

# АНАЛИЗ СПЛОЧЕННОСТИ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА В КАРСКОМ МОРЕ ПО ДАННЫМ СПУТНИКА SMOS ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

*Тихонов В.В.<sup>1,2,3</sup>, Алексеева Т.А.<sup>3,1</sup>, Афанасьева Е.В.<sup>3,1</sup>,  
Соколова Ю.В.<sup>3,1</sup>, Хвостов И.В.<sup>2</sup>, Романов А.Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Институт космических исследований РАН, г. Москва

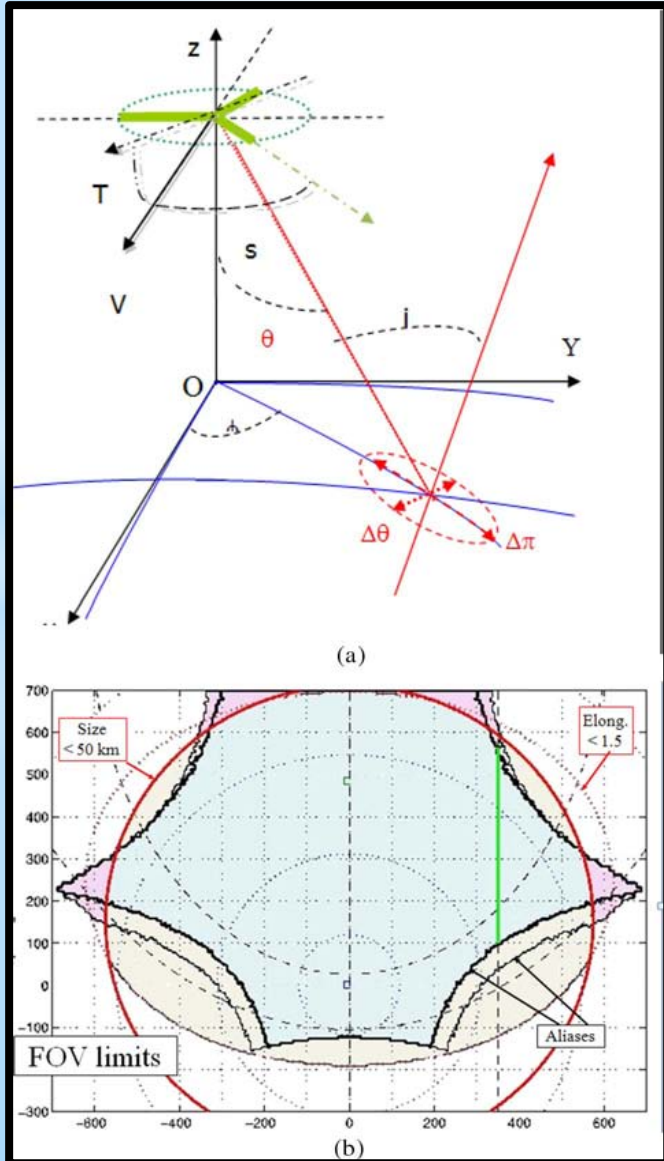
<sup>2</sup>Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул

<sup>3</sup>Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,  
г. Санкт-Петербург



# ДАНИЕ

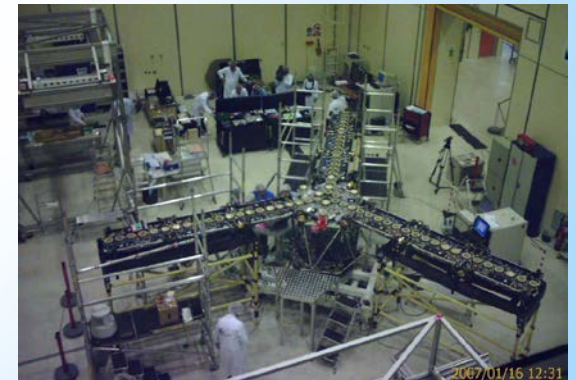
## SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) – 2009 — наст. вр. MIRAS (Microwave Imaging Radiometer using Aperture Synthesis)



Продукт SMOS L1C

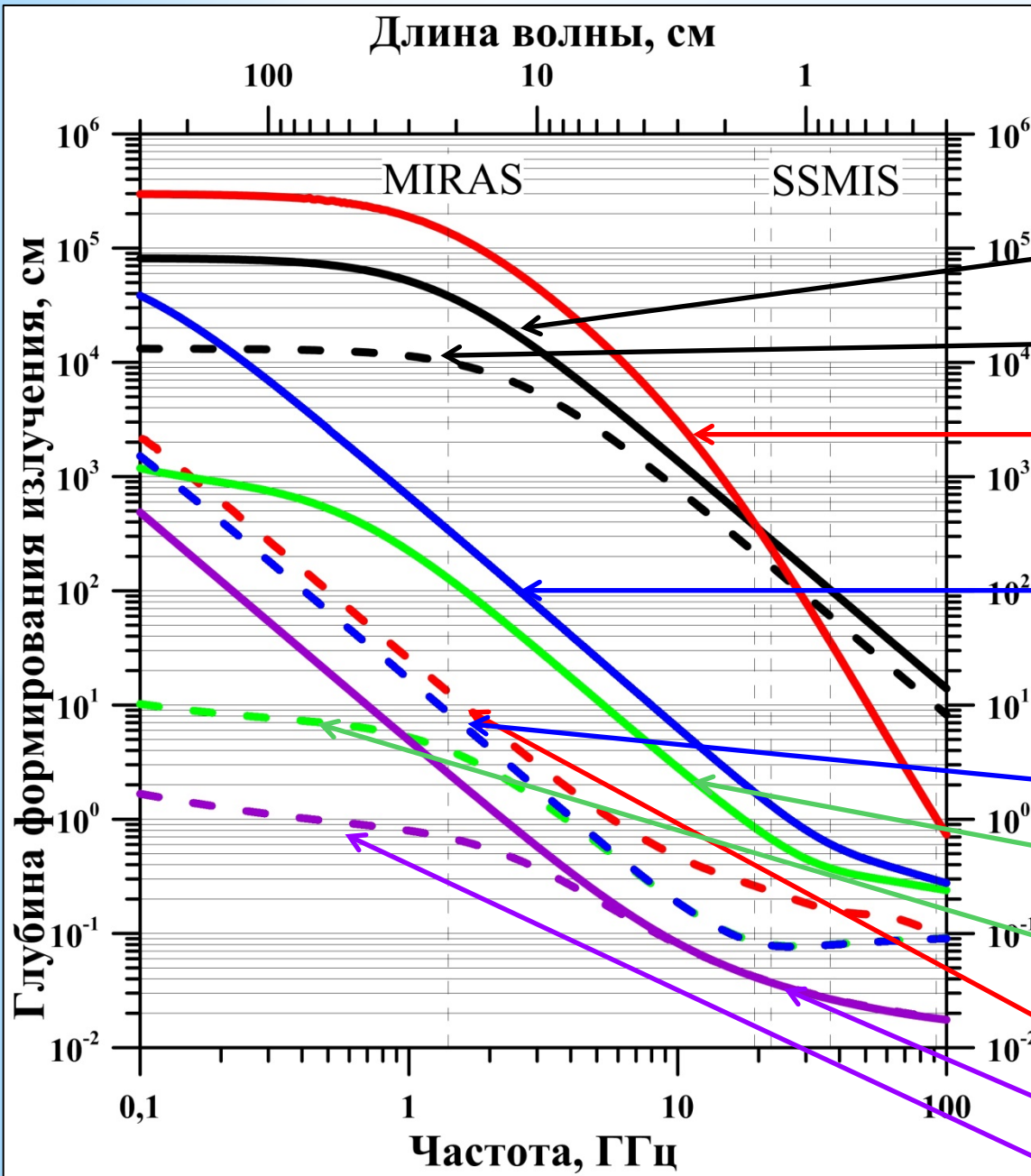
$$f = 1.4 \text{ (H, V) ГГц}$$

$$\theta = 42.5^\circ$$



# ГЛУБИНА ФОРМИРОВАНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ

$$h_{PD} = \frac{\lambda}{4\pi \operatorname{Im}(\sqrt{\epsilon})}$$



Пресноводный лёд,  $t = -20\text{ }^\circ\text{C}$

Пресноводный лёд,  $t = 0\text{ }^\circ\text{C}$

Сухой снег,  $t = -20\text{ }^\circ\text{C}$

Озёрный лёд,  $t = -20\text{ }^\circ\text{C}$

Озёрный лёд,  $t = 0\text{ }^\circ\text{C}$

Морской лёд,  $t = -20\text{ }^\circ\text{C}$

Морской лёд,  $t = 0\text{ }^\circ\text{C}$

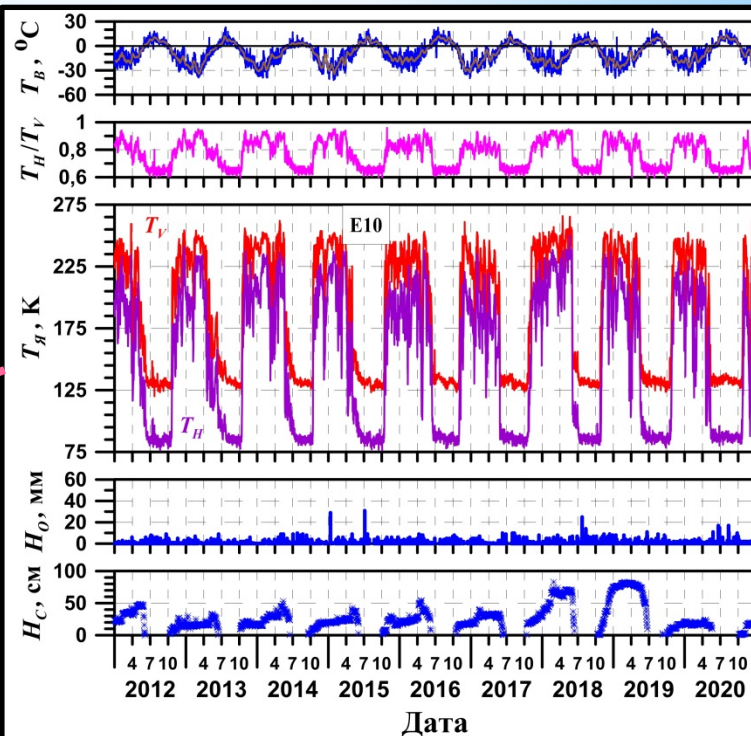
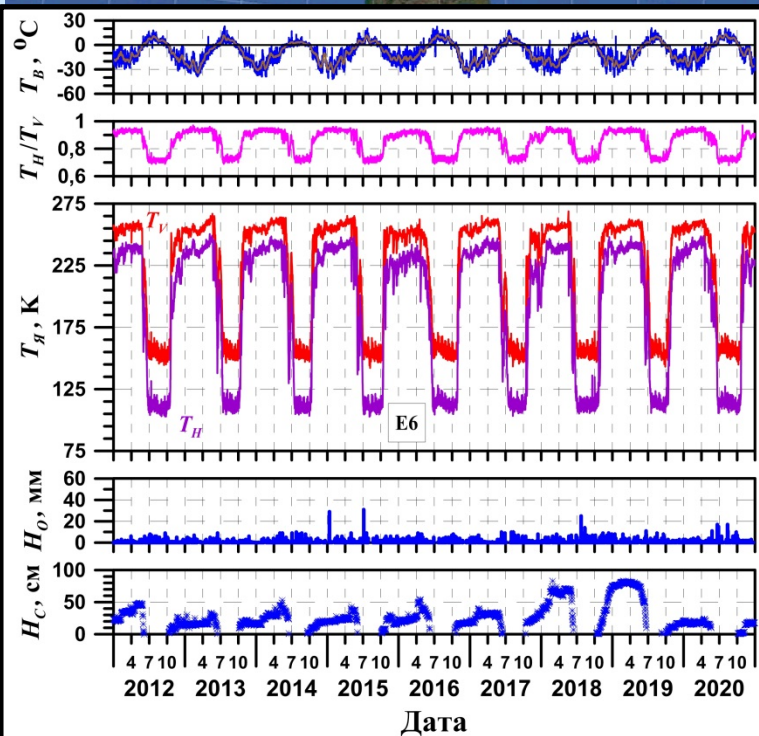
Влажный снег,  $t = 0\text{ }^\circ\text{C}$

Пресная вода,  $t = 0\text{ }^\circ\text{C}$

Морская вода,  $t = 0\text{ }^\circ\text{C}$

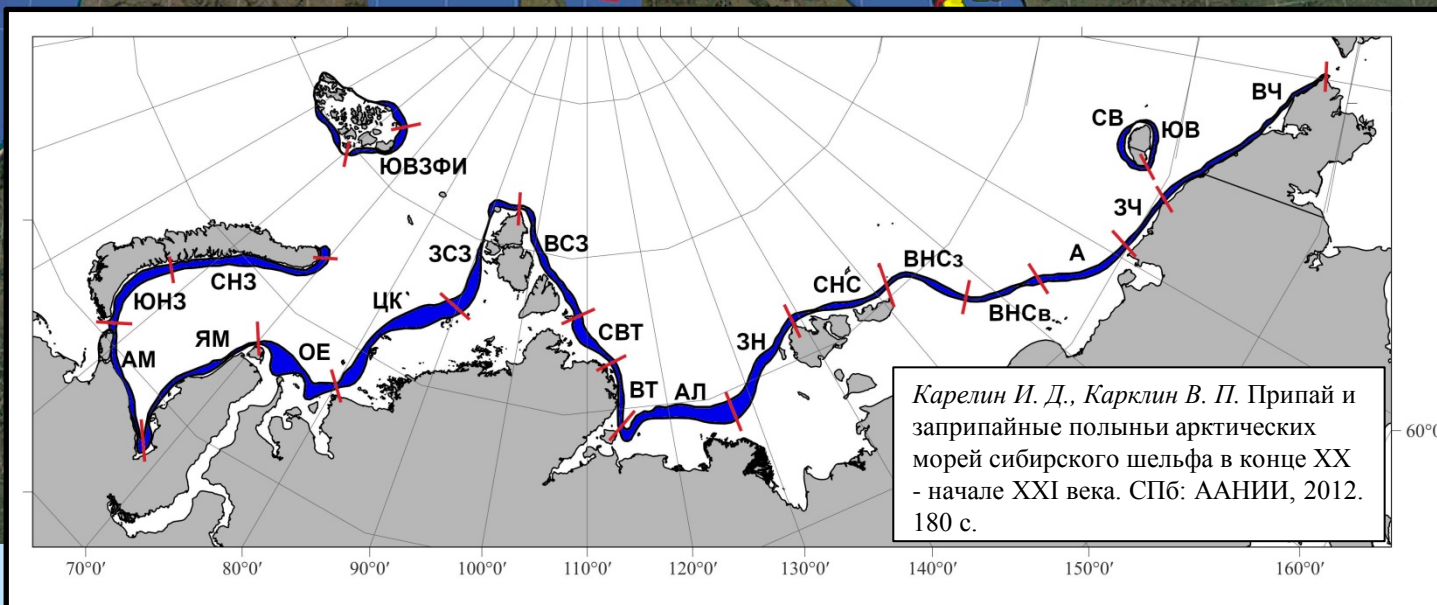


# ЭСТУАРИИ АРКТИКИ. ЕНИСЕЙСКИЙ ЗАЛИВ



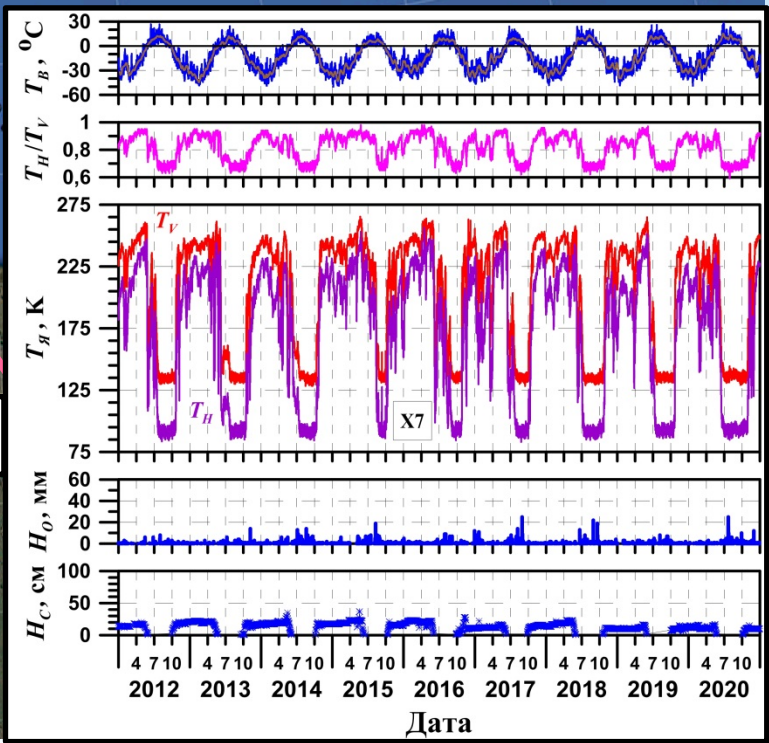
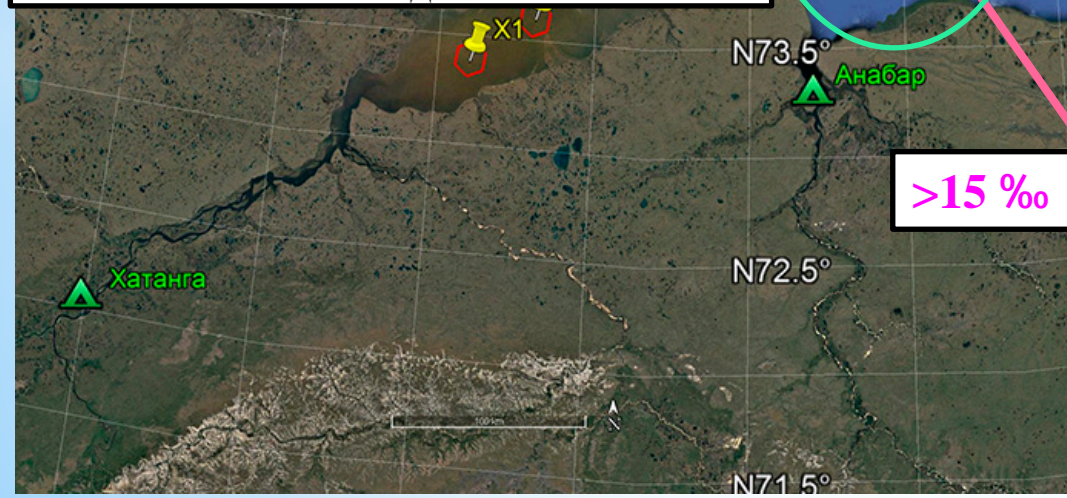
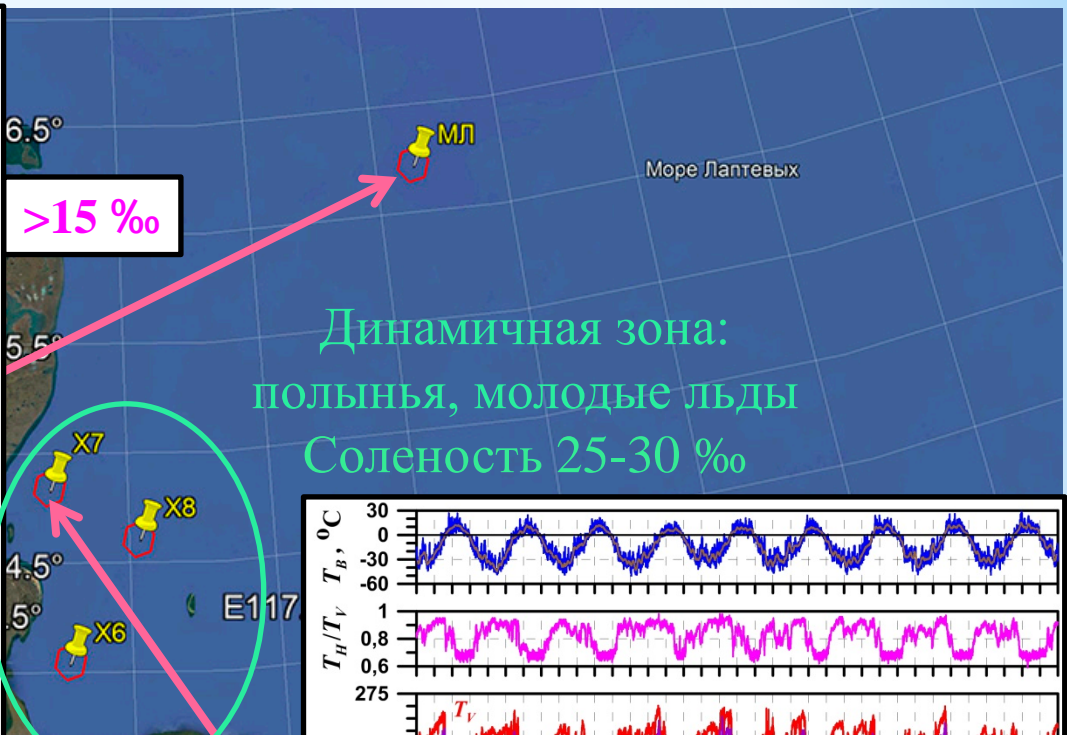
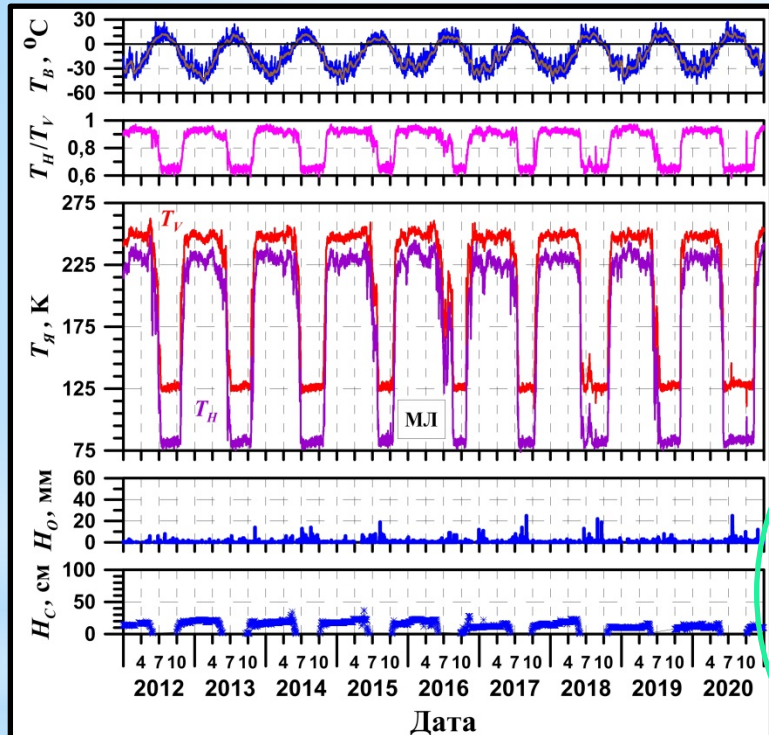


# ЭСТУАРИИ АРКТИКИ. ЕНИСЕЙСКИЙ ЗАЛИВ

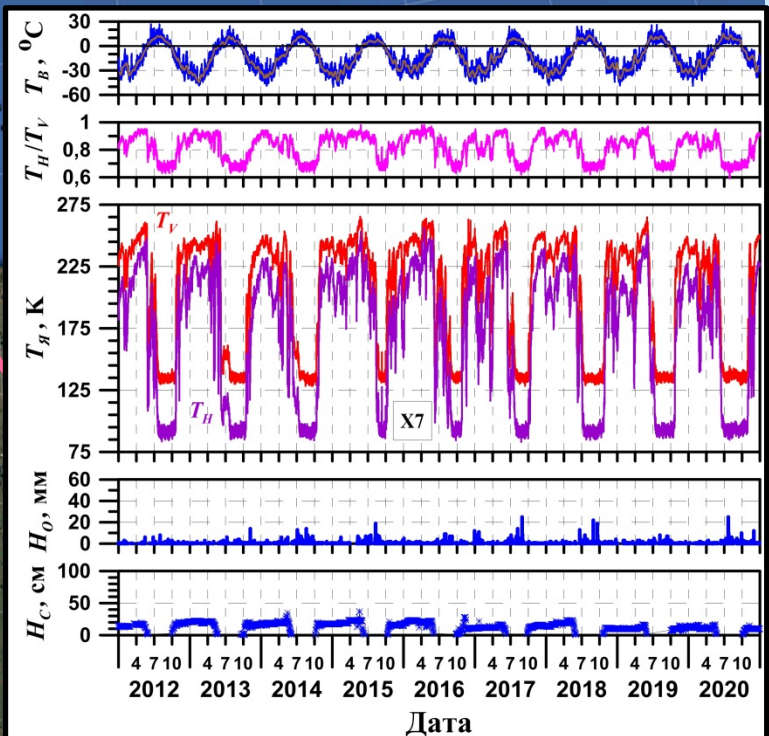
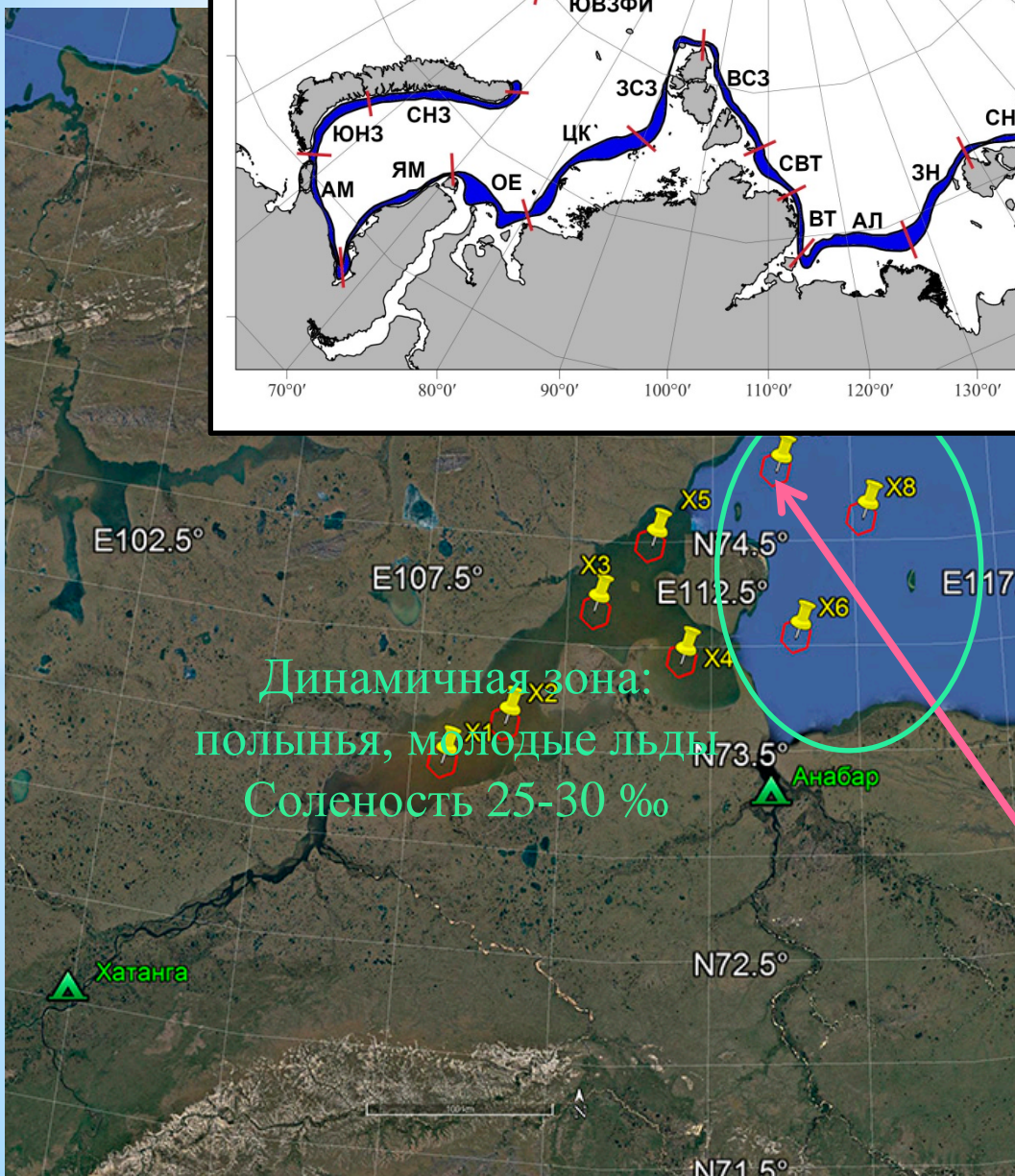
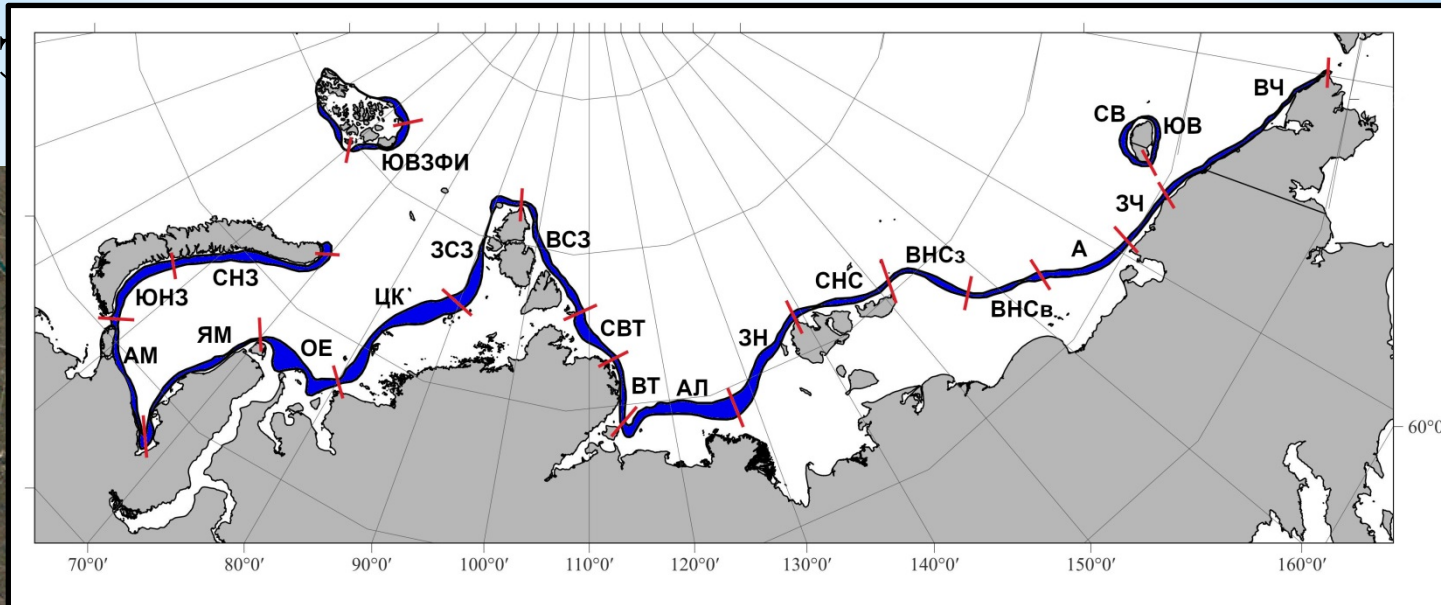




# ЭСТУАРИИ АРКТИКИ. ХАТАНГСКИЙ ЗАЛИВ







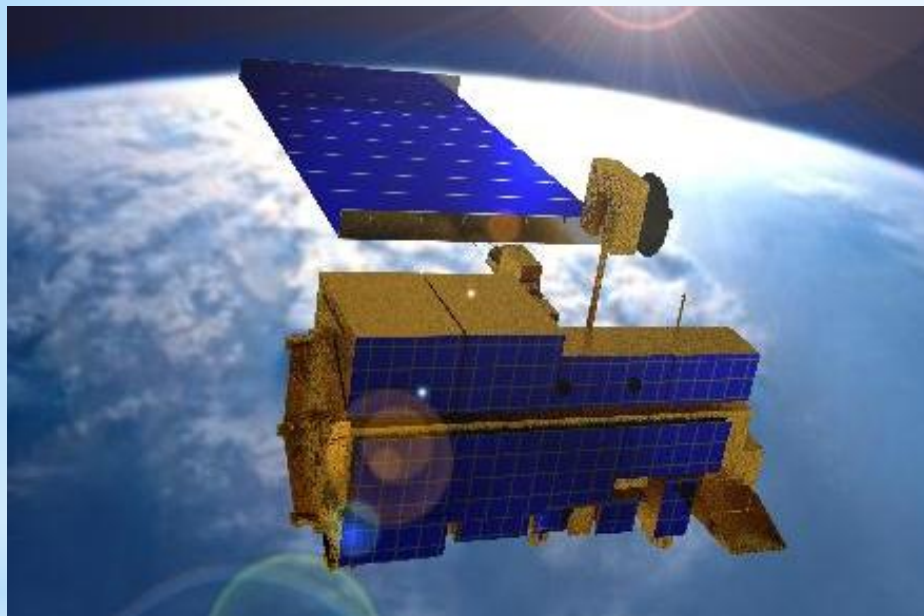


# ДААННЫЕ ПО СПЛОЧЕННОСТИ ЛЬДА

MODIS Terra

САНАЦИИ

Sentinel-1



## MODIS

Разрешение – 250 м

Band 1: 0,62 – 0,67 мкм

Band 4: 0,545 – 0,565 мкм

Band 3: 0,459 – 0,479 мкм

## Sentinel-1

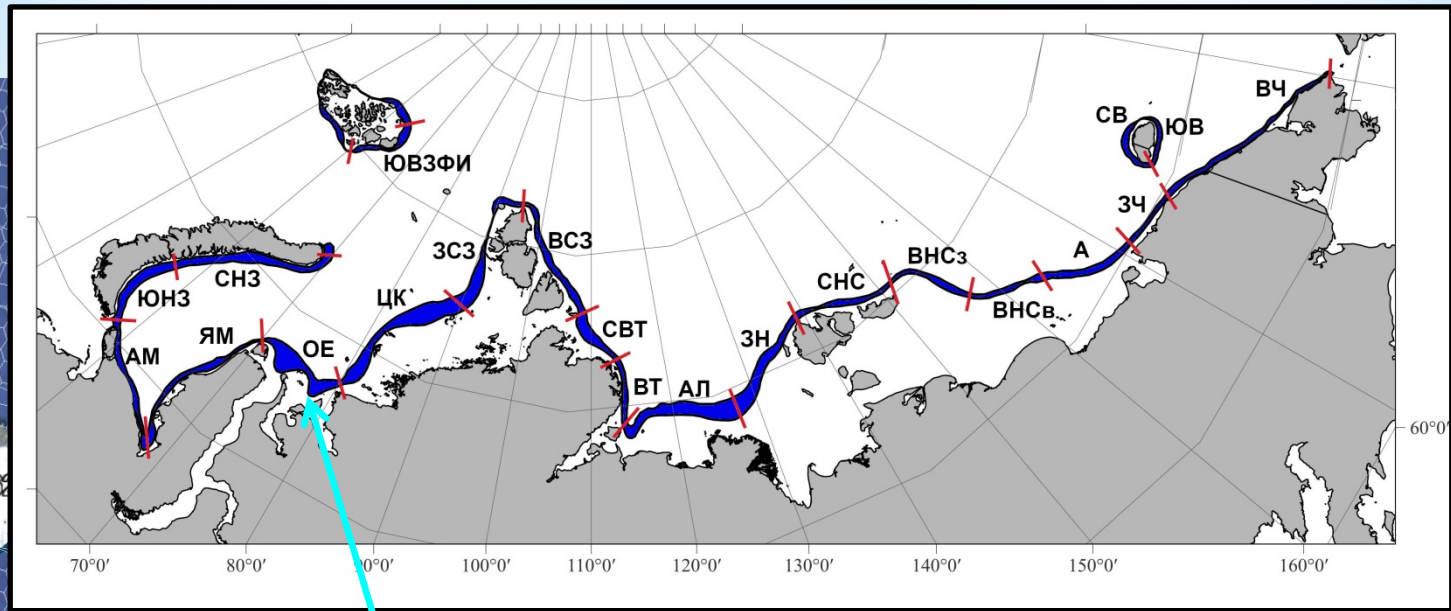
Разрешение – 300 м

C-band (5,405 ГГц)





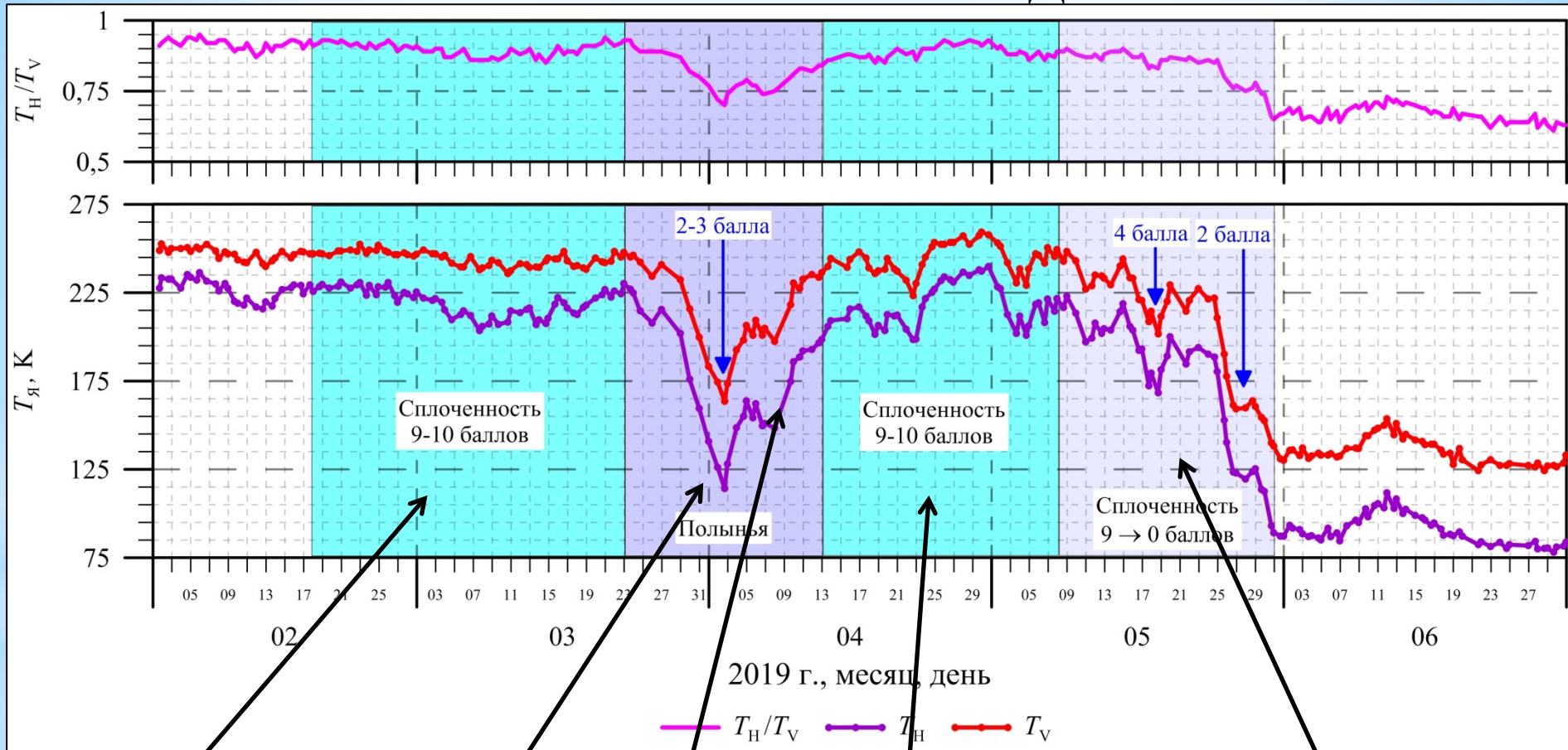
# ДАННЫЕ О СПЛОЧЕННОСТИ ЛЬДА



74° с.ш., 76° в.д.



# СПЛОЧЕННОСТЬ ЛЬДА



однолетние льды

$T_H$ : 204 К – 233 К

$T_V$ : 235 К – 254 К

$T_H/T_V$ : 0,85 – 0,95

полынья

$T_H \rightarrow 115 K$

$T_V \rightarrow 164 K$

$T_H/T_V \rightarrow 0,7$

однолетние льды, нилас

$T_H$ : 196 К – 240 К

$T_V$ : 224 К – 260 К

$T_H/T_V$ : 0,85 – 0,94

процесс таяния

$T_H$ : 225 К  $\rightarrow$  90 К

$T_V$ : 250 К  $\rightarrow$  135 К

$T_H/T_V$ : 0,9  $\rightarrow$  0,65

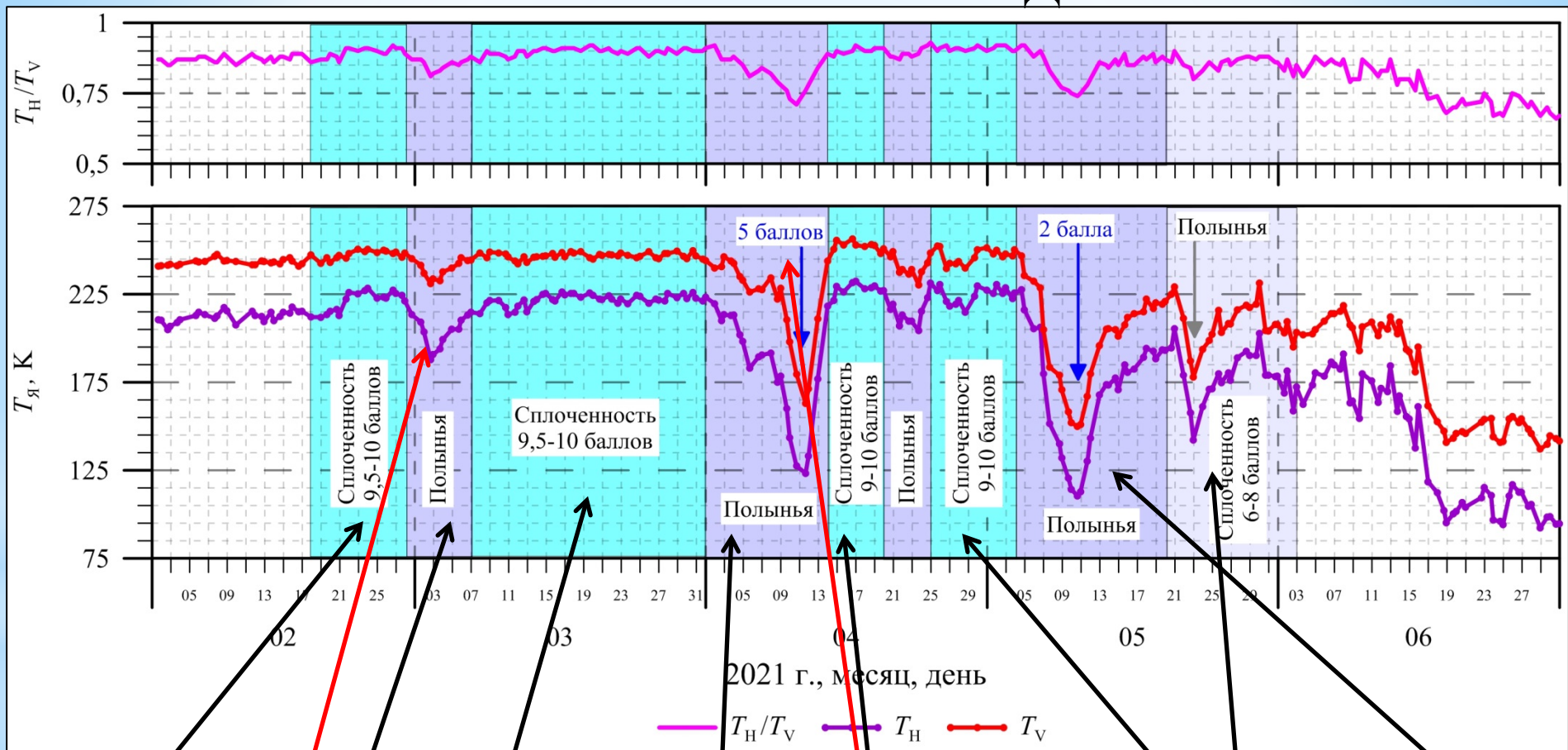
← закрытие полыньи

← начальные формы льда

← однолетние льды с севера



# СПЛОЧЕННОСТЬ ЛЬДА



однолетний лед	однолетний лед	однолетний лед	однолетний лед	полынья
$T_H$ : 212 К – 230 К	$T_H$ : 214 К – 227 К	$T_H$ : 219 К – 234 К	$T_H$ : 215 К – 233 К	$T_H \rightarrow 110$ К
$T_V$ : 243 К – 252 К	$T_V$ : 243 К – 250 К	$T_V$ : 245 К – 257 К	$T_V$ : 240 К – 254 К	$T_V \rightarrow 150$ К
$T_H/T_V$ : 0,85 – 0,92	$T_H/T_V$ : 0,85 – 0,92	$T_H/T_V$ : 0,87 – 0,93	$T_H/T_V$ : 0,89 – 0,93	$T_H/T_V \rightarrow 0,74$
полынья → <b>нилас</b> → серый лед	однолетний лед → <b>нилас</b>	однолетний лед	однолетний лед	
9-10 баллов, $T_H \rightarrow 186$ К,	$T_H \rightarrow 123$ К,	$T_V \rightarrow 163$ К,	$T_H$ : 155 К – 205 К,	
$T_V \rightarrow 230$ К,	$T_H/T_V \rightarrow 0,81$	$T_H/T_V \rightarrow 0,71$	$T_V$ : 195 К – 233 К,	$T_H/T_V$ : 0,81 – 0,9

# ВЫВОДЫ

## Данные радиометра MIRAS спутника SMOS:

1.  $T_{\text{я}}$  – очень чувствительна к изменениям состояния морского льда (таяние, замерзание, начальные формы льда, однолетний лед).
2.  $T_{\text{я}}$  – хорошо коррелирует со сплоченностью ледяного покрова.
3.  $T_{\text{H}}/T_{\text{V}}$  – хорошо коррелирует со сплоченностью ледяного покрова.
4.  $T_{\text{я}}$  и  $T_{\text{H}}/T_{\text{V}}$  – «видят» начальные формы льда.
5. MIRAS → AMSR2, SSMIS, МТВЗА-ГЯ → Алгоритм



Спасибо!

Thanks!



Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда,  
грант № 23-17-00161.