

**Мониторинг процессов промерзания
подстилающей поверхности, относящейся к
территории Западной Сибири и Казахстана, по
данным спутникового микроволнового
радиометра SMAP**

*Мониторинг процессов промерзания
подстилающей поверхности, относящейся к
территории Западной Сибири и Казахстана, по
данным спутникового микроволнового
радиометра SMAP*

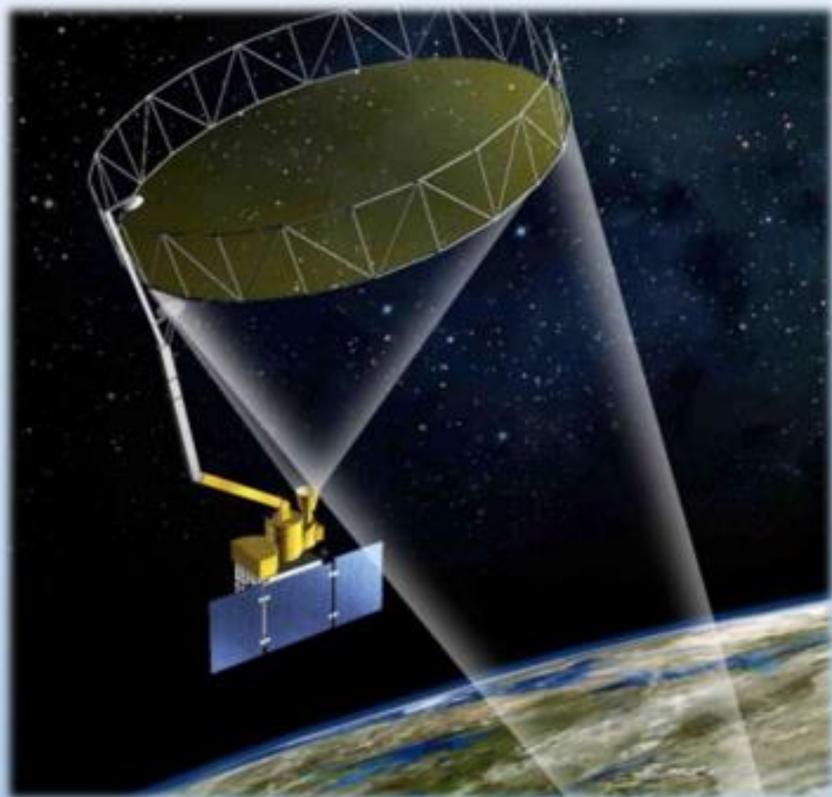
Актуальность

Климатические и метеорологические модели Земли могут быть формализованы в виде совокупности математических уравнений, описывающих массо- и теплоперенос в глобальном масштабе. Входными данными этих моделей, в частности, являются совокупность параметров, характеризующих состояние атмосферы, водных объектов и поверхности суши; именно они рекомендованы Всемирной метеорологической ассоциацией для постоянного наблюдения. В перечень 54 параметров, приведённых в , входит влажность почвы. Анализ временного ряда данных о влажности почв позволяет произвести оценку количества испарившейся влаги, т.е. количественно описать одно из звеньев круговорота воды в природе. Мониторинг фазовых переходов воды, сопровождающихся выделением или поглощением большого количества скрытой теплоты, позволяет уточнять энергетический баланс поверхности суши. Кроме того, данные о влажности поверхностного слоя почв, могут быть полезны при оценке состояния нижней границы волновода «ионосфера-подстилающая поверхность».

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС ЗЕМЛИ



Спутники дистанционного мониторинга влажности почв.
Основной инструмент – радиометр 1,4 ГГц



SMAP



SMOS

Радиояркостьная температура почв, покрытых растительностью

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

ω – 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;

τ – оптическая глубина зондирования;

θ – 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;

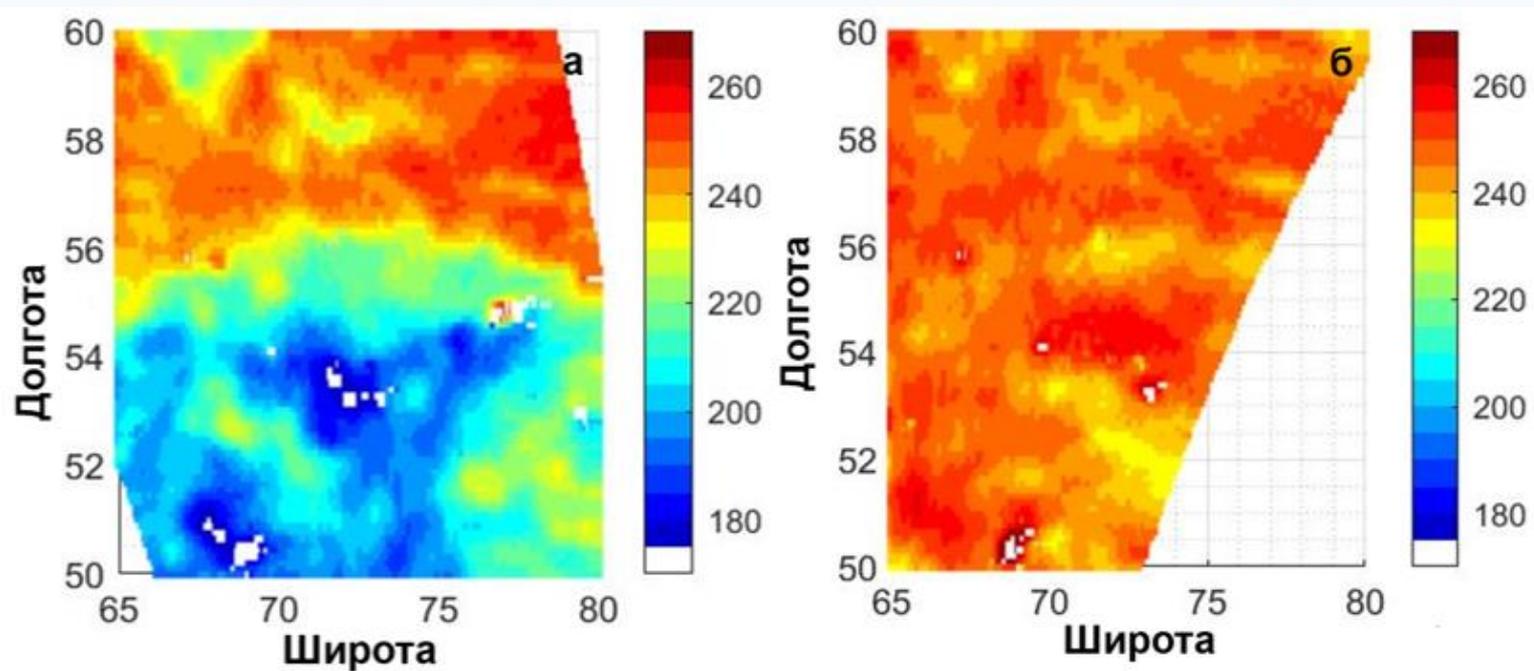
r_{0q} – френелевский коэффициент отражения от гладкой среды на ортогональной поляризации,

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

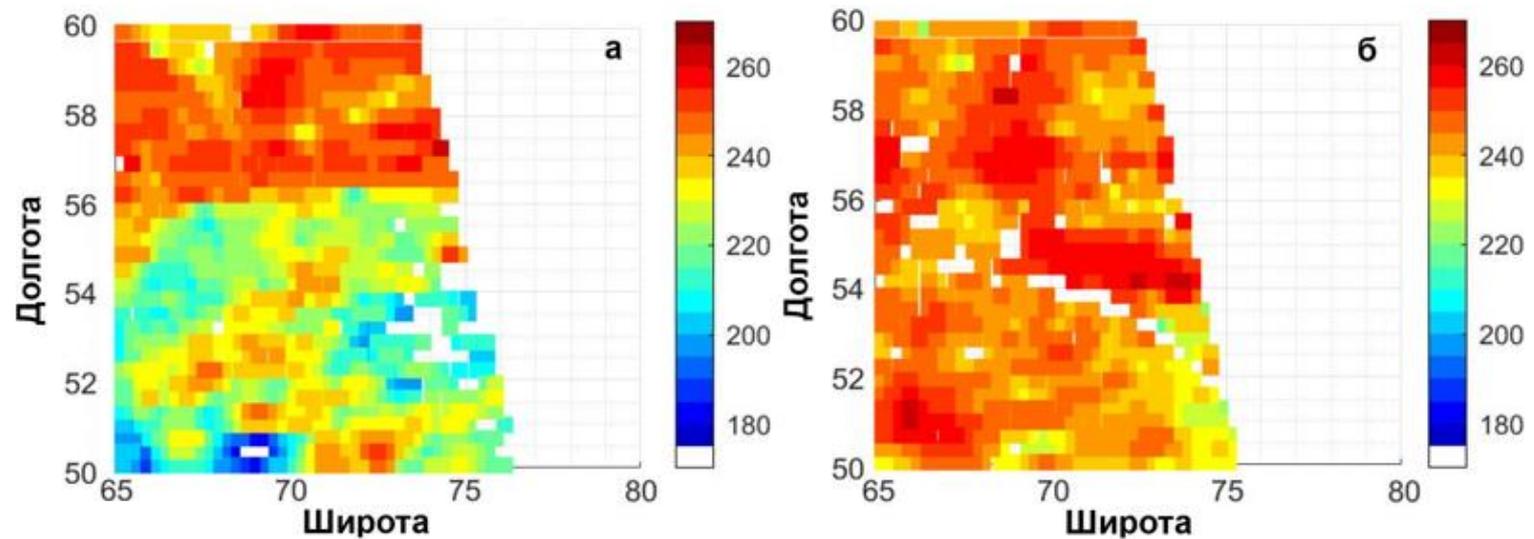
h – параметр шероховатости;

θ – угол зондирования;

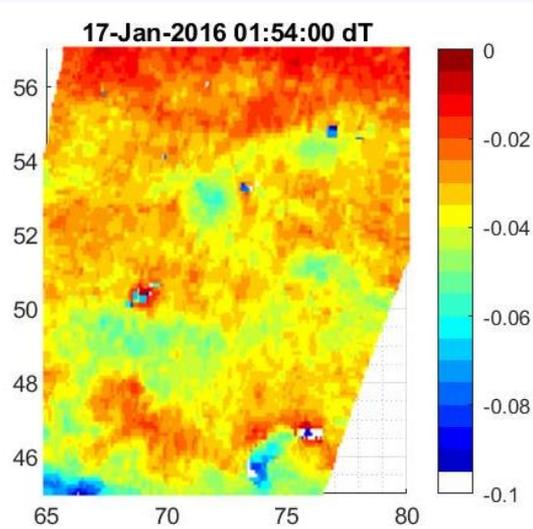
N – эмпирический параметр.



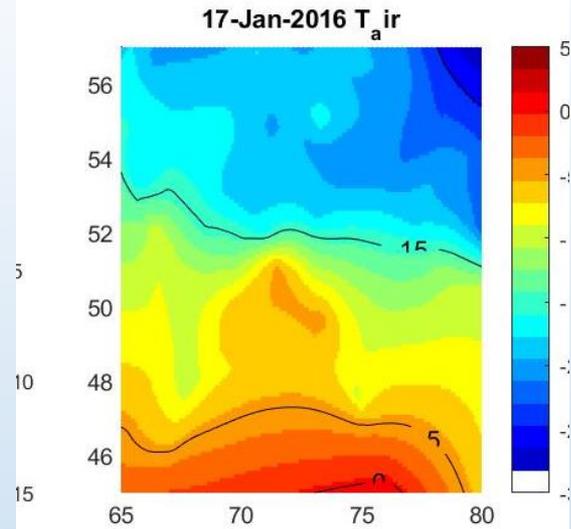
Радиометрическое изображение поверхности, построенное по данным SMAP; (а) снимок 03.11.22 г, (б) снимок 26.11.22 г



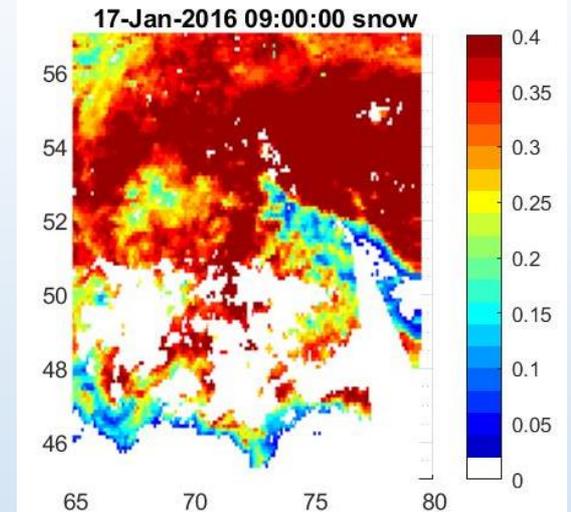
Радиометрическое изображение поверхности, построенное по данным SMOS; (а) снимок 03.11.22 г, (б) снимок 26.11.22 г



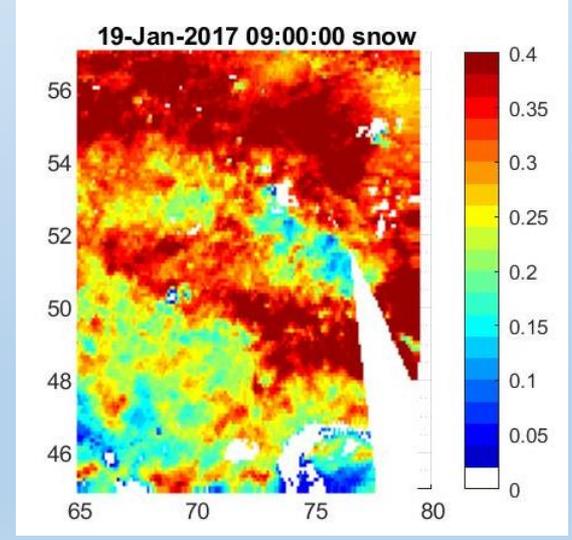
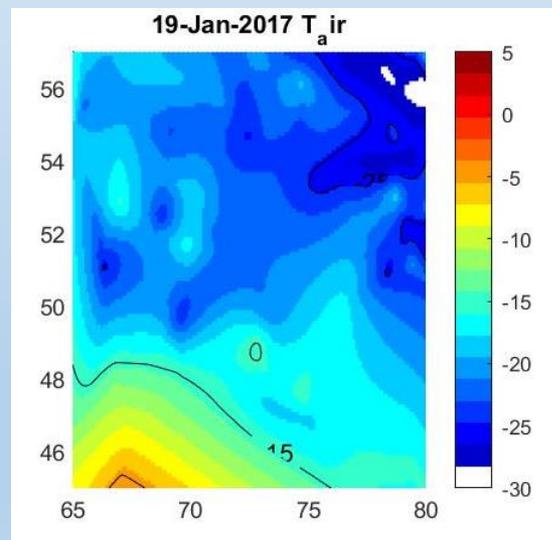
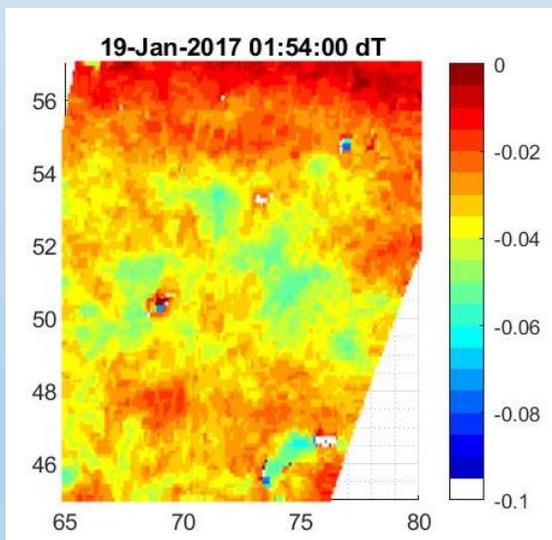
Нормализованная разница радиояркостных температур



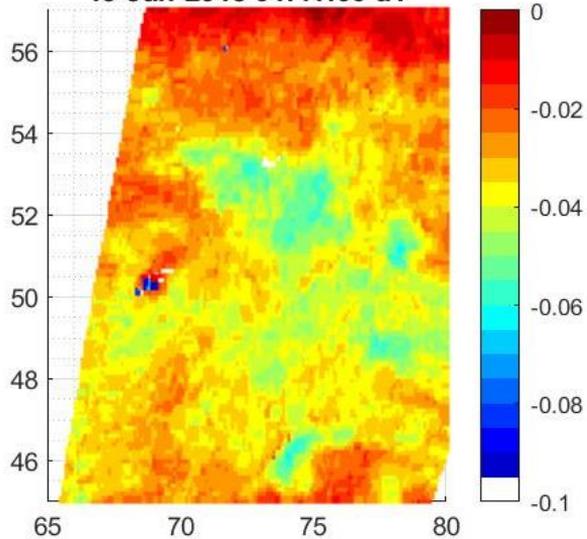
Термодинамическая температура



Толщина снежного покрова

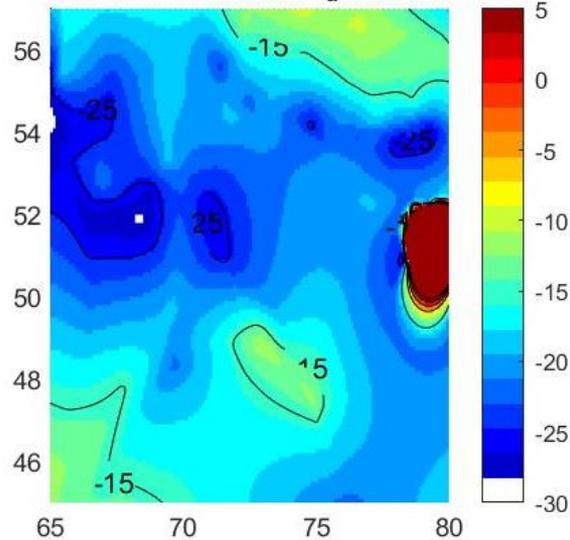


19-Jan-2018 01:41:00 dT



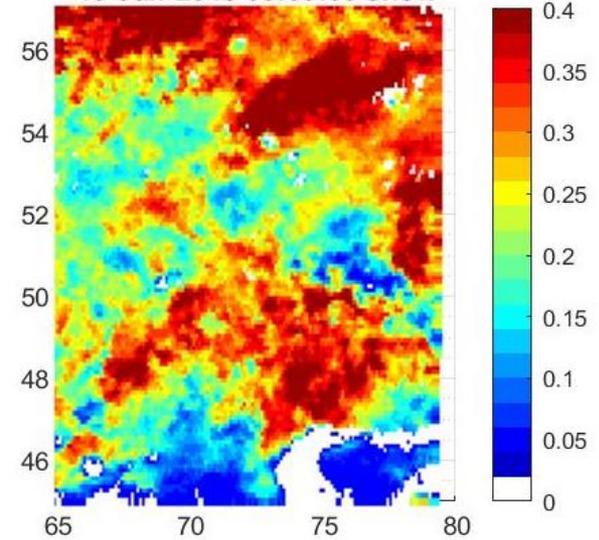
Нормализованная разница радиоярких температур

19-Jan-2018 T_a ir



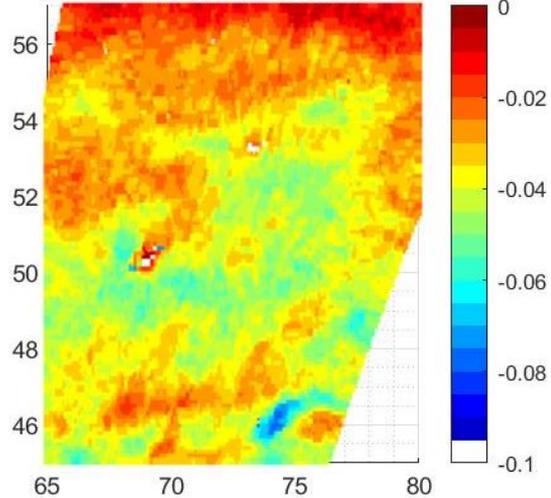
Термодинамическая температура

19-Jan-2018 09:00:00 snow

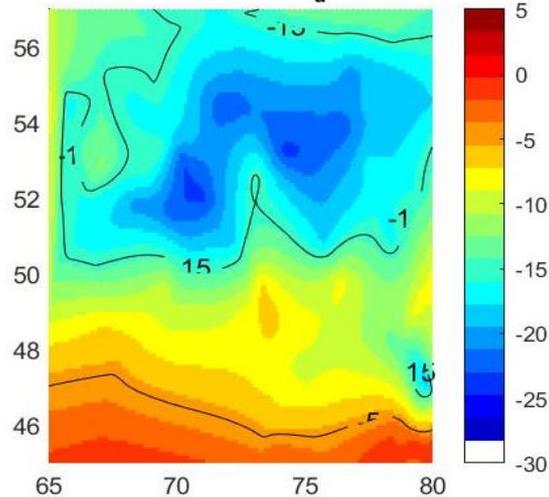


Толщина снежного покрова

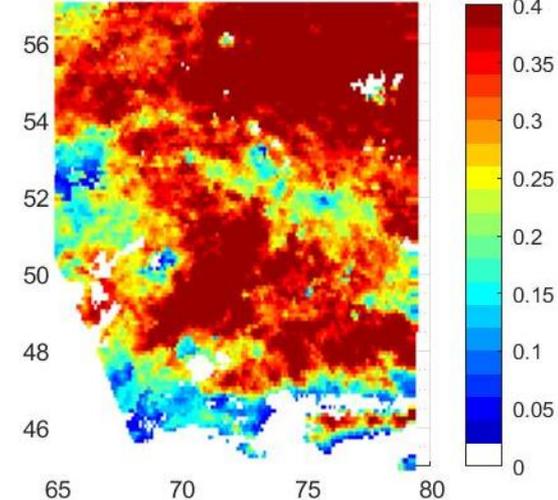
17-Jan-2019 01:53:00 dT

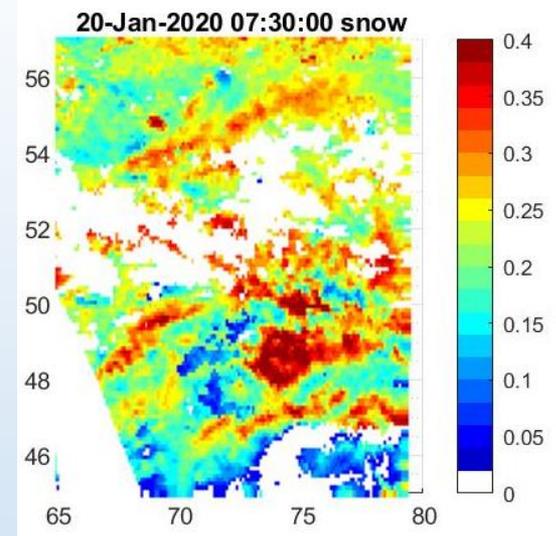
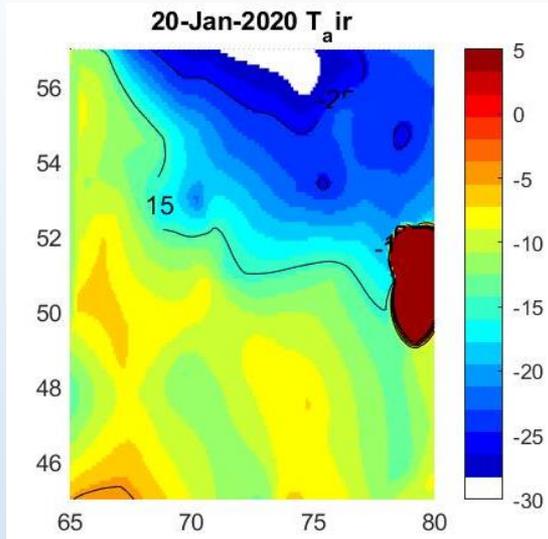
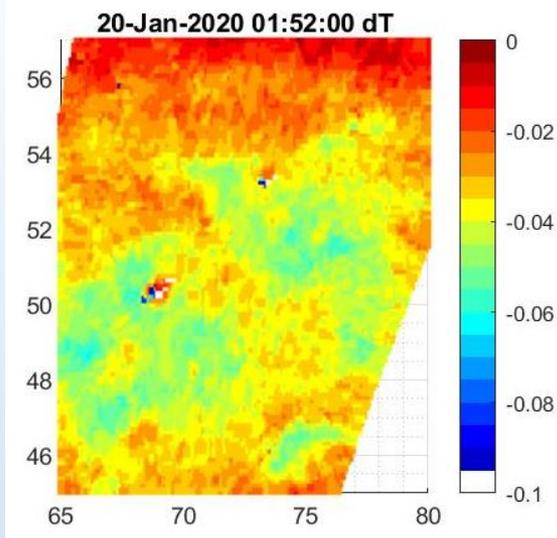


17-Jan-2019 T_a ir



17-Jan-2019 07:30:00 snow

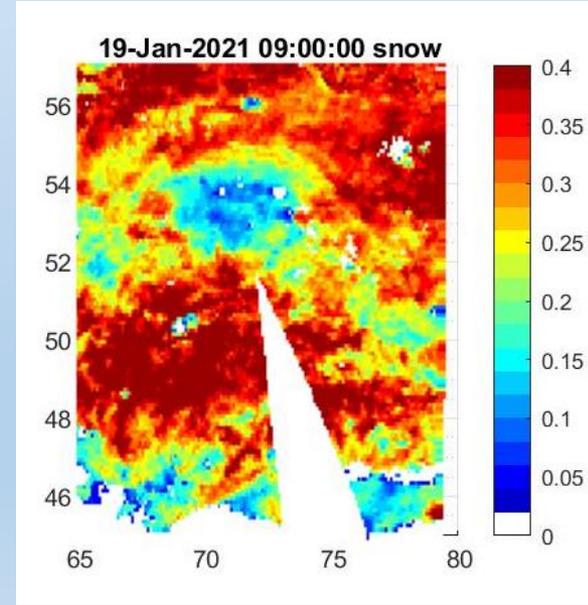
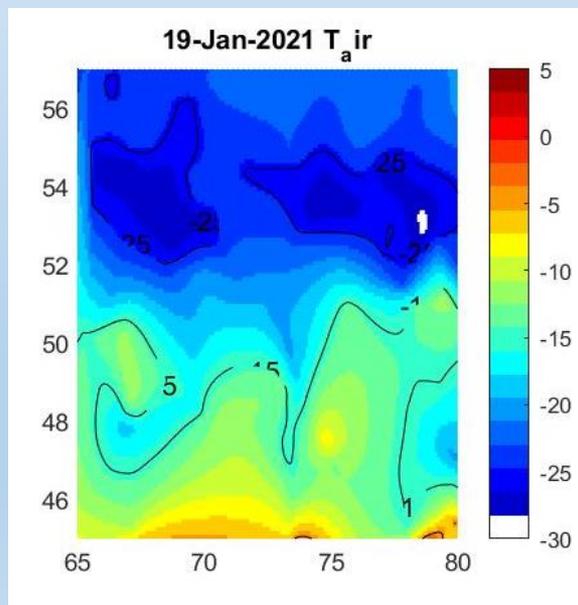
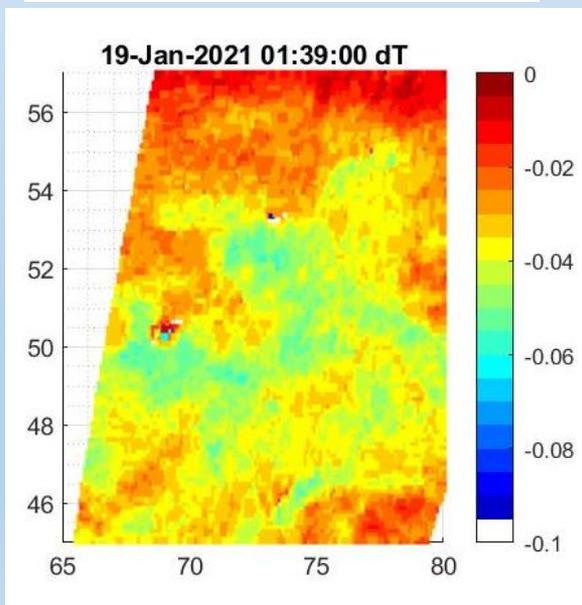


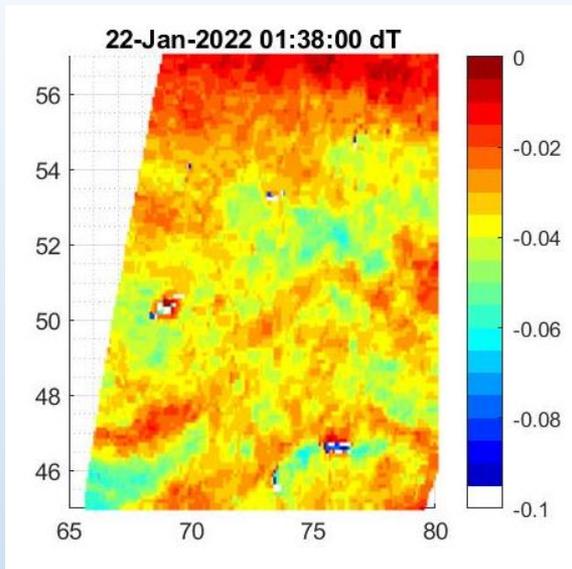


Нормализованная разница
радиоярких температур

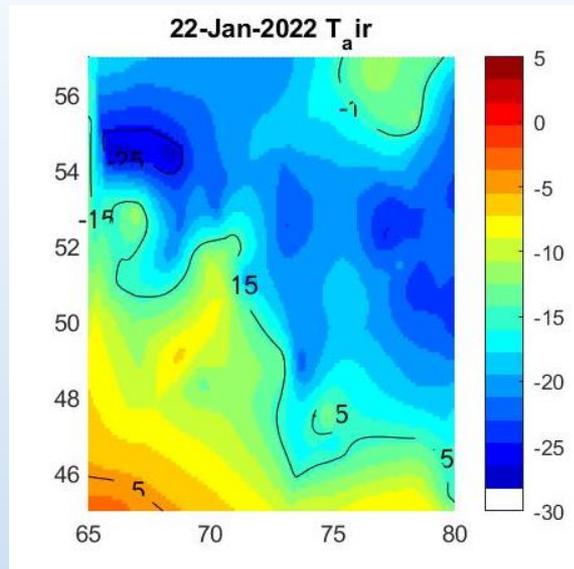
Термодинамическая
температура

Толщина снежного покрова

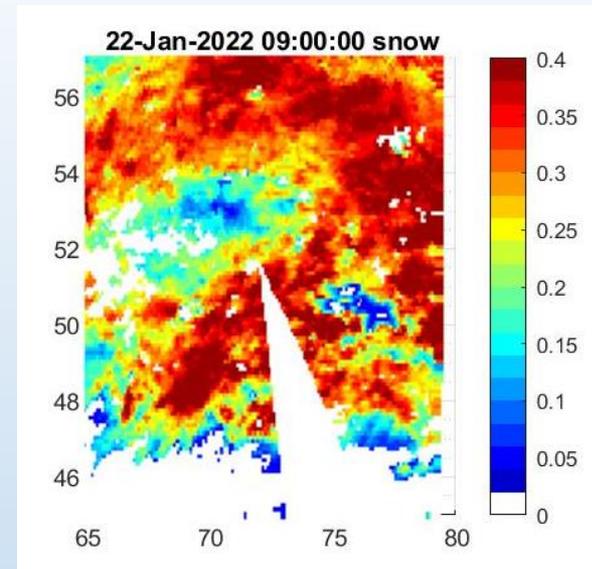




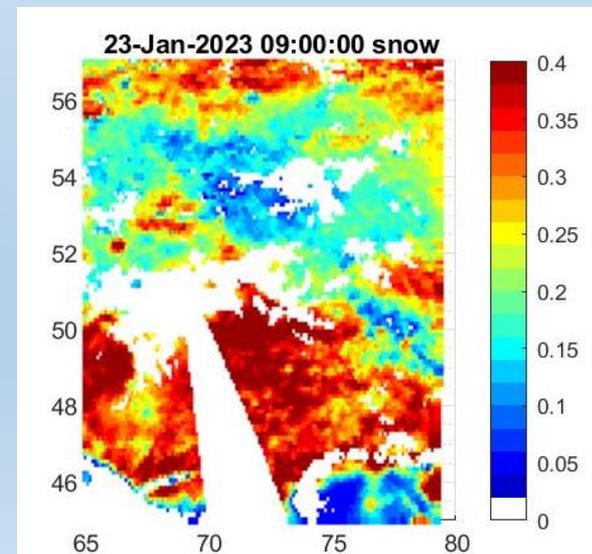
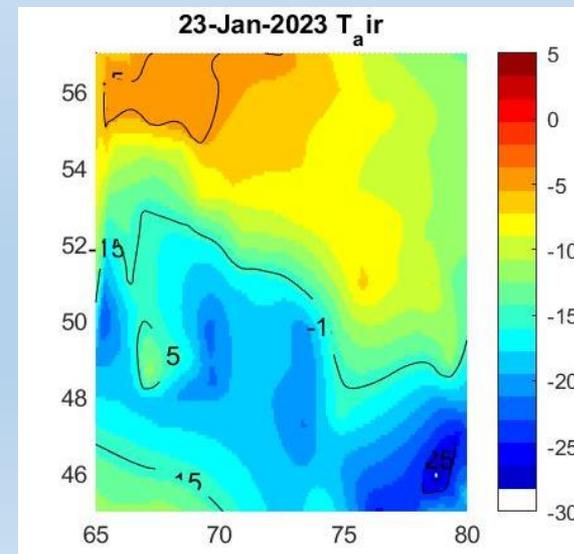
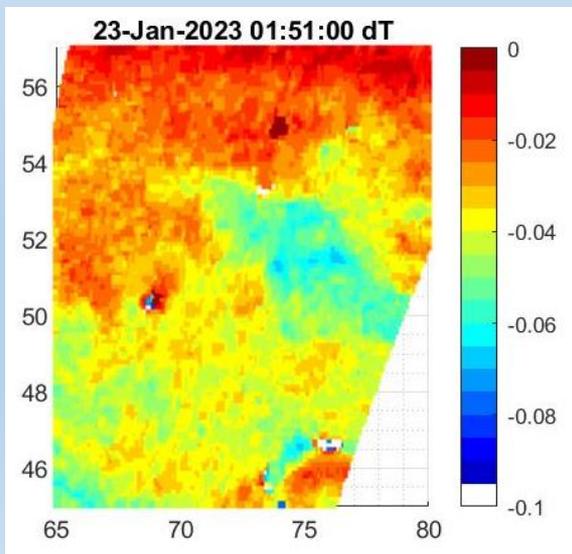
Нормализованная разница
радиоярких температур

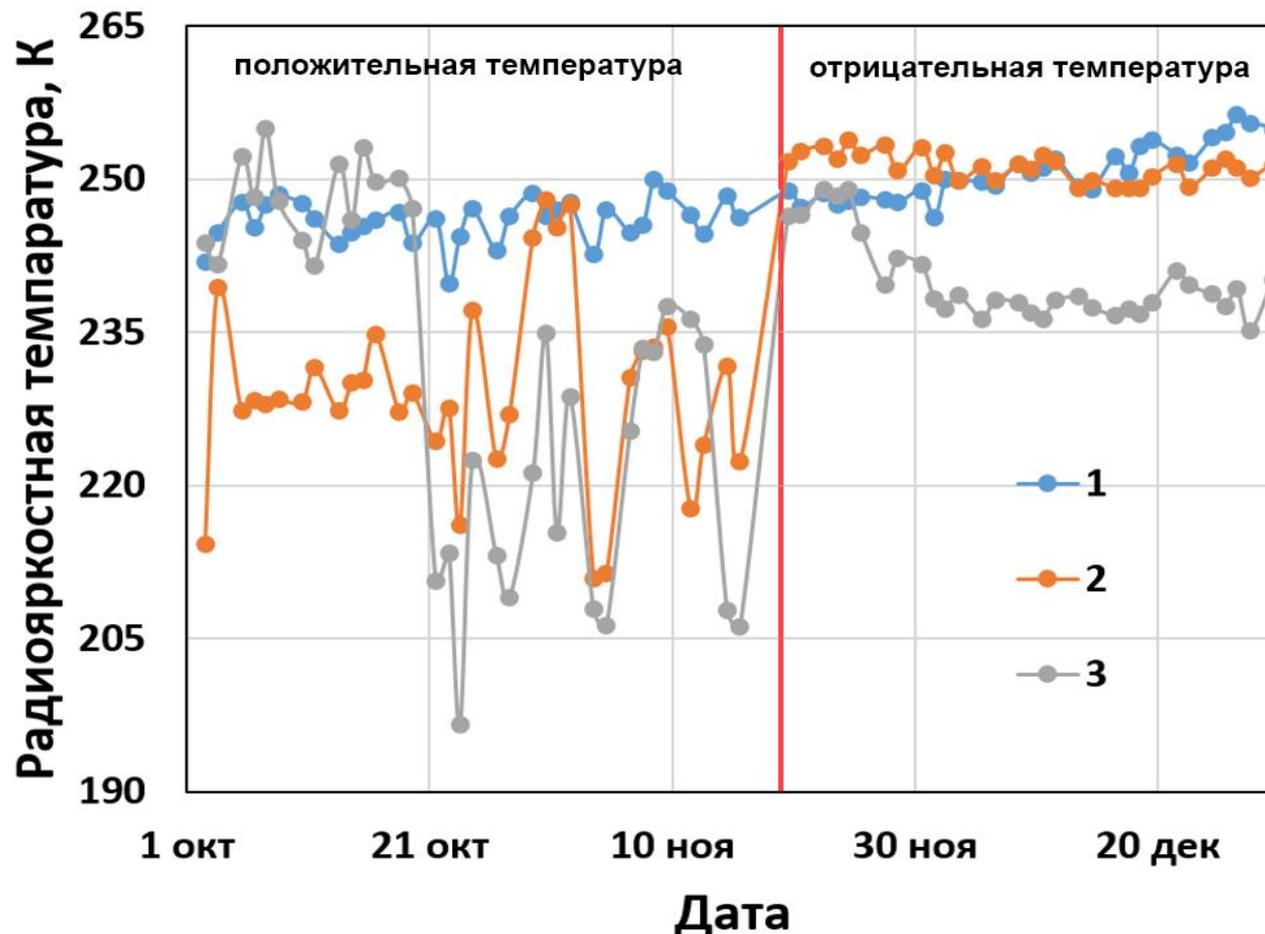


Термодинамическая
температура



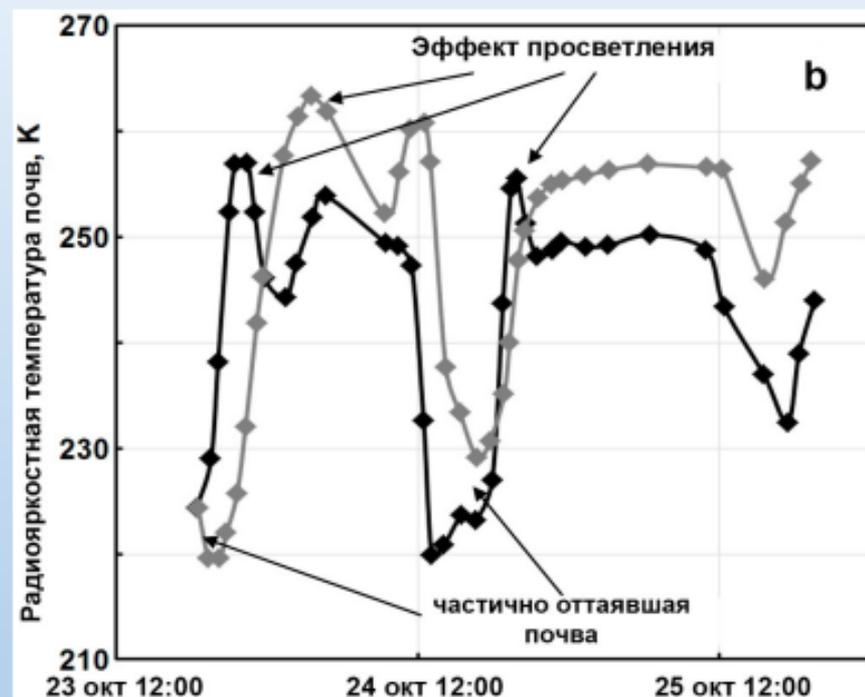
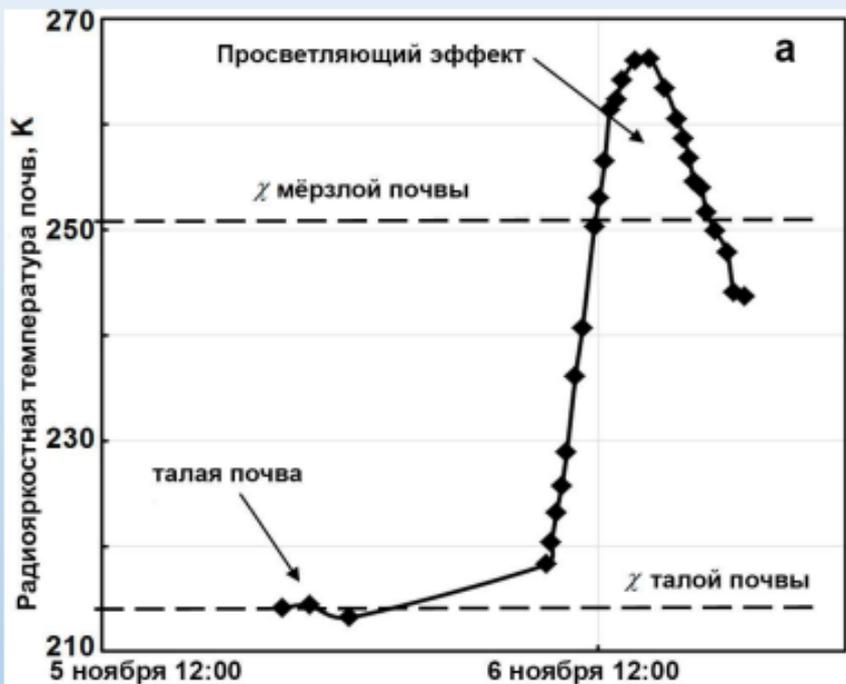
Толщина снежного покрова







Проведение наземных микроволновых измерений на юге Омской области



Временной ход радиояркой температуры, измеренных на тестовом участке с координатами $54^{\circ} 35' N, 71^{\circ} 94' E$ ноябрь, 2011(a) и октябрь, 2013 (a).

Чёрная линия маркеры – открытая почва, серая линия – почва со стерней.

Влажность открытой почвы в 2011 г. $W=0,35 \text{ м}^3/\text{м}^3$, в 2011 г. $W=0,23 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Влажность почвы, покрытой стерней в $W=0,19 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Заключение

В ходе проведённого анализа были обнаружены и описаны особенности изменения радиояркостной температуры подстилающей поверхности в процессе её промерзания. Показано, что достоверная идентификация промерзших участков поверхности возможна при отсутствии мощного растительного слоя, покрывающего подстилающую поверхность. Обнаружено, что временной ход радиояркостной температуры участка поверхности, относящегося к степной зоне, имеет ряд особенностей, которые могут быть обусловлены интерференционными процессами протекающими в замёрзшем слое. В перспективе эта особенность может быть использована при разработке дистанционного радиометрического метода определения толщины замёрзшего слоя.

Спасибо за внимание