

# Особенности изменения радиояркостной температуры спутника SMAP от глубины промерзания тундровой почвы на тестовых участках НПР

Музалевский К.В.<sup>1</sup>, Котов П.И.<sup>2</sup>, Каравайский А.Ю.<sup>1</sup>,  
Фомин С.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения  
Российской академии наук - обособленное подразделение  
ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск

<sup>2</sup>Заполярный государственный университет им. Н.М.  
Федоровского, г. Норильск

[rsdkm@ksc.krasn.ru](mailto:rsdkm@ksc.krasn.ru)

Ноябрь 13, 2025

Исследование поддержано Российским научным фондом и Красноярским региональным научным фондом, проект № 25-17-20029.

# I. Введение

Определение глубины оттаивания почвогрунтов в зоне вечной мерзлоты до сих пор остается не решенной проблемой с использованием спутниковых наблюдений радиояркостной температуры.

Вместе с тем, данная информация может существенно увеличить точность оценки стоков и источников углекислого газа и метана в северных широтах за счет почвенной компоненты, а также проводить дистанционные оценки термического состояния деятельного слоя вечной мерзлоты.

В данной работе исследовалась зависимость радиояркостной температуры, измеренной спутником SMAP на частоте 1,4 ГГц на горизонтальной и вертикальной поляризации, от глубины промерзания деятельного слоя почвы на тестовых участках вблизи аэропорта Алыкель и пос. Кайеркан, Норильского промышленного района.

## II. Методы и результаты исследования

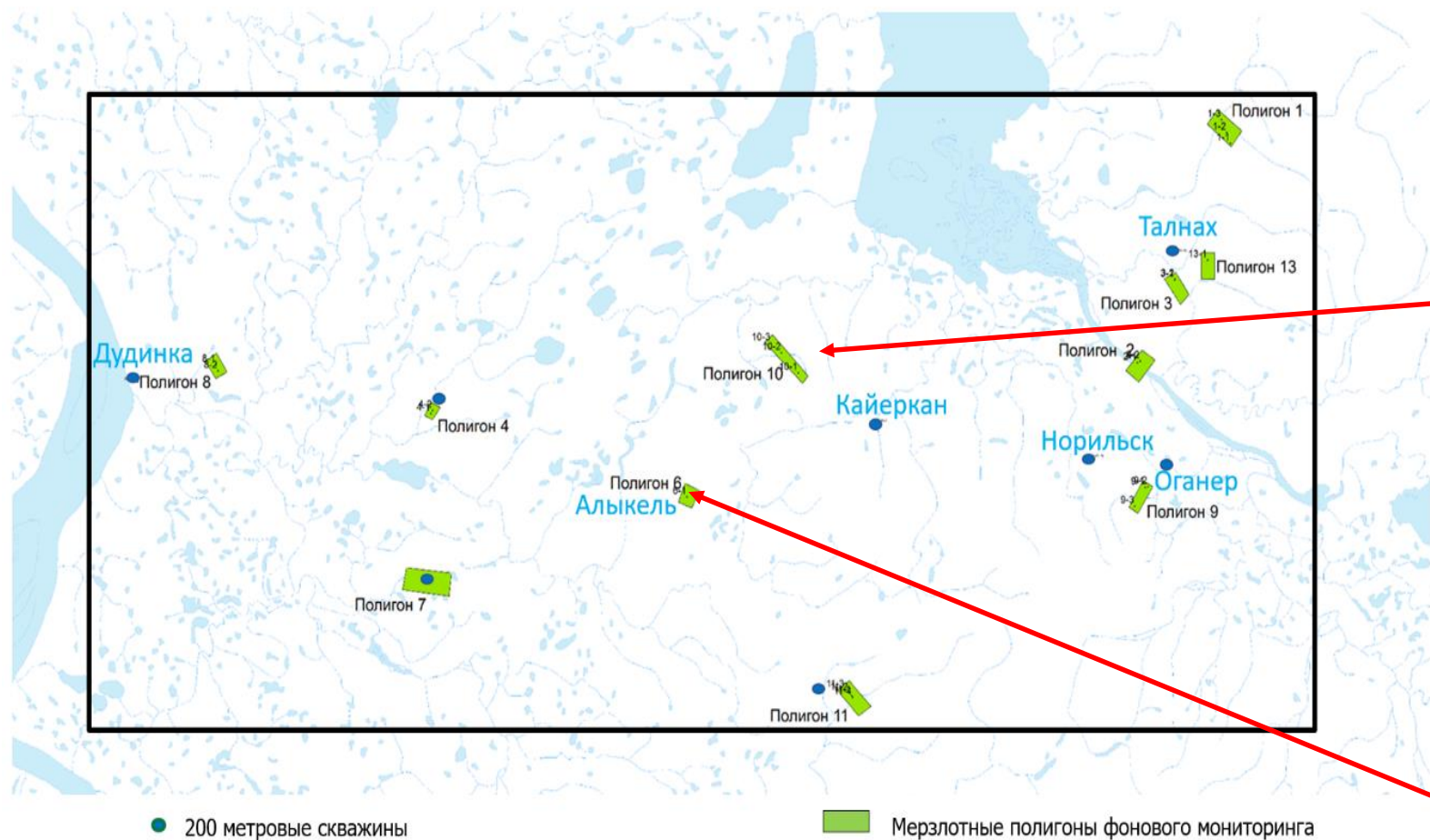


Рис. 1. Расположение тестовых участков Алыкель (полигон 6) и Кайеркан (полигон 10) на территории Норильского промышленного района. Фотографии характерных ландшафтов на месте.

## II. Методы и результаты исследования

Глубина промерзания деятельного слоя определялась положением нулевой температуры в вертикальном профиле по данным термометрических кос (термоизоплеты см. ниже), установленных на тестовых участках. В качестве спутниковых данных использовался набор с улучшенным пространственным разрешением 9км (L1C\_TV\_E). Период исследования относится к осени 2024г.

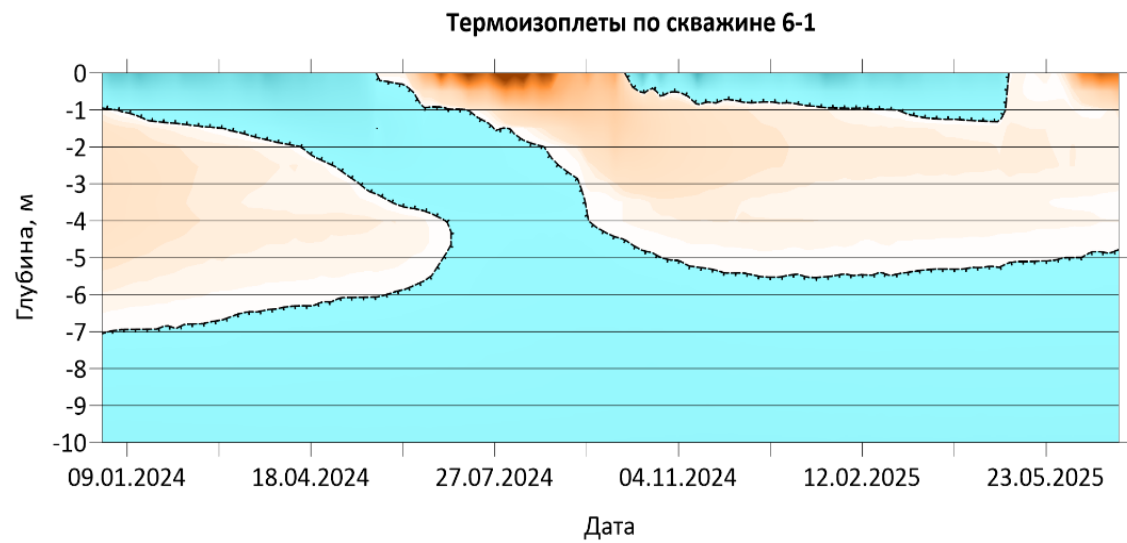


Рис.2а. Алыкель (полигон 6)

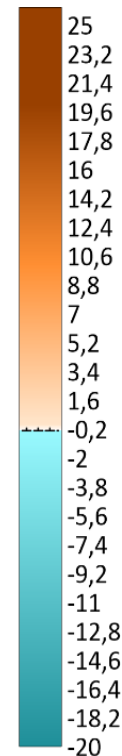
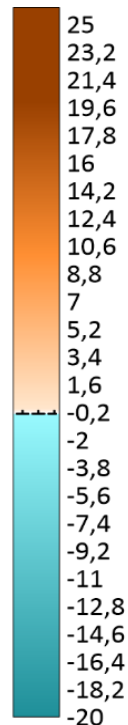


Рис. 2б. Кайеркан (полигон 10)



## II. Методы и результаты исследования

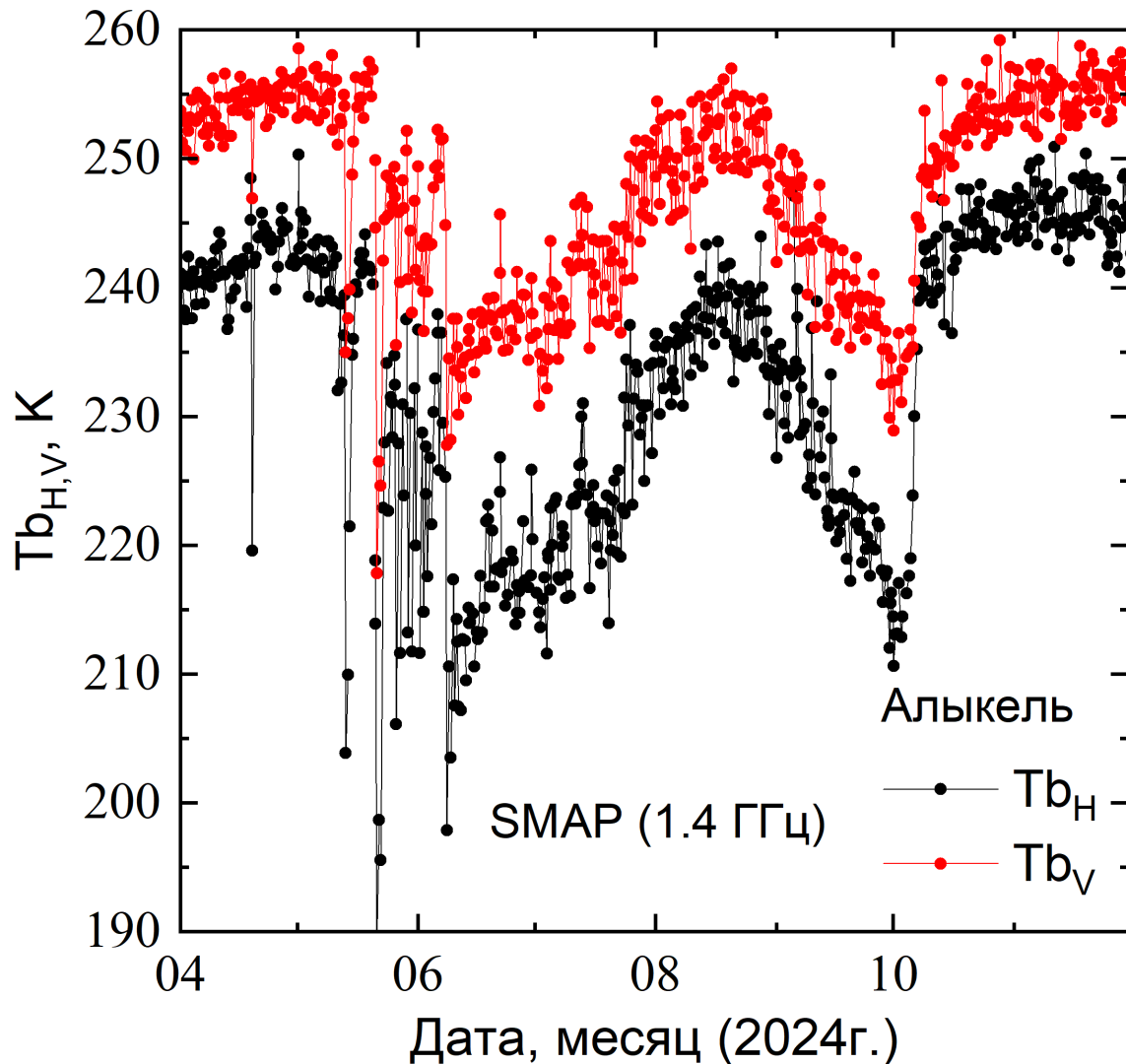


Рис. 3. Временные ряды радиояркостной температуры, измеренной SMAP на частоте 1.4 ГГц на горизонтальной ( $T_{bH}$ ) и вертикальной ( $T_{bV}$ ) поляризациях для тестового участка Алыкель в 2024г. Начало замерзания почвенного покрова начинается примерно 2-3 октября.



## II. Методы и результаты исследования

В ходе промерзания деятельного слоя до глубины 1м на тестовых участках обнаружен экспоненциальный рост радиояростной температуры с 211 К и 230 К до 243 К и 251 К, соответственно на горизонтальной и вертикальной поляризации (см. рис. 4).

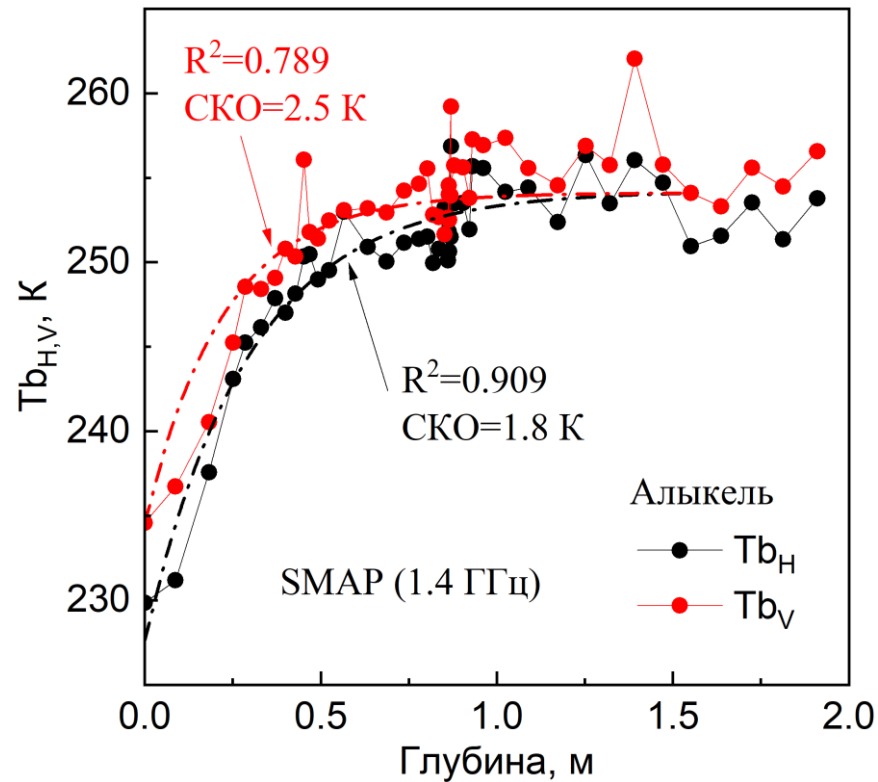


Рис. 4а.

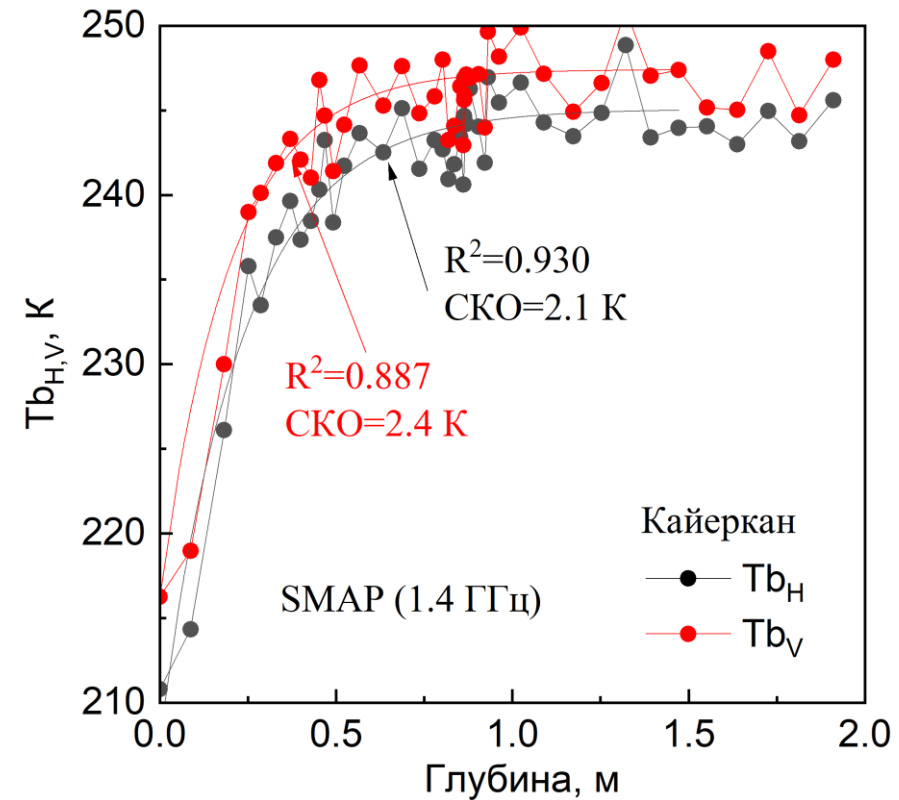


Рис. 4б.

## II. Методы и результаты исследования

Эти зависимости радиояростной температуры от глубины промерзания деятельного слоя с коэффициентом детерминации 0,80-0,93 описываются экспоненциальными функциями. Эффективная толщина зондирования глубины промерзания деятельного слоя составила порядка 23-28 см (по уровню насыщения радиояростной температуры в  $e$  раз).

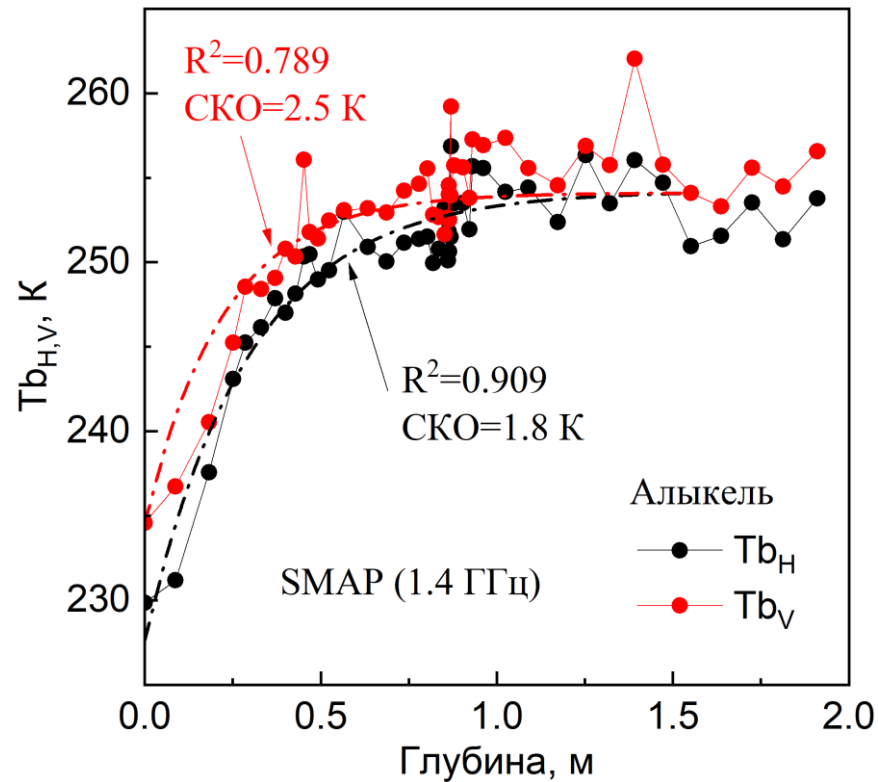


Рис. 4а.

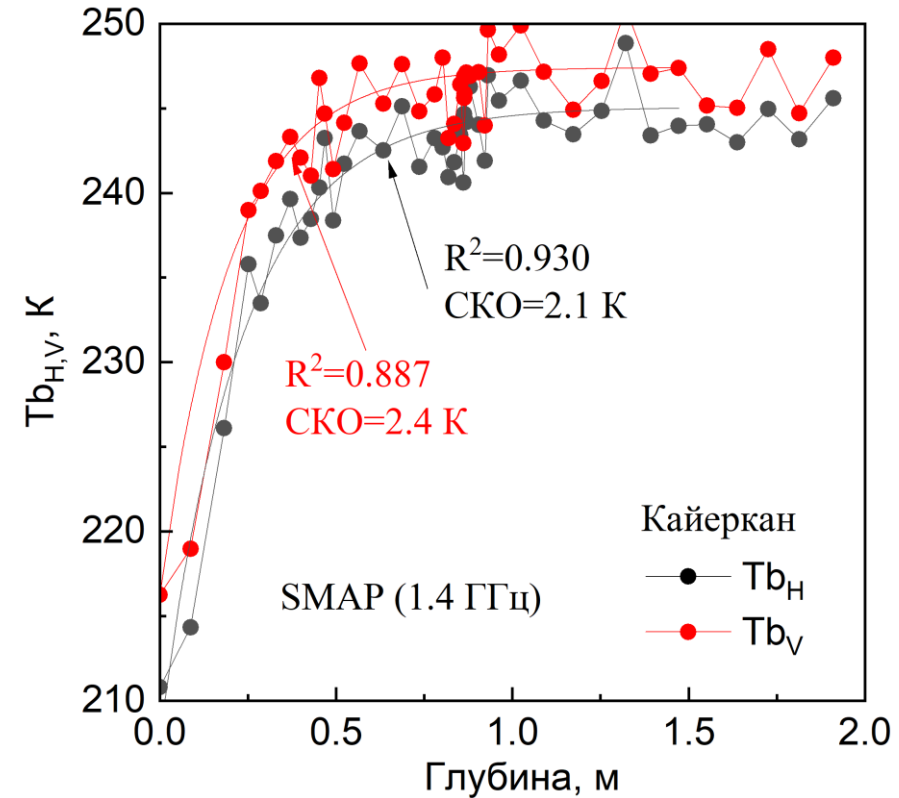


Рис. 4б.

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Для некоторых тестовых участков Норильского промышленного района были установлены экспоненциальные зависимости увеличения радиояркостной температуры, измеренной спутником SMAP на вертикальной и горизонтальной поляризации в зависимости от глубины промерзания деятельного слоя.
- При этом эффективная глубина зондирования составила не более 30см.
- Установленные зависимости нуждаются в дальнейшей проверке для других тестовых участков, а также для более представительного периода наблюдений.



**Спасибо за внимание!**