



# ЭФФЕКТЫ ВЧ НАГРЕВА ИОНОСФЕРЫ, РЕГИСТРИРУЕМЫЕ С ПОМОЩЬЮ ИОНОЗОНДА "ИОН-ФАСТ"



Н.С. Тимукин, А.В. Шиндин, К.К. Грехнева, С.П. Моисеев

ИОН-ФАСТ: ионосфера под контролем — каждую секунду!

ИОН-ФАСТ представляет собой быстрый ионозонд вертикального зондирования ионосферы, разработанный для высокоточного и оперативного мониторинга верхних слоёв атмосферы. Прибор находит применение в нескольких ключевых направлениях:

- диагностика ионосферы с определением высоты отражения радиоволн и восстановление профиля электронной концентрации;
- поддержка управления нагревными стендами за счёт оперативного подбора оптимальной рабочей частоты;
- непрерывный мониторинг динамических процессов в ионосфере с высоким временным разрешением.

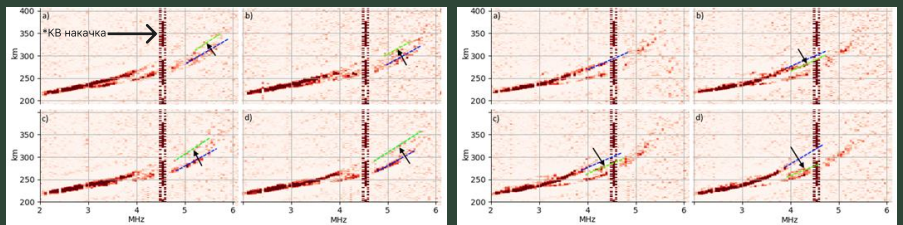
Отличительная черта ИОН-ФАСТ — выдающаяся скорость регистрации данных: **1 ИОНОГРАММА В СЕКУНДУ.**

В сравнении с традиционными системами (например, CADI, где на получение одной ионограммы уходит около 100 секунд) эта даёт принципиально новые возможности. Благодаря этому появилась возможность впервые детально фиксировать быстротекущие процессы в ионосфере, которые ранее оставались за пределами возможностей измерительной техники.

## Результаты 2024 года

- Период: 15–18 ноября 2024, 13:00–16:00 UTC
  - Стенд СУРА: частоты 6,72, 4,544, 8,060 МГц, наклон луча 12° от вертикали
  - Поляризация: 15–16 ноября — обыкновенная,
  - 17–18 ноября — необыкновенная
  - СДВ радиостанция: 22,1 кГц
  - Ионозонд:
    - ИОН-ФАСТ: 4 пункта сети,
- 1 ионограмма в секунду
- Наблюдалось быстрые смещения ионосферных слоёв.

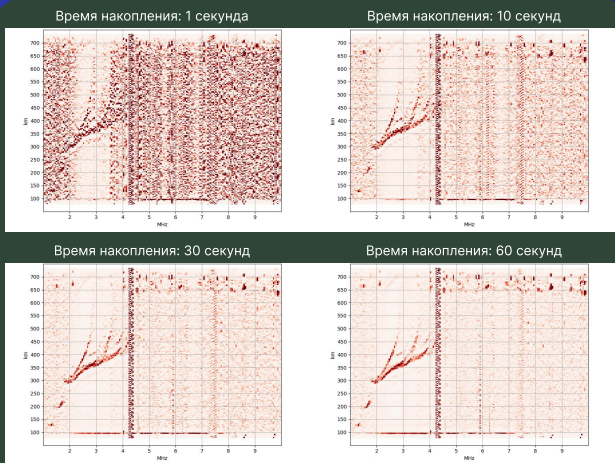
Серия ионограмм ионозонда ION-FAST, зарегистрированных 16.11.2024 в р.п. "Васильсурск"



15:32 (a), 15:33 (b), 15:34 (c), 15:35 (d) UTC.

15:44 (a), 15:45 (b), 15:46 (c), 15:47 (d) UTC.

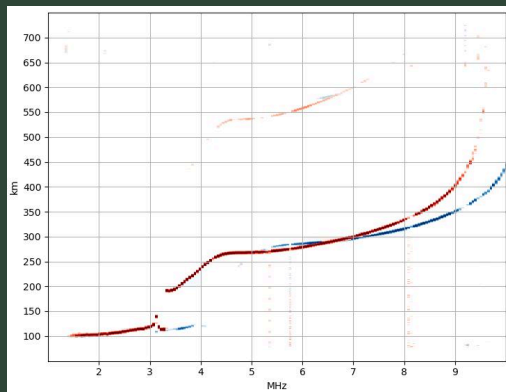
## Результаты 2026 года



Эксперимент 16.05.2026: СУРА+СДВ-радиостанция+буря G2.

Наблюдаются дополнительные отражения сигнала ионозонда. Система накопления сигнала позволяет гибко находить баланс между временным разрешением и соотношением сигнал/шум. Даже в условиях геомагнитного возмущения и сильного поглощения сигнала в нижней ионосфере и небольшой антенны (СТ-HF-FD) 5-10 секунд накопления достаточно для идентификации структур (треков O/X) на ионограммах.

Двухканальная регистрация ионограмм



В эксперименте, проведенном в марте 2026 года, успешно протестирован двухканальный режим работы ионозонда. С помощью него при условии наличия двух антенн, регистрирующих линейно поляризованный сигнал, возможна независимая регистрация сигналов O/X трекв отражения. Также это открывает дорогу к многоканальной регистрации.

Перспективы дальнейшей модернизации:

- реализация функции регистрации доплеровских частот и азимута прихода сигнала; -
- полноценная реализация функции ЛЧМ зондирования;
- проведение новых экспериментов по многоточечной согласованной регистрации ионограмм в равноудаленных (130-150 км) от стенда СУРА по сторонам света приемных пунктах, в т.ч. с использованием мобильных приемных пунктов, для регистрации параметров перемещающихся ионосферных возмущений.

## Заключение

Ионозонд "ИОН-ФАСТ" с 2024 по 2026 гг. зарекомендовал себя как мощный инструмент диагностики ионосферы. Он идеально подходит для регистрации быстрых ионосферных возмущений, обеспечивает работу одновременно со стендом СУРА, имеет гибкую систему настройки параметров, обеспечивающую баланс между временным разрешением и соотношением сигнал/шум. Принципиально сетевая структура ионозонда позволяет легко добавлять синхронизированные приемные пункты для обеспечения многоточечного и многоканального приема.

Ссылки: Moiseev, S.P.; Shindin, A.V.; Grekhneva, K.K.; Pavlova, V.A.; Timukin, N.S. ION-FAST as the NIRFI's Ionospheric Diagnostic Platform. Atmosphere 2024, 15, 188.; Beletsky, A.; Tkachev, I.; Grach, S.; Shindin, A.; Nasyrov, I.; Kogogin, D.; Emeljanov, V.; Legostaeva, Y.; Tareeva, E.; Moiseev, S.; et al. Extreme Artificial Airglow Induced by HF Pumping Sporadic E Layer at the SURA Facility. Sensors 2026, 26, 2644.

