

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ВЕТРА В КЭ «КОНВЕРГЕНЦИЯ» НА ПРИМЕРЕ ДАННЫХ СПУТНИКОВОГО РАДИОМЕТРА WINDSAT



Сазонов Д.С.¹, Стерлядкин В.В.^{1,2}, Кузьмин А.В.¹

(1) Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

(2) Московский технологический университет, Москва, Россия

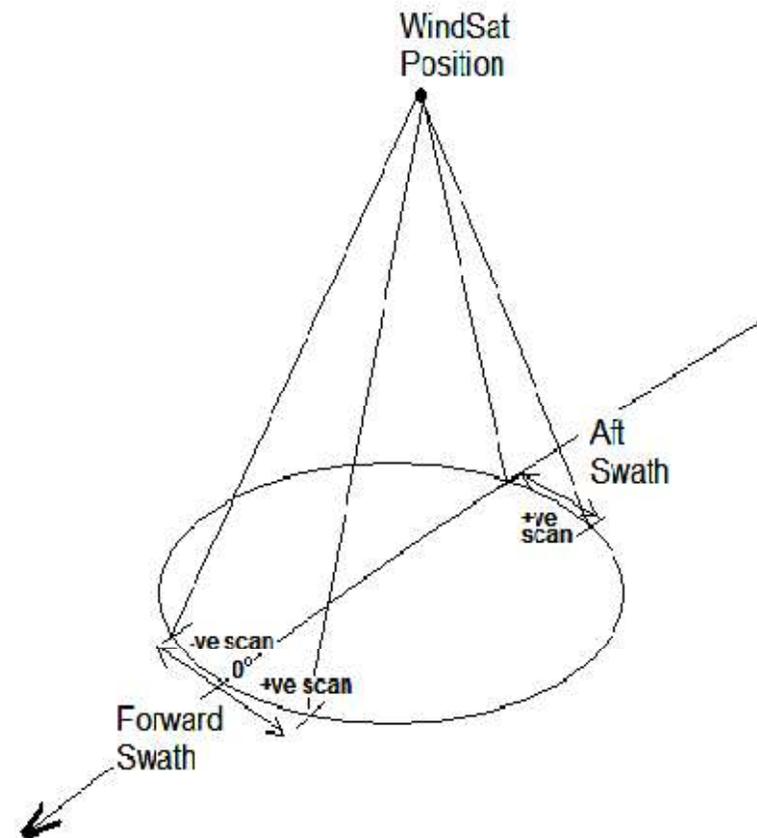
Sazonov_33m7@mail.ru

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

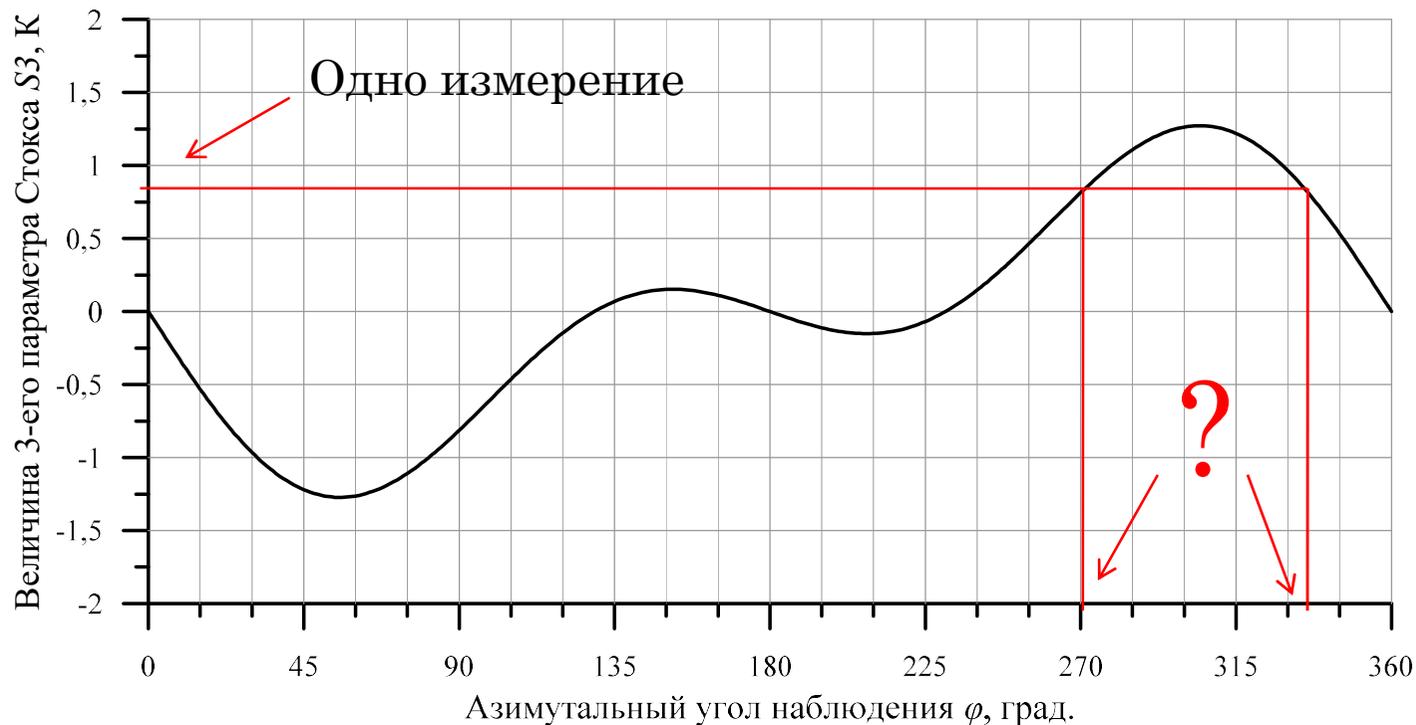
- Одной из задач КЭ «Конвергенция», планируемого на РС МКС, является восстановление направления ветра.
- Для восстановления направления ветра будут использованы измерения радиояркостной температуры для третьего параметра Стокса на частотах 10,7, 18,7 и 36 ГГц.
- Тестирование разработанного алгоритма **MicRAWiND** (*Microwave Radiometric Algorithm for Wind Direction retrieval*) на модельной задаче показало, что направление ветра может быть восстановлено с точностью порядка $\pm 10-15^\circ$ для скоростей ветра более 3 м/с.
- Целью данной работы является проверка алгоритма на реальных измерениях из космоса.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ВЕТРА ПО СПУТНИКОВЫМ ИЗМЕРЕНИЯМ

- Поляриметрический радиометр **WindSat**;
- Ширина передней полосы обзора (forward swath) = 950 км (угол обзора 68°)
- Ширина задней полосы обзора (aft swath) – 350 км (угол обзора 23°).
- Таким образом, в небольшой полосе (350 км) выполняется требование выше предложенного алгоритма к наличию двух измерений одного элемента поверхности под разными углами наблюдения.
- Чувствительность радиометрических приемников по третьему и четвертому параметрам Стокса данного прибора на частотах 10,7, 18,7 и 37 ГГц составляет 0,25 К



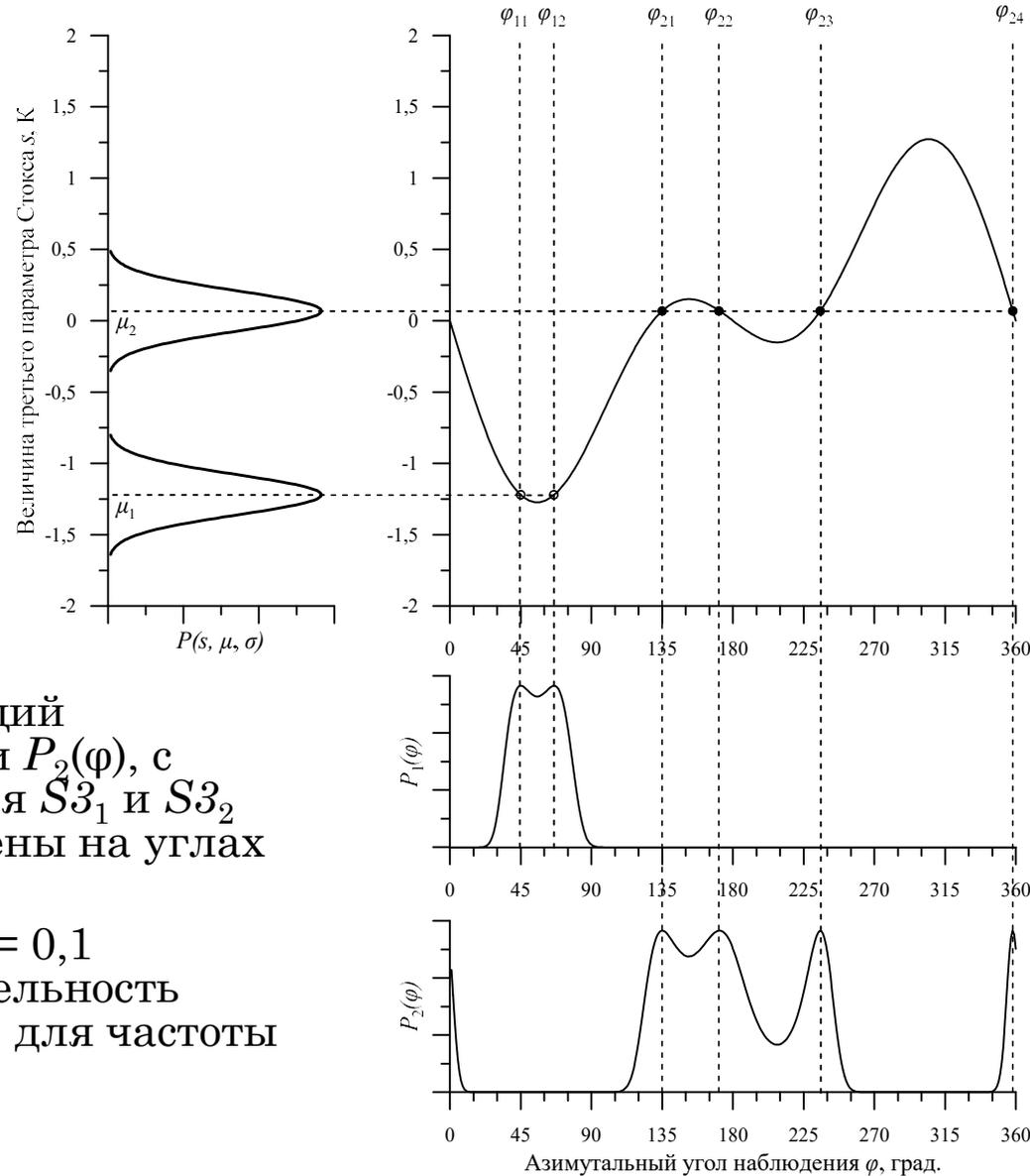
ТРЕТИЙ ПАРАМЕТР СТОКСА



Типичная зависимость третьего параметра Стокса S_3 от угла между направлением ветра и направлением зондирования для скорости ветра $U_{10} = 10$ м/с и частоты наблюдения 36,5 ГГц.

Отметим, что масштаб сигнала $\pm 1,5$ К сравним с чувствительностью измерений $\sigma(S_3) = 0,4-0,7$ К. Требовалось определенное искусство для решения столь сложной задачи!

АЛГОРИТМ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ С УЧЕТОМ ПОГРЕШНОСТЕЙ



- Определение функций вероятностей $P_1(\varphi)$ и $P_2(\varphi)$, с которыми измерения S_3^1 и S_3^2 могут быть выполнены на углах φ .
- Для наглядности $\sigma = 0,1$ (реальная чувствительность составляет $0,315 \cdot \sqrt{2}$ для частоты 36,5 ГГц)

АЛГОРИТМ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ С УЧЕТОМ ПОГРЕШНОСТЕЙ

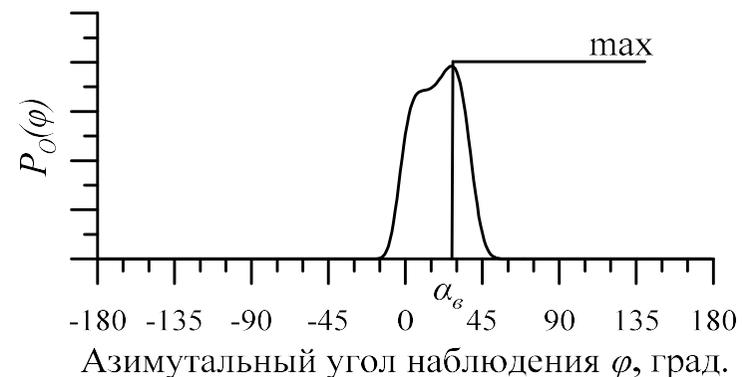
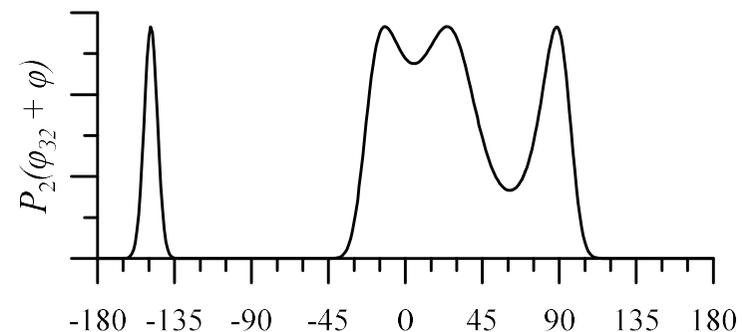
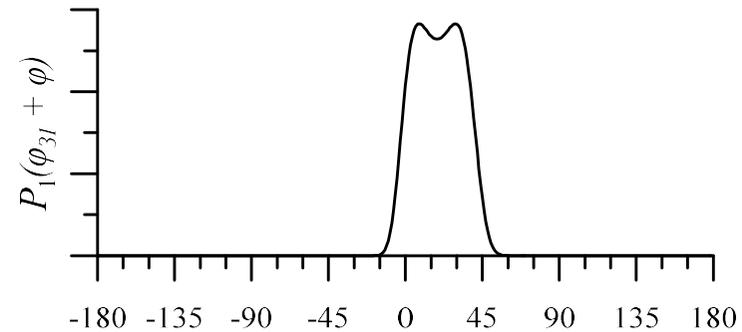
- Смещение графиков для вероятностей $P_1(\varphi)$ и $P_2(\varphi)$ по углу, приводя их к нулевому азимуту зондирования, что дает зависимости $P_1(\varphi+\varphi_{31})$ и $P_2(\varphi+\varphi_{32})$.

- При работе на одном канале определяется пересечение вероятностей $P_0(\varphi_v)=P_1(\varphi+\varphi_{31}) \cdot P_2(\varphi+\varphi_{32})$ и по максимальному значению определяется направление ветра $\alpha_v=\max(P_0(\varphi_v))$.

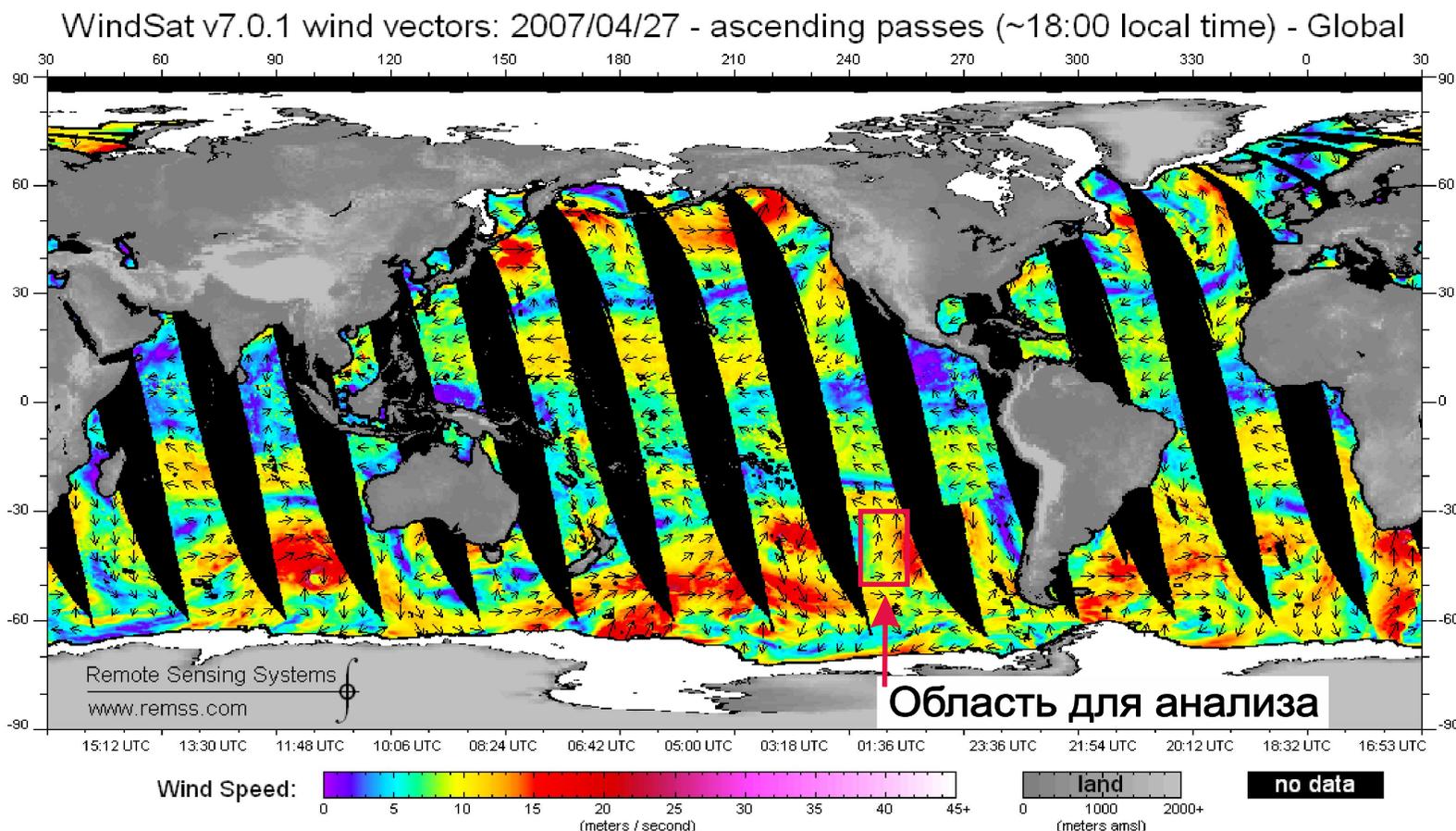
- Предлагается проводить объединение результатов, получаемых в каждом радиометрическом канале

$$P_{рез}(\varphi_v)=C1 \cdot P_{O1}(\varphi_v)+C2 \cdot P_{O2}(\varphi_v)+C3 \cdot P_{O3}(\varphi_v),$$

где C1, C2, и C3 – весовые коэффициенты, которые будут отображать степень надежности измерений на данном радиометрическом канале.

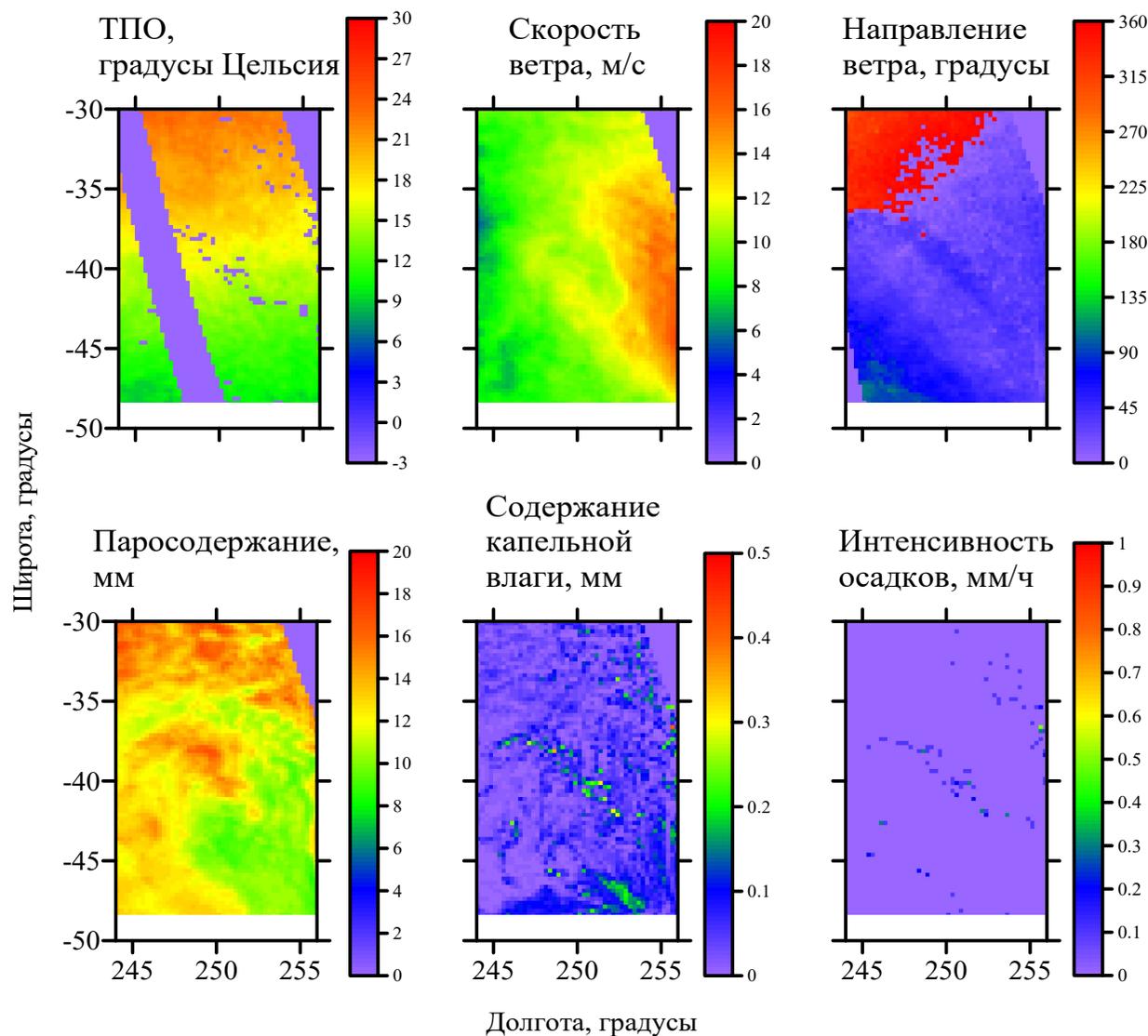


ВЫБОР ОБЛАСТИ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ АЛГОРИТМА



- Для тестирования алгоритма определения направления ветра были взяты данные за 27 апреля 2007 года.

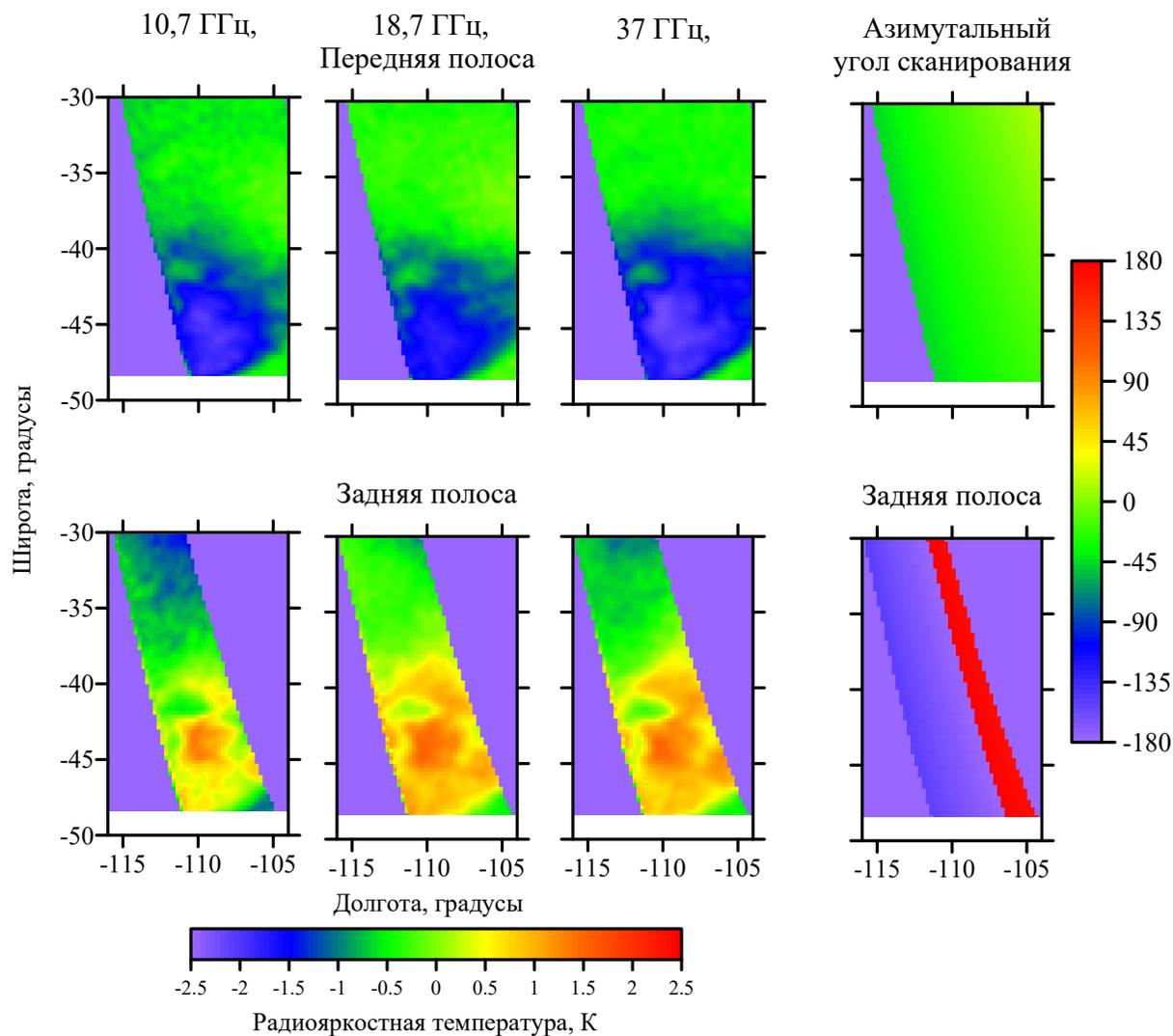
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ТЕСТОВОЙ ОБЛАСТИ



Данные о температуре поверхности, скорости ветра, паросодержании, интенсивности осадков, капельной влаге ВЗЯТЫ В ВИДЕ карт, расположенных на сайте:

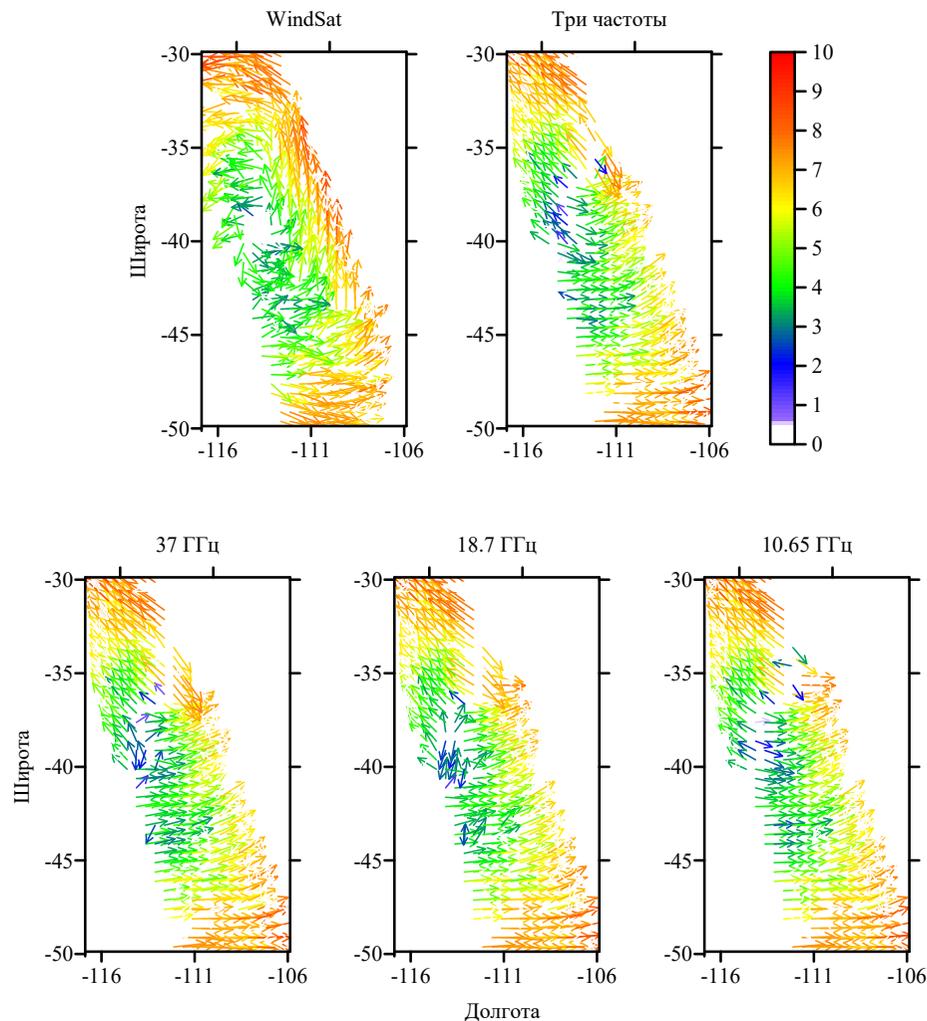
<http://data.remss.com/windsat/>

РАДИОЯРКОСТНАЯ ТЕМПЕРАТУРА НА ТРЕХ ЧАСТОТАХ И АЗИМУТАЛЬНЫЕ УГЛЫ ВИЗИРОВАНИЯ ПРИБОРА WINDSAT.



Предварительно откалиброванные и привязанные к координатам данные измерений прибора WindSat, а также данные о телеметрии спутника и углах наблюдения (environmental data record) были взяты с интернет-ресурса: <http://www.ifremer.fr/opendap/cerdap1/oceanflux/satellite/l1/coriolis/windsat> в формате NetCDF (Version 2.0).

РЕЗУЛЬТАТЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ВЕТРА ПО ИЗМЕРЕНИЯМ WINDSAT



По представленным картам видно, что есть области, где определенное направление ветра коррелировано с данными взятыми с ресурса remss.com, однако есть области где расхождение достаточно сильное.

ДАЛЬНЕЙШАЯ РАБОТА

- Провести восстановление полей направления ветра за длительный промежуток времени (около 1 года измерений).
- Провести оценку точности восстановления поля ветра при сравнении с данными морских буев, измерениями скаттерометров, данными из реанализа.
- Разработать методы устранения неоднозначных решений обратной задачи, при малых скоростях ветра (менее 3 м/с).
- Адаптировать алгоритм к набору данных, который планируется получать с радиометрического комплекса МИРС.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

