

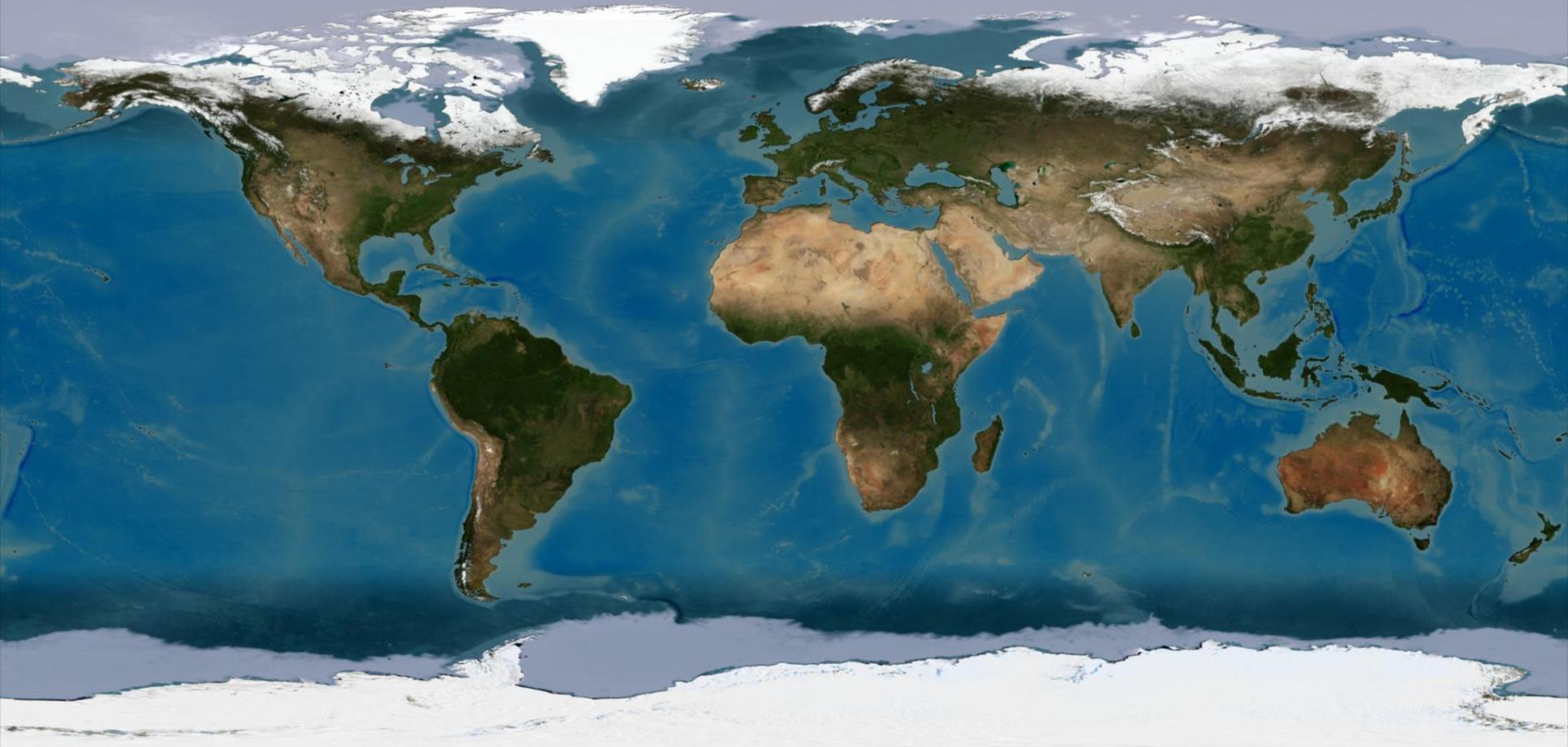
Институт природных
ресурсов, экологии и
криологии СО РАН



Особенности диэлектрических характеристик льда вблизи температуры фазового перехода

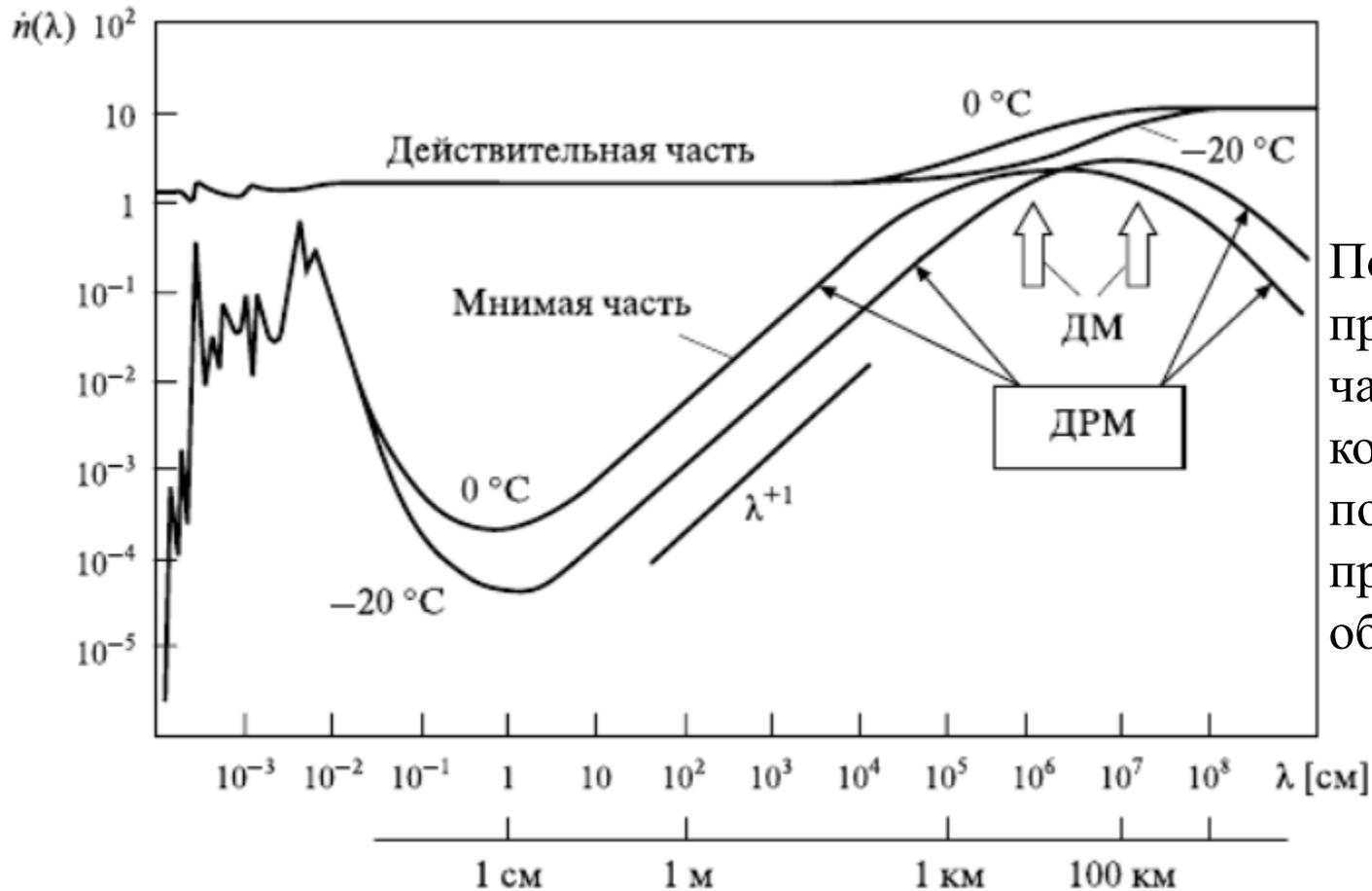
Бордонский Г.С. Казанцев В.А., Козлов А.К.
email: lgc255@mail.ru

Актуальность



*https://svs.gsfc.nasa.gov/3615#section_credits

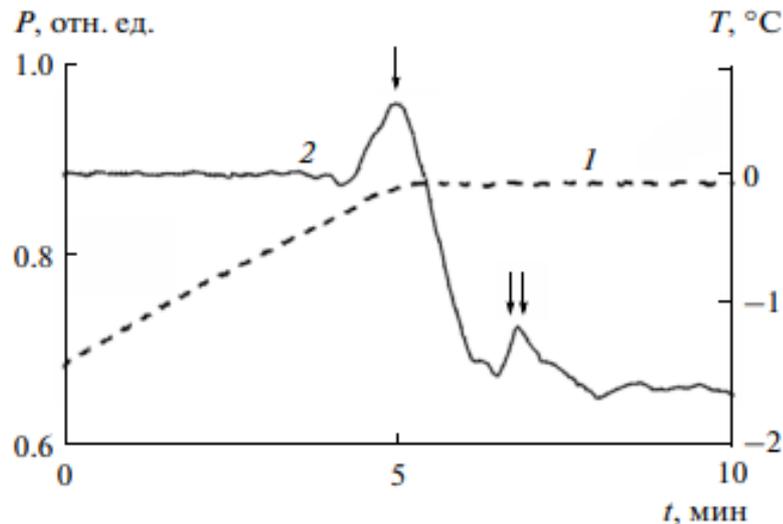
Диэлектрическая проницаемость льда



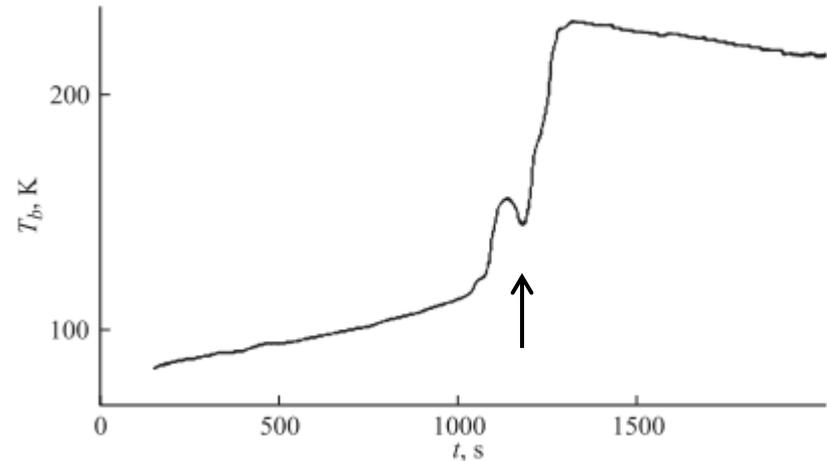
Полуколичественное представление частотных свойств комплексного показателя преломления для образцов льда

Диэлектрические особенности льда

(микроволновый диапазон)



Зависимости изменения температуры блока льда (кривая 1) и проходящей мощности излучения (кривая 2) при его нагревании от времени. Частота измерений 90 ГГц, толщина блока 15 см.*



Зависимость радиояростной температуры тающего блока льда при измерениях на просвет от времени. Частота измерений 34 ГГц, толщина блока 5 см. **

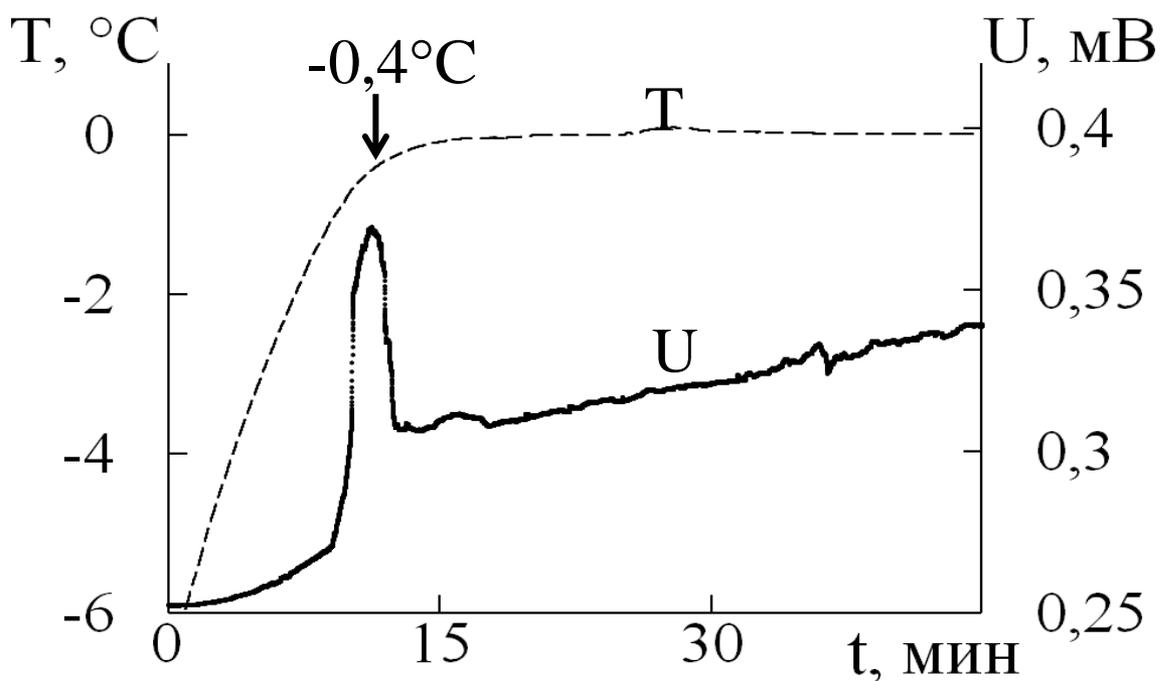
(стрелками отмечены аномалии пропускания образцов льда вблизи 0°C)

* Бордонский Г. С. Гурулева А. А., Крылов С. Д. "Просветление" льда в микроволновом диапазоне при текучести // Письма в Журнал технической физики. 2009. Т. 35, № 22. С. 46-54.

** Бордонский Г. С., Гурулев А. А., Крылов С. Д. Электромагнитные потери пресного льда в микроволновом диапазоне при 0°C // Радиотехника и электроника. 2014. Т. 59. № 6. С. 587. DOI: 10.7868/S0033849414060060.

Диэлектрические особенности льда

(видимый диапазон)



Температура льда (штриховая линия) и мощность проходящего линейно поляризованного видимого излучения через образец в зависимости от времени на длине волны 535 нм. Регистрируемая мощность представлена в единицах напряжения фотодетектора (U).

*Бордонский Г.С. и др. Экспериментальное обнаружение просветления пресного льда в оптическом диапазоне вблизи 0°C // Оптика и спектроскопия. – 2023. – Т. 131, № 10. – С. 1374-1379.

Задачи исследования

- Установить пределы изменения диэлектрической проницаемости во время эффекта «просветления»;
- Оценить изменения радиояркостной температуры во время просветления на различных поляризациях в зависимости от расположения базисных плоскостей кристаллов льда;
- Установить изменения коэффициента обратного рассеяния во время эффекта.

Резонаторные измерения (лед)

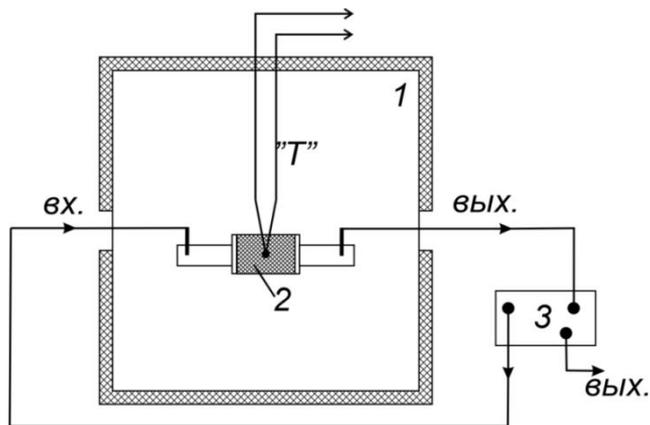
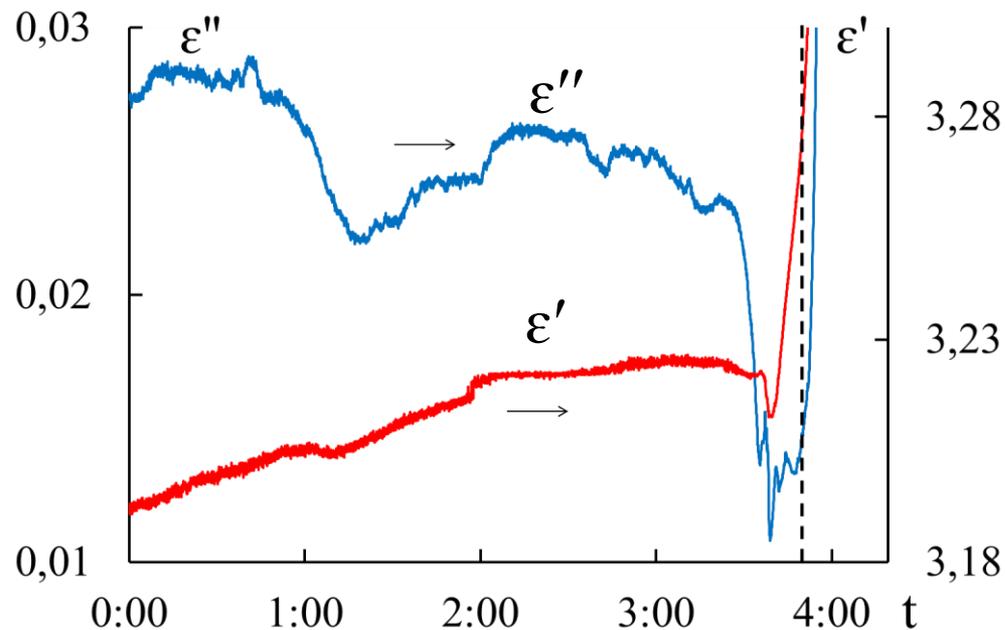
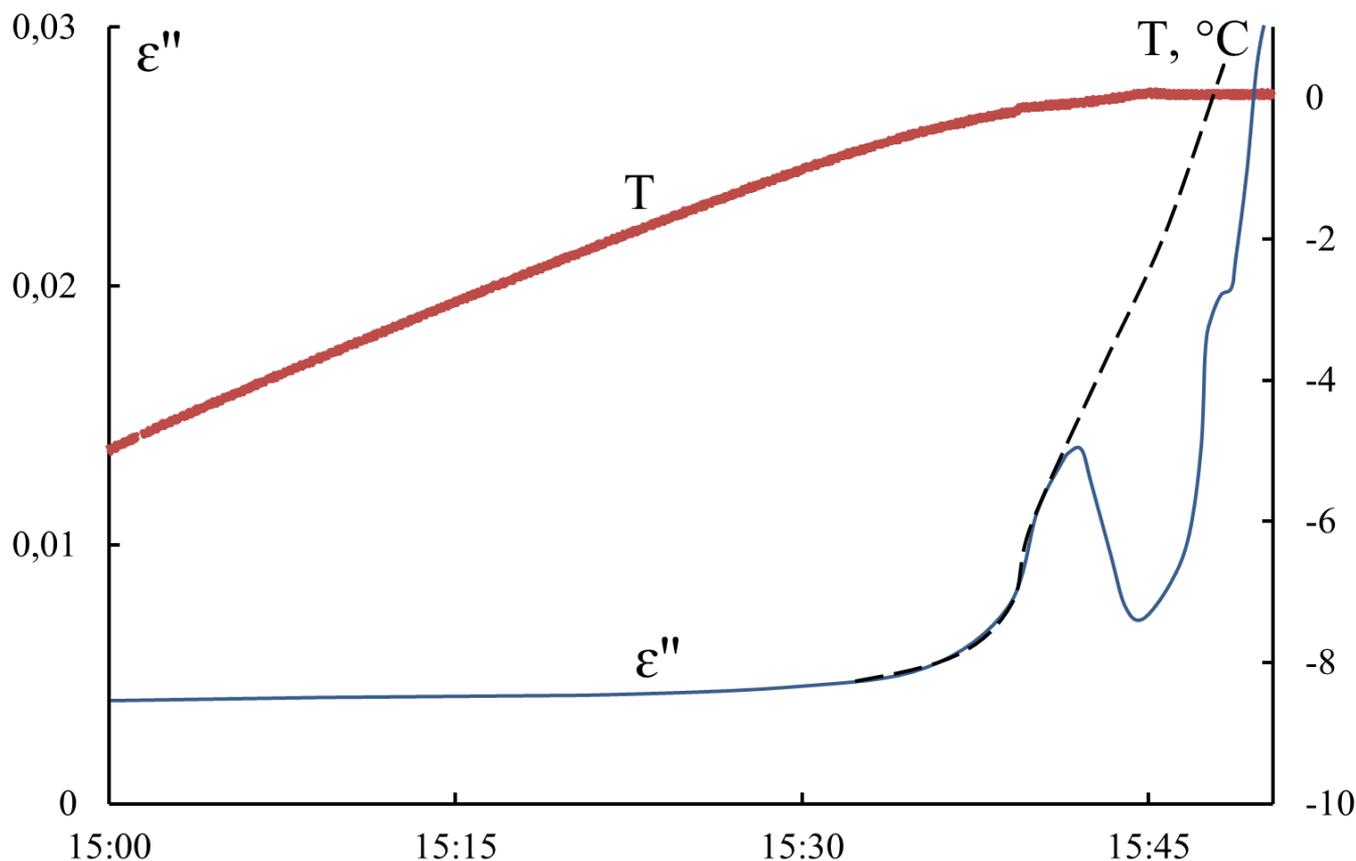


Схема экспериментальной установки для исследования диэлектрических характеристик льда. 1 – климатическая камера, 2 – резонатор типа Н101 с внутренними размерами 58 мм×26 мм×25 мм, 3 – скалярный анализатор, «Т» – датчик температуры.



Зависимость ϵ' и ϵ'' льда при его нагревании от времени (t); измерения вблизи 3,4 ГГц; штриховая линия – начало таяния образца при 0 °С. Вектор \vec{E} направлен перпендикулярно базисным плоскостям кристаллов льда.

Диэлектрические характеристики снега



Зависимость мнимой части комплексной диэлектрической проницаемости (ϵ'') и температуры (T) от времени при нагревании образца от -5°C . Частота 5,6 ГГц.

*Казанцев В.А. Козлов А.К. Особенности диэлектрических характеристик свежеснежавшего снега на частоте 5,6 ГГц вблизи температуры фазового перехода лед-вода // Материалы 21-й Международной конференции "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 2023. С. 285

Радиометрические измерения

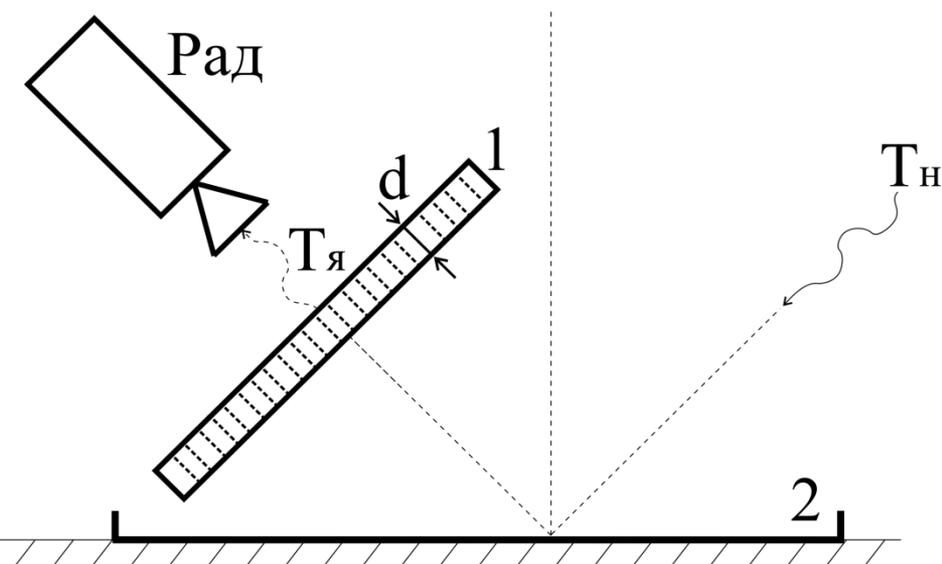
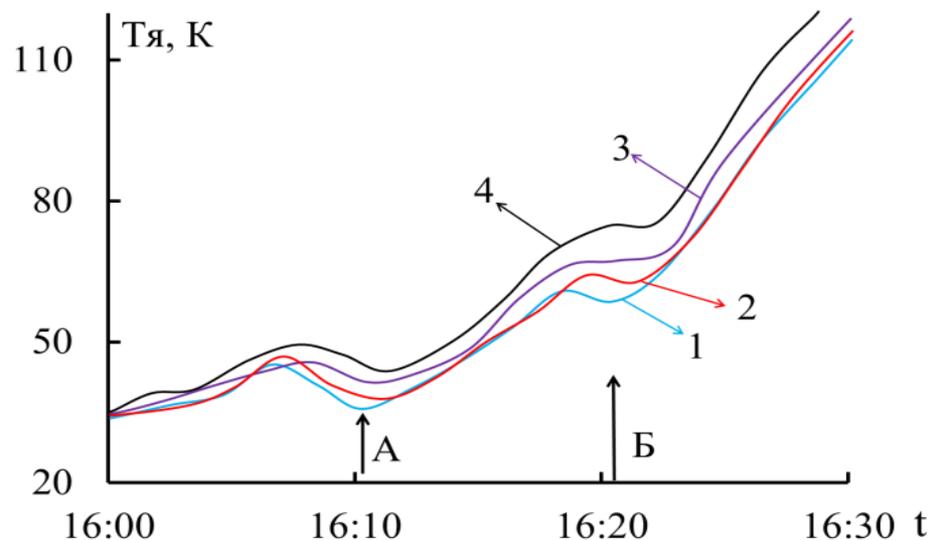


Схема экспериментальной установки для исследования теплового излучения образцов льда на фоне холодного неба. Рад – поляризационный микроволновый радиометр на частоту 34 ГГц, 1 – плоскопараллельная пластина льда размерами 1000мм×400мм×100мм, $T_{\text{н}}$ – радиояркостная температура неба, 2 – металлический лист.



Результаты изменение радиояркостной температуры образца льда со временем (для 1 – «ГП», 2 – «+45°», 3 – «-45°», 4 – «ВП»). Стрелками отмечены области просветления льда

Измерения мощности проходящего и отраженного излучения

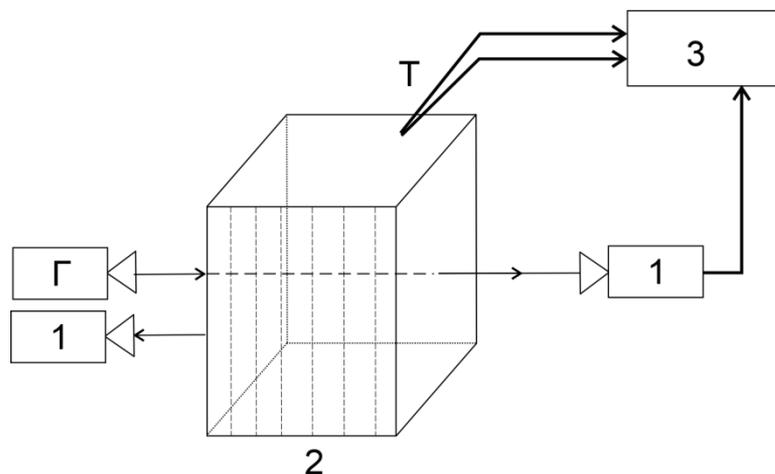


Схема экспериментальной установки для исследования проходящего и отраженного излучения через образец льда.

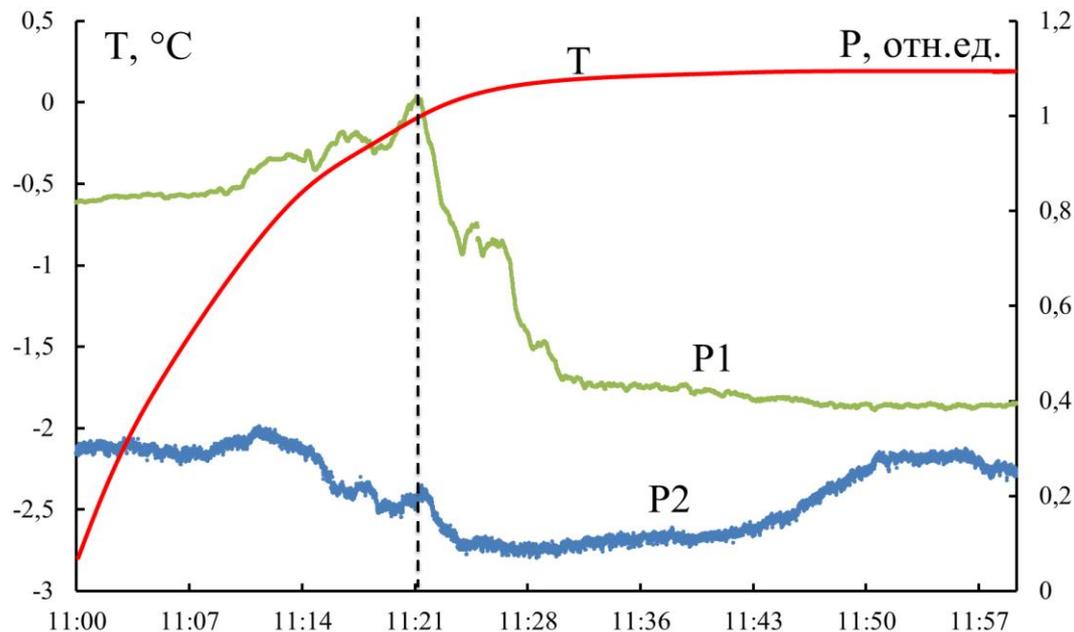
Г – генератор ($\lambda = 1,4$ см),

1 – приемник,

2 – плоскопараллельная пластина льда размерами 270мм×100мм×260мм,

3 – система сбора данных,

Т - термопара



Мощность проходящего (P1) и отраженного (P2) сигнала через образец льда в относительных единицах

Выводы

- Обнаружено уменьшение значений действительной и мнимой частей ($\Delta \epsilon''$) относительной комплексной диэлектрической проницаемости льда ($\Delta \epsilon'' \sim$ в 2...5 раз) и свежеснега ($\Delta \epsilon'' \sim$ в 1,5 раза) вблизи температуры фазового перехода лед-вода.
- Обнаружено $\Delta T_g \sim 10...12$ К.
- Необходимо учитывать эффект «просветления» при радиометрических измерениях криогенных образований вблизи температуры 0°C .
- Необходимы дальнейшие исследования диэлектрических особенностей льда вблизи температуры фазового перехода лед-вода.

Благодарю за внимание!

lgc255@mail.ru