Радиояркостные контрасты подстилающей поверхности, относящейся к территории Западной Сибири, в процессе промерзания

Ященко А.С., к.ф.-м.н., с.н.с.

Институт радиофизики и физической электроники ОНЦ СО РАН

Введение

Технологии микроволновой радиометрии находят широкое применение при решении прикладных задач мониторинга состояния подстилающей поверхности. Известен ряд работ, в которых приведено описание применение алгоритма картирования мёрзлых почв по данным спутниковых радиометров. В силу ряда причин на борту первых ресурсных спутников, предназначенных для пассивной радиолокации суши и водной поверхности, были установлены микроволновые радиометры сантиметрового и миллиметрового диапазонов. Собственное радиотепловое излучение в указанных диапазонах волн чувствительно не только к диэлектрических характеристикам подстилающей поверхности, но и к геометрии поверхности, наличию растительности и значению термодинамической температуры. Совокупное влияние этих факторов на излучательные характеристики поверхности усложняет идентификацию участков, для которых началось замерзание.

Радиационная модель излучающей среды

Связь яркостной температуры с параметрами почвы и растительности:

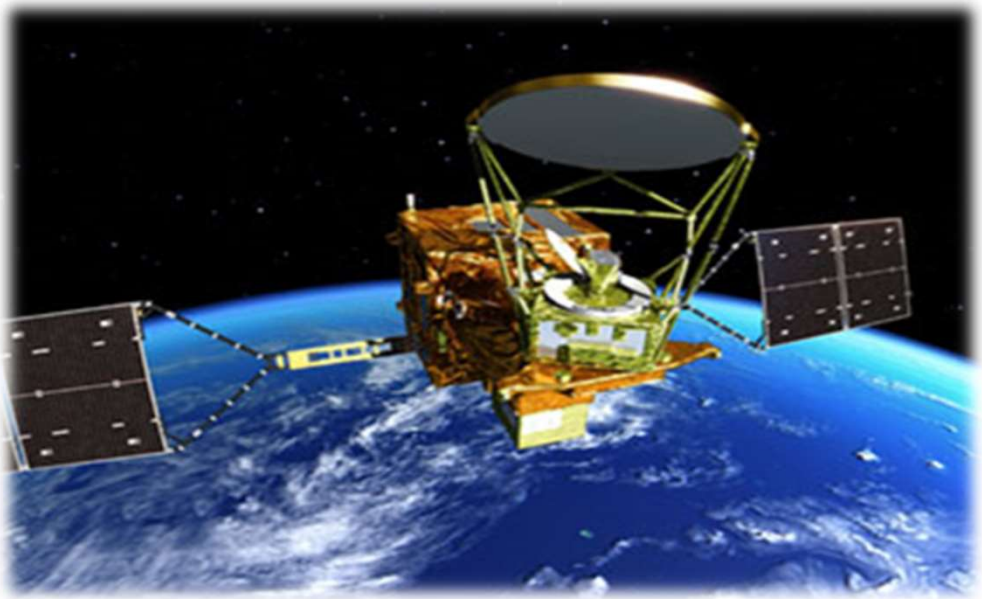
$$\mathrm{TB_P} = (1-\omega_\mathrm{p})(1-\gamma_\mathrm{p})(1+\gamma_\mathrm{p} r_\mathrm{gp})T_\mathrm{c} + (1-r_\mathrm{gp})\gamma_\mathrm{p} T_\mathrm{g} \qquad (4)$$

Индекс p – поляризация, ω_P – альбедо поверхности, γ_P – коэф. поглощения в растительности, r_{gp} – коэф. отражения почвы, T_c – температура растительности, T_g – температура почвы

Связь коэффициента отражения с диэлектрической проницаемостью (ε):

$$r_{gh} = \frac{n_1 \cos f_1 - n_2 \cos f_2}{n_1 \cos f_1 + n_2 \cos f_2} \qquad (5) \qquad r_{gv} = \frac{n_2 \cos f_1 - n_1 \cos f_2}{n_2 \cos f_1 + n_1 \cos f_2} \qquad (6) \qquad n = \sqrt{\varepsilon} \qquad (7)$$

n_1 - показатель преломления среды из которой падает волна, n_2 – показатель преломления среды в которую волна проходит, f_1 – угол падения, f_2 – угол преломления;



GCOM-W1

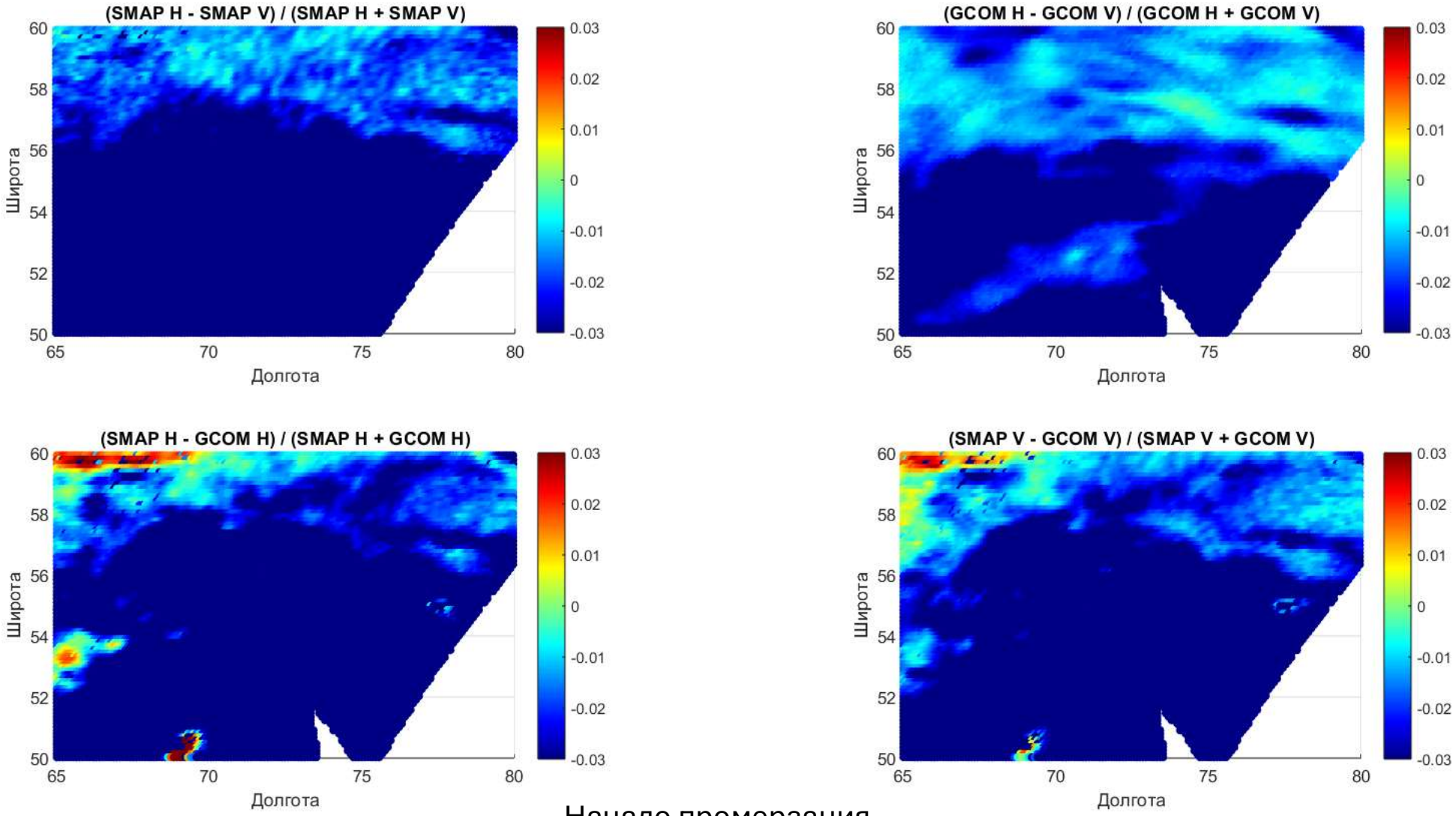
Аппаратура – сканирующий радиометр AMSR2 6,9-37 ГГц
Высота – 700 км
Угол наблюдения – 55 град.
Год запуска - 2012



SMAP

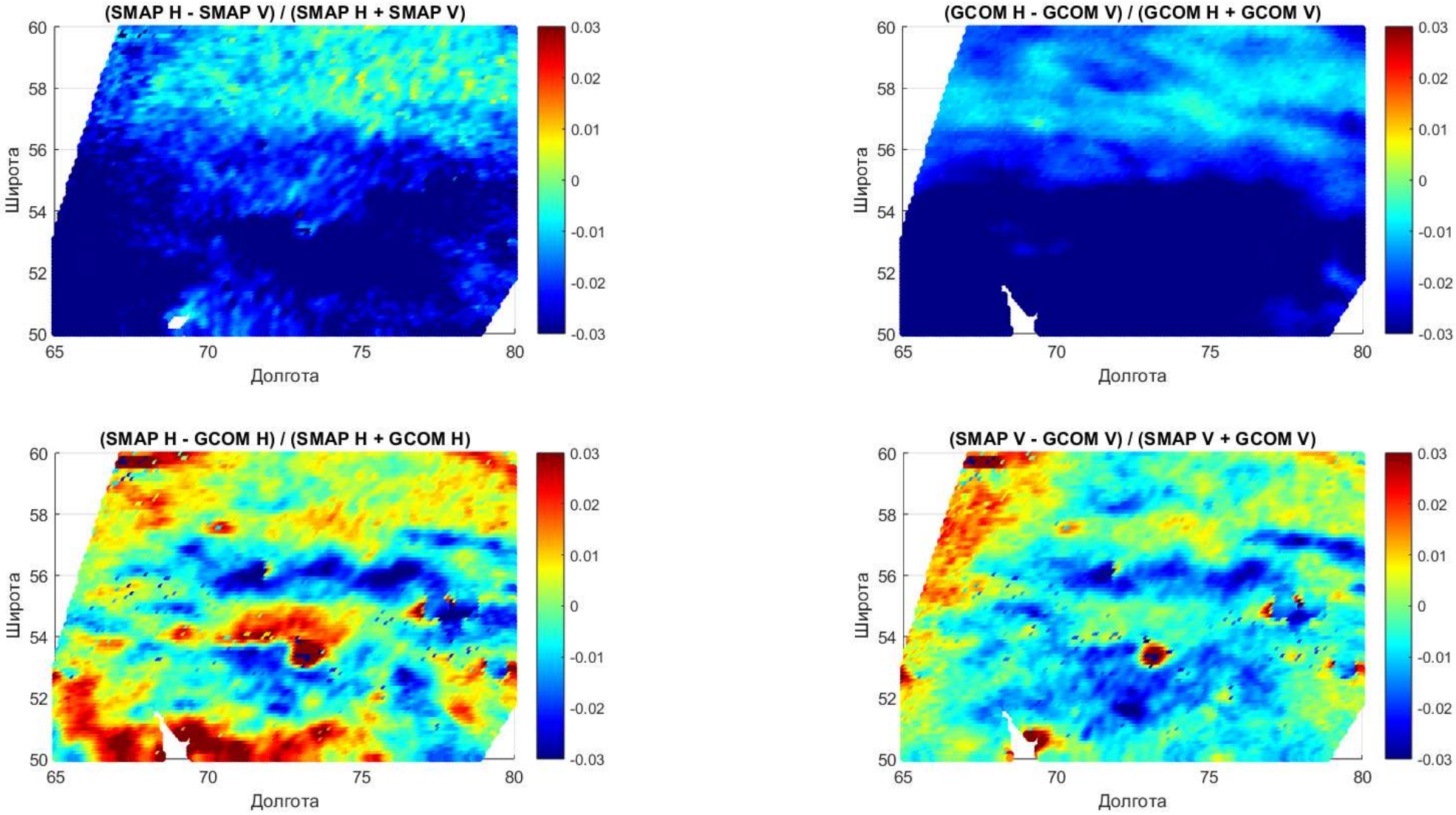
Аппаратура – сканирующий радиометр 1,4 ГГц
Высота – 685 км
Год запуска - 2015

Нормализованные разницы яркостных температур — 2024-11-04



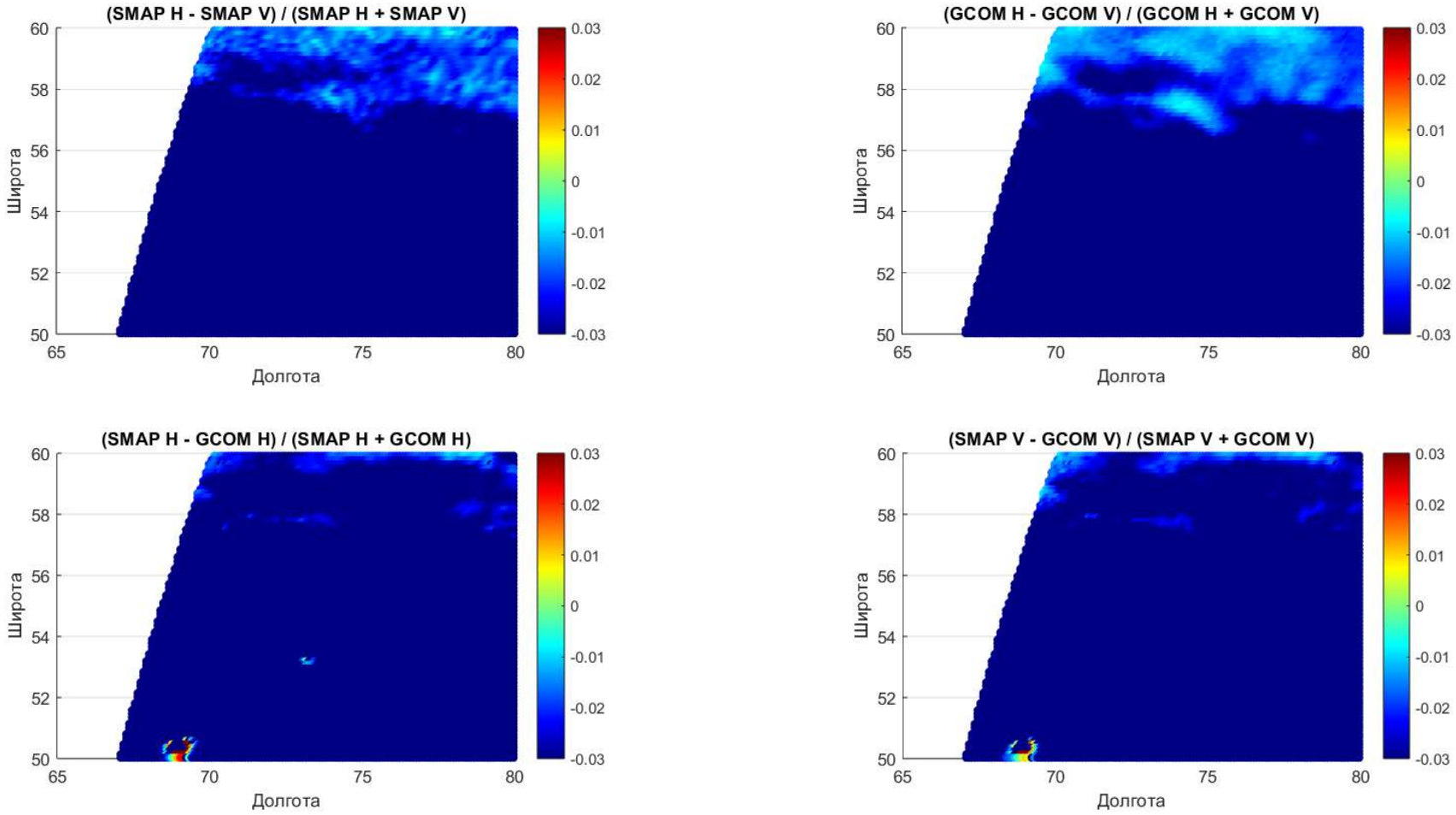
Начало промерзания

Нормализованные разницы яркостных температур — 2024-12-27



Промерзание до глубины большей толщины скин-слоя

Нормализованные разницы яркостных температур — 2025-04-07



Интенсивное оттаивание

Заключение

Совместное использование таких радиометрических данных, полученных аппаратами SMAP и GCOM-W1 позволяет надёжно идентифицировать начало промерзания, а также оценить некоторые особенности динамики увеличения. При этом для нормализованной разницы радиояркостных температур на двух частотах наблюдаются пространственные вариации, обусловленные, предположительно, радиофизическими характеристиками. Можно ожидать, что в перспективе, при наличии данных прямых наземных измерений, удастся разработать метод дистанционной оценки толщины промёрзшего слоя почвы, основанный на анализе радиояркостного контраста подстилающей поверхности на частотах дециметрового и сантиметрового диапазонов.

Спасибо за внимание