



Арктический
и антарктический
научно-исследовательский
институт

Комплексные геофизические исследования в Арктике

А.С. Калишин, Н.Ф. Благовещенская, Т.Д. Борисова, Ю.В. Федоренко, И.М. Егоров, Г.А. Загорский,
Д.К. Дронов, О.Ю. Стрибный, Н.П. Сенчина.

«Современные комплексные исследования высоких широт Арктики» 19.05.2026. г.Санкт-Петербург, АНИИ

Геофизические исследования в Арктике

1931 Начало изучения геофизических явлений в Арктическом институте.

В бухте Тихая на арх. Земля Франца – Иосифа были организованы магнитные наблюдения

1932 В институте Арктики был организован отдел геофизики.

Его задачей стало исследование геомагнитного поля, ионосферы и условий распространения радиоволн в полярных регионах Земли.

1937 Начались оптические и геомагнитные наблюдения на СП-1 (Федоров Е.К., в последствии начальник Гидрометслужбы СССР, директор ИПГ)

1939 Изготовлена и установлена в бухте Тихая на Земле Франца-Иосифа станция вертикального зондирования ионосферы

Основным направлением работы специалистов АНИИ был натурный эксперимент:

- проведение и методическое руководство за наблюдениями
- сбор экспериментальных данных
- анализ и обобщение результатов наблюдений



А.Ф. Трёшников и В.М. Дриацкий, руководитель отдела геофизики в 1962—1976 годах (начальник САЭ-6 и второй смены СП-6)



Геофизические исследования в Арктике

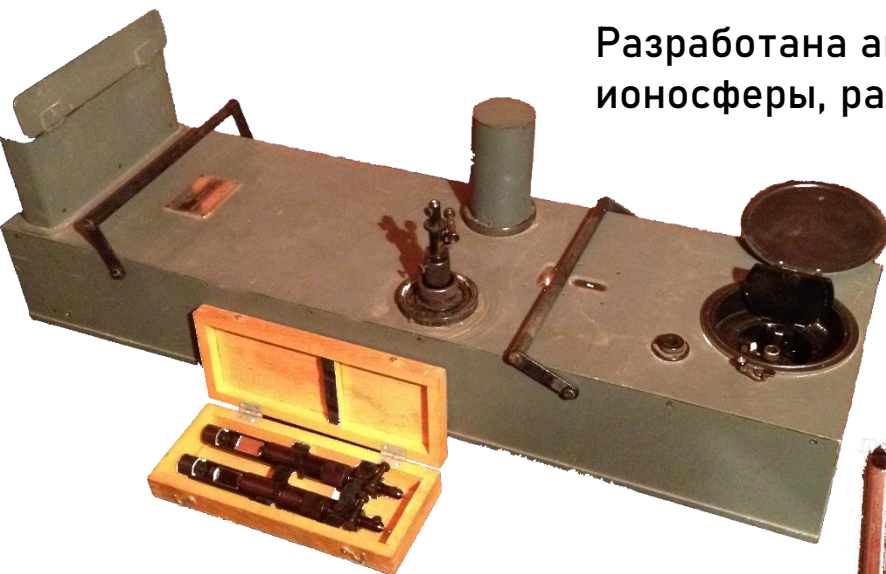


Источники получения данных:

- сеть геофизического мониторинга Росгидромета
- станции ФГБУ АНИИ
- экспедиционные исследования

Совместно с коллегами из различных институтов (ЛЭТИ, ИЗМИРАН и др.) разрабатывалось оборудование для проведения геомагнитных наблюдений

Разработана аппаратура наклонного радиозондирования ионосферы, развернута сеть диагностических радиотрасс



Аппаратура наклонного зондирования ионосферы 1977 – 2008г



В.Б. Смирнов, руководитель лаборатории распространения радиоволн с 1967 по 1985 год. Разработчик аппаратур и идеолог исследований ионосферы методом НЗИ

Ледостойкая самодвижущаяся платформа

ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Длина платформы, м	83,1
ширина, м	22,5
осадка, м	8,6
водоизмещение, т	10 000
мощность головного двигателя, кВт	4 200
скорость	10 узлов
экипаж	14 человек
научный персонал	34 человека
класс ледового судна	М Arc5 [1] AUT1-C HELIDECK-F Special purpose ship



Ледостойкая самодвижущаяся платформа

Геофизические исследования

- Наблюдения естественных и искусственных ионосферных возмущений
- Наблюдения за распространением мощных КВ радиоволн
- Наблюдения ионосферы методом наклонного радиозондирования
- Наблюдения ОНЧ/СНЧ излучений
- Оптические наблюдения
- Наблюдения УФ-индекса
- Геомагнитные наблюдения
- Гравиметрические наблюдения

Геофизический отряд СП-42



Ледостойкая самодвижущаяся платформа

Гравиметрические исследования

В экспедиции СП-41 (2022 – 2024гг) использовался относительный гравиметр «Чекан-АМ», установленный в лаборатории специальных исследований, при помощи которого проводились непрерывные гравиметрические наблюдения на борту судна.

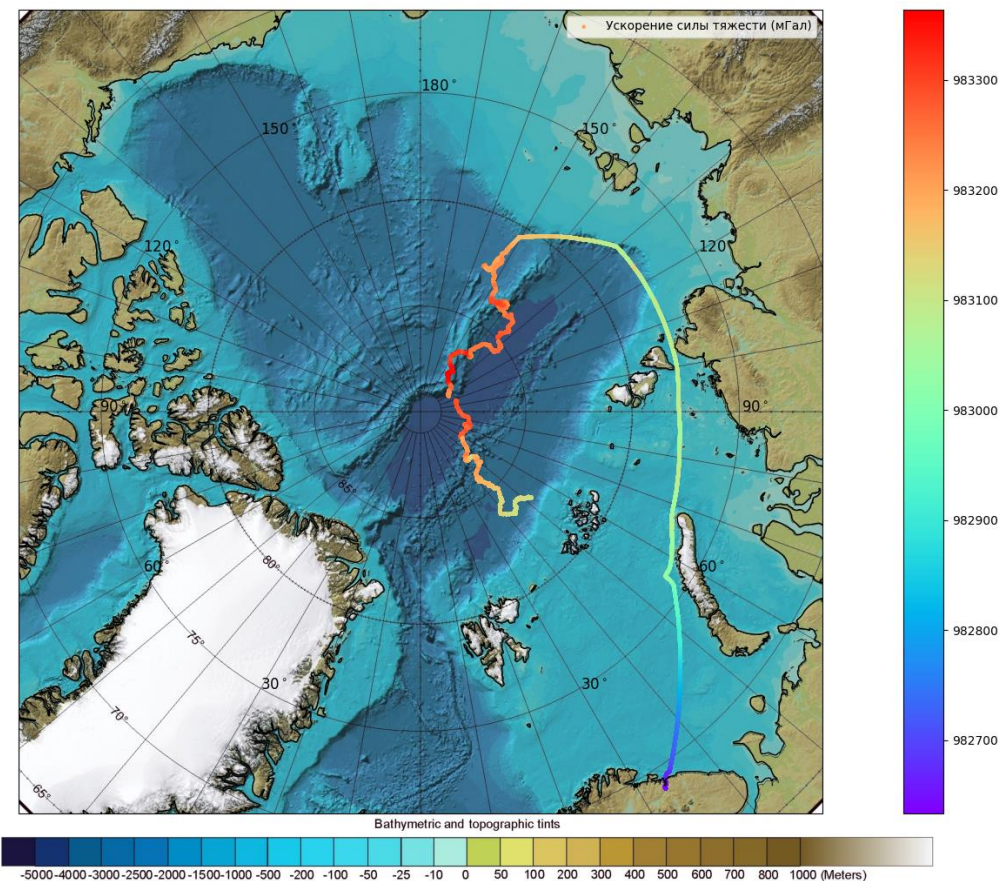
В 2024 году началась экспедиция СП-42. В дополнение к имеющему относительному гравиметру Чекан-АМ, в лаборатории был установлен абсолютный баллистический лазерный гравиметр ГАБЛ-ПМ. 28 сентября 2024 года, после окончательного вмораживания судна впервые в истории были проведены абсолютные гравиметрические измерения в высоких широтах на борту судна.

Ввод в эксплуатацию ЛСП позволил на новом качественном уровне выполнять гравиметрические наблюдения в акватории Северного Ледовитого океана.



Относительный гравиметр ЧЕКАН-АМ

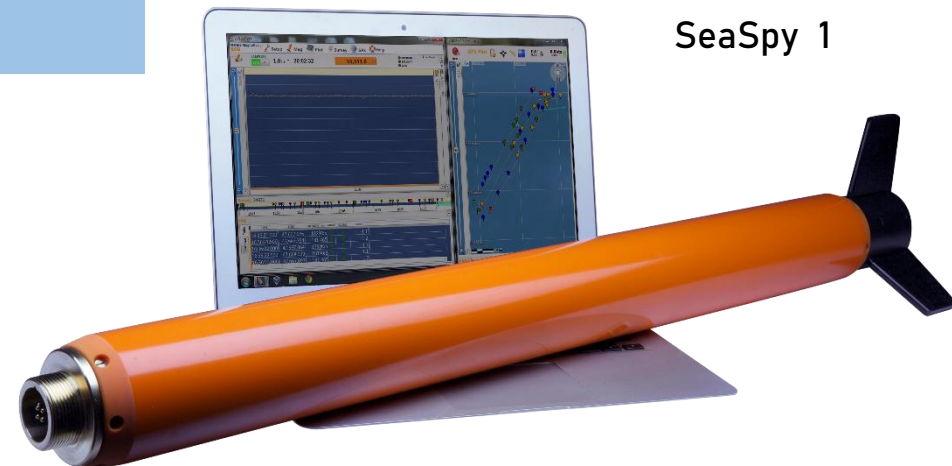
Абсолютный гравиметр ГАБЛ-ПМ



Ледостойкая самодвижущаяся платформа

Геомагнитные наблюдения

- непрерывная регистрация модуля МПЗ,
- непрерывная регистрация трёх составляющих МПЗ,
- измерение абсолютных значений составляющих МПЗ,
- постоянную регистрацию разнесённых датчиков ГЛОНАСС/GPS;
- измерения модуля МПЗ погружным магнитометром



SeaSpy 1

Геомагнитный павильон

Буксируемый морской протонный магнитометр Sea Spy предназначен для измерения модуля магнитной индукции постоянного магнитного поля в водной среде.

Рабочий диапазон - 18000 - 120000 нТл.

Абсолютная точность - 0,2 нТл.

Погрешность отсчитывания - 0,001нТ.

Частота отсчётов - 4 Гц ÷ 0,1Гц.

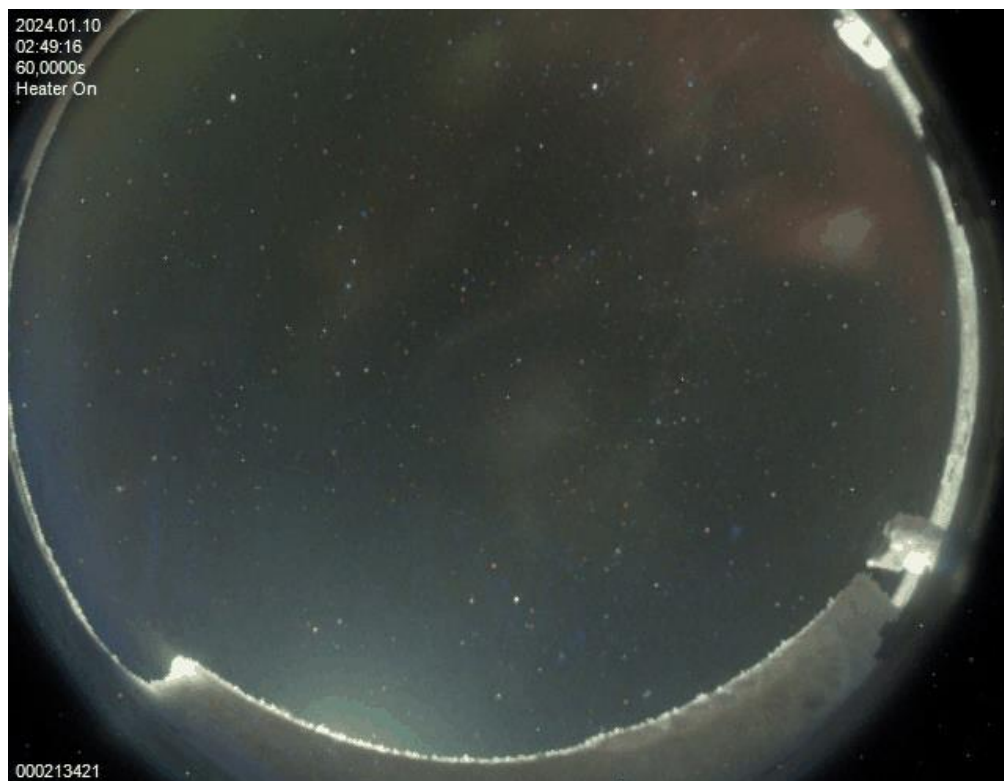
Глубина погружения \leq 300 м.



Ледостойкая самодвижущаяся платформа

Оптические наблюдения

- Мониторинг полярных сияний в авроральной зоне и полярной шапке



Результаты наблюдения
полярных сияний 10.01.2024г

Камера всего неба в ледовом лагере



Характеристики камеры:
размер снимка 640 x 48 px,
угол обзора 185° x 144°

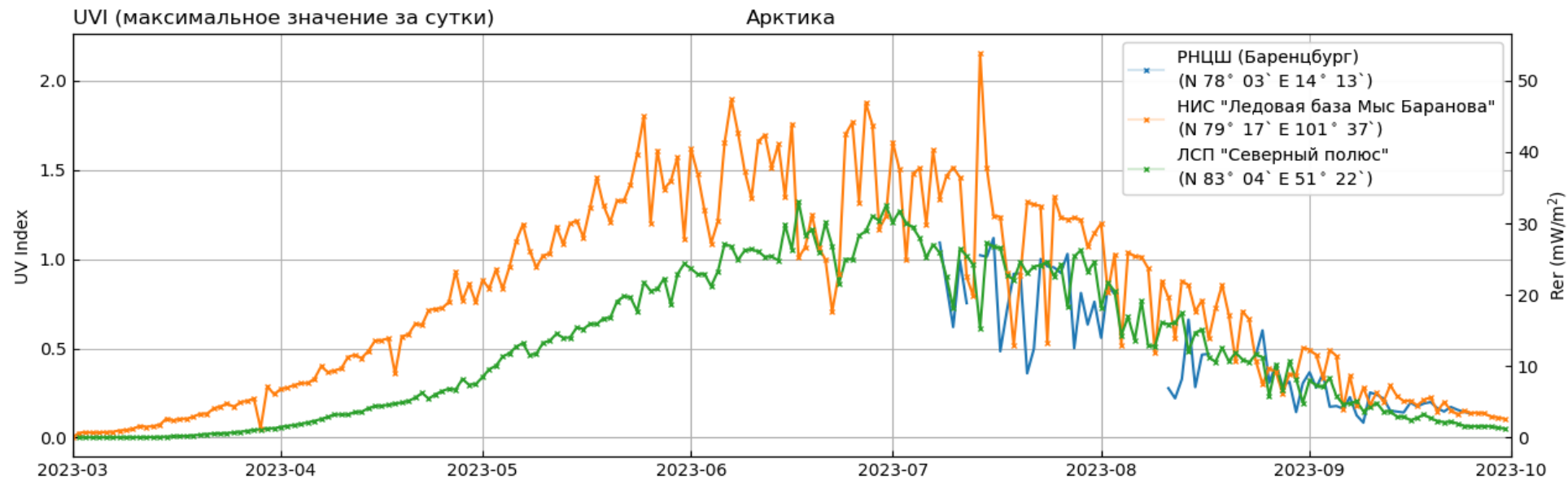
- Зафиксированы сияния в сентябре, ноябре, октябре, декабре, январе и феврале 2022, 2023 и 2024 годов.
- Наблюдались зелёные и красные линии.
- Сияния фиксировались по несколько суток подряд.
- Сияния фиксировались в слабо- и средневозмущенные геофизические условия

Ледостойкая самодвижущаяся платформа

Оптические наблюдения

- мониторинг уровня UVI в высокоширотной Арктике
- оперативная передача данных на сервер отдела геофизики

Индикатор УФ радиации

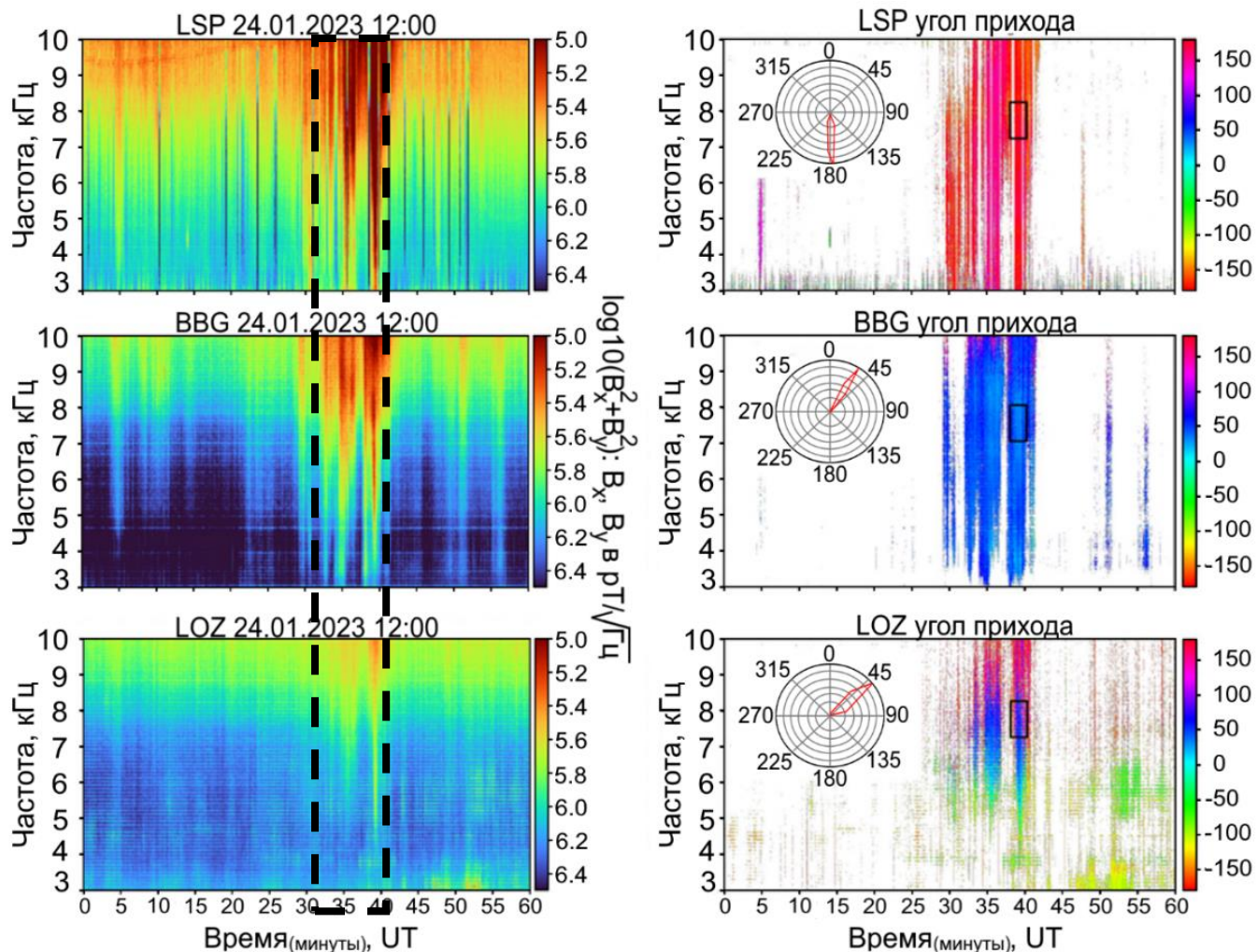


Графики УФ-индекса за период сезонных наблюдений в 2023 г.

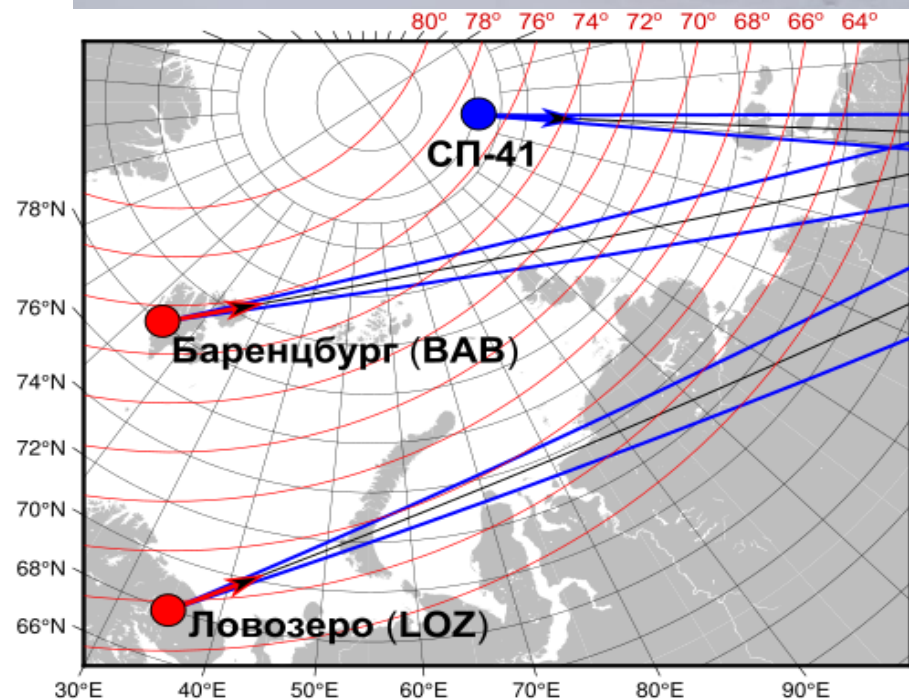
Ледостойкая самодвижущаяся платформа

Наблюдения СНЧ/ОНЧ излучений

- Наблюдения СНЧ/ОНЧ излучений магнитосферного происхождения в полярной



Обратный азимут в градусах

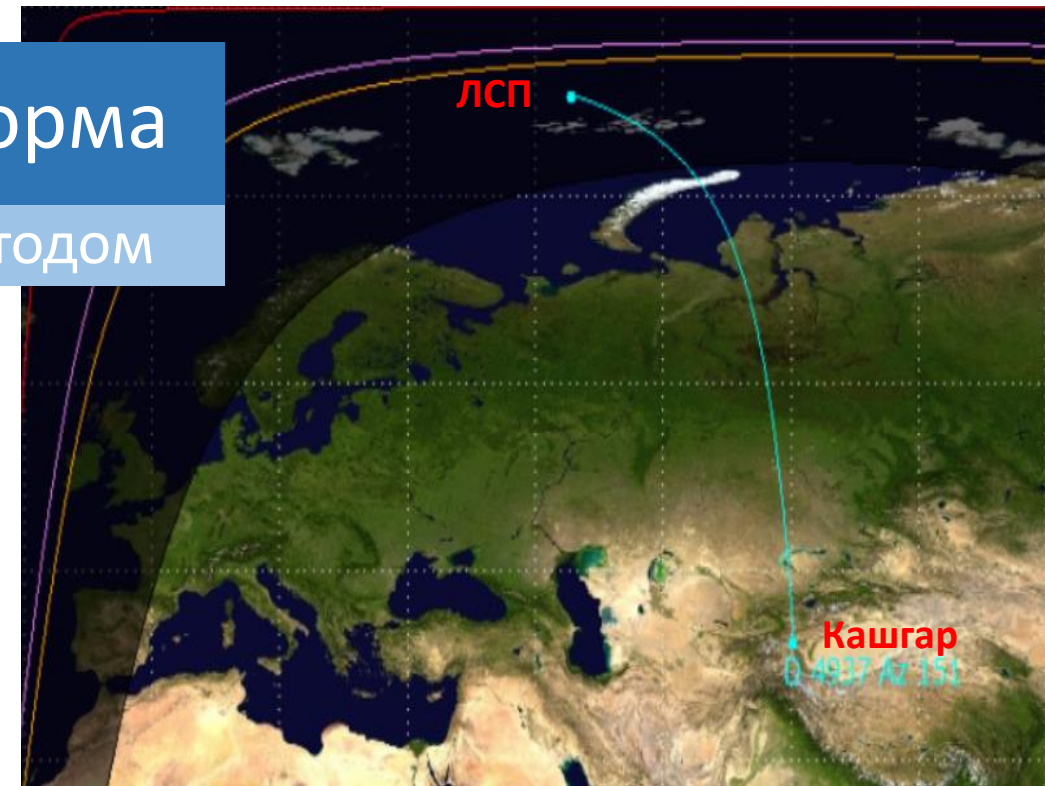
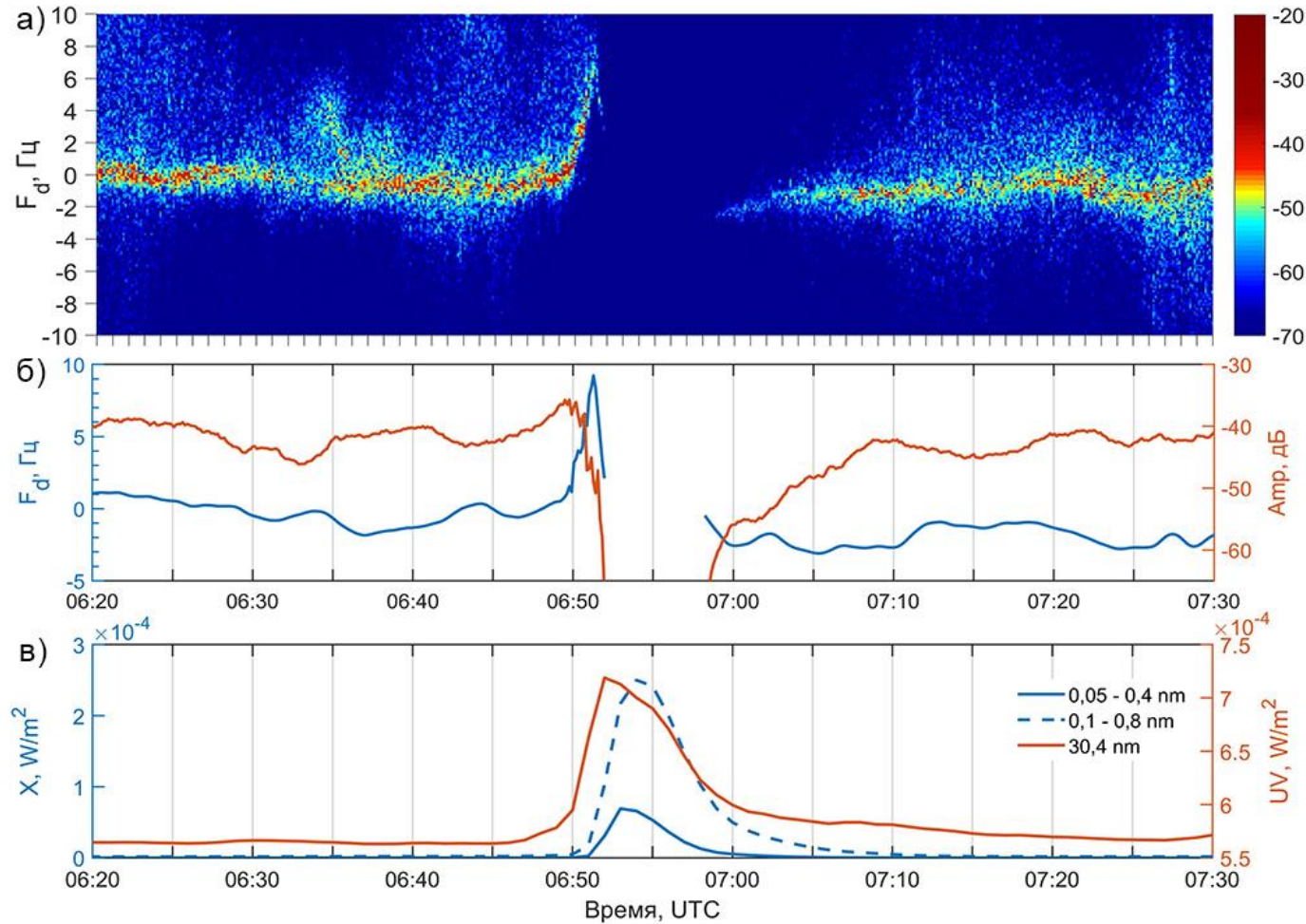


Красные линии – геомагнитные широты.

Синими линиями обозначена ошибка определения угла в $\pm 2.5^\circ$.

Ледостойкая самодвижущаяся платформа

Радиофизические исследования доплеровским методом



Эффекты солнечной вспышки 16 февраля 2024г:

а) спектрограмма радиосигнала на трассе Кашгар – ЛСП
 $f_{\text{излучения}} = 13770$ кГц, протяженность трассы 4950 км;

б) девиация частоты и интенсивность диагностического сигнала;

в) интенсивность рентгеновского и ультрафиолетового излучения по данным спутника GOES-18

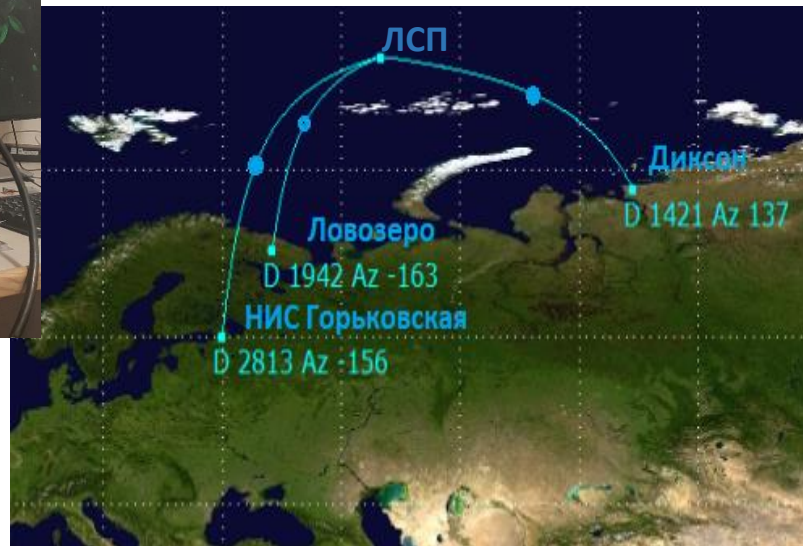
Ледостойкая самодвижущаяся платформа

Наклонное зондирование ионосферы

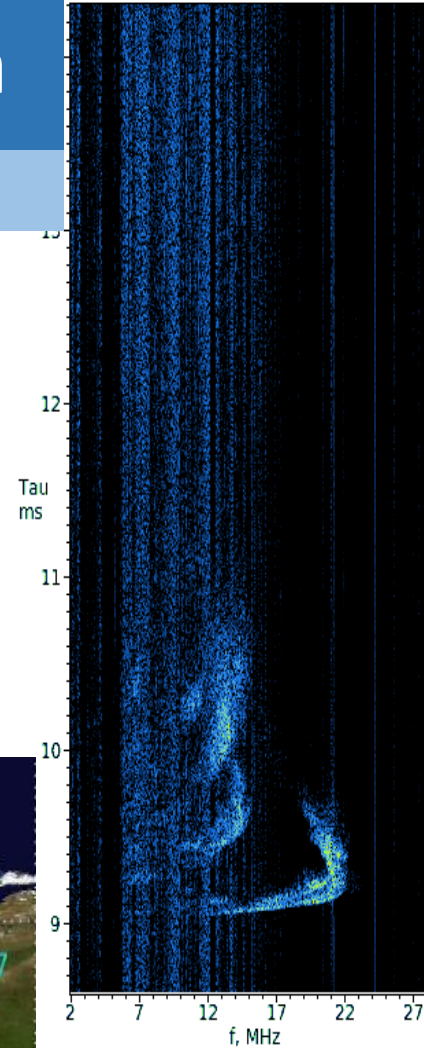
- исследование влияния крупномасштабных высокоширотных ионосферных неоднородностей на условия распространения радиоволн
- получение экспериментальных научных данных о состоянии ионизации верхней атмосферы с целью исследования природы ряда геофизических процессов, происходящих в ионосфере, и их связи с явлениями на Солнце и в межпланетном пространстве.



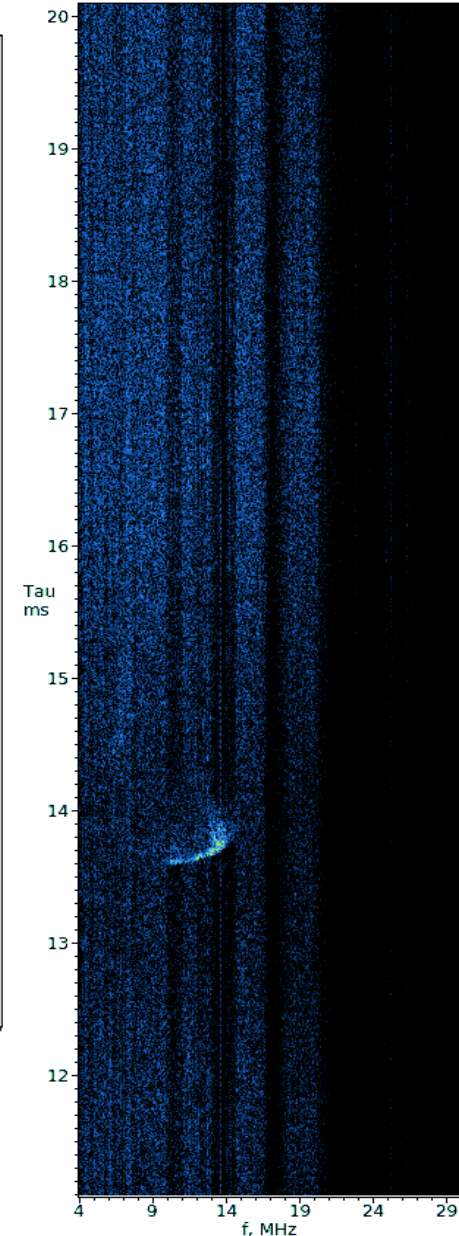
Комплекс НЗИ



Сеть трасс НЗИ



Ионограмма на трассе
Ловозеро – СП-41



Ионограмма на трассе
Санкт-Петербург – СП-42

Сеть станций геофизического мониторинга в высоких широтах



Сеть станций наклонного зондирования ионосферы



ААНИИ



ЛСП

Баренцбург

Ловозеро

Горьковская

мыс Баранова

Певек

Амдерма

Диксон

Тикси

Салехард

Норильск


Магадан

Новосибирск

Усолье-Сибирское



 станции Росгидромет

 станции Института солнечно-земной физики СО РАН

Мониторинг УФ-индекса

Для оценки воздействия солнечной УФ радиации на организм человека используется УФ-индекс (UVI) - международный стандарт, разработанный Всемирной организацией здравоохранения, Всемирной Метеорологической Организацией и Международной Комиссией по защите от неионизирующего излучения.

UVI описывает интенсивность солнечного ультрафиолета у поверхности земли по отношению к его фотобиологическому эффекту:

$$\text{UV index} = K_{er} \int_{250 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} E_{\lambda} S_{er}(\lambda) d\lambda.$$

$E(\lambda)$ - спектральная освещенность солнечного излучения [$\text{W}/\text{m}^2 \times \text{nm}$] при длине волны λ ,

K_{er} - константа взвешенного по эритеме значения освещенности ($40 \text{ m}^2/\text{W}$),

$S_{er}(\lambda)$ - спектр действия эритемы.

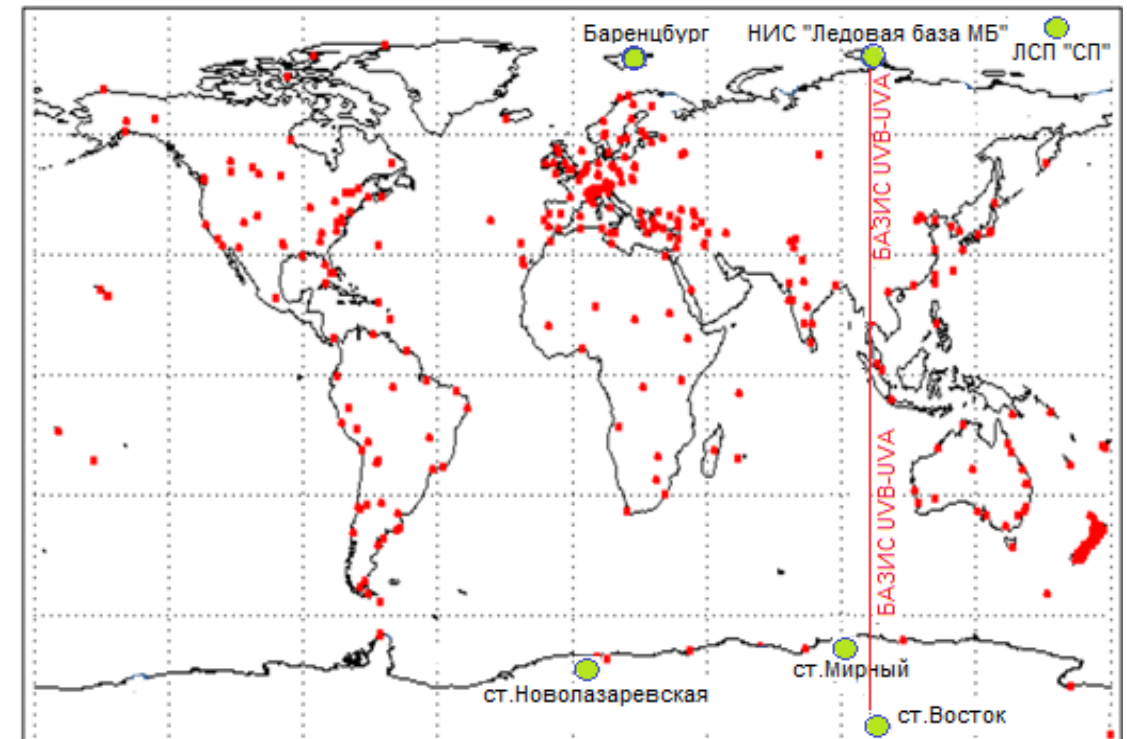
Актуальной задачей мониторинга UVI является анализ данных в удаленных от экватора пунктах НИС «Ледовая база Мыс Баранова» (Арктика) и ст. Восток (Антарктида) на протяжении 11-летнего цикла солнечной активности.



ГЛАВНАЯ
ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ
ОБСЕРВАТОРИЯ
им. А.И. ВОЕЙКОВА



Измерения UVI в п. Баренцбург
(арх. Шпицберген)



● Полярные станции ААНИИ, на которых проводятся измерения УФ-индекса (UVI)

Научно-исследовательская станция «Горьковская»

Наблюдения:

- Вертикальное зондирование ионосферы
- Наклонное зондирование ионосферы

Радиофизические исследования:

- Дистанционная диагностика мощного КВ излучения нагревных стенов на ионосферную плазму
- Доплеровские исследования сигналов КВ диапазона
- возвратно-наклонное зондирование ионосферы
- исследование структуры ОНЧ/КНЧ сигналов естественного и искусственного происхождения



Научно-исследовательская станция «Горьковская»

Модернизация станции

Модернизация инфраструктуры станции:

- новый лабораторный корпус
- геомагнитный павильон
- комплекс антенн декаметрового диапазона
- система электроснабжения
- подъездные пути к объектам инфраструктуры
- водопровод и канализация



Новый лабораторный корпус



Установка антенн возвратно-наклонного зондирования



Геомагнитный павильон

Активные воздействия на ионосферную плазму

EISCAT/Heating



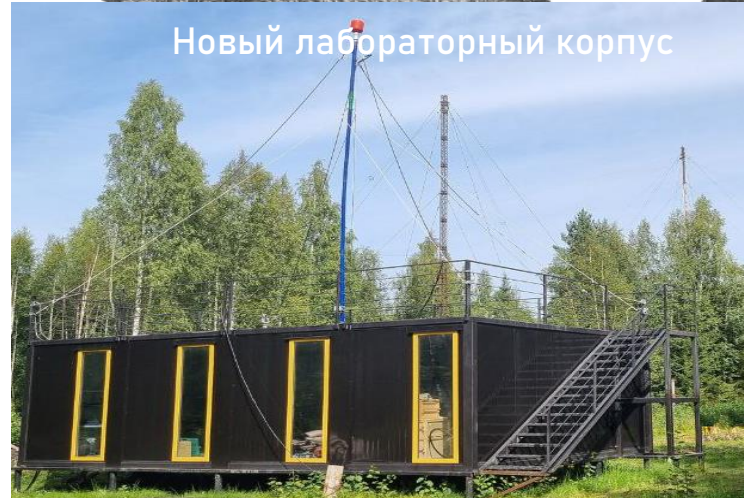
1140

НИС "Горьковская"



1075

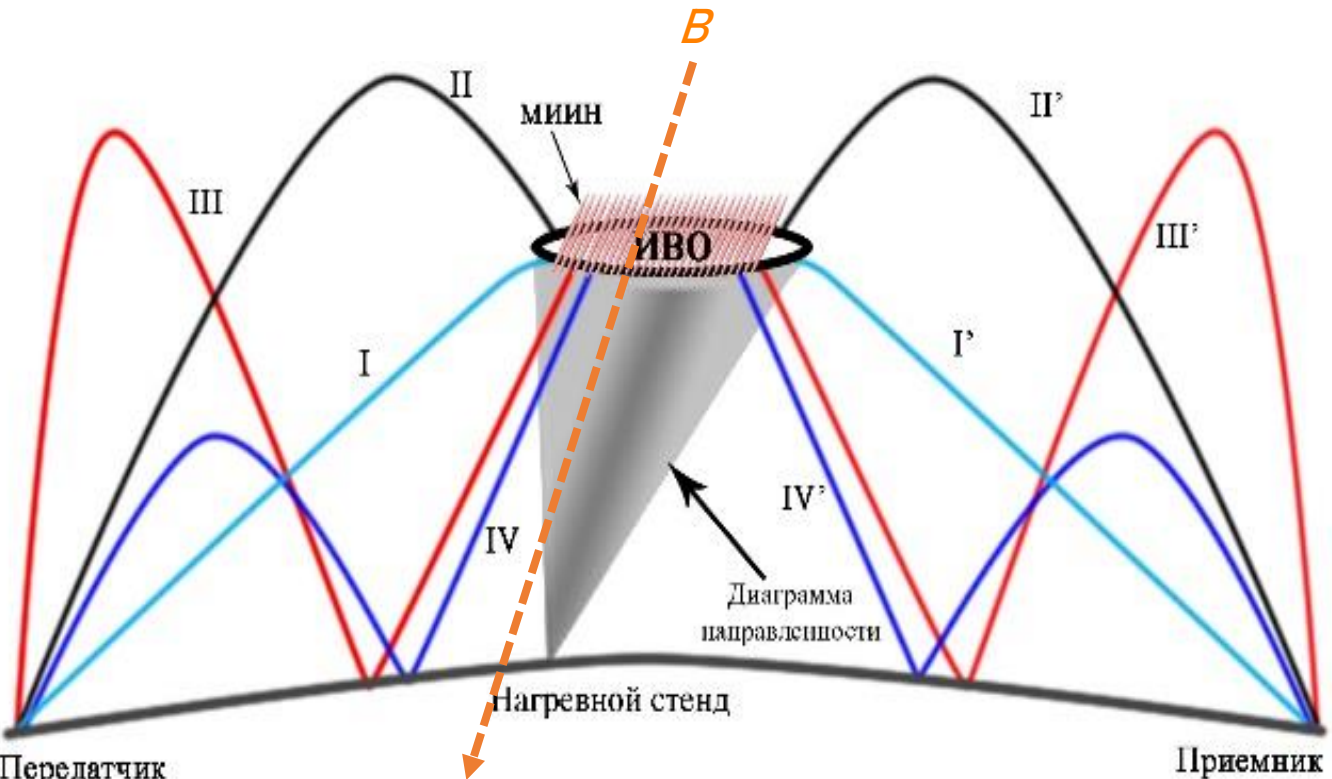
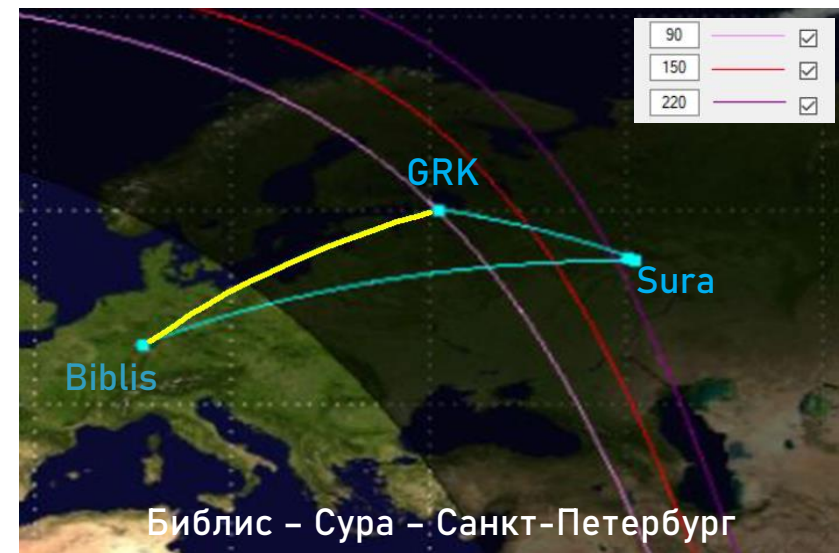
Сура



Активные воздействия на ионосферную плазму

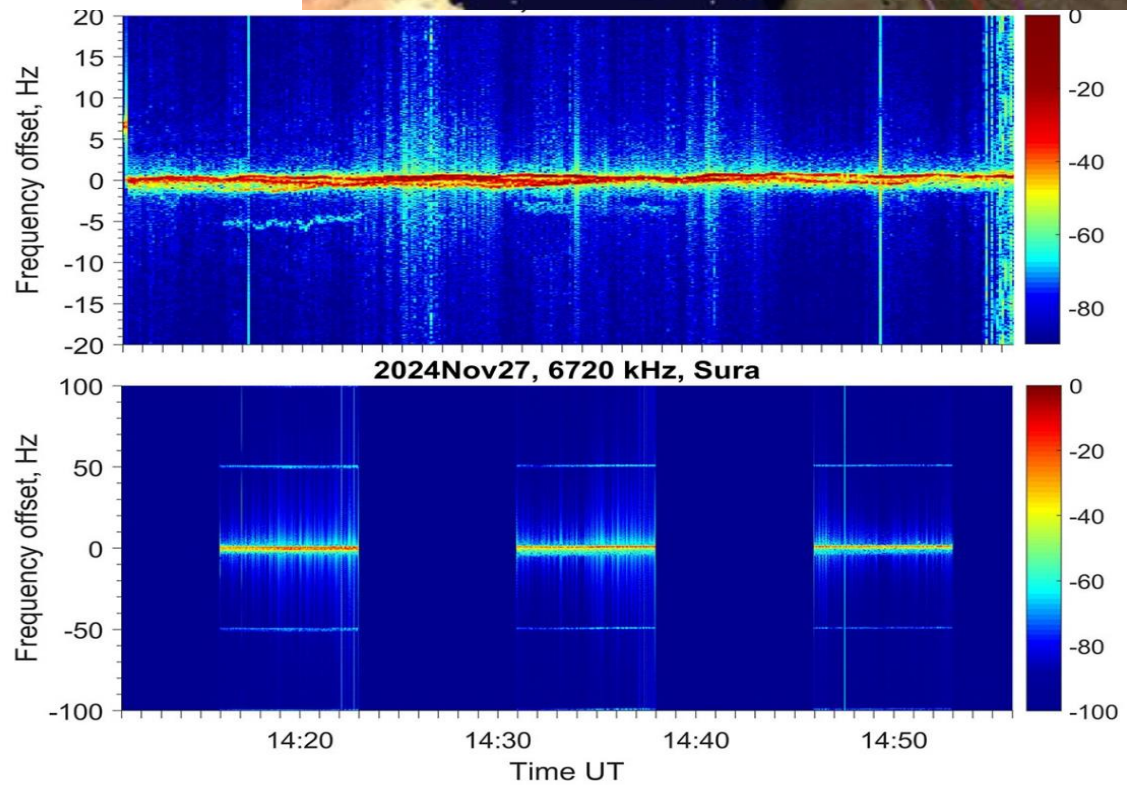
Генерация мелкомасштабных искусственных ионосферных неоднородностей

Выполнены серии экспериментов в августе 2025г и марте 2026г



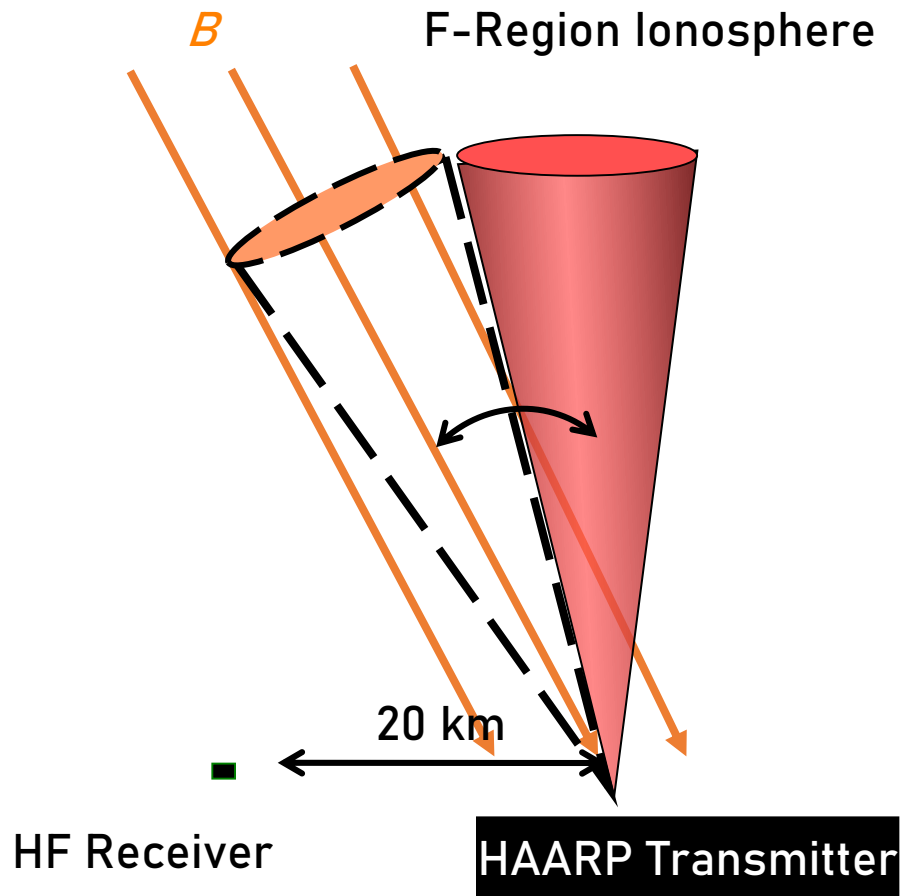
- I - I' — радиотрасса
- II - II' — радиотрасса
- III - III' — радиотрасса
- VI - VI' — радиотрасса

МИИН — мелкомасштабные искусственные ионосферные неоднородности



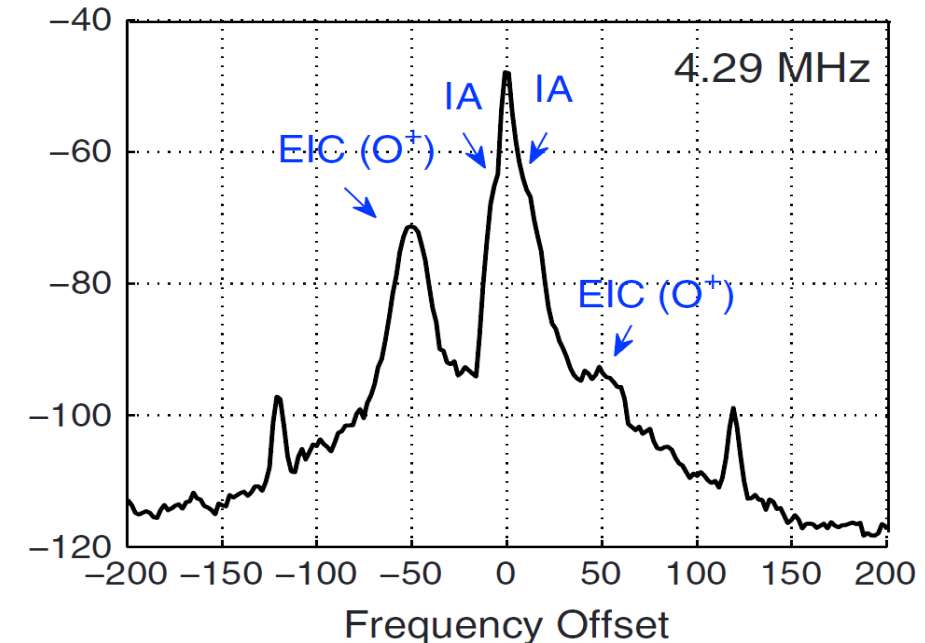
Активные воздействия на ионосферную плазму

Генерация искусственного радиоизлучения ионосферы



Experimental observations of stimulated Brillouin scatter (SBS) emission lines for pump frequency variation near $3f_{ce}$.

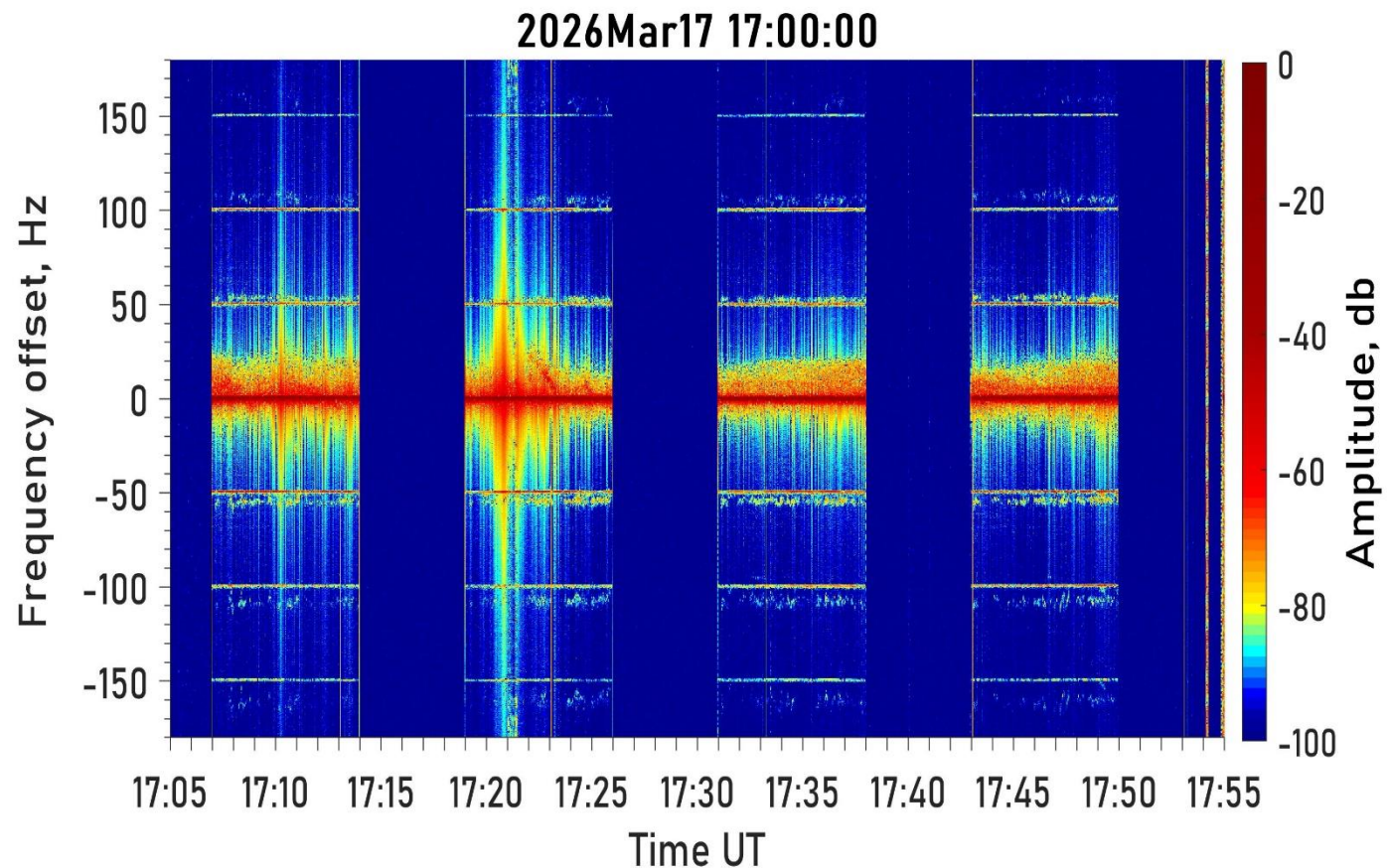
- *B. Thide, H. Derblom, and A. Hedberg* Observations of stimulated electromagnetic emissions in ionospheric heating experiments
- *P. A. Bernhardt, C. A. Selcher, R. H. Lehmberg* Determination of the electron temperature in the modified ionosphere over HAARP using the HF pumped Stimulated Brillouin Scatter (SBS) emission lines
- *A. Mahmoudian, W. A. Scales, P. A. Bernhardt* Investigation of ionospheric stimulated Brillouin scatter generated at pump frequencies near electron gyroharmonics



Активные воздействия на ионосферную плазму

Эксперименты на стенде Сура

Выполнены серии экспериментов в августе 2025г и марте 2026г



НИС «Горьковская» ПБ «Ладога»

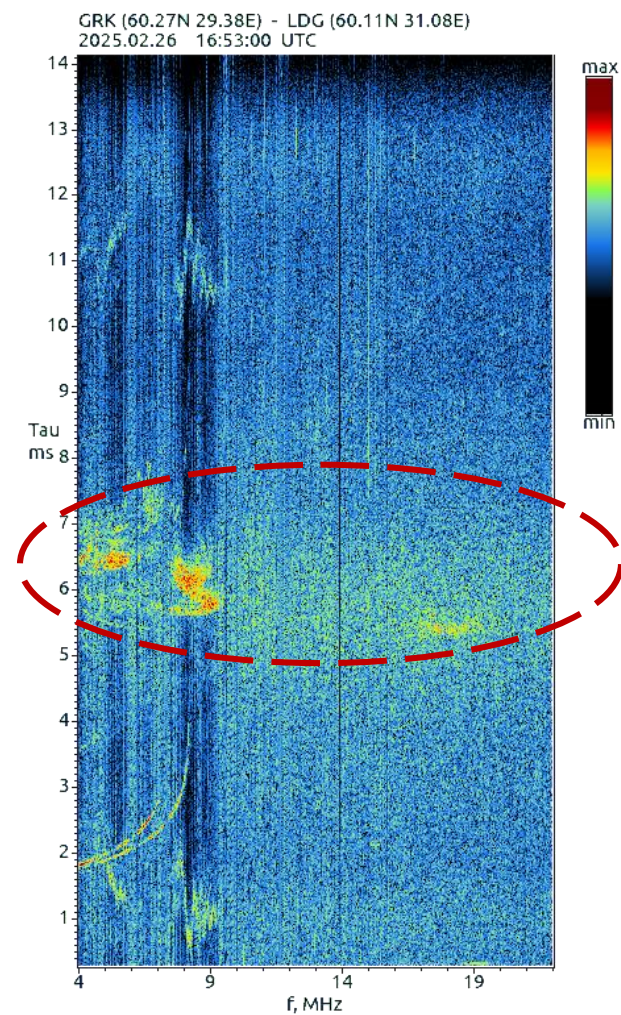
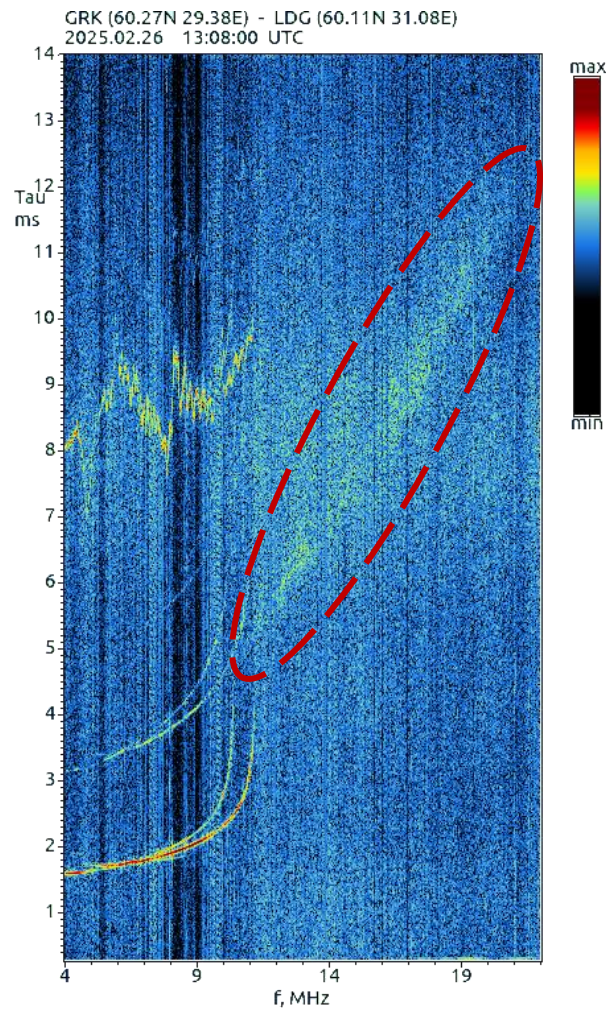
Возвратно-наклонное зондирование



Приемный комплекс и антенна ВНЗ на ПБ «Ладога»

НИС «Горьковская» ПБ «Ладога»

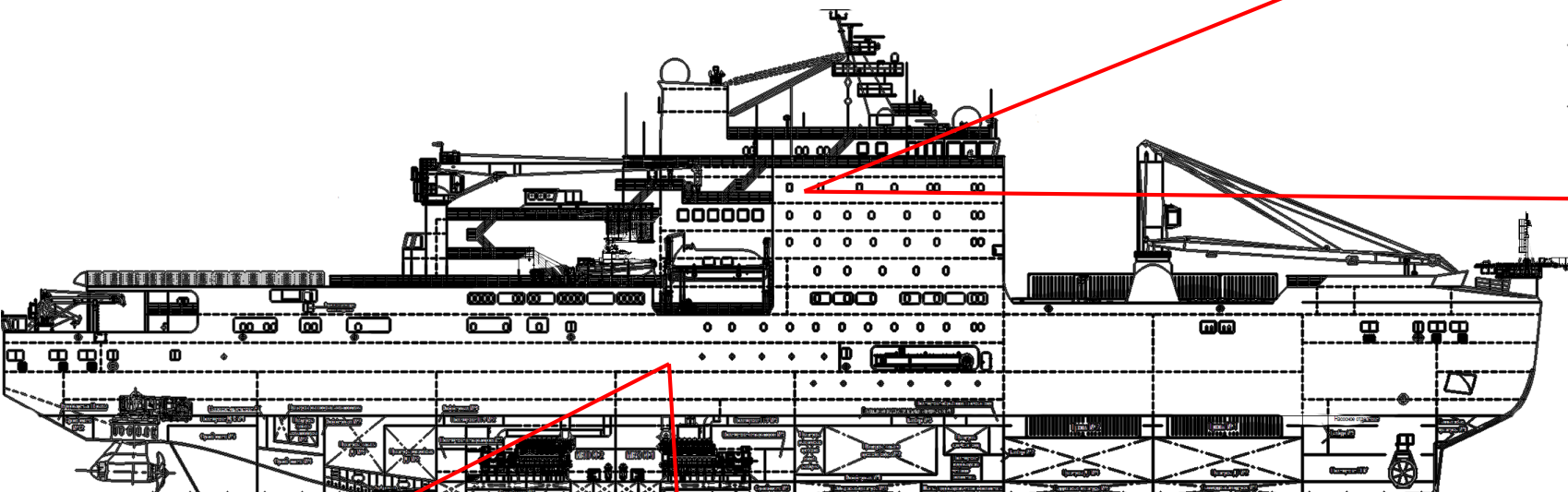
Возвратно-наклонное зондирование



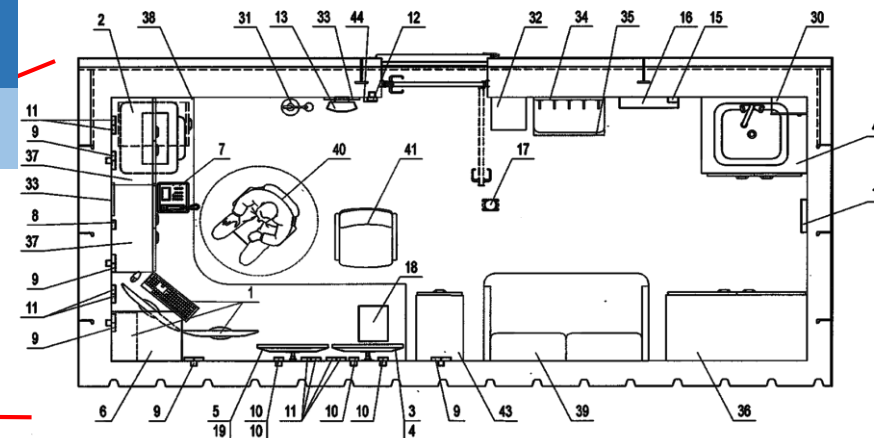
Ионограммы возвратно-наклонного зондирования НИС «Горьковская» – ПБ «Ладога»

НЭС «Иван Фролов»

Геофизические исследования

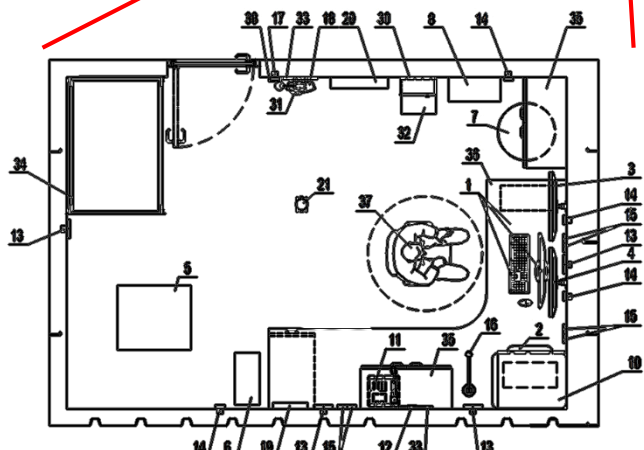


Радиофизическая лаборатория



- Наклонное зондирование ионосферы
- Радиотомография ионосферы
- Измерение напряженности электромагнитных полей
- Оптические наблюдения

Гравиметрическая лаборатория



- Проведение абсолютных и относительных гравиметрических измерений в акваториях Арктики и Антарктики



ЧЕКАН-АМ



ГАБЛ - ПМ

Полярный геофизический центр

<https://geophys.aari.ru>

Цель: предоставление открытого доступа к результатам мониторинга геофизической обстановки в Арктике и Антарктиде.

Разработана серверная структура и пользовательский интерфейс для расчета и визуализации:

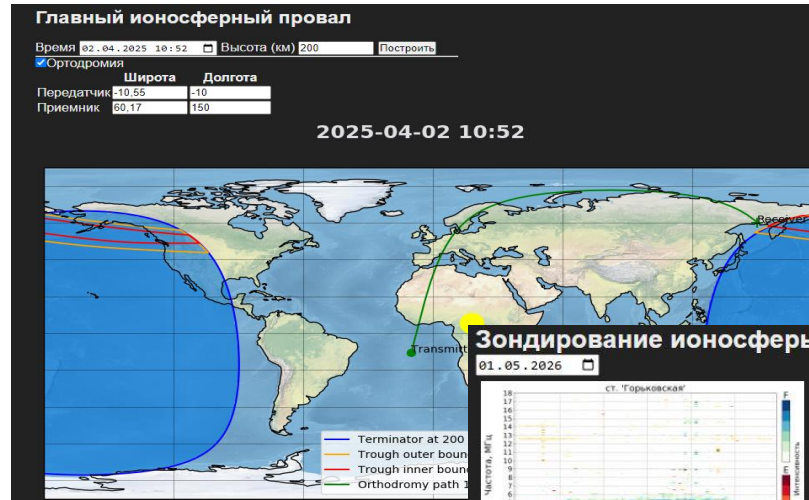
- крупномасштабных ионосферных структур,
- карт пространственного распределения плазменных частот спорадического Es-слоя,
- суточных графиков данных вертикального зондирования ионосферы.

Предоставлен доступ к моделям высыпаний частиц Ovation Prime PC и расчёта состояния области E авроральной ионосферы AIM-E.

Представлены результаты измерений:

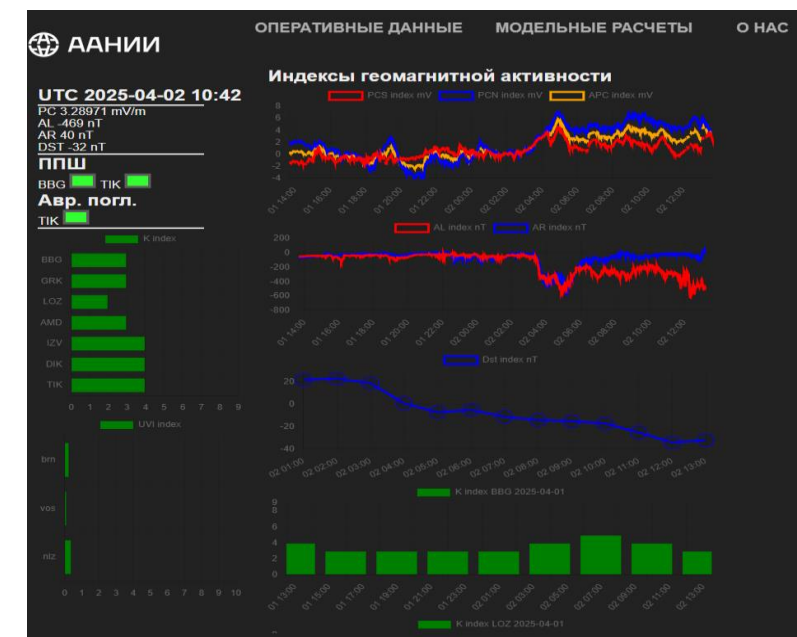
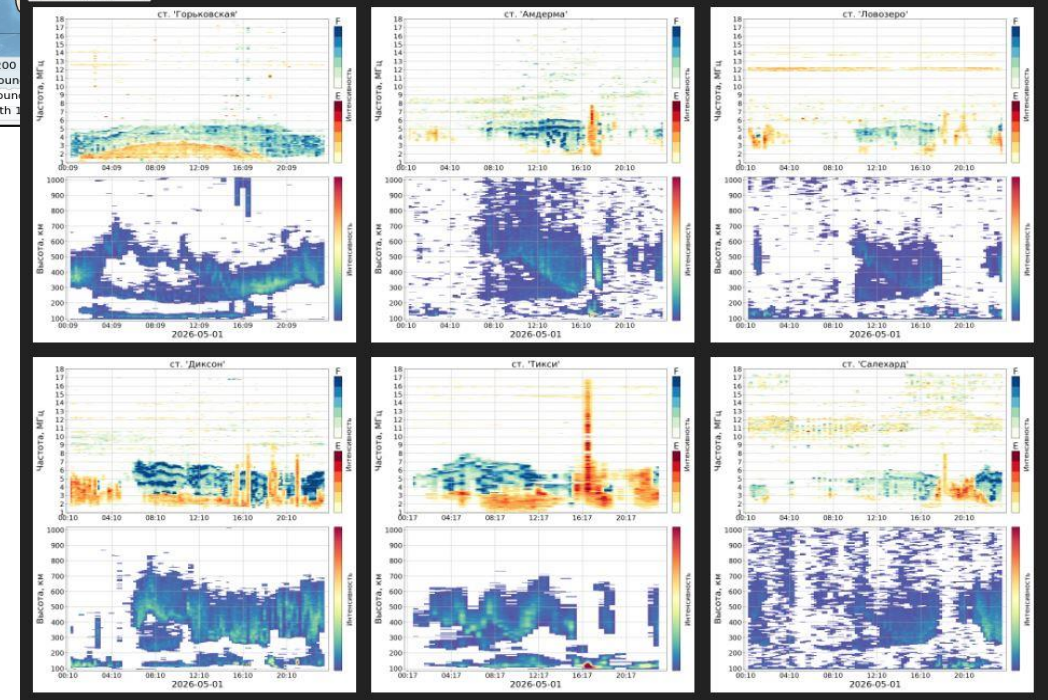
- вариаций магнитного поля Земли,
- поглощения космического излучения,
- основных параметров ионосферы,
- УФ-индекса

Сформирована сводка актуальной геофизической обстановки.



Зондирование ионосферы

01.05.2026



НАУКА НАЧИНАЕТСЯ ТАМ, ГДЕ НАЧИНАЮТ ИЗМЪРЯТЬ
НАЛИВАТЬ!