

Адаптация алгоритма восстановления интенсивности осадков к радиометрическим измерениям прибора МТВЗА-ГЯ

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (тема «Мониторинг», госрегистрация № 122042500031-8)



Сазонов Д.С.

Институт космических исследований (ИКИ РАН)

e-mail: sazonov_33m7@mail.ru

XX Международная конференция "СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА
14 - 18 ноября 2022 г. Москва

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Осадки в виде дождя и снега – одна из главных составляющих глобальной циркуляции воды и энергии, помогающая регулировать климат. Прикладных задач, для которых необходимо знание количества осадков и их распределение в пространстве достаточно много, например: управление водными ресурсами, прогнозирование урожая, наводнений, стихийных бедствий и другие. Распределение приборов, способных детектировать и измерять осадки крайне неравномерно по планете. Большая часть таких приборов сосредоточена на суше и коррелирована с плотностью населения, а в океане их практически нет. Таким образом, для измерения осадков в малонаселенных частях суши и над акваторией мирового океана логичным является использование приборов космического базирования.

Радиометрические сканеры/зондировщики, установленные на спутниках, приобрели наибольшую популярность при измерении интенсивности осадков в глобальном масштабе. Их основное преимущество перед локаторами заключается в малом энергопотреблении, что позволяет проводить измерения в течение многих нескольких лет. Как пример, наиболее известный прибор TRMM Microwave Imager (TMI) проработал 15 лет.

Среди основных геофизических параметров, восстанавливаемых с помощью радиометрии, интенсивность осадков является самым сложным. Это связано, в первую очередь, с их неравномерным распределением в пространстве и времени. Конечно, сейчас существует много алгоритмов восстановления интенсивности осадков. Это и численное моделирование, и использование нейронных сетей, и построение регрессий. Научных публикаций по теме восстановления осадков достаточно много, предлагаемые в них алгоритмы достаточно сложные и используют большое количество разнообразных измерений.

Приборы серии МТВЗА (Модуль Температурного и Влажностного Зондирования Атмосферы) похожи на свои зарубежные аналоги, поэтому тоже могут быть использованы для восстановления интенсивности осадков над поверхностью воды и суши. Однако, имеют одно принципиальное отличие – это угол зондирования, который составляет 65 градусов. Поэтому интеграция данных МТВЗА в уже существующие модели достаточно сложна.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

**Провести адаптацию алгоритма
восстановления интенсивности осадков к
радиометрическим измерениям прибора
МТВЗА-ГЯ.**

ИНДЕКС РАССЕЯНИЯ SI

В настоящей работе предложено начать с адаптации простой регрессионной модели восстановления интенсивности осадков над поверхностью океана, модель ALG'85 (Ferraro, 1997) используя только данные прибора МТВЗА-ГЯ.

Основные этапы построения модели:

- (1) Оценка доступных для анализа радиометрических каналов с данными,
- (2) Картирование ледовой области, над которой оценка осадков не проводится,
- (3) Разработка регрессии для оценки индекса рассеяния в атмосфере на частоте 91,6 ГГц,
- (4) Установление корреляционно-статистических связей между индексом рассеяния и интенсивностью осадков (с использованием глобальных полей интенсивности осадков по реанализу).

В данной работе рассматривается только 3 и 4 этапы.

В модели ALG'85 индекс рассеяния SI (Scattering Index) над водной поверхностью рассчитывается как:

$$SI = -174.4 + 0.72 \cdot Tb(19V) + 2.439 \cdot Tb(22V) - 0.00504 \cdot Tb(22V)^2 - Tb(85V),$$

где Tb – радиояркая температура на соответствующем канале в градусах Кельвина.

Интенсивность осадков RR (Rain Rate) определяется как: $RR = 0.00188 \cdot SI_L^{2.0343}$

Таким образом, необходимо подобрать регрессионное соотношение для SI используя данные МТВЗА-ГЯ.

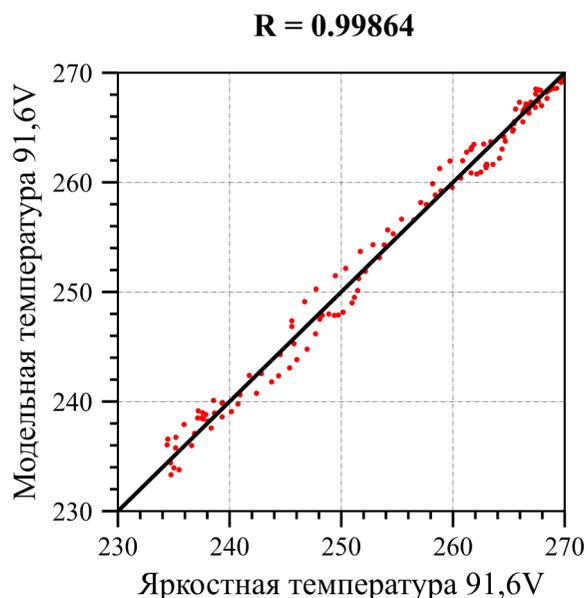
РЕГРЕССИОННОЕ СООТНОШЕНИЕ ДЛЯ SI ПО ДАННЫМ МТВЗА-ГЯ

Подбор регрессионного соотношения проводится по следующей схеме:

1. Построение регрессии по всем доступным каналам МТВЗА.
2. Оценка уровня значимости коэффициентов регрессии.
3. Исключение незначимых слагаемых из регрессии.
4. Пересчет коэффициентов окончательного регрессионного соотношения



Микроволновый сканер/ зондировщик МТВЗА-ГЯ



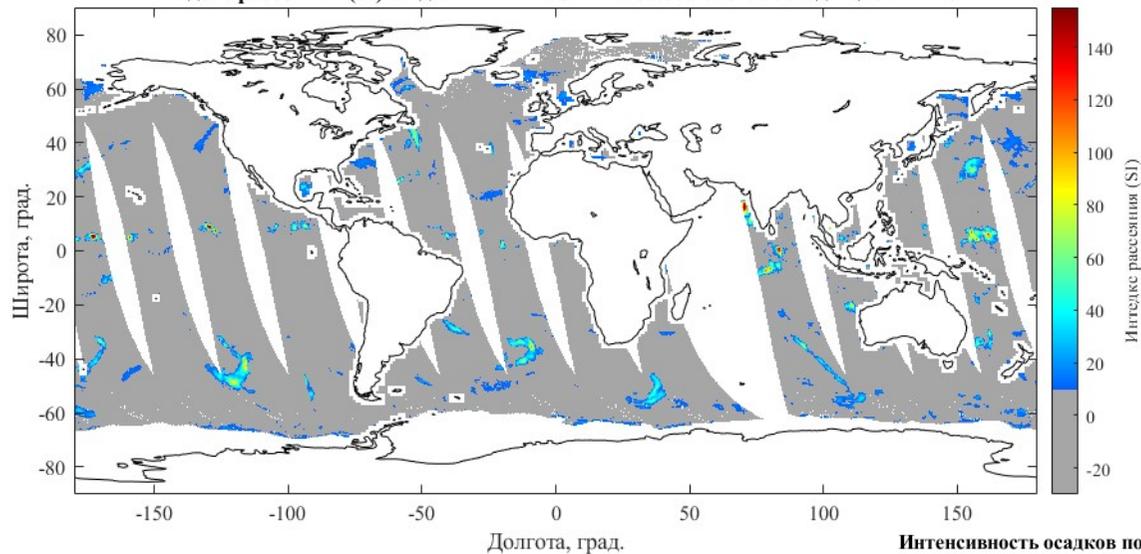
$$Tb_{\text{mod}} = a_0 + a_1 \cdot Tb(23.8V) + a_2 \cdot Tb(23.8V)^2 + a_3 \cdot Tb(36.7V) + a_4 \cdot Tb(36.7V)^2 + a_5 \cdot Tb(23.8H) + a_6 \cdot Tb(23.8H)^2 + a_7 \cdot Tb(36.7H) + a_8 \cdot Tb(36.7H)^2$$

$$SI = Tb_{\text{mod}} - Tb(91.6V)$$

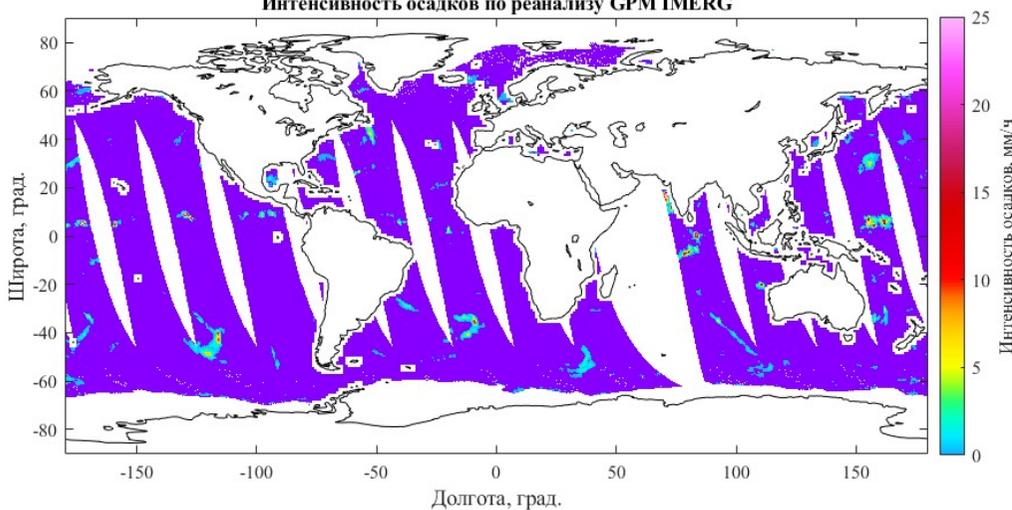
№	Коэффициент a_i	№	Коэффициент a_i
0	-6687.94141915439	5	5.26195216587934
1	-66.1900808514748	6	-0.0172878290145368
2	0.142722067034945	7	-6.29788385125355
3	118.946333874621	8	0.0213748601916347
4	-0.241036695017523		

КАРТА ИНДЕКСА РАССЕЯНИЯ И ОСАДКОВ

Индекс рассеяния (SI) по данным МТВЗА-ГЯ. 02.06.2020г. Восходящие витки.



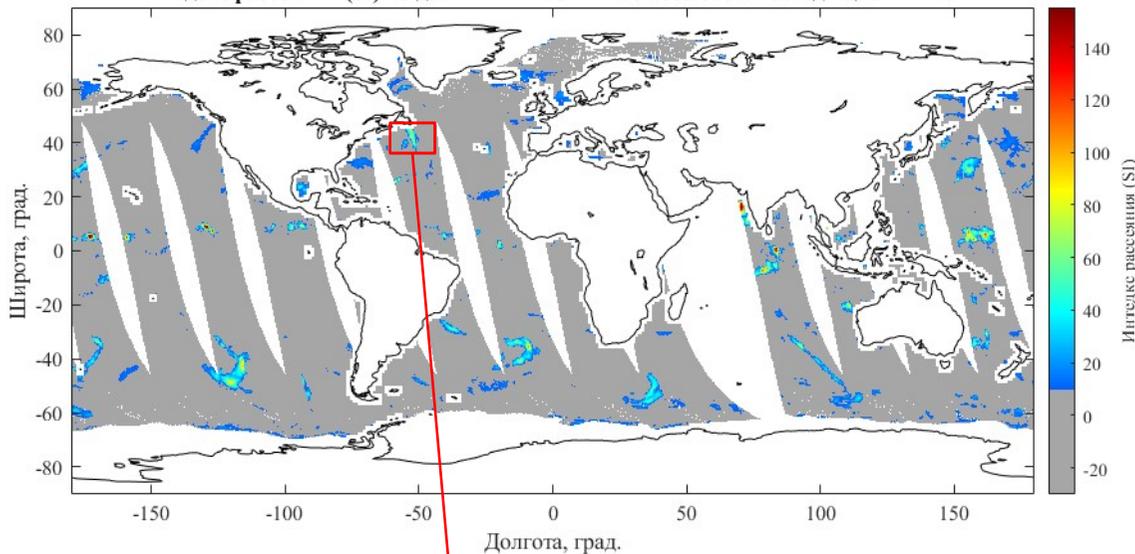
Интенсивность осадков по реанализу GPM IMERG



Huffman, G.J., E.F. Stocker, D.T. Bolvin, E.J. Nelkin, Jackson Tan (2019), GPM IMERG Final Precipitation L3 Half Hourly 0.1 degree x 0.1 degree V06, Greenbelt, MD, Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC), Accessed: [30.04.2022], 10.5067/GPM/IMERG/3B-HH/06

СРАВНЕНИЕ ИНДЕКСА РАССЕЯНИЯ И ОСАДКОВ

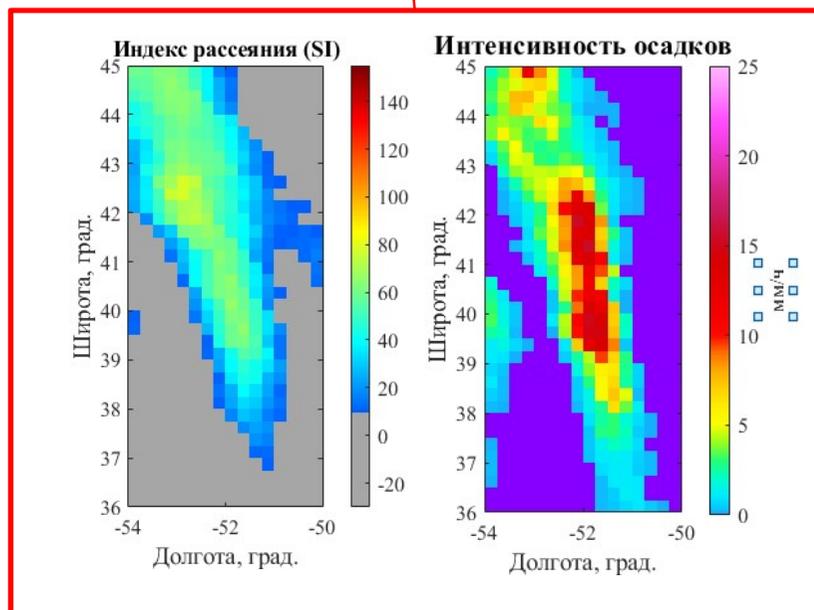
Индекс рассеяния (SI) по данным МТВЗА-ГЯ. 02.06.2020г. Восходящие ветки.



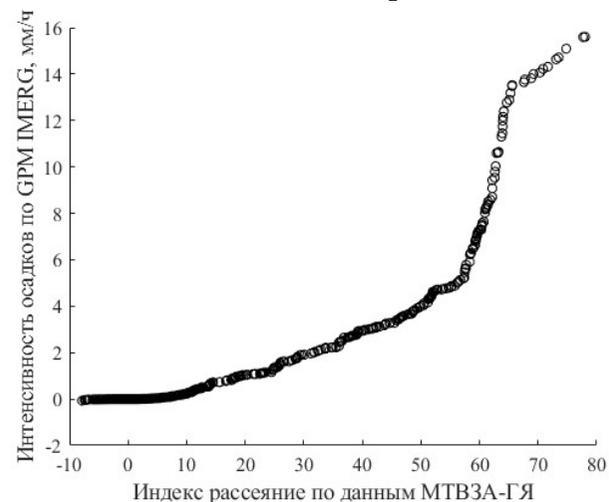
Было выбрано по одному дню за каждый месяц 2020 года.

Всего проанализировано 182 области, как на рисунке ниже.

Для каждой области массивы с данными по интенсивности осадков и индексу рассеяния сортируются по возрастанию и строится из зависимость (график ниже).

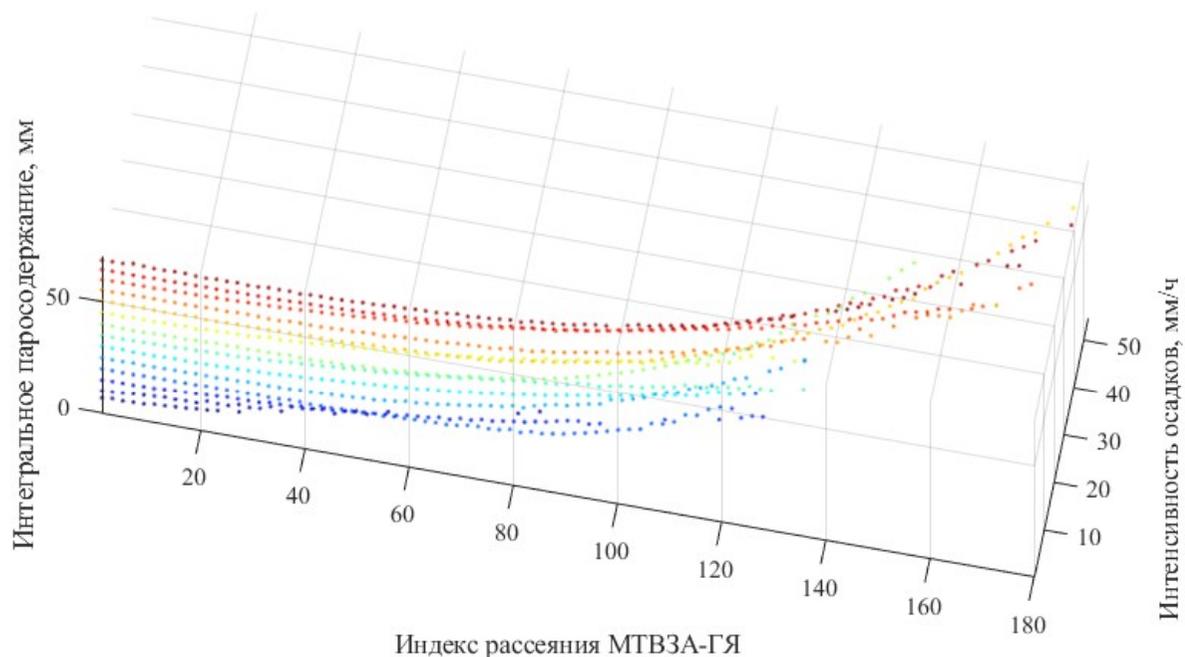


Зависимость интенсивности осадков от индекса рассеяния.

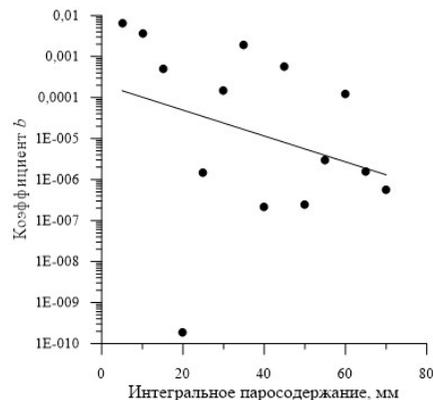
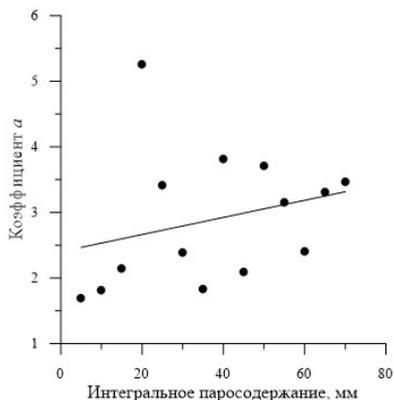


ЗАВИСИМОСТЬ ОСАДКОВ ОТ РАССЕЯНИЯ

Усредненная по всем областям 3D зависимость интенсивности осадков от индекса рассеяния при учете интегрального паросодержания.



Изначально планировалось разработать дополнительную зависимость интенсивности осадков от географической широты. Однако, было решено разработать зависимость от интегрального паросодержания, что точнее отображает физику данного явления.



Расчет интенсивности осадков с учетом паросодержания:

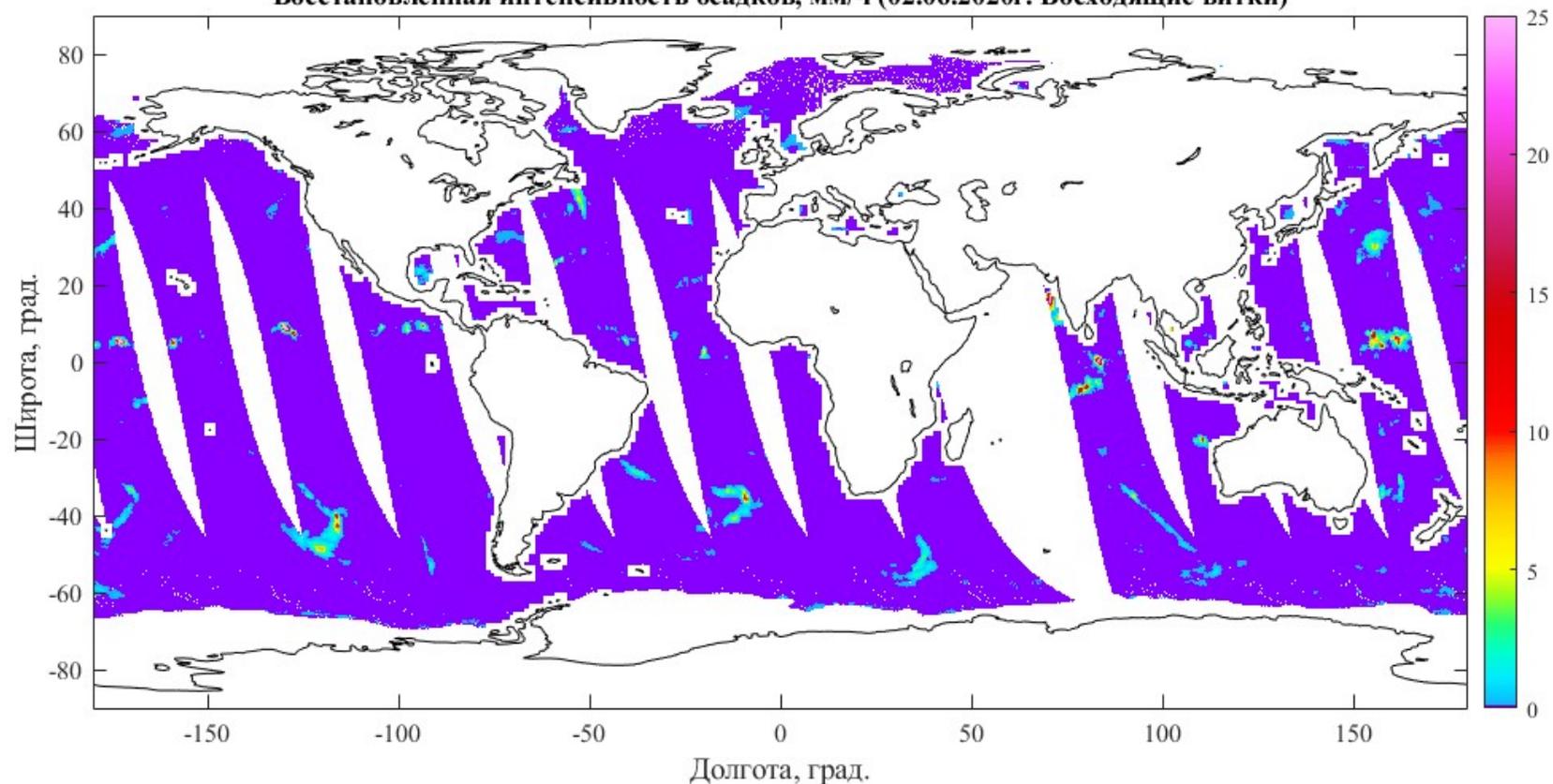
$$RR = a(V) \cdot SI^{b(V)}$$

$$a(V) = 0.0130562276 \cdot V + 2.401194589$$

$$b(V) = \exp(-0.07270139134 \cdot V) \cdot 0.0002117555473$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОСАДКОВ

Восстановленная интенсивность осадков, мм/ч (02.06.2020г. Восходящие витки)



В результате работы построена регрессионная модель индекса рассеяния от наличия осадков на частоте 91,6 ГГц и подобранные коэффициенты двумерной модели интенсивности осадков (зависимость одновременно от индекса рассеяния и интегрального паросодержания). Полученные оценки осадков над поверхностью океана коррелированы с оценками для других приборов космического базирования, таких как SSMIS (F16/F18) и AMSR-2 (здесь эти сравнения не приводятся).

Дальнейшими действиями будут: разработка регрессионной модели для восстановления интенсивности осадков над поверхностью суши и адаптация современных моделей к данным МТВЗА-ГЯ.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ



10