Корректировка результатов оценки характеристик антенной системы МТВЗА-ГЯ с учетом перехода на новый алгоритм геопривязки

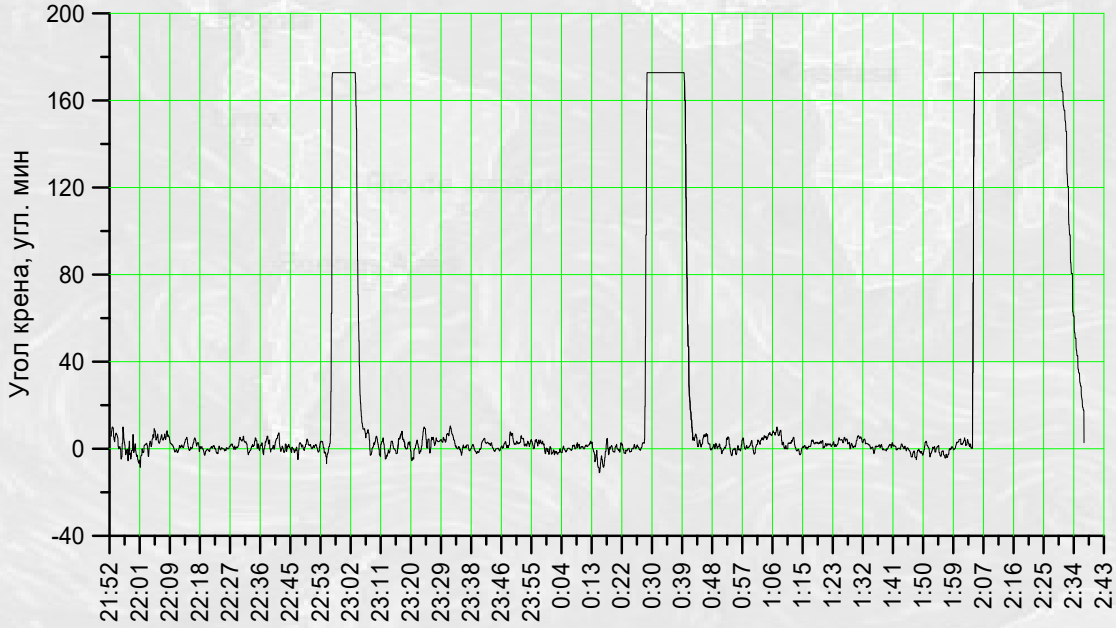
Садовский И.Н., Сазонов Д.С., Клитная А.В.
Институт космических исследований РАН, Москва

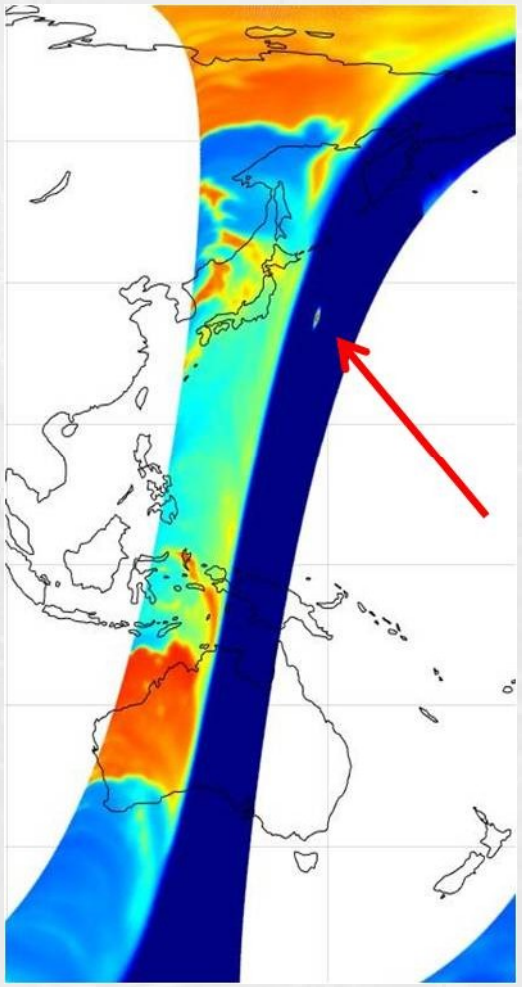
E-mail: Ilya_Nik_Sad@mail.ru

ИКИ
Институт Космических Исследований
Space Research Institute

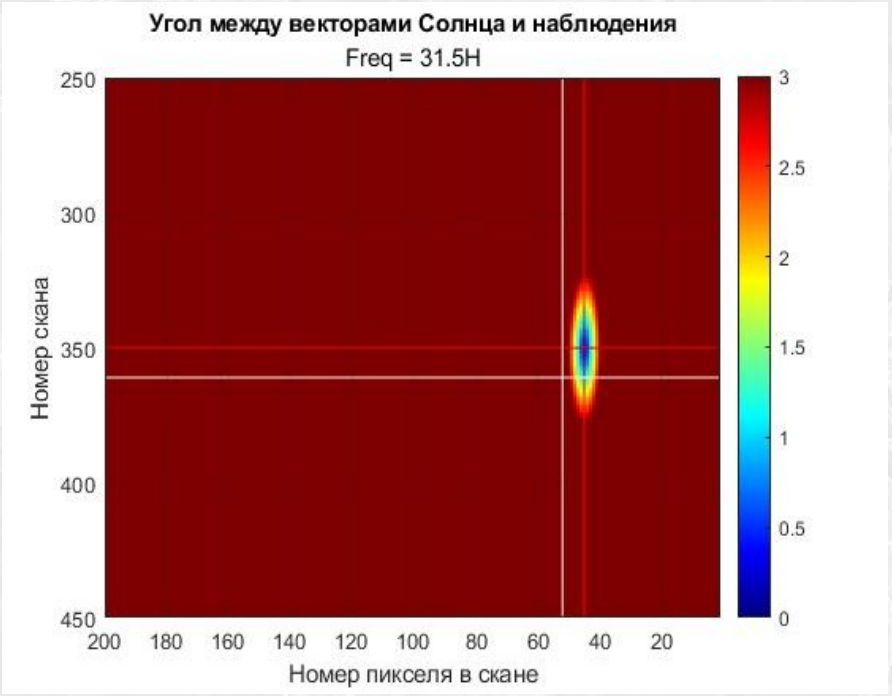
Эпизоды наблюдения солнечного диска прибором МТВЗА-ГЯ

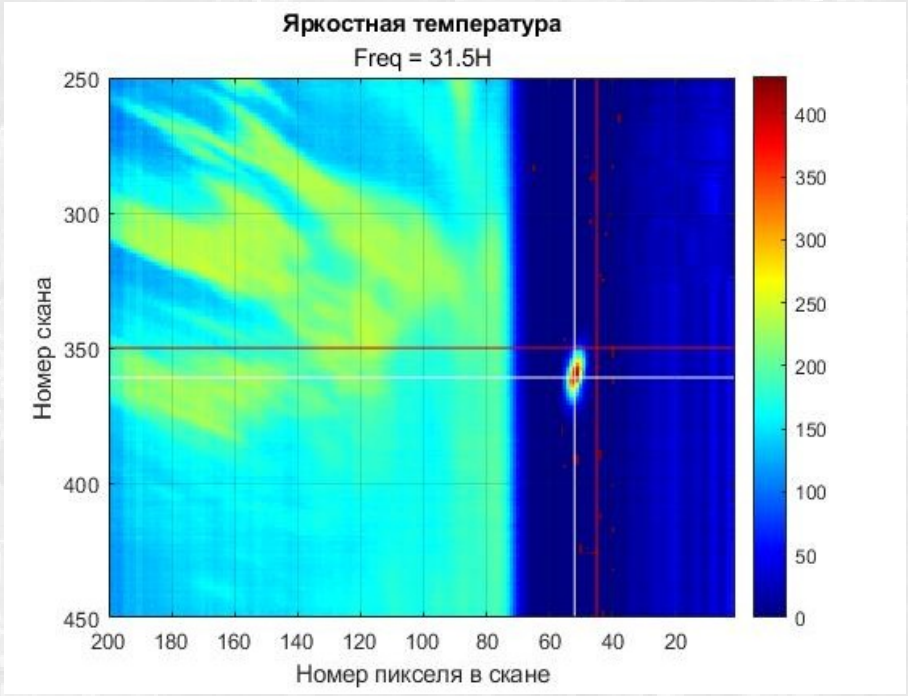
Дата	Время начала полувитка	Дата	Время начала полувитка
15.05.2024	23:42	21.05.2024	16:28
16.05.2024	01:24	21.05.2024	18:09
17.05.2024	06:06	21.05.2024	19:51
17.05.2024	09:28	22.05.2024	09:21
17.05.2024	19:36	23.05.2024	19:07
18.05.2024	09:07	24.05.2024	03:34
19.05.2024	08:45	24.05.2024	15:23
19.05.2024	09:36	24.05.2024	18:45
20.05.2024	20:12	27.05.2024	15:59
		27.05.2024	21:03





Подтверждение наблюдения Солнца:



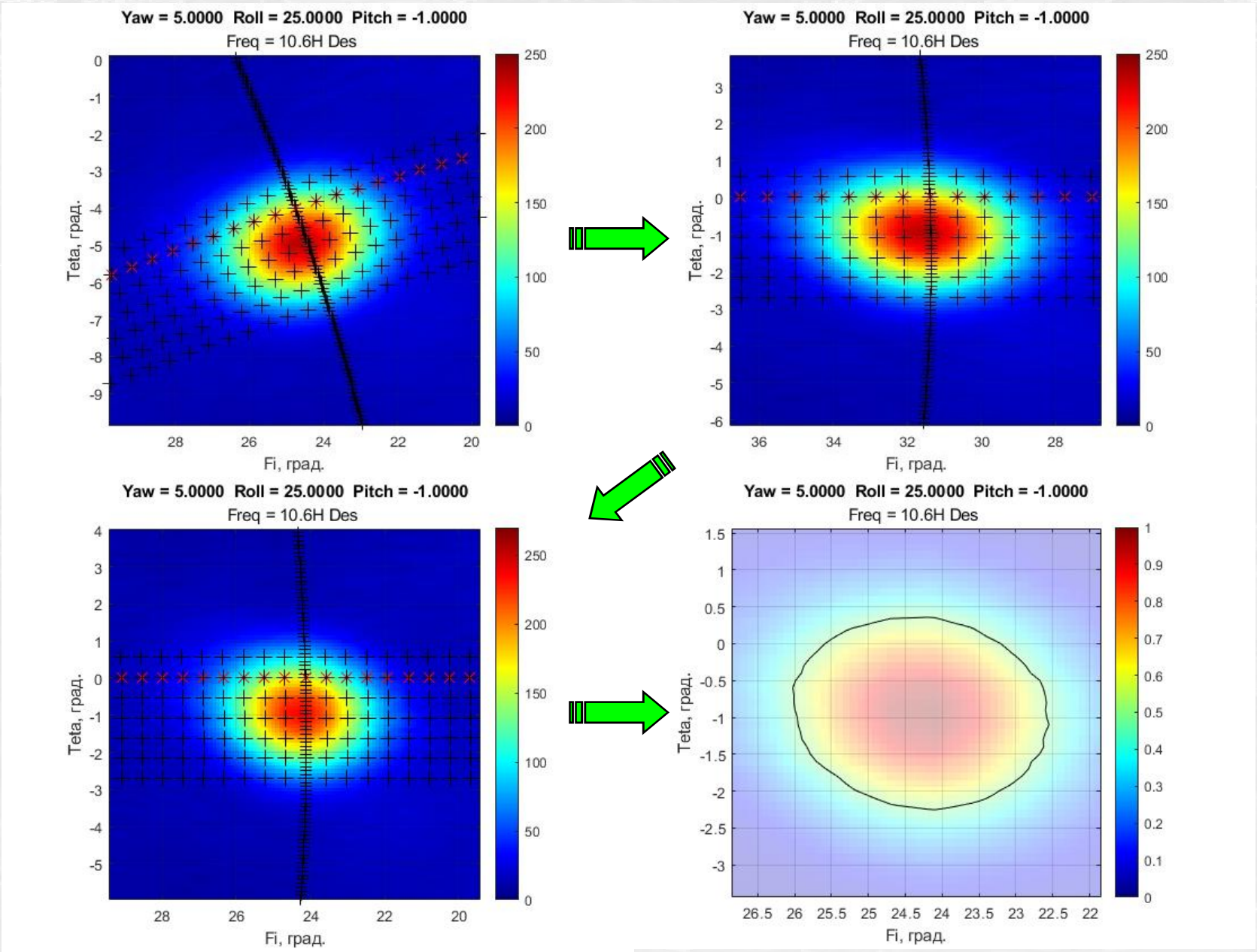


$$\vec{S} = [0.4522 \quad 0.8375 \quad 0.3068]$$

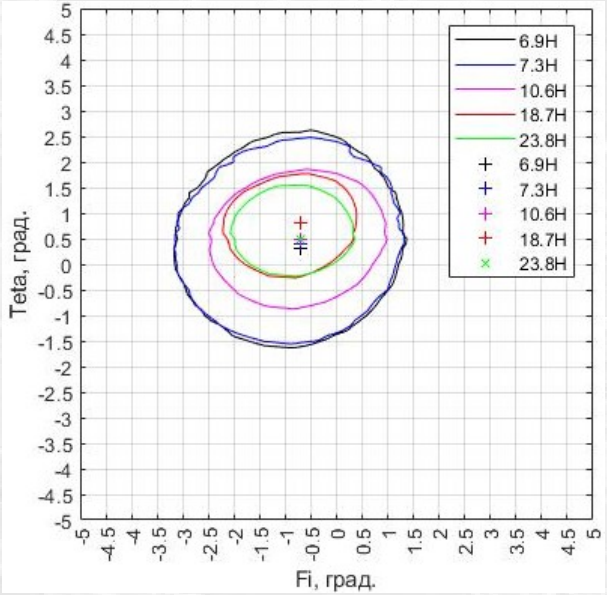
$$\alpha_{abs} = \arccos(\vec{k} \cdot \vec{S})$$

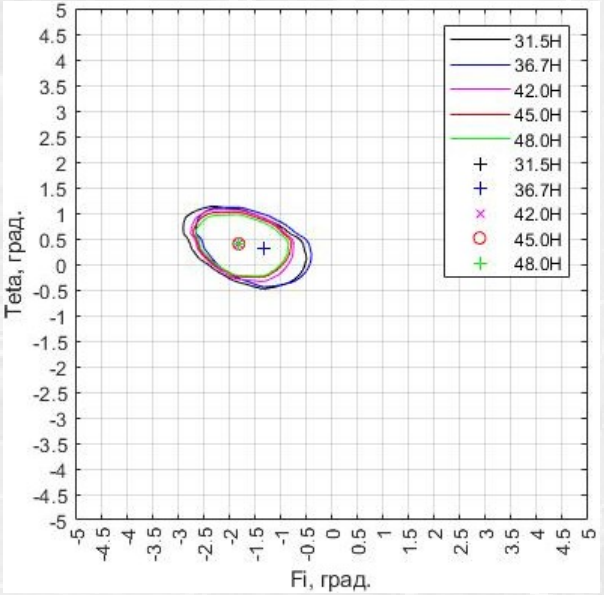
На рабочих частотах МТВЗА-ГЯ Солнце можно считать удаленным точечным источником стабильного и интенсивного микроволнового излучения, с высокой контрастностью на фоне реликтового излучения открытого космоса.

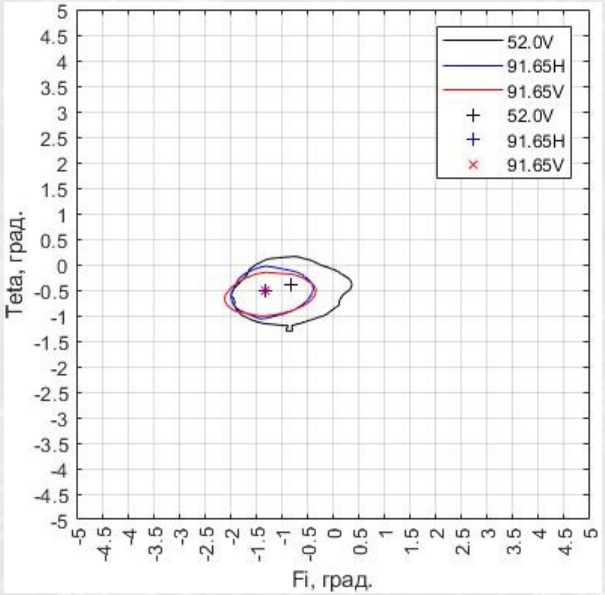
Этапы обработки экспериментальных данных

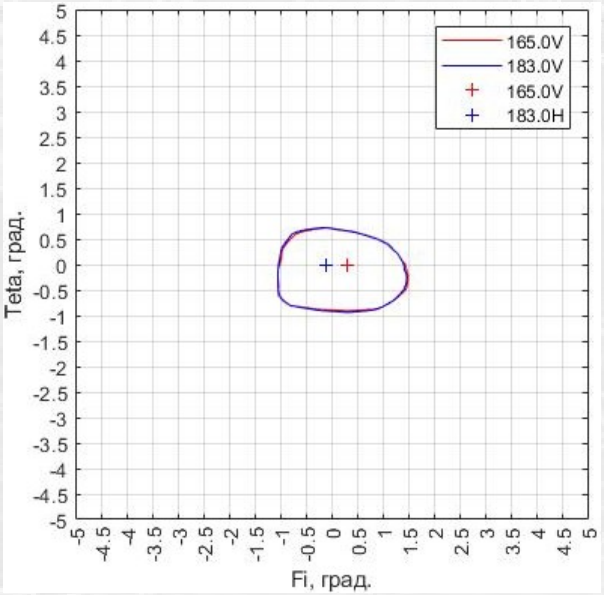


Результаты определения параметров антенной системы МТВЗА-ГЯ для одного эпизода наблюдения солнечного диска





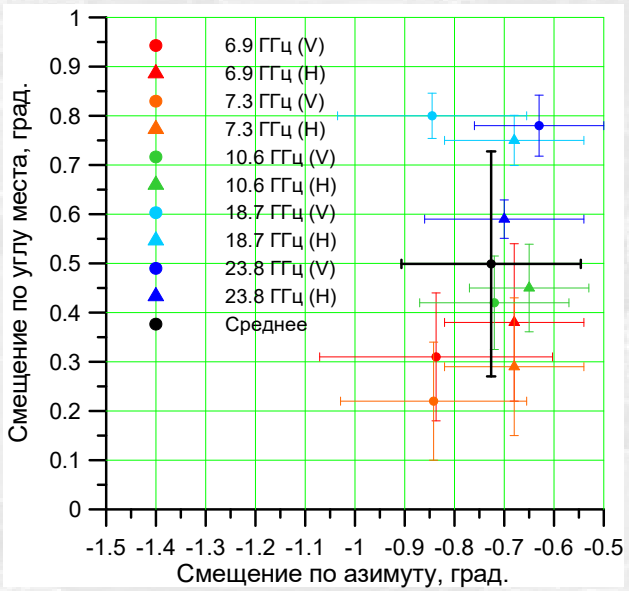


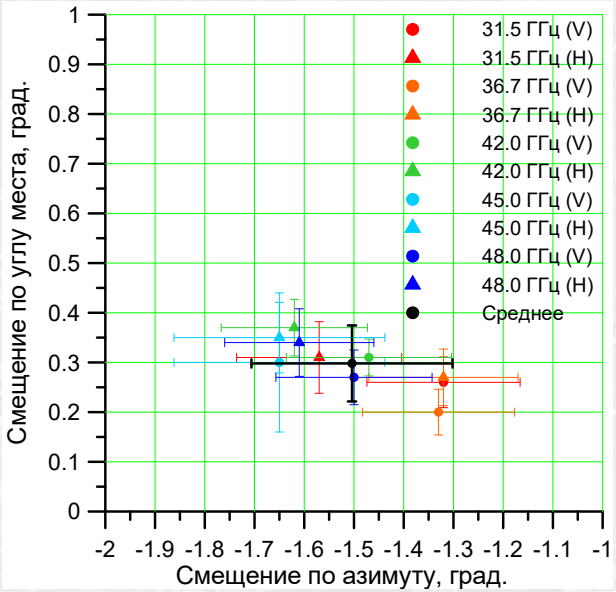


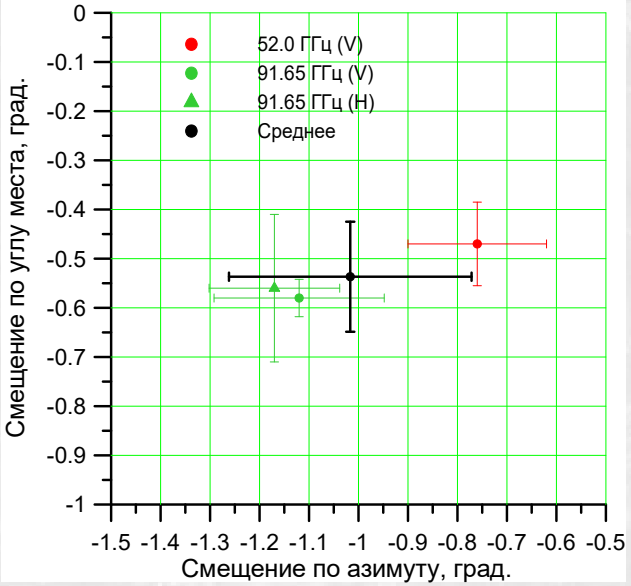
Результаты обработки всех эпизодов наблюдения Солнца

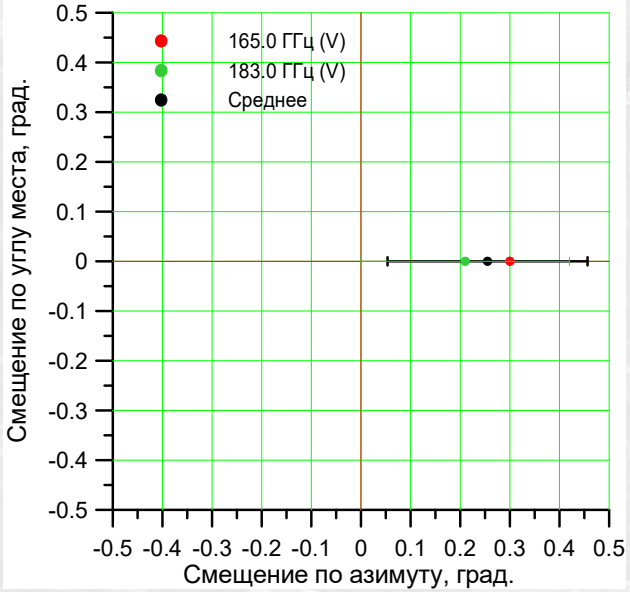
Частота, ГГц	Пол.	N изм.	$\Delta\theta_E^{exp}$, град.	$\Delta\theta_H^{exp}$, град.	φ_{max}, град.	θ_{max}, град.	$\overline{\varphi_{max}}$, град.	$\overline{\theta_{max}}$, град.
Облучатель №1								
6,9	H	19	4,28	4,52	-0,68±0,14	0,38±0,16	-0,73±0,18	0,50±0,23
6,9	V	19	4,13	4,46	-0,84±0,23	0,31±0,13		
7,3	H	19	4,07	4,51	-0,68±0,14	0,29±0,14		
7,3	V	19	3,98	4,33	-0,84±0,19	0,22±0,12		
10,6	H	20	2,75	3,47	-0,65±0,12	0,45±0,09		
10,6	V	20	2,93	3,40	-0,72±0,15	0,42±0,10		
18,7	H	20	1,97	2,60	-0,68±0,14	0,75±0,05		
18,7	V	20	2,13	2,68	-0,85±0,19	0,80±0,05		
23,8	H	20	1,75	2,35	-0,70±0,16	0,59±0,04		
23,8	V	20	2,08	2,37	-0,63±0,13	0,78±0,06		
Облучатель №2								
31,5	H	20	1,48	2,25	-1,57±0,17	0,31±0,07	-1,50±0,20	0,30±0,08
31,5	V	20	1,41	2,56	-1,32±0,15	0,26±0,05		
36,7	H	20	1,44	2,08	-1,32±0,15	0,27±0,06		
36,7	V	20	1,27	2,48	-1,33±0,15	0,20±0,05		
42	H	20	1,37	1,98	-1,62±0,15	0,37±0,06		
42	V	20	1,10	2,26	-1,47±0,17	0,31±0,04		
45	H	2	1,28	1,85	-1,65±0,21	0,35±0,07		
45	V	2	0,93	1,95	-1,65±0,21	0,30±0,14		
48	H	20	1,20	1,79	-1,61±0,15	0,34±0,07		
48	V	20	1,00	2,14	-1,50±0,16	0,27±0,06		
Облучатель №3								
52	V	20	1,43	2,30	-0,76±0,14	-0,47±0,09	-1,02±0,25	-0,54±0,11
91,65	H	13	1,03	1,60	-1,17±0,13	-0,56±0,15		
91,65	V	13	0,89	1,78	-1,12±0,17	-0,58±0,04		
Облучатель №4								
165	V	1	1,55	2,4	0,30±0,00	0,00±0,00	0,26±0,20	0,00±0,00
183	V	7	1,63	2,5	0,21±0,21	0,00±0,00		

Результаты обработки всех эпизодов наблюдения Солнца

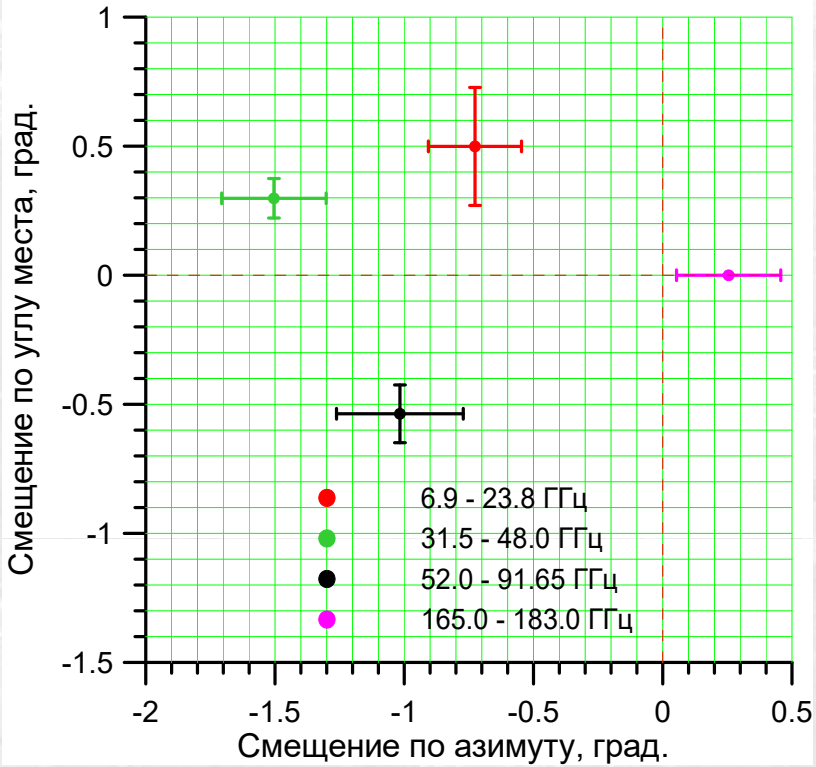








Взаимная ориентация лучей визирования четырех групп частотных каналов МТВЗА-ГЯ (первая итерация)



Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2025. Т. 22. № 6. С. 115–124

Уточнение параметров антенной системы микроволнового сканера/зондировщика МТВЗА-ГЯ

И. Н. Садовский [1], А. В. Клитная [1,2]

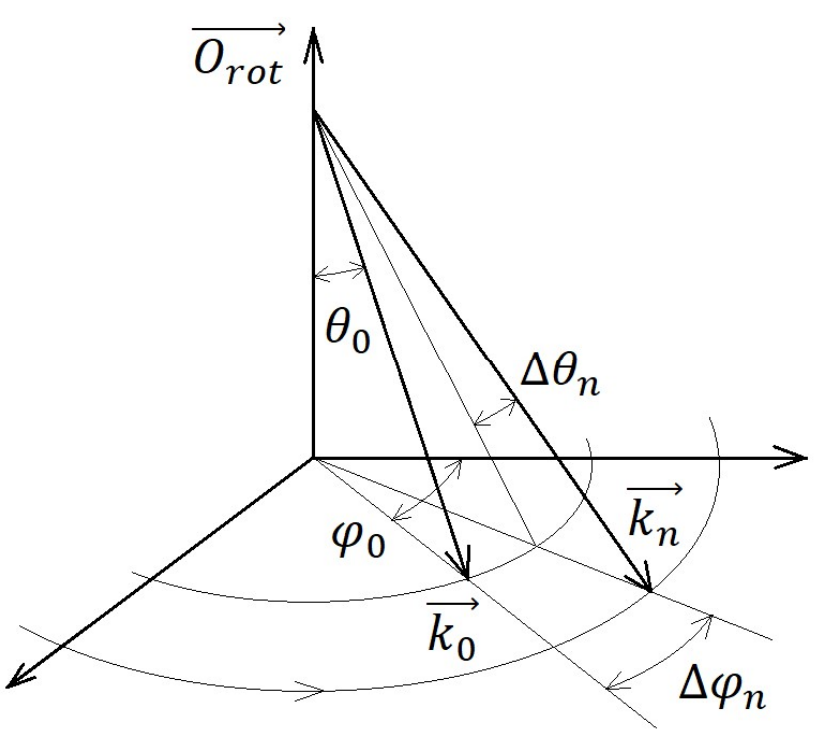
[1] *Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия*
E-mail: Ilya_Nik_Sad@mail.ru

[2] *Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова*
Москва, 119991, Россия

Пересмотр основных положений, лежащих в основе процедуры географической привязки данных МТВЗА-ГЯ

- В каждый момент времени известно точное положение спутника-носителя и вектор его скорости в инерциальной системе координат (ИСК).
- Орбитальная система координат (ОСК) совпадает с системой координат космического аппарата (СККА) (отсутствуют крен, тангаж и рыскание КА).
- Лучи визирования всех частотных каналов образуют с осью вращения прибора угол 53,3°.
- Физическое расхождение лучей по поверхности конуса сканирования компенсируется в рамках процедуры их аппаратного сведения.
- Скорость вращения антенного блока постоянна, период составляет 2,5 секунды.

Предложения по модификации существующего алгоритма географической привязки данных МТВЗА-ГЯ



$$\theta_0,\ \Delta\theta^1,\ \Delta\theta^2,\ \Delta\theta^3\ (\Delta\theta^i)$$

$$\varphi_0,\ \Delta\varphi^1,\ \Delta\varphi^2,\ \Delta\varphi^3\ (\Delta\varphi^i)$$

Группа мгновенных векторов наблюдения

$$\overrightarrow{k_n} = \begin{bmatrix} \sin(\theta_0 + \Delta\theta_n) \cdot \cos(\varphi_0 + \Delta\varphi_n + \varphi) \\ \sin(\theta_0 + \Delta\theta_n) \cdot \sin(\varphi_0 + \Delta\varphi_n + \varphi) \\ -\cos(\theta_0 + \Delta\theta_n) \end{bmatrix}$$

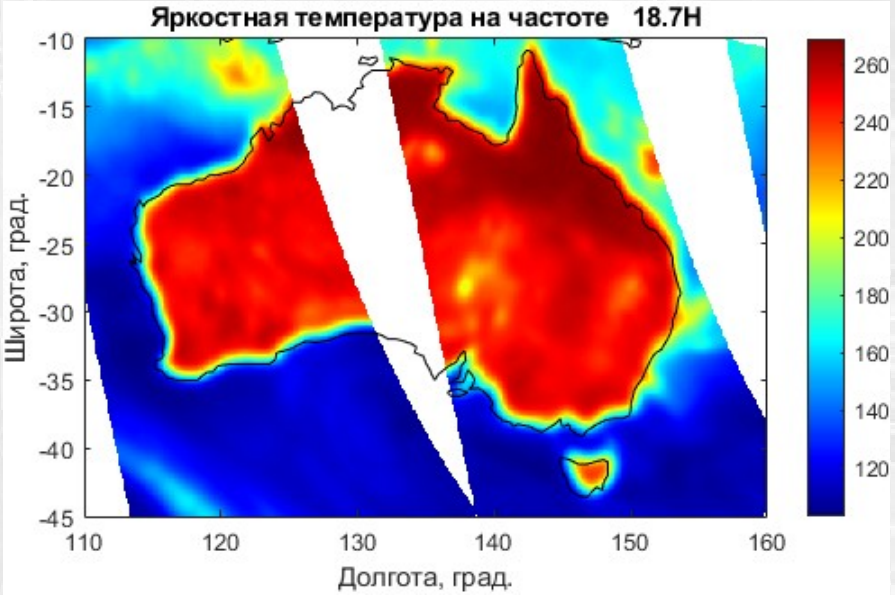
Конструкторская документация/испытания

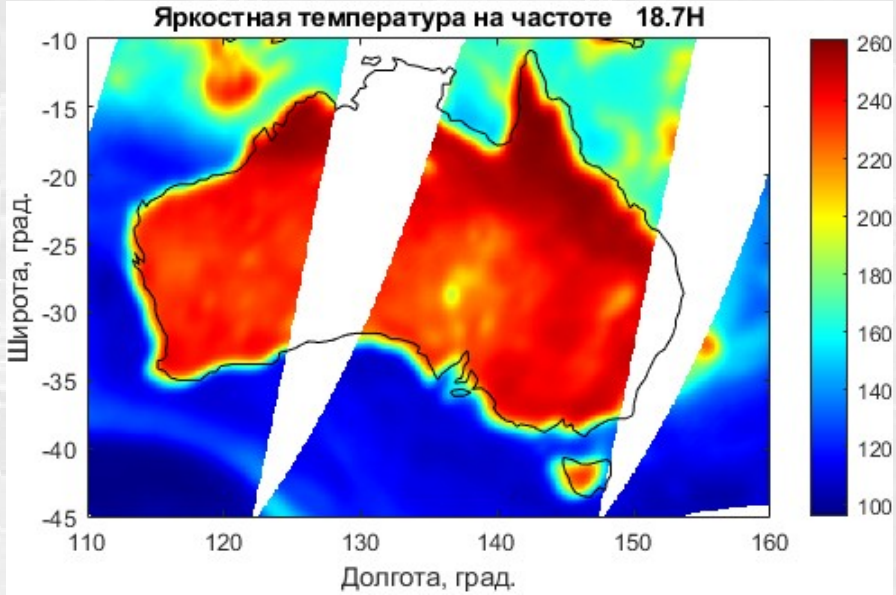
$$\beta_К \neq 0,\ \beta_Т \neq 0,\ \beta_Р \neq 0$$

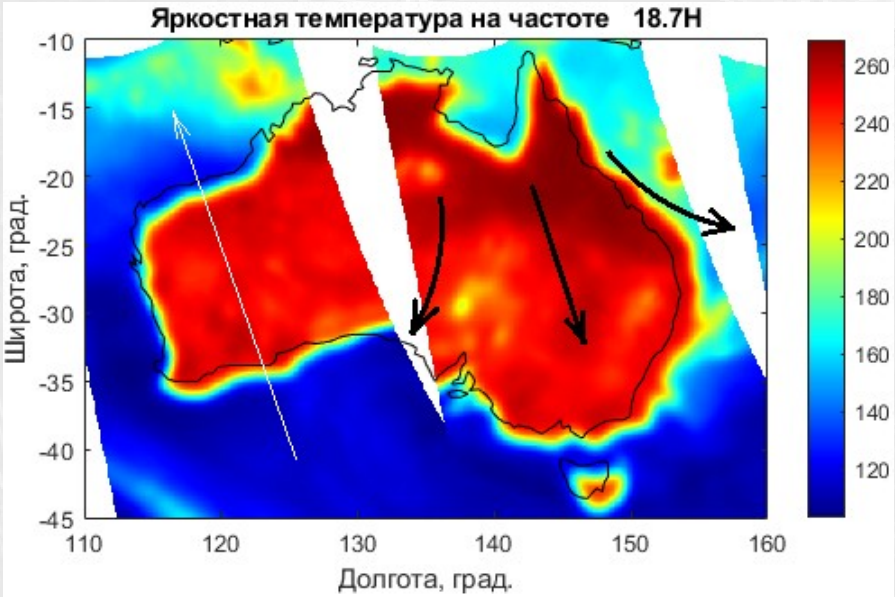
Звездные датчики

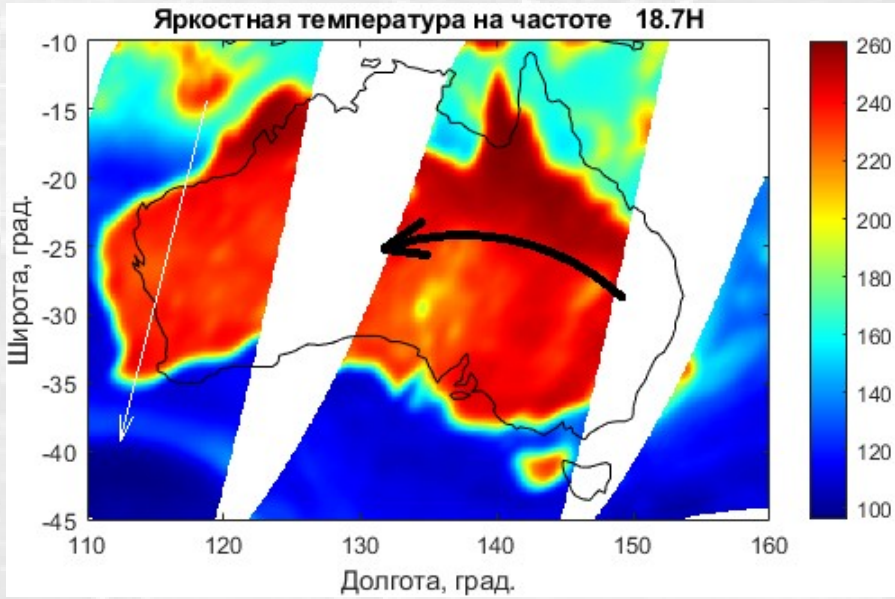
$$\gamma_К \neq 0,\ \gamma_Т \neq 0,\ \gamma_Р \neq 0$$

Тестирование нового алгоритма географической привязки









Практическое применение



Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2025. Т. 22. № _. С. ___–___

Новый подход к реализации процедуры географической привязки измерений МТВЗА-ГЯ

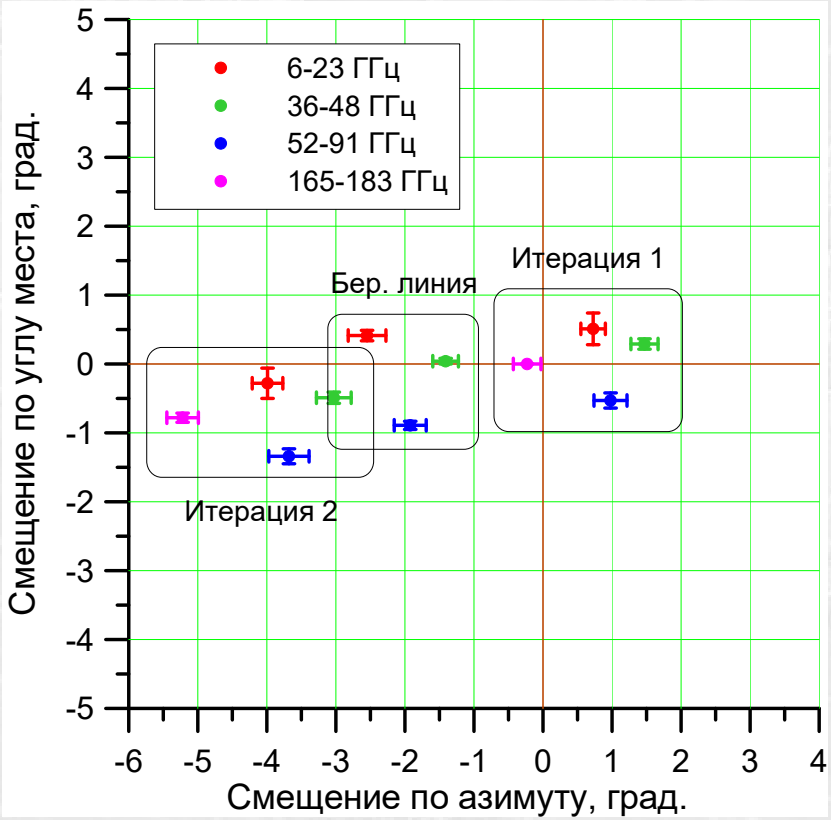
И. Н. Садовский [1], Д. С. Сазонов [1], А. В. Клитная [2]

[1] *Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия*
E-mail: Ilya_Nik_Sad@mail.ru

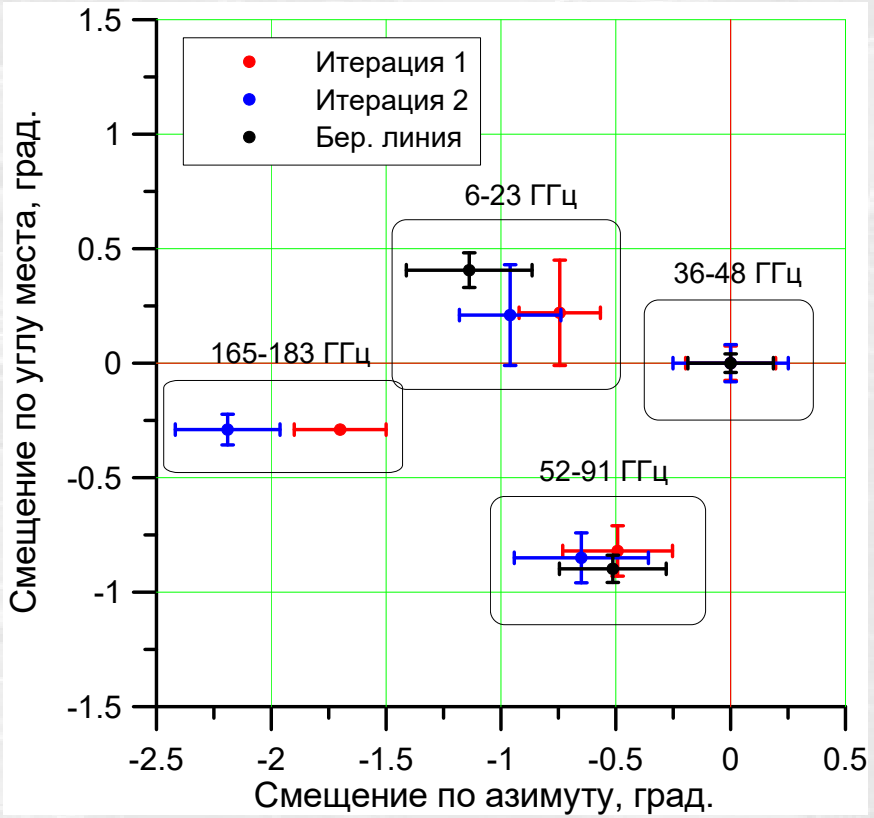
[2] *Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова*
Москва, 119991, Россия

Разработчиками аппаратуры (АО «Российские космические системы») выполнен переход на новый алгоритм географической привязки измерений МТВЗА-ГЯ в программном комплексе предварительной обработки информации.

Результаты повторной обработки наблюдений солнечного диска, выполненной на основе нового алгоритма геопривязки (вторая итерация)

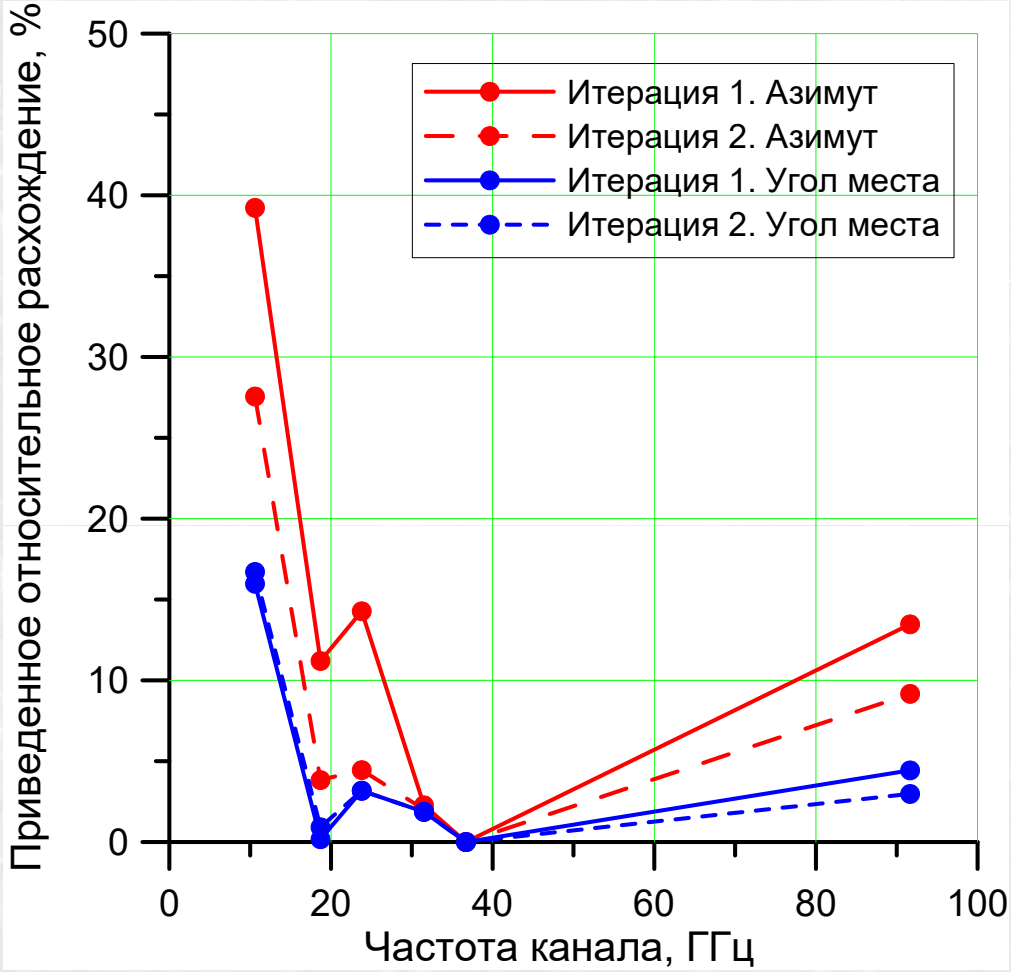


Сравнение результатов определения ориентации групп частотных каналов МТВЗА-ГЯ в рамках трех различных подходов (первой и второй итерации, подбора по наблюдениям береговой линии)



Результат совмещения углов ориентации групп частотных каналов МТВЗА-ГЯ (относительно усредненного направления визирования частотных каналов группы 36-48 ГГц)

Результаты повторной обработки наблюдений солнечного диска, выполненной на основе нового алгоритма геопривязки (вторая итерация)



Результаты численных оценок близости результатов двух итераций определения ориентации оптических лучей визирования МТВЗА-ГЯ по «солнечным» наблюдениям к данным, полученных методом «береговых линий»

Заключение

Благодаря включению маневров в программу летных испытаний «Метеор-М» №2-4, версия МТВЗА-ГЯ, установленная на его борту, играет ключевую роль в понимании особенностей функционирования приборов всей серии МТВЗА-ГЯ и неординарностью подходов их учета при обработке оперативных данных. В частности, удалось отработать технологию обработки данных «солнечных» наблюдений с целью определения технических характеристик антенной системы МТВЗА-ГЯ, экспериментально подтвердить предположение о разной ориентации оптических лучей визирования прибора на его рабочих частотах (причем для «атмосферных» каналов, сведения об их направлении были получены впервые), обратить внимание разработчиков на частичное несоответствие ожидаемого и реального пространственного разрешения. Полученные результаты легли в основу нового алгоритма географической привязки МТВЗА-ГЯ, уже внедренного в программный комплекс предварительной обработки данных. Помимо этого, появились неопровержимые доказательства о необходимости частотно-дифферецированного подхода к операции географической привязки МТВЗА-ГЯ и пересмотра формата хранения данных измерений. Была продемонстрирована ключевая роль информации, поступающей со звездных датчиков, не только в процессе обработки каких-то неординарных событий (как «солнечные» наблюдения), но и при решении задач географической привязки и калибровки. Последнее говорит о необходимости включения данных об ориентации спутника-носителя в информационный поток МТВЗА-ГЯ.

Работа выполнена рамках госзадания ИКИ РАН
(тема "Мониторинг")

Спасибо за внимание!