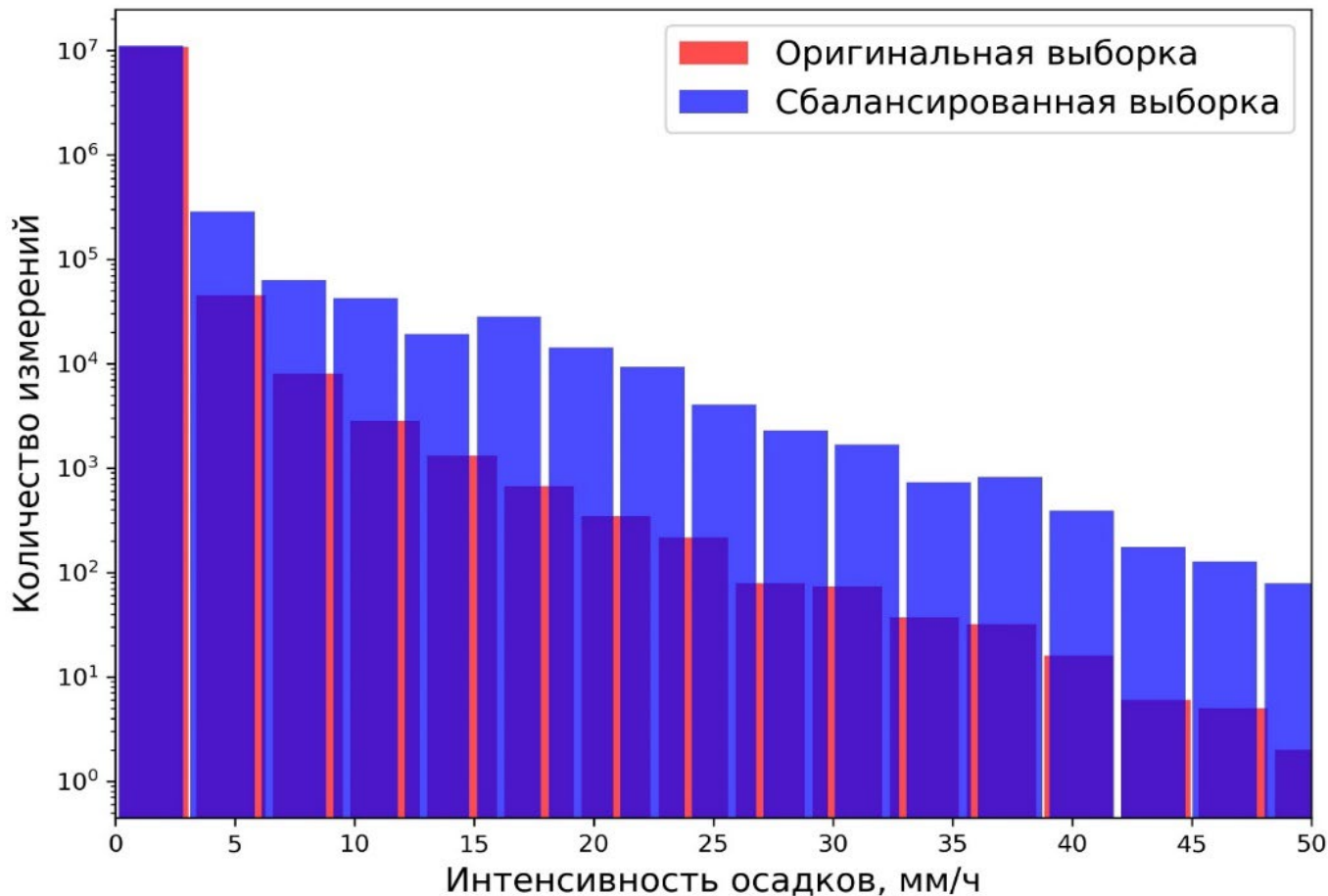
RTTOV:

- 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

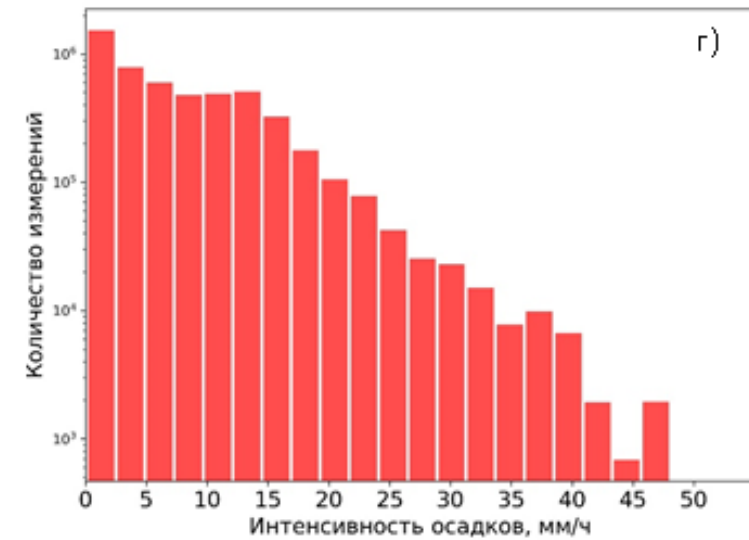
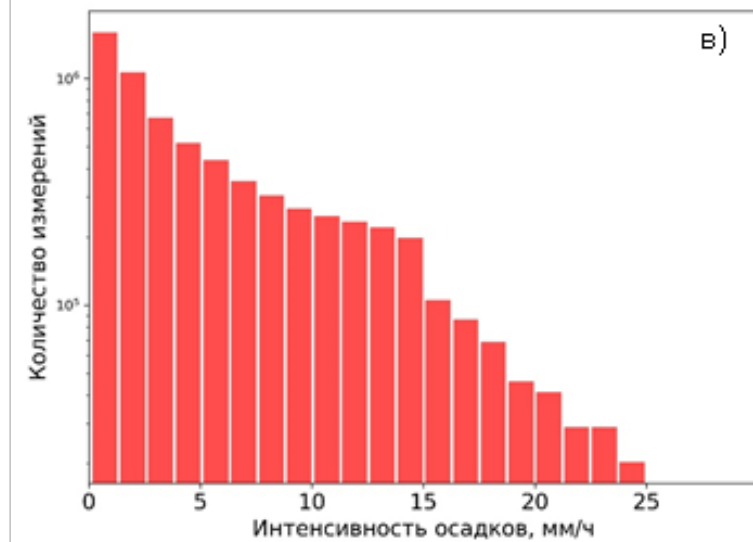
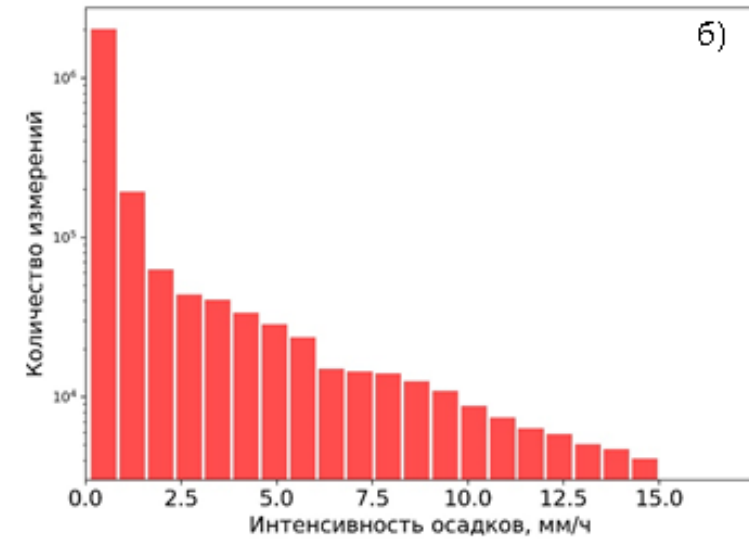
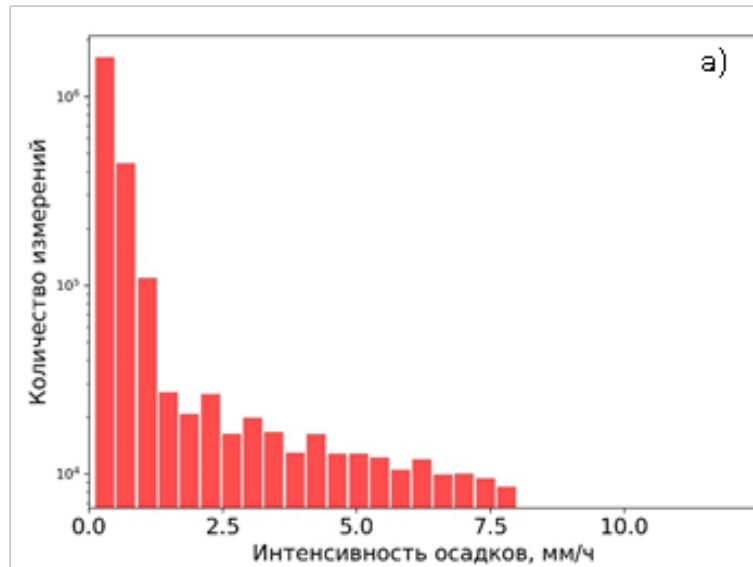
Балансировка обучающей выборки для классификации



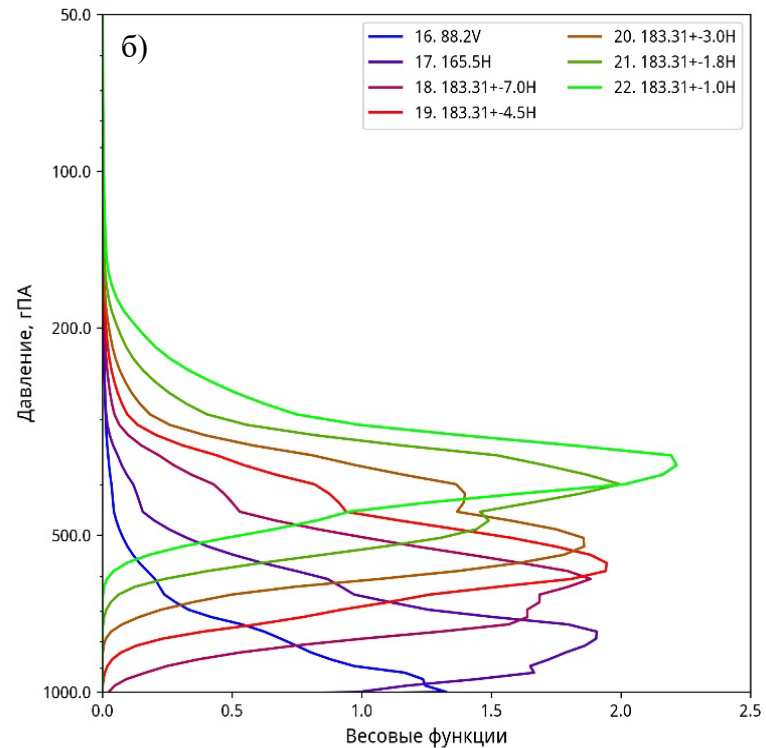
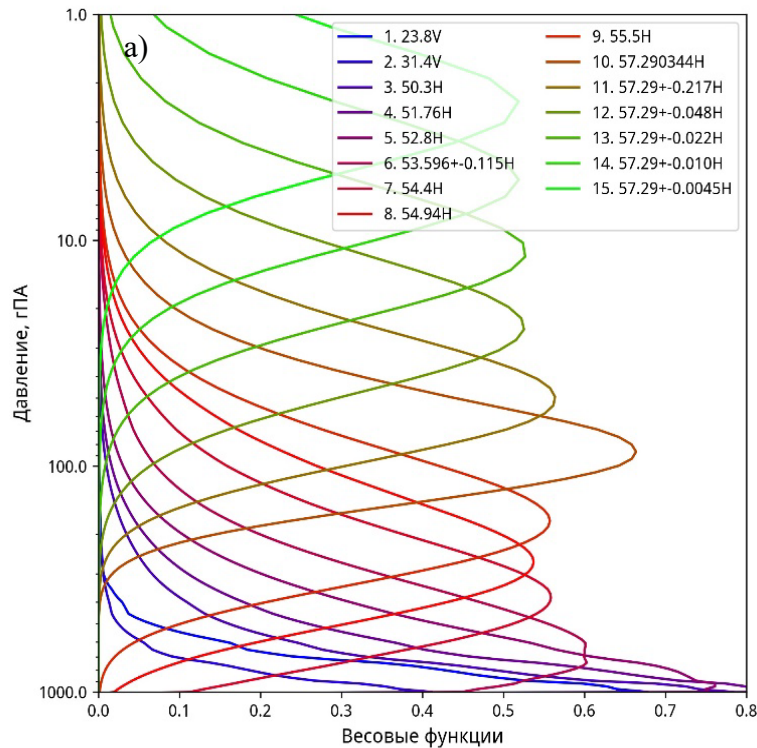
Классы интенсивности:

- 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).

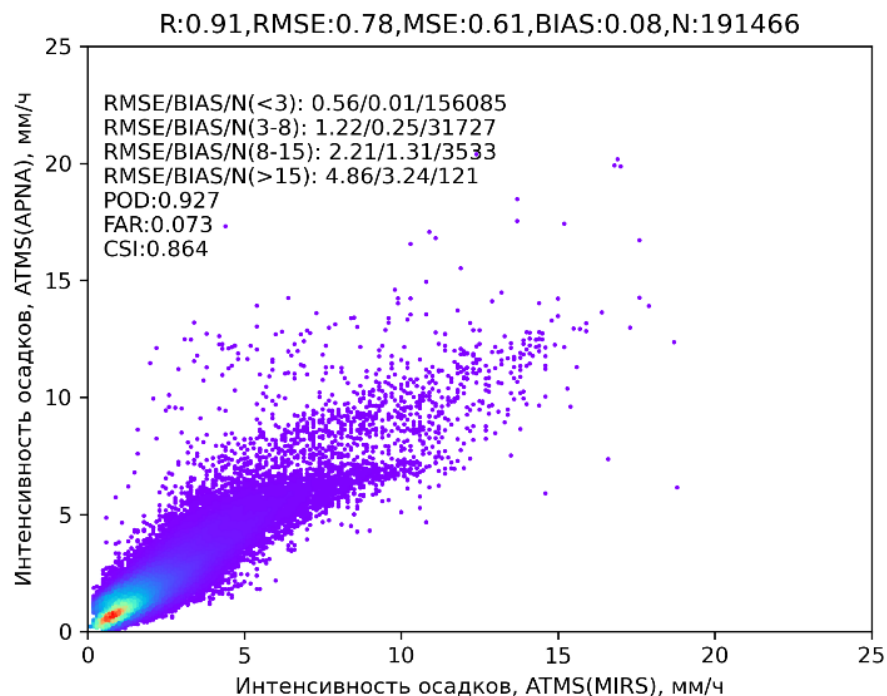
Метрики

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

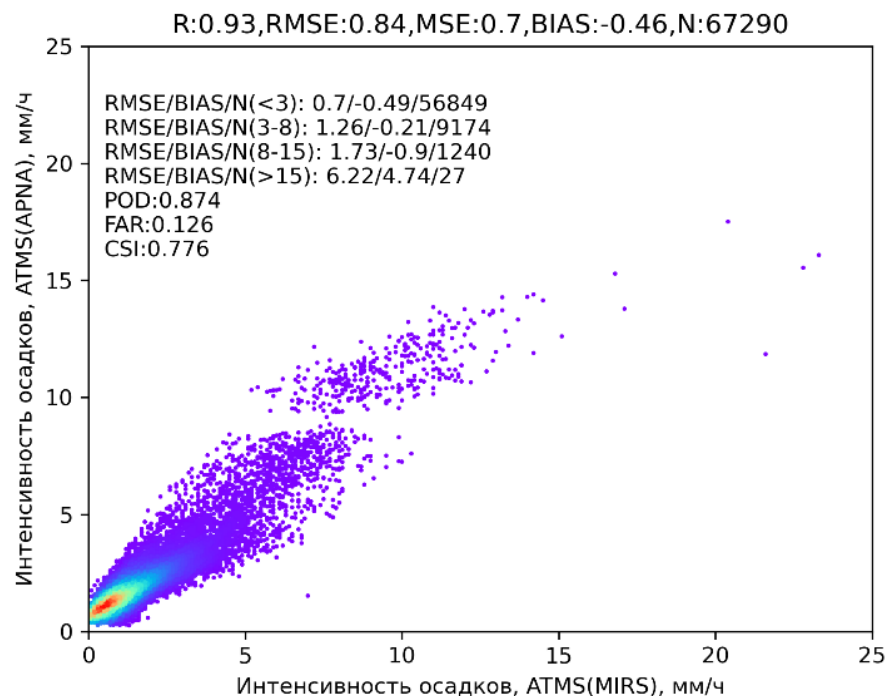
FAR (коэффициент ложной тревоги) показывает долю пикселей, соответствующих наличию осадков по нейросетевой модели, но фактически отсутствующих.

Сравнение с MIRS

Вода



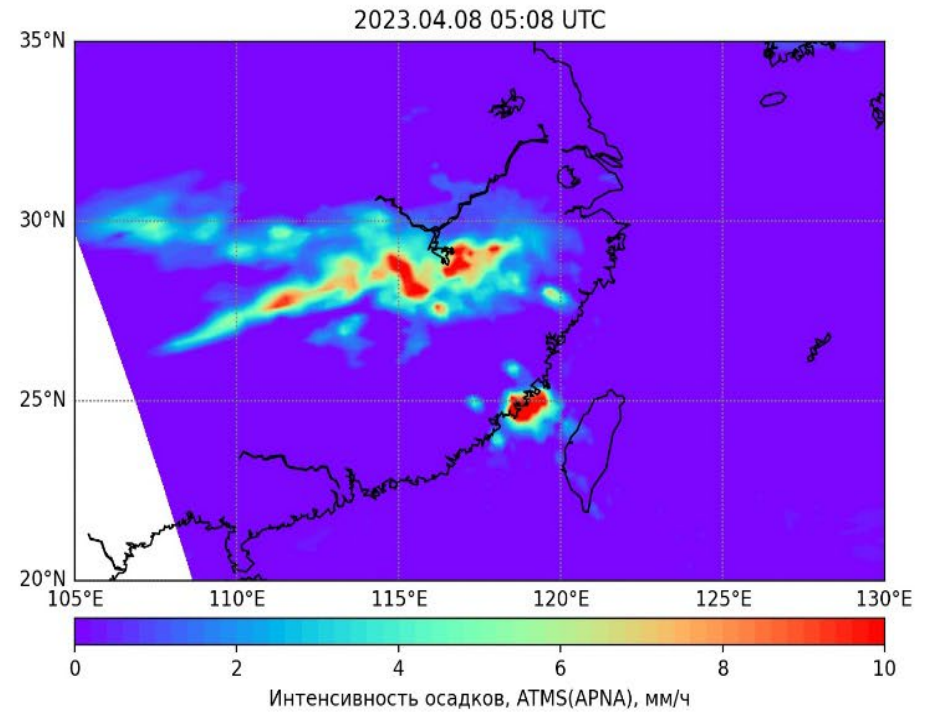
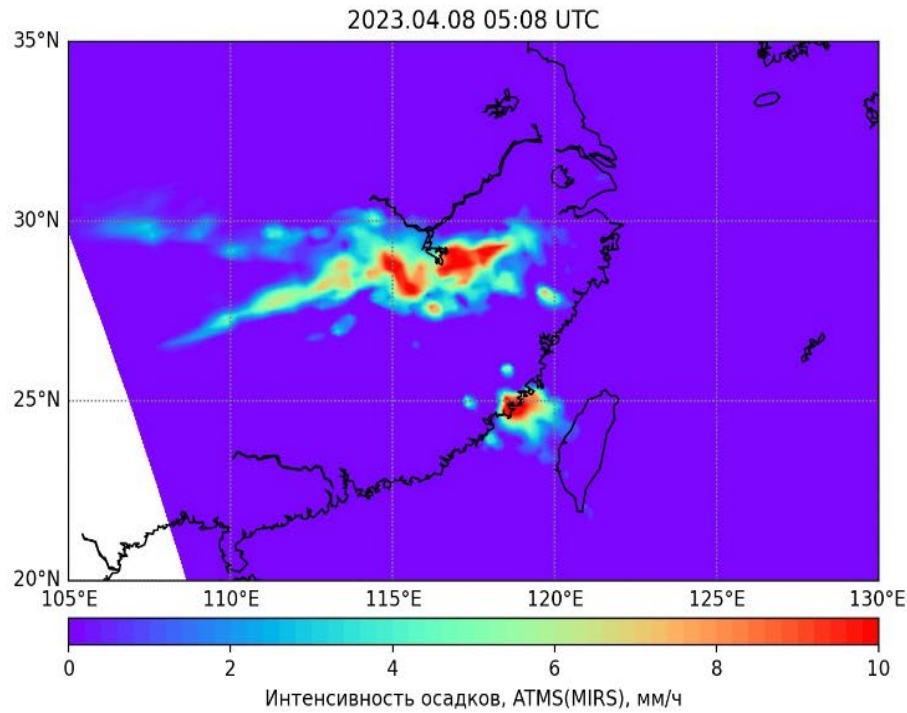
Суша



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

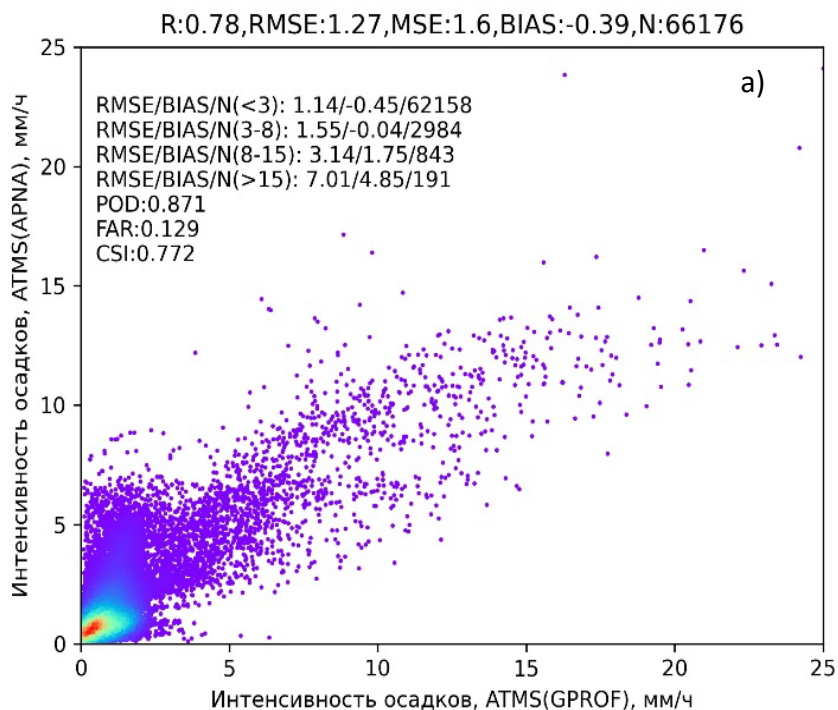
Сравнение с MIRS



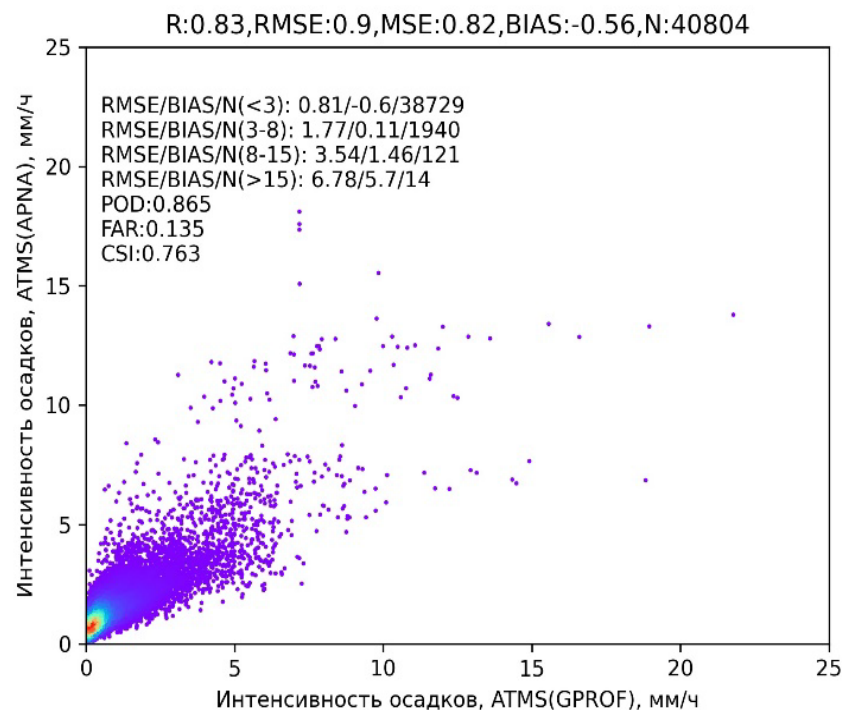
APNA (Advanced Precipitation Neural Algorithm) – разработанный алгоритм

Сравнение с GPROF

Вода



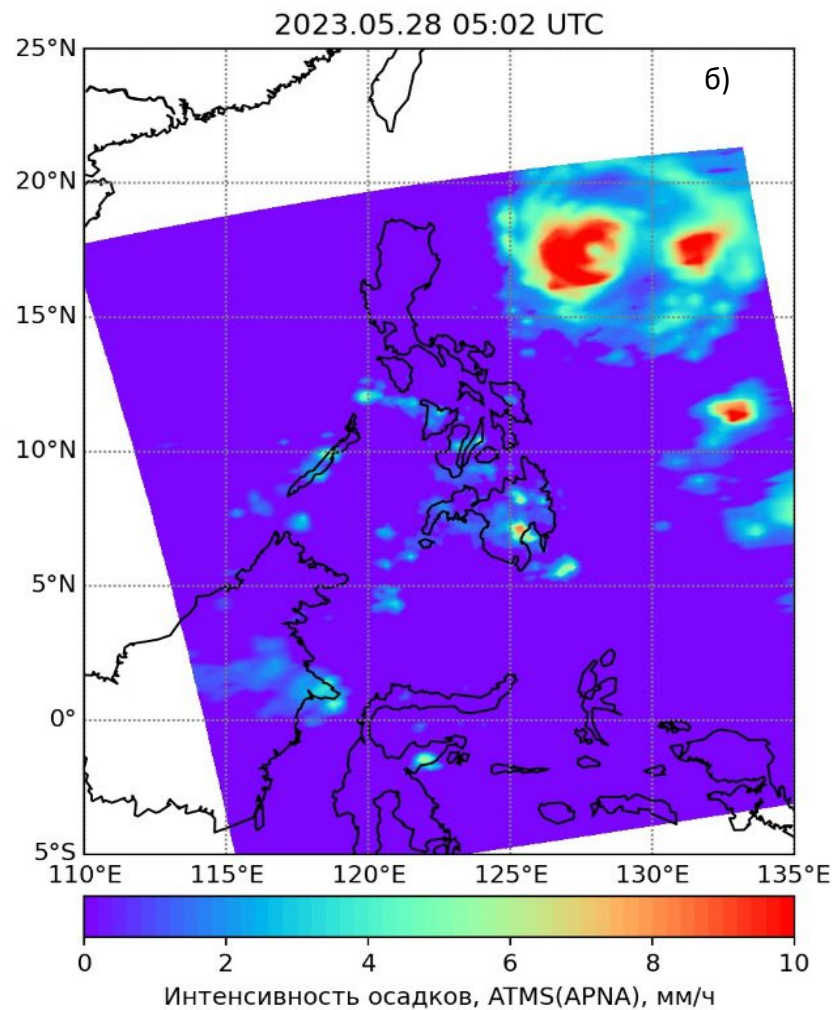
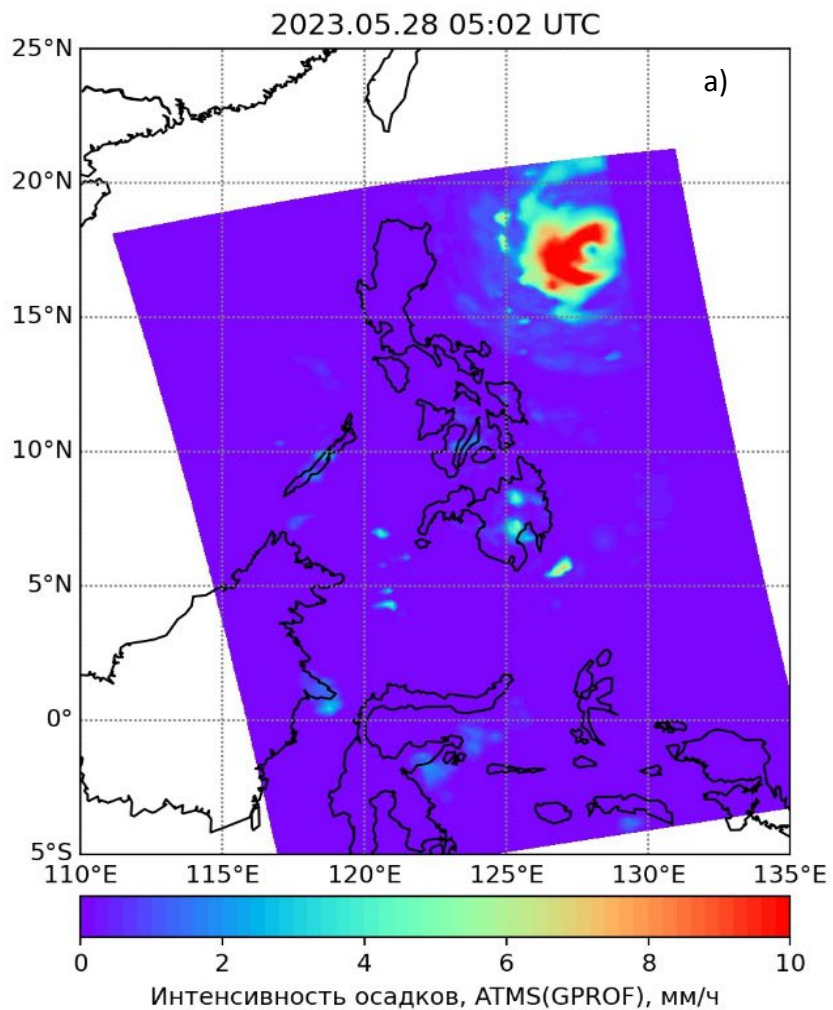
Суша



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>