



# Поиск волн течения во льду по радиояркостной температуре

Бордонский Г.С., Гурулев А.А.,  
Орлов А.О., Цыренжапов С.В.

*Институт природных ресурсов, экологии и  
криологии СО РАН  
lgc255@mail.ru*

# Цель исследования

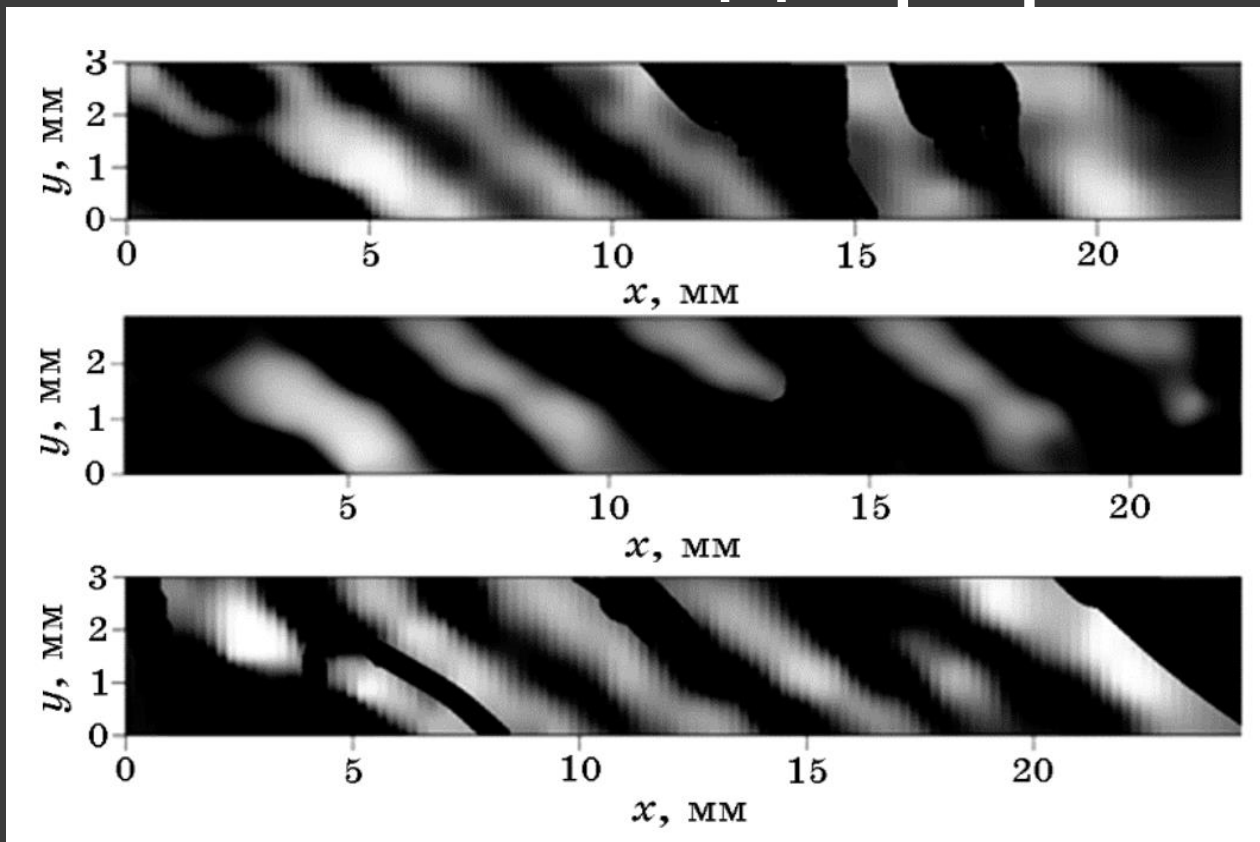
1. Радиозондирование нелинейных активных сред.
2. Изучение пластической деформации льда.



# Новая теория пластической деформации

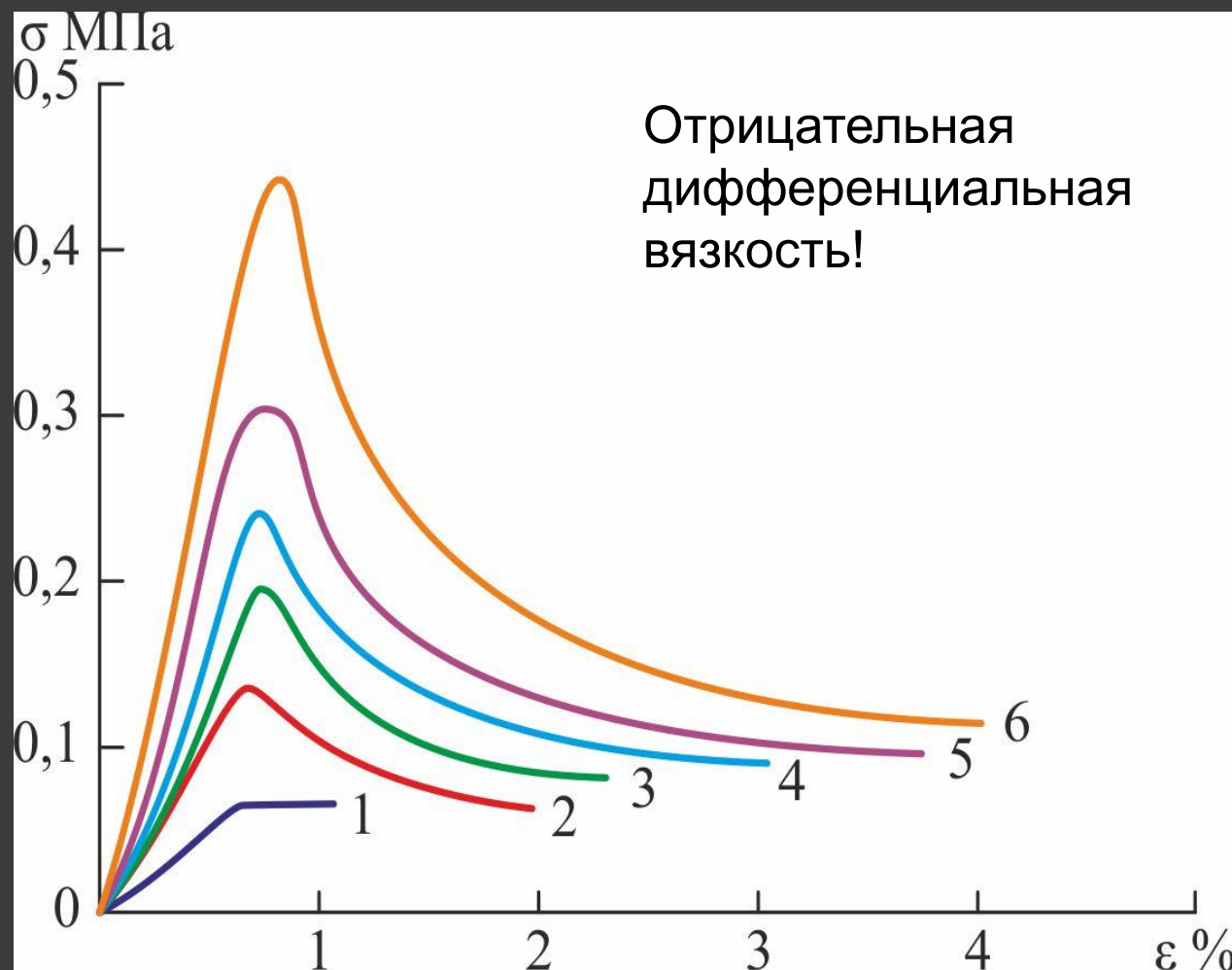
1. Зуев Л.Б. – новая теория пластической деформации (Зуев Л.Б. Автоволновая пластичность. Локализация и коллективные моды. 2018).
2. Пластическая деформация связана с макролокализованными автоволнами пластического течения ( $\lambda \sim 0,5 \dots 2$  см).

# Паттерны локализации пластической деформации



Последовательные паттерны локализации пластической деформации в монокристалле легированного  $\gamma$ -Fe на стадии линейного деформационного упрочнения для разных моментов времени. Тёмные и светлые полосы — активные и пассивные слои соответственно. (Зуев Л.Б. // Успехи физики металлов. 2015. Т. 16, № 1. С. 35-60.)

# Существуют ли автоволны пластического течения во льду?

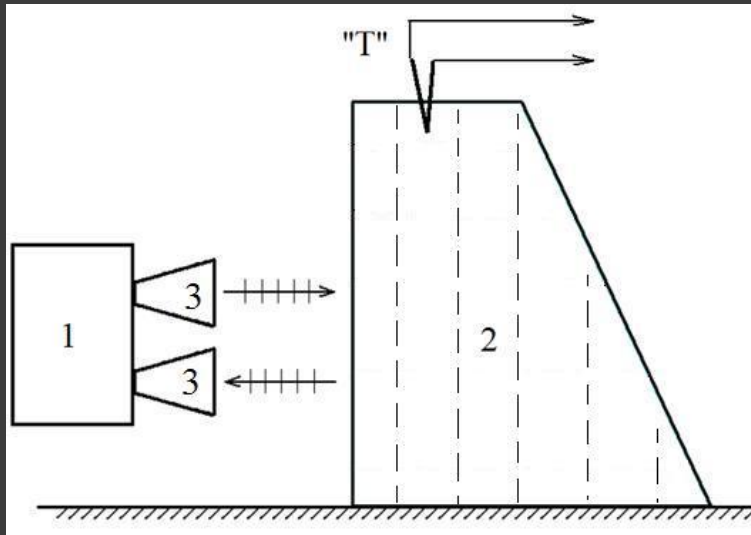


Зависимость «напряжение – деформация» для монокристалла льда при его температуре  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  в случае сдвига по базисной плоскости. Скорость деформации:

- 1 –  $1,3 \cdot 10^{-7}$  1/с;
- 2 –  $3 \cdot 10^{-7}$  1/с;
- 3 –  $7 \cdot 10^{-7}$  1/с;
- 4 –  $13 \cdot 10^{-7}$  1/с;
- 5 –  $17 \cdot 10^{-7}$  1/с;
- 6 –  $27 \cdot 10^{-7}$  1/с.

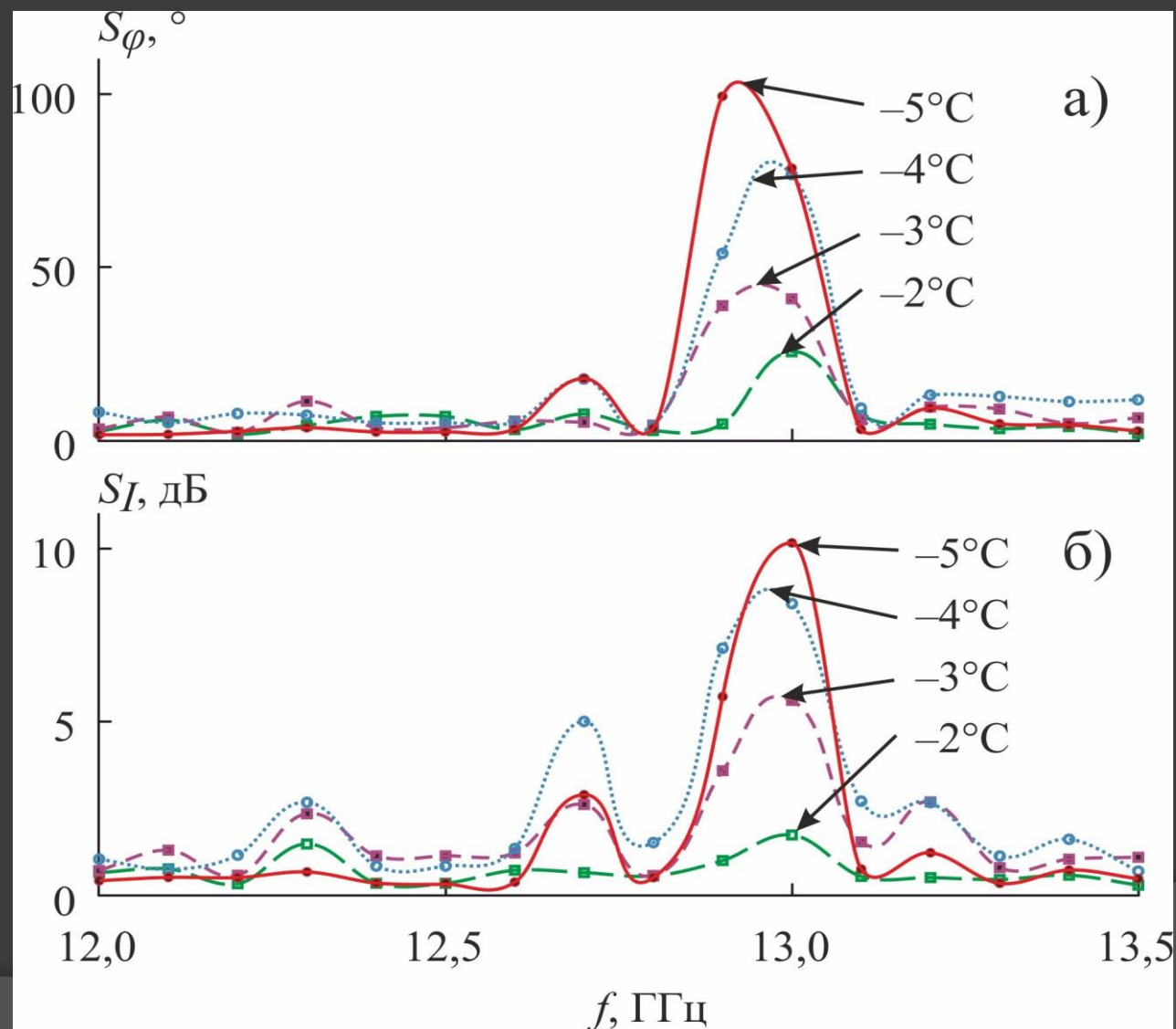
# Задача – определить $\lambda$ (длину волны) автоволн во льду

Векторный  
анализатор  
P4M-18



# Результаты лабораторных измерений

Зависимости значений стандартного отклонения фазы (а) и интенсивности (б) от частоты при различных температурах льда.



# Натурные измерения на пресном ледяном покрове

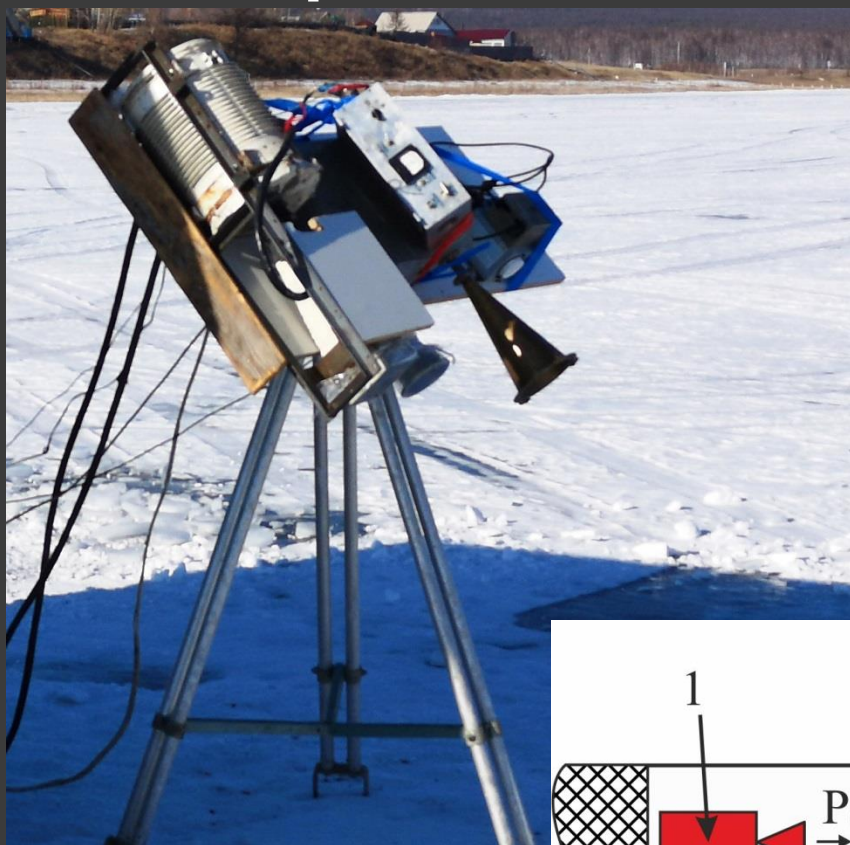
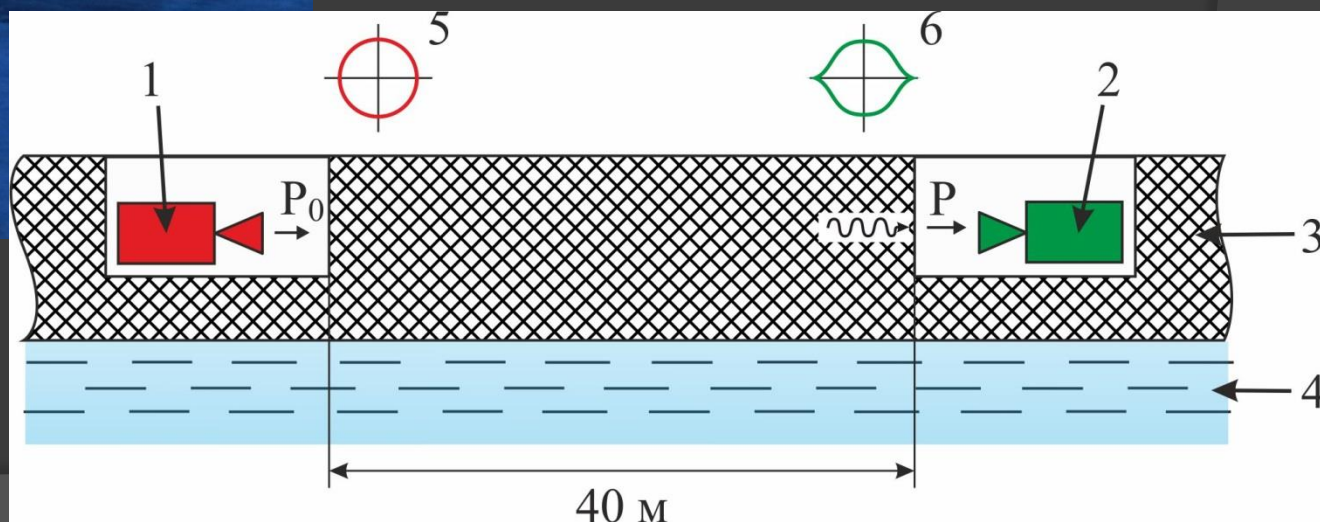


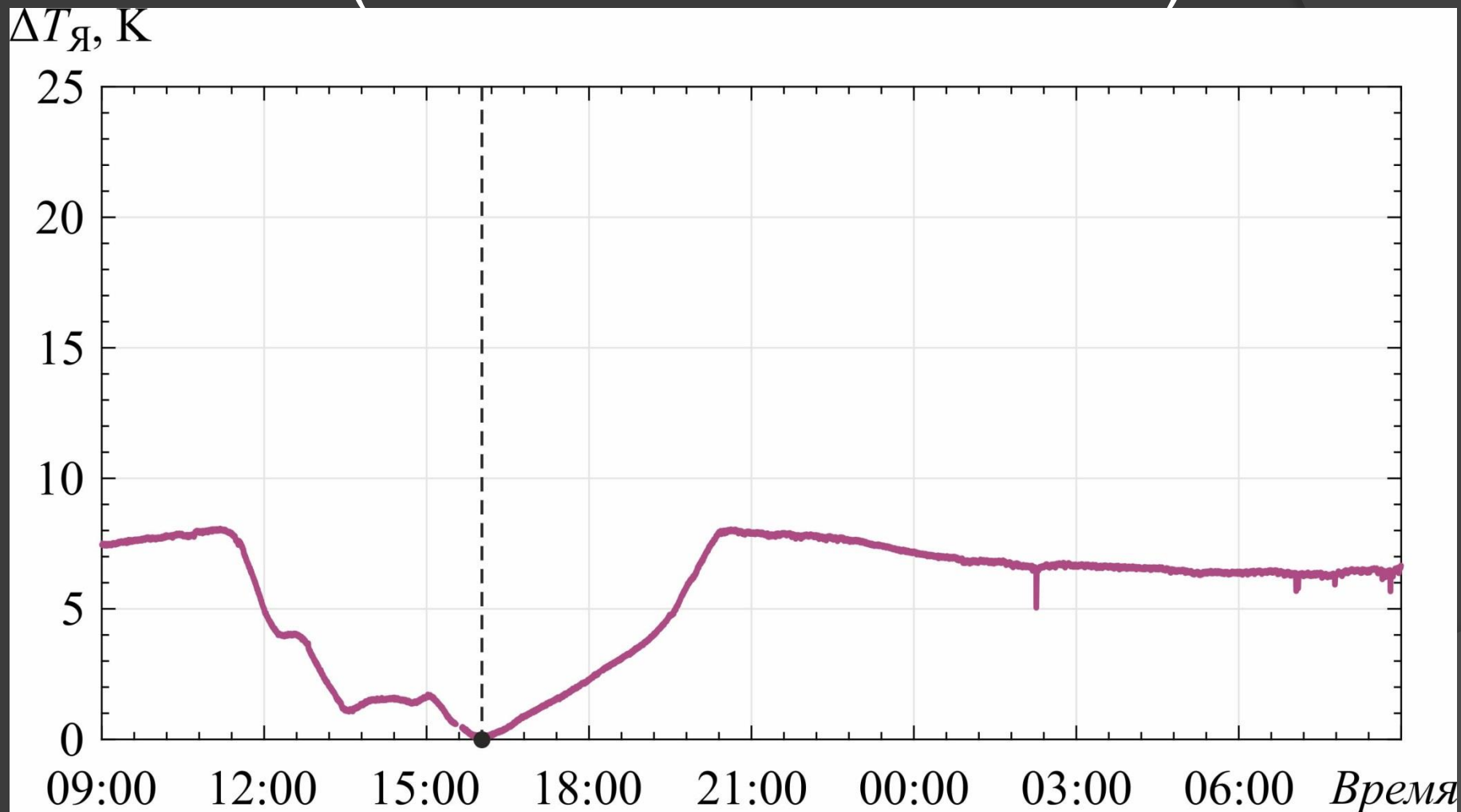
Фото установки по измерению  $T_{\text{я}}$  на оз. Арахлей, Забайкальский край. Толщина льда 1,4 м.

Схема регистрации сейсмических волн и волн в водной среде по деформациям ледяного покрова. 1 – излучатель с круговой поляризацией; 2 – приёмник излучения; 3 – ледяной покров; 4 – водная среда; 5, 6 – поляризационные диаграммы мощности (6 – искажённая диаграмма из-за нелинейности среды при её пластической деформации).



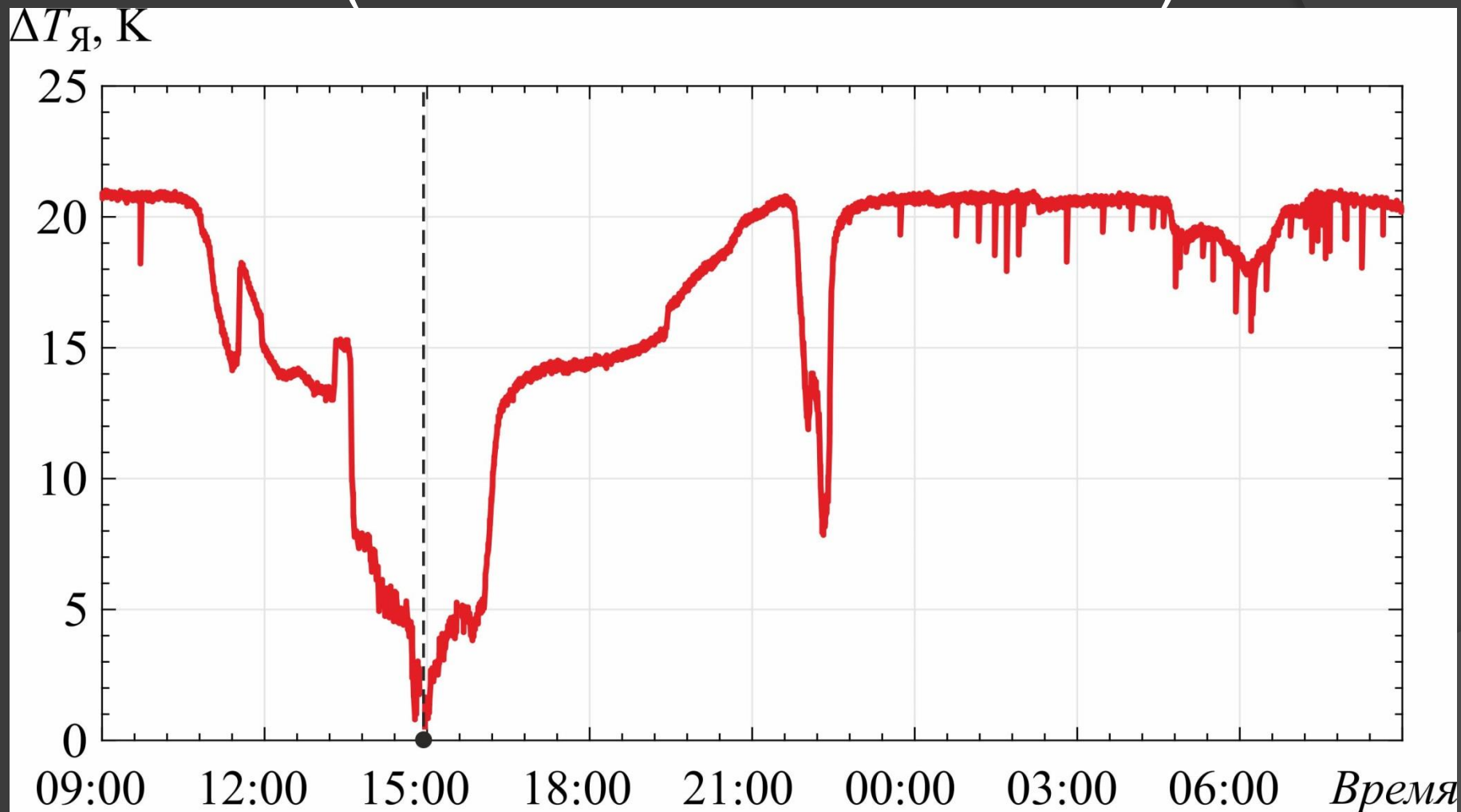


# Результаты натурных исследований (28.02.2019-01.03.2019)



Приращение радиояркостной температуры льда вблизи  
длины волны 1,4 см (Горизонтальная поляризация)

# Результаты натурных исследований <sup>10</sup> (28.02.2019-01.03.2019)

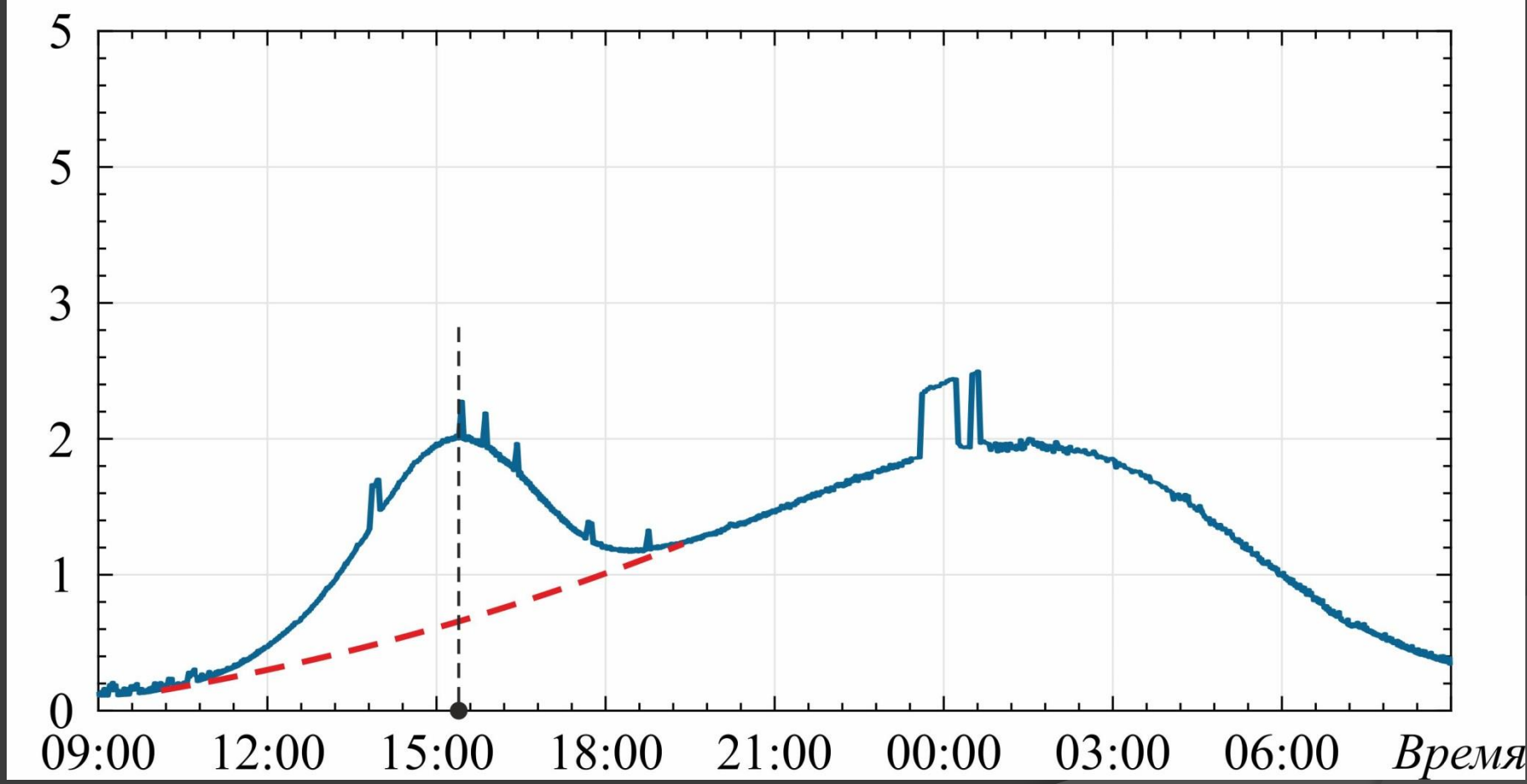


Приращение радиояркостной температуры льда вблизи  
длине волны 0,8 см (Горизонтальная поляризация)



# Результаты натурных исследований (28.02.2019-01.03.2019)

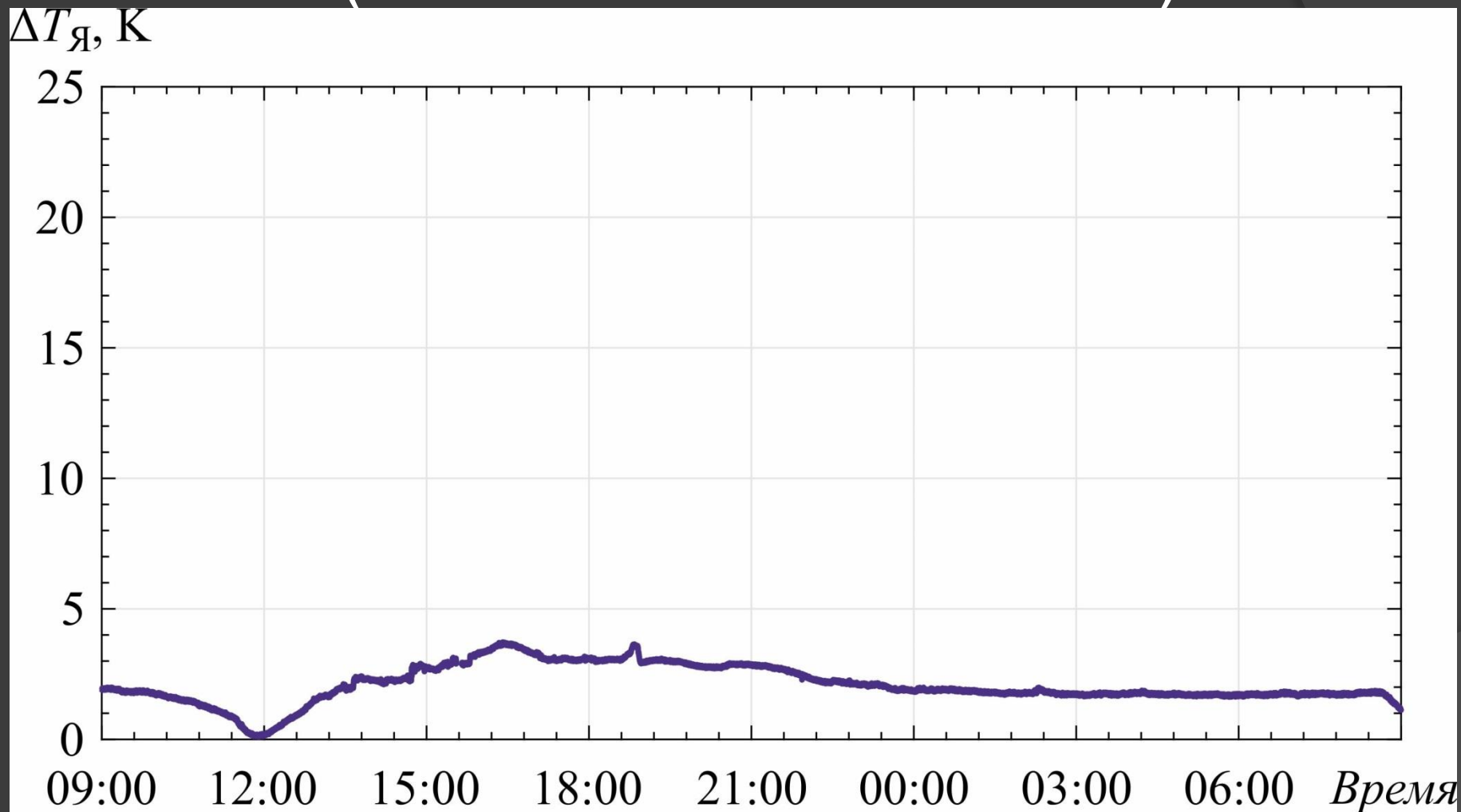
$P$ , отн.ед.



Измерения проходящей через ледяной покров мощности на длине волны 2,3 см (Вертикальная поляризация)

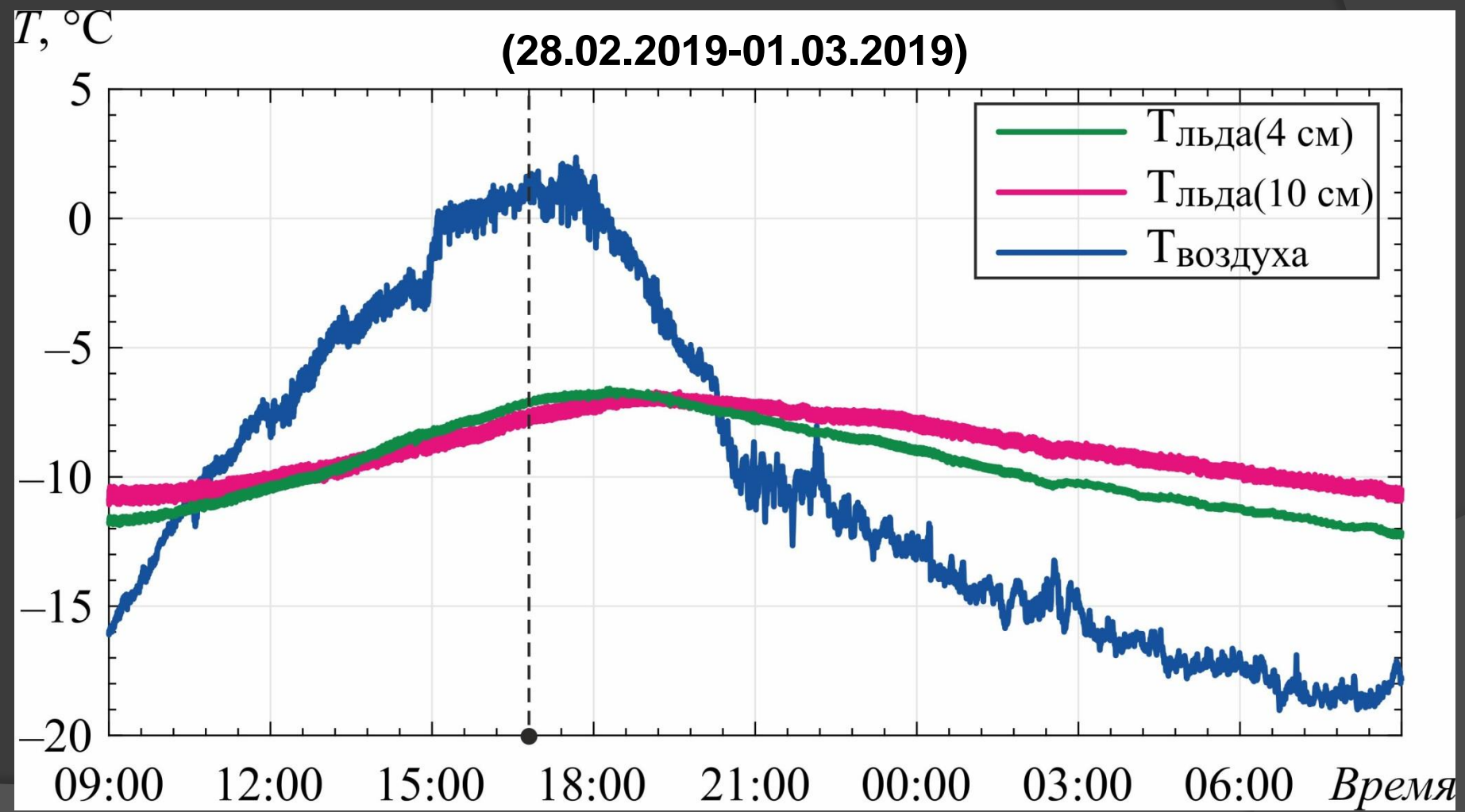


# Результаты натурных исследований <sup>12</sup> (28.02.2019-01.03.2019)



Приращение радиояркостной температуры льда вблизи  
длины волны 3 см (Горизонтальная поляризация)

# Суточные изменения температуры льда и воздуха в области аномалий микроволновых характеристик



# Выводы

1. В пресном льду обнаружены автоволны локализованной пластичности.
2. По лабораторным данным для образцов озёрного льда  $\lambda=1,35$  см (волна течения). В натуральных условиях эффект наблюдали до  $\lambda=0,5$  см.
3. Наблюдаются понижения радиояркостной температуры пресного ледяного покрова  $\sim 10$  К на длинах микроволн  $0,8 \dots 3$  см, вызванные термическим напряжениями, а также вариации микроволновых потерь  $\sim 5$  дБ на дистанции 40 м.



1. Бордонский Г.С. Аномалия микроволнового поглощения льда вблизи  $-45^{\circ}\text{C}$  при пластической деформации // Журнал технической физики. 2019. Т. 89. № 3. С. 452-455.
2. Бордонский Г.С., Гурулев А.А. Проявление автоволн пластического течения в пресном льду при микроволновых измерениях // Письма в журнал технической физики. 2019. Т. 45. № 6. С. 40-42.
3. Бордонский Г.С., Гурулев А.А., Орлов А.О., Цыренжапов С.В. Фаза коэффициента отражения от поверхности пресного льда в условиях переменных температур // В книге: сборник тезисов докладов Шестнадцатой всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса» Институт космических исследований Российской академии наук. 2018. С. 251.
4. Бордонский Г.С., Гурулев А.А., Орлов А.О., Цыренжапов С.В. Влияние аморфизации льда на микроволновые характеристики // Вестник Забайкальского государственного университета. 2018. Т. 24. № 9. С. 4-13.
5. Бордонский Г.С., Орлов А.О. Поиски сегнетоэлектрических льдов в пористых средах в земных условиях // Криосфера Земли. 2017. Т. 21. № 6. С. 45-54.
6. Бордонский Г.С., Гурулев А.А. Экспериментальное доказательство существования линии Видома по особенностям поведения водорода в нанопористом силикате при  $-45^{\circ}\text{C}$  и атмосферном давлении // Письма в журнал технической физики. 2017. Т. 43. № 8. С. 34-40.
7. Бордонский Г.С., Крылов С.Д. Аморфизация льда при механических напряжениях // Письма в журнал технической физики. 2017. Т. 43. № 21. С. 64-71.
8. Бордонский Г.С., Орлов А.О., Щегрина К.А. Диэлектрические потери в переохлаждённой поровой воде на частоте 34 ГГц // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. 2016. Т. 59. № 10. С. 906-915.
9. Бордонский Г.С., Рябова Л.Д. Радиочастотный дифференциальный измеритель деформации // Учёные записки Забайкальского государственного университета. 2015. № 3 (62). С. 26-29.



**Благодарю за внимание!**