

# О возможности определения глубины промерзания почв по данным спутниковых микроволновых радиометров

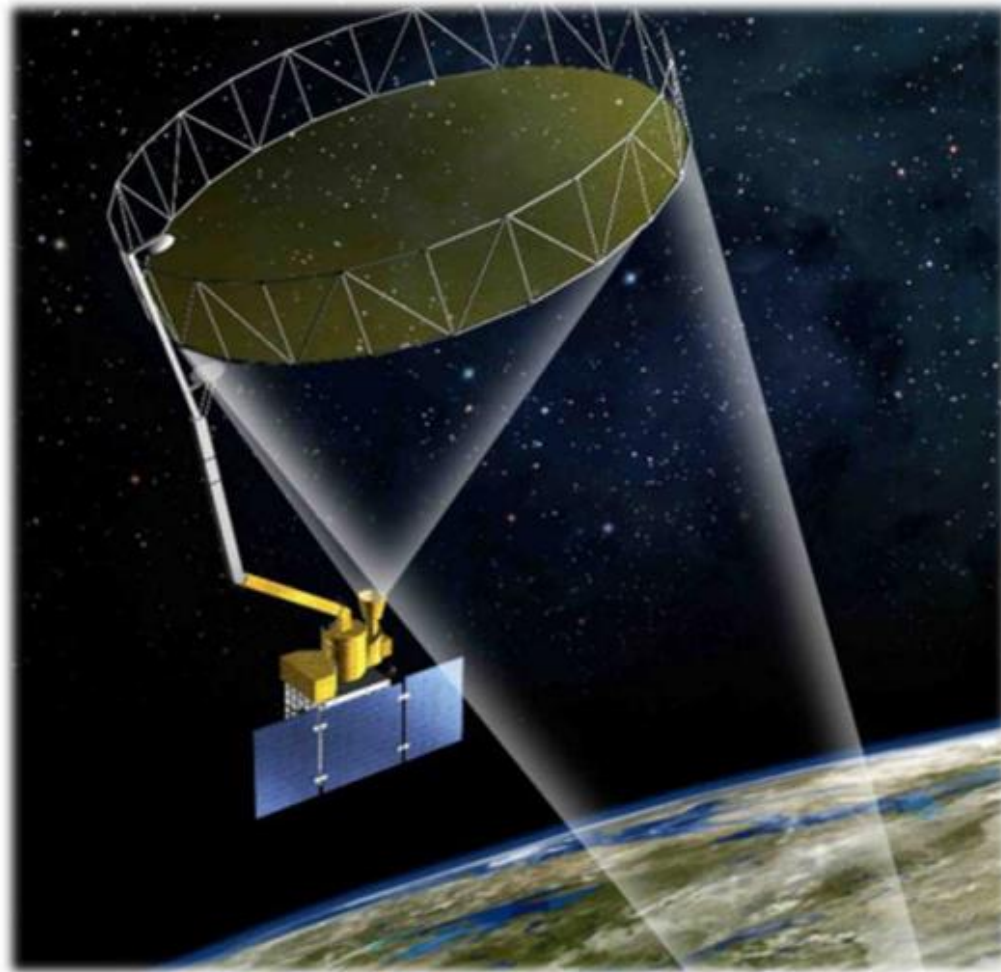
Яценко А.С.

Институт радиофизики и физической электроники Омского  
научного центра СО РАН, Омск, Россия

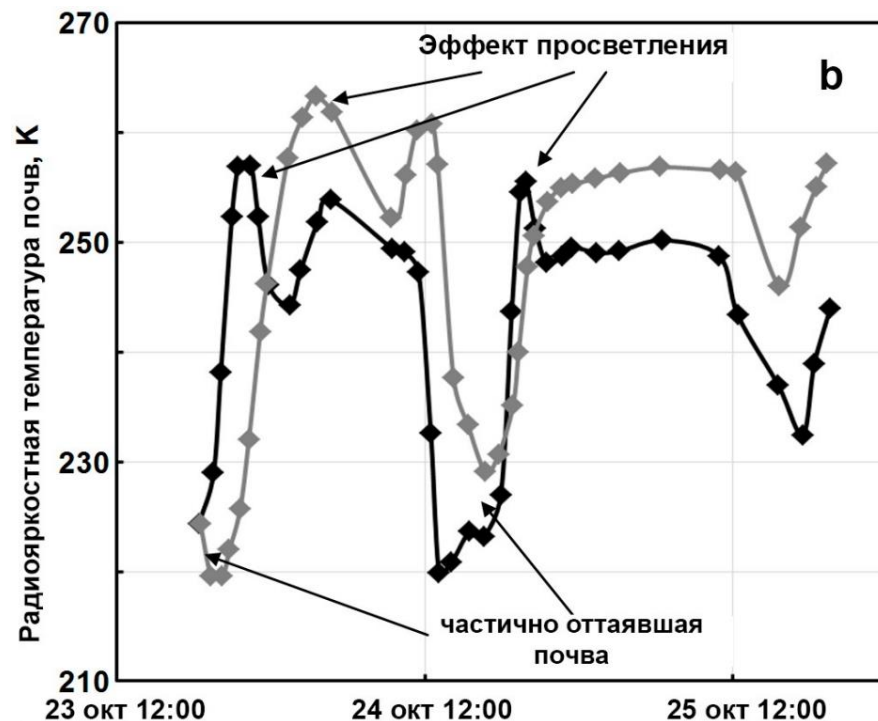
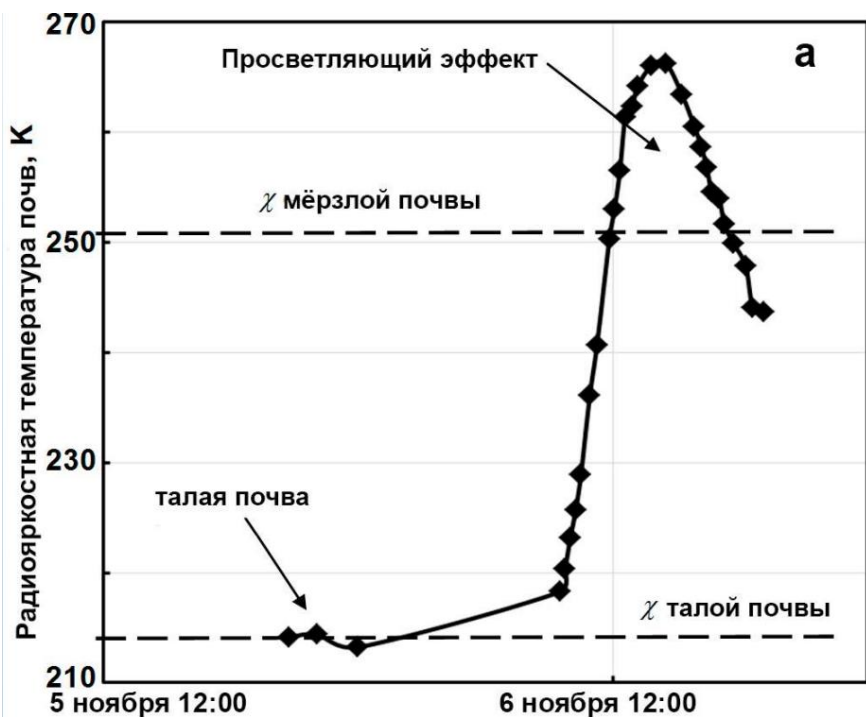
# Введение

В процессе мониторинга водной поверхности и суши дистанционными радиометрическими методами восстанавливаются значения комплексной диэлектрической проницаемости. В зависимости от задач, поставленных в рамках программы экологического мониторинга, значения диэлектрической проницаемости могут быть использованы для тематического картирования влажности почв или солёности Мирового Океана. При этом, при наличии определённой априорной информации, радиометрические данные находят применение при картировании мёрзлых почв.

# SMAP



**Аппаратура:**  
**Сканирующий радиометр 1,4 ГГц**



Временной ход радиоактивной температуры среднего суглинка при промерзании.  
 (а) Измерения 2011 г., почва непокрытая растительностью при высокой влажности;  
 (б) Измерения 2013 г., почва покрытая (серые маркеры) и непокрытая растительностью (черные маркеры), при низкой влажности.

# Радиояркостная температура естественных почв в приближении полубесконечного диэлектрика

$$T_b = (1 - \omega) * (1 - \gamma) * (1 + \gamma r) T_c + (1 - r) \gamma T_g$$

$\omega$  – альbedo поверхности;

$T_c$  – температура в толще растительности;

$T_g$  – эффективная температура почвы;

$r$  – коэффициент отражения почвы в микроволновом диапазоне;

$\gamma = \exp(-\tau / \cos\theta)$  коэффициент поглощения в растительности;

$\tau$  – оптическая глубина зондирования;

$\theta$  – угол зондирования.

$$r_p = ((1 - Q)r_{0p} + Qr_p) \exp(-h * \cos\theta^N)$$

$r_p$  – коэффициент отражения от шероховатой среды на  $p$ -поляризации,

$r_{0p}$  – френелевский коэффициент отражения от гладкой среды на  $p$ -поляризации;

$r_{0q}$  – френелевский коэффициент отражения от гладкой среды на ортогональной поляризации,

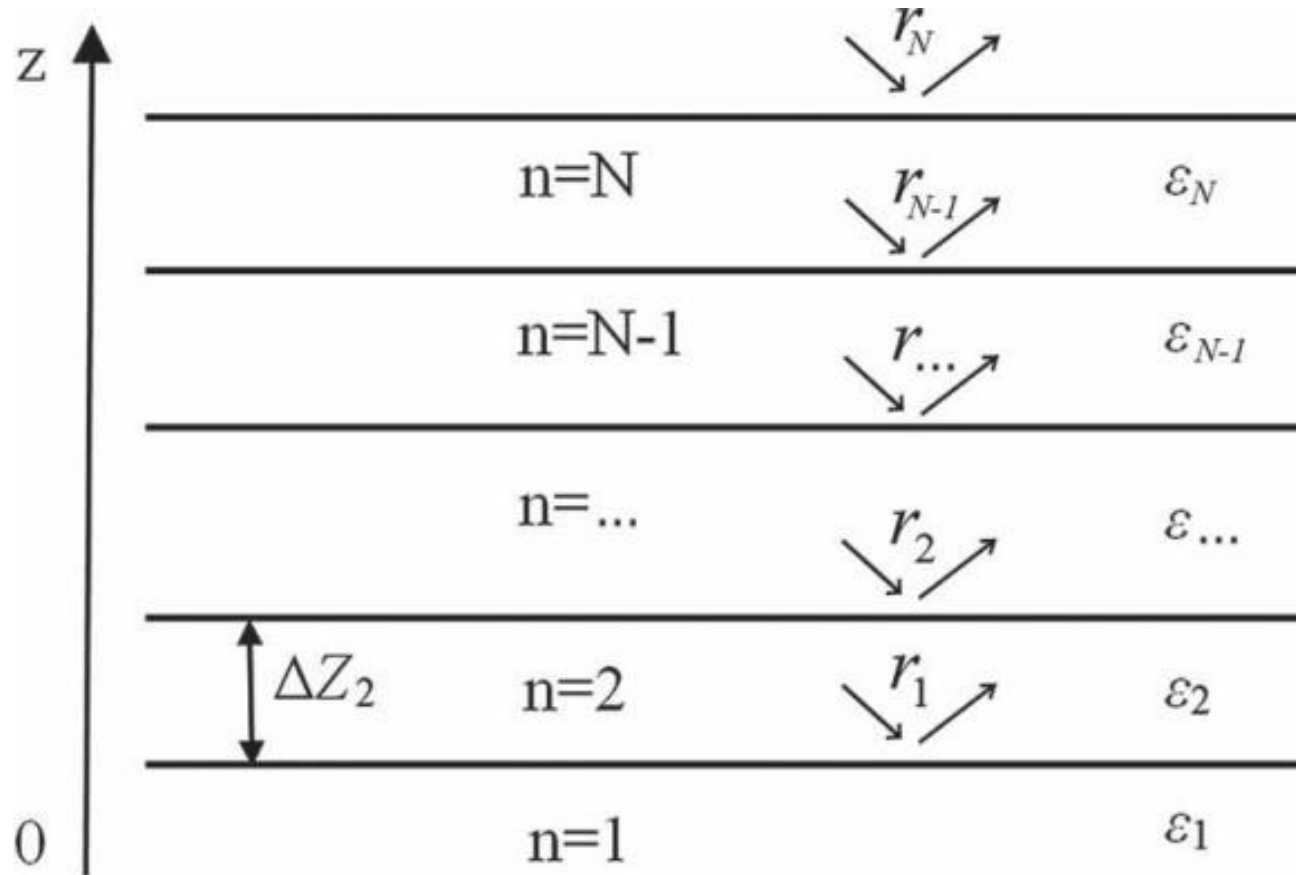
$Q$  – параметр определяющий степень перекрёстного влияния излучений на двух поляризациях;

$h$  – параметр шероховатости;

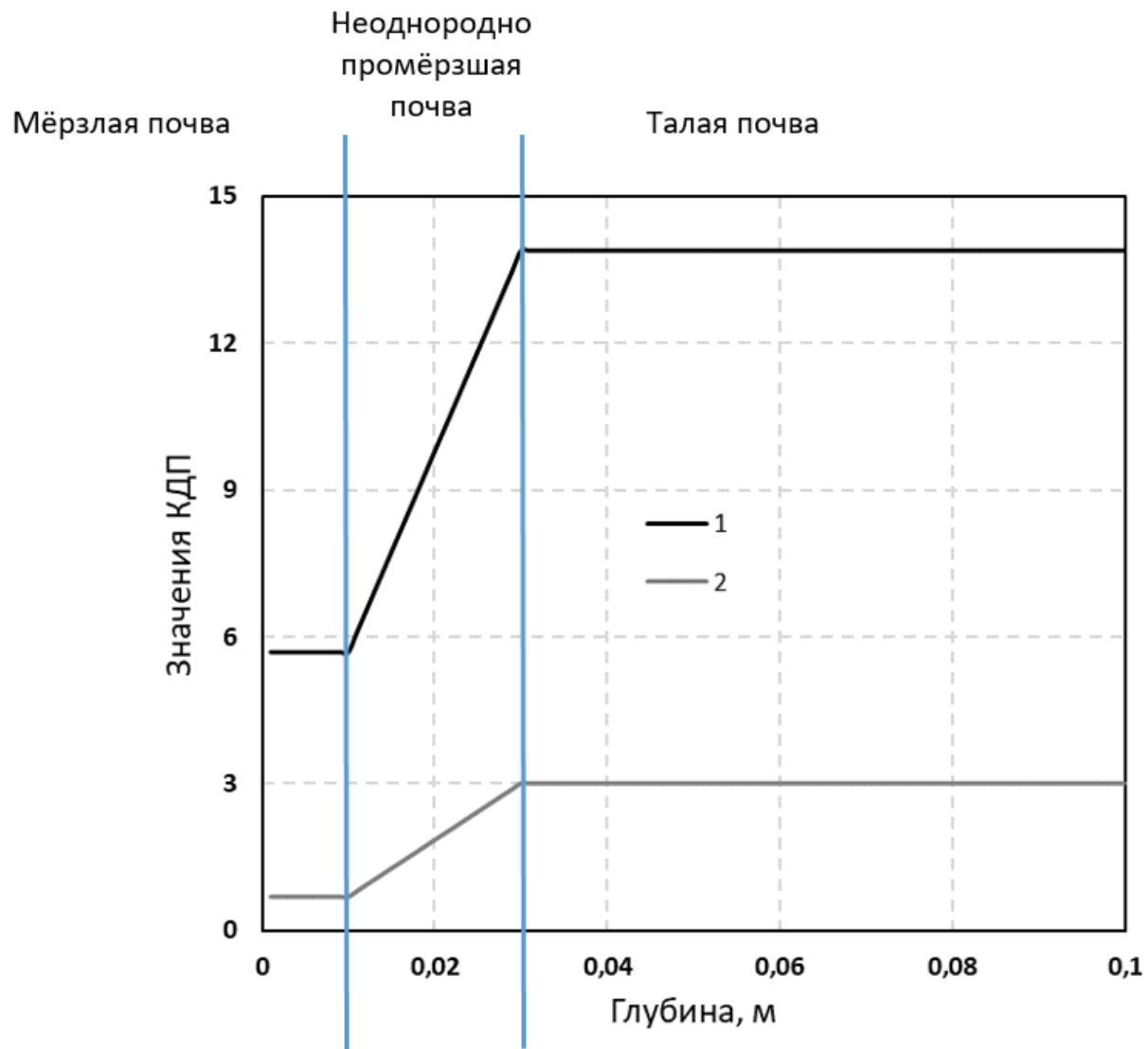
$\theta$  – угол зондирования;

$N$  – эмпирический параметр.

# Расчёт коэффициента отражения для неоднородной диэлектрической среды

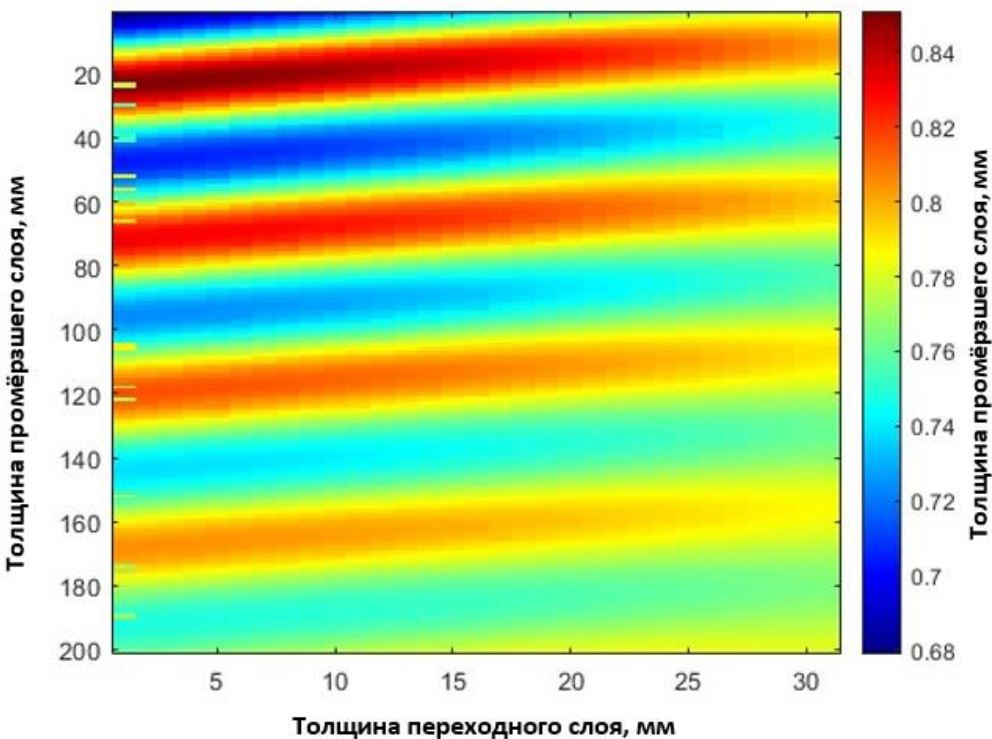


$$R = |r_n|^2 = \left| \frac{r_n + r_{n-1} \exp(-2jk_{zn} \Delta Z_n)}{1 + r_n r_{n-1} \exp(-2jk_{zn} \Delta Z_n)} \right|^2$$

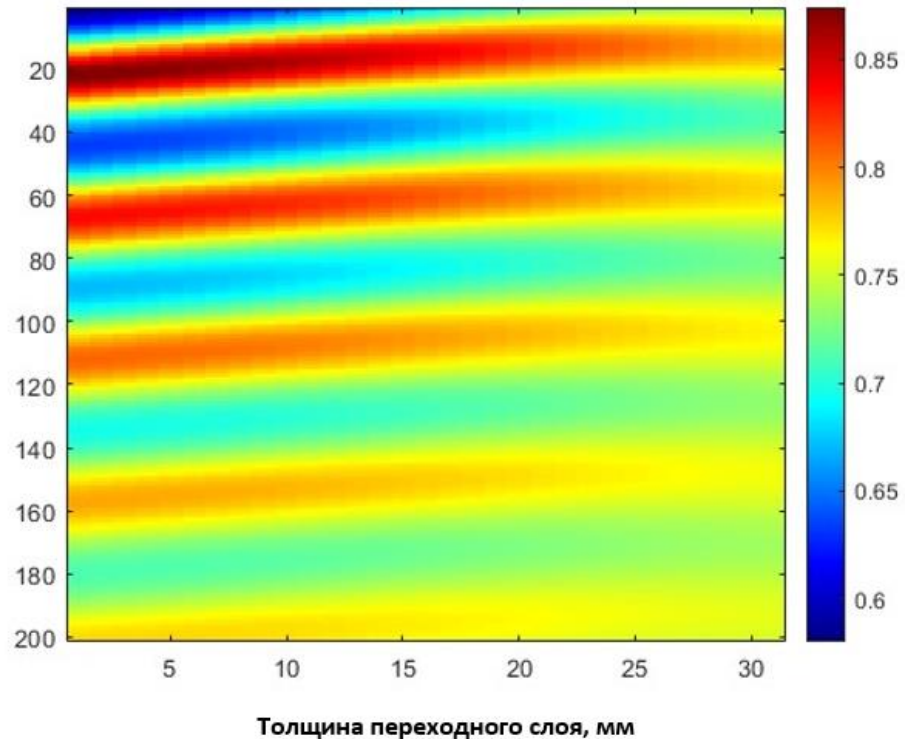


Профиль диэлектрической проницаемости промерзающей почвы

Объёмная влажность 20 %

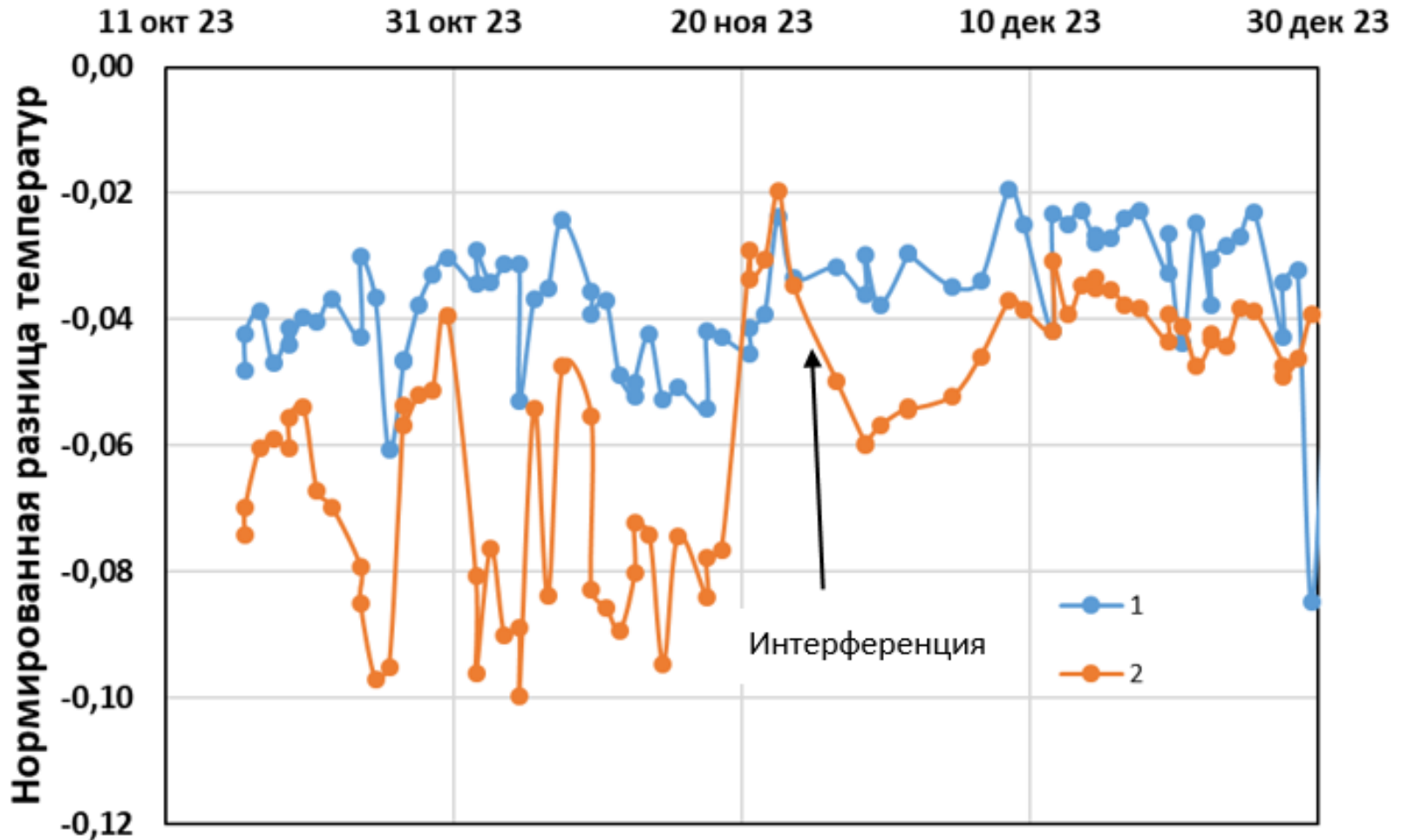


Объёмная влажность 30 %



Рассчитанное распределение значений коэффициента отражения в псевдоцветах на горизонтальной поляризации при разных глубинах промерзания и толщинах переходного слоя. Частота 1,4 ГГц.

# Дата



Временной ход нормированной разницы радиояркостной температуры, измеренной аппаратом SMAR, для двух участков поверхности.  
1 - 55,72 с.ш. 72,12 в.д., 2 - 52,95 с.ш. 72,12 в.д.

# Вывод

Дистанционное определение толщины промёрзшего слоя с приемлемой точностью возможно лишь при выполнении ряда условий. Одно из них это наличие чёткой границы раздела между замёрзшей и незамёрзшей почвой. При несоблюдении этого условия значения радиояркостной температуры будут определяться как координатами нижней границы полностью замёрзшего, так и толщиной переходного слоёв. Задача определения толщины промёрзшего слоя в этом случае будет являться некорректно поставленной, а значения глубины промерзания, восстановленные из данных дистанционных измерений, носить оценочный характер. Неоднородный фронт промерзания почвы обусловлен наличием крупных агрегатов, которые в свою очередь наблюдаются при развитой корневой системе травянистых растений и низкой влажности почв. По этой причине, значения глубины промерзания, восстановленные из данных полученных спутниковыми микроволновыми радиометрами, для почв покрытых растительностью, могут носить только оценочный характер. При этом с ростом глубины промерзания точность оценки этого параметра будет ухудшаться.