



УДК 550.388.2

ТРЕНДЫ КРИТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТЫ f_oF2 ПО ДАННЫМ СТ. СВЕРДЛОВСК (АРТИ)А. Д. Данилов¹, И. А. Рябухин²¹Институт прикладной геофизики имени академика Е.К. Федорова (ИПГ), Москва, Россия²Институт геофизики имени Ю.П. Булашевича (ИГФ). Лаборатория-обсерватория «Арти» имени Германа и Роберта Абельсов, Свердловская область, Россия

Рассматриваются долговременные изменения (тренды) критической частоты f_oF2 ионосферного слоя $F2$ по наблюдениям на ст. Sverdlovsk. Анализируются пять околополуденных моментов местного времени 1000–1400 LT для трех зимних месяцев, а также весеннего (апрель), летнего (июль) и осеннего (октябрь) месяцев. Для устранения эффектов солнечной активности используются три индекса СА: $F30$, $Ly-\alpha$ и $MgII$. Для зимних месяцев получены выраженные отрицательные тренды f_oF2 , которые хорошо согласуются с опубликованными трендами для других среднеширотных станций. Сравнение трендов, полученных для разных месяцев, подтверждает существование сезонного хода трендов: более сильные отрицательные тренды зимой и слабые летом.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ИОНОСФЕРА, КРИТИЧЕСКАЯ ЧАСТОТА, ТРЕНДЫ

EDN: DMGIGR

1. ВВЕДЕНИЕ

Проблема долговременных изменений параметров верхней атмосферы хорошо известна и активно обсуждается в литературе. Подробное рассмотрение этой проблемы и описание результатов недавних исследований можно найти в обзорах Laštovička [2023] и Cnossen et al. [2024]. Особое внимание уделяется анализу долговременных изменений (трендов) параметров ионосферного слоя $F2$. Мы упомянем несколько работ, которые появились уже после выхода в свет указанных обзоров, ниже при обсуждении наших результатов.

Исследование проблемы ионосферных трендов в последние годы стало заметно более интенсивным. Это касается как «классических» параметров f_oF2 и $hmF2$, так и таких параметров как полное содержание электронов ТЕС и полутолщина слоя (slab thickness) ST (подробнее см. [Данилов и Бербенева, 2025]).

Анализ результатов вертикального зондирования (ВЗ) ионосферы на станциях глобальной сети ВЗ является наиболее часто используемым методом поиска трендов параметров слоя $F2$. Не отвлекаясь на обсуждение всех подходов и результатов и отсылая читателя к указанным выше обзорам, отметим только, что рассматриваются данные различных станций ВЗ, разбросанных по земному шару. Данные некоторых станций (например, Juliusruh, Rome, Townsville) анализировались неоднократно разными

Электронная почта авторов для переписки:

Данилов Алексей Дмитриевич, e-mail: adanilov99@mail.ru

<https://elibrary.ru/dmgigr>Адрес редакции журнала
«Гелиогеофизические исследования»:ФГБУ «ИПГ»
129128; Россия, Москва
ул. Ростокинская, 9.
e-mail: vestnik@ipg.geospace.ru

группами авторов. Ключевым вопросом при этом является, естественно, наличие однородного ряда данных за длительный (несколько циклов солнечной активности) период времени.

В данной работе анализируются результаты измерений $foF2$ на станции Sverdlvsk (Arti) ($56^{\circ}26' N$, $58^{\circ}34' E$). Насколько нам известно, эти данные еще не использовались для поиска долговременных трендов.

Большая серия исследований трендов параметров слоя $F2$ ($foF2$ и $hmF2$) была выполнена в течение последнего десятилетия в Институте прикладной геофизики. Мы будем ниже сравнивать полученные результаты с результатами недавней работы Данилова и др. [2024], в которой подробно анализируются тренды $foF2$ по данным шести станций Северного и Южного полушарий.

Ранее был разработан и неоднократно использовался метод определения долговременных трендов параметров ионосферного слоя $F2$. Достаточно подробное описание метода можно найти в работе Данилова и Бербенева [2023a]. Здесь мы напомним только, что метод основан на сравнении величин $foF2$ в течение двух последних десятилетий с величинами $foF2$ для тех же условий (индекс СА, момент LT, месяц) в течение «эталонного» периода 1957–1980 гг., когда еще не было трендов $foF2$ антропогенной природы. Между этими величинами $foF2$ вычисляется разница $\Delta foF2$, изменение которой со временем в течение анализируемого периода 1996–2024 гг. и дает искомый тренд $k(foF2)$. На всех приводимых рисунках показаны величины $\Delta foF2$, сглаженные с 11-летним окном.

При определении трендов ионосферных параметров очень важен вопрос о выборе индексов солнечной активности (СА) для устранения эффектов СА. Вопрос обсуждался многими исследователями. Отметим здесь лишь две работы аргентинской группы [De Haro Barbas and Elias, 2020; De Haro Barbás et al., 2021] и публикации Laštovička [2023] и Laštovička and Burešová [2023]. Недавняя работа указанной группы [Zossi et al., 2024a] рассматривает выбор наилучшего тренда СА именно в плане получаемых при этом трендов $foF2$.

В работах [Данилов и Бербенева, 2023б; Данилов и др., 2023a; Danilov and Berbeneva, 2023] подробно рассматривался вопрос о качестве описания изменения $foF2$ со временем различными индексами СА. Вывод этих работ состоит в том, что наилучшее описание обеспечивает индекс $F30$. Далее следуют индексы $Ly-\alpha$ и $MgII$. Наихудшим для такого описания является индекс Rz (число солнечных пятен). Следуя этим результатам, мы в данной работе использовали для устранения эффектов СА индексы $F30$, $Ly-\alpha$ и $MgII$.

Известно (см. Данилов и Константинова [2015]; Yue et al. [2018], Duran et al. [2023]), что тренды $foF2$ демонстрируют выраженный суточный ход – величины $k(foF2)$ отрицательны и значительны по амплитуде днем и малы ночью. Именно поэтому мы в данной работе для всех месяцев анализировали тренды для пяти околополуденных часов местного времени: 1000, 1100, 1200, 1300 и 1400 LT.

Наибольшее внимание было уделено зимним месяцам, поскольку именно для них наблюдаются наиболее хорошо выраженные тренды [Данилов и др. 2024; Duran et al., 2023]. Однако для дополнительной проверки сезонных вариаций трендов $foF2$ мы провели также соответствующие расчеты для апреля, июля и октября.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ДЛЯ ЗИМНИХ МЕСЯЦЕВ

Как уже указывалось, были проанализированы измерения $foF2$ методом ВЗ на ст. Sverdlvsk в околополуденные часы трех зимних месяцев. Для января и февраля имелись данные до 2024 г. Для декабря по техническим причинам отсутствовали данные за 2023 г., поэтому анализируемый ряд данных кончался 2022 г.

Примеры вариаций со временем величин $\Delta foF2$, наклон линейной аппроксимации которых и дает искомую величину $k(foF2)$, для зимних месяцев при использовании разных индексов СА приведены на рисунках 1–3. На всех рисунках в данной статье величины $k(foF2)$ приведены в единицах МГц в год. Приводятся также величины коэффициента определенности R^2 по F-тесту Фишера, которые характеризуют статистическую значимость получаемых зависимостей S .

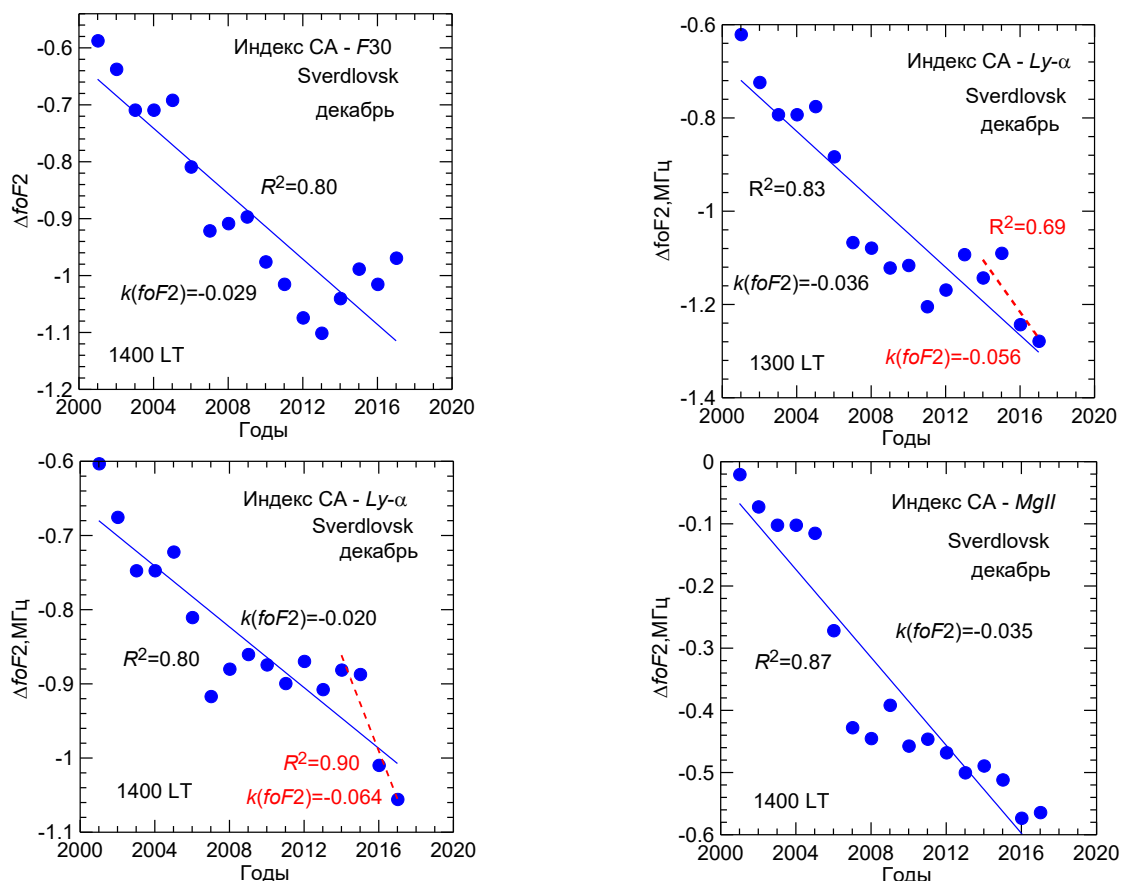


Рис. 1. Примеры изменения $\Delta foF2$ со временем для декабря

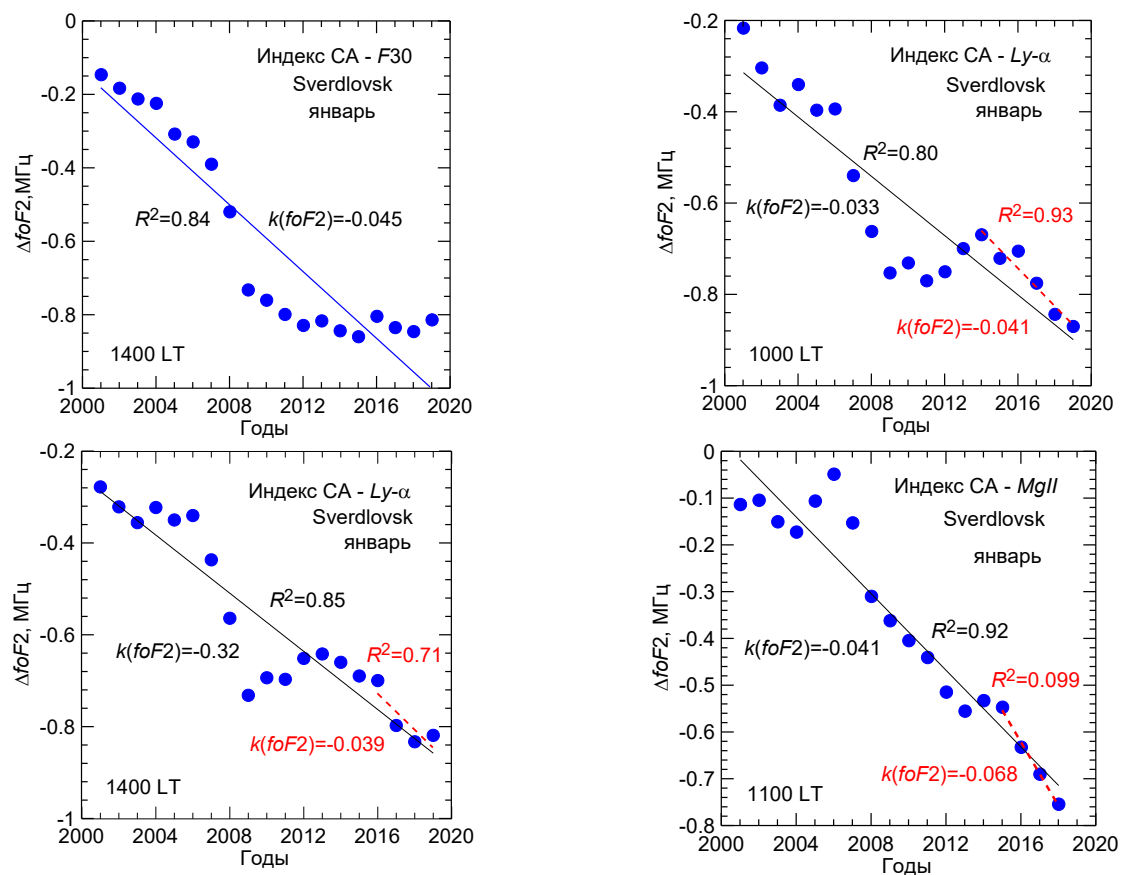
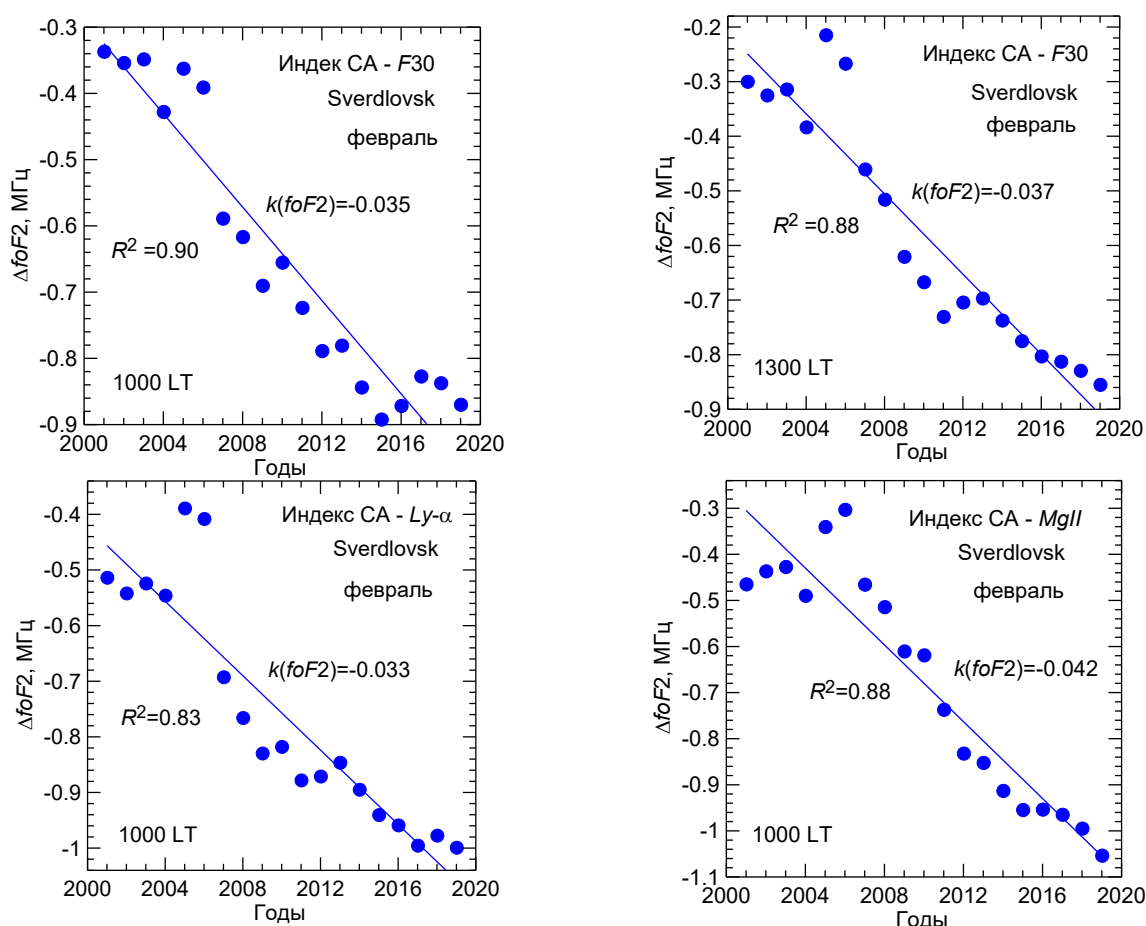


Рис. 2. Примеры изменения $\Delta foF2$ со временем для января

Рис. 3. Примеры изменения $\Delta foF2$ со временем для февраля

Как видно из этих рисунков, при использовании всех трех индексов СА для всех трех зимних месяцев наблюдается хорошо выраженное уменьшение величины $\Delta foF2$ со временем. Величины R^2 указывают на значимость получаемых зависимостей. Напомним, что в соответствии с F-критерием Фишера при имеющемся количестве точек показанные на рисунках величины R^2 дают статистическую значимость S , которая превышает 98%. Наблюдаемое уменьшение $\Delta foF2$ со временем дает отрицательные величины тренда $k(foF2)$, которые не сильно отличаются друг от друга.

Сводка результатов для зимних месяцев приведена в таблице 1. Величины SD показывают среднеквадратическую ошибку при усреднении величин $k(foF2)$ для каждой ситуации (месяц, индекс СА) по всем пяти моментам LT.

Таблица 1 показывает, что усреднение по всем пяти LT дает вполне разумные величины $k(foF2)$ для каждой ситуации (месяц, индекс СА) с относительно небольшими величинами SD.

Если рассмотреть средние по всем индексам СА величины $k(foF2)$ для каждого месяца, мы получим следующие значения: -0.031 , -0.037 и -0.035 МГц в год для декабря, января и февраля, соответственно. Как видим, согласие между тремя зимними месяцами очень хорошее.

Сравним полученные средние тренды с результатами работы Данилова и др. [2024]. Для ст. Moscow там получен усредненный по тем же моментам LT и тем же индексам СА тренд, равный -0.025 МГц в год для января и -0.036 МГц в год для февраля. Те же цифры для ст. Boulder равны -0.028 МГц в год и -0.033 МГц в год, соответственно, а для ст. Juliusruh. -0.035 и -0.041 МГц в год, соответственно. Согласие полученных в этой работе величин $k(foF2)$ с результатами определения трендов $foF2$ для трех среднеширотных станций Северного полушария можно считать хорошим.

На некоторых панелях рисунков 1-3 пунктиром показан тенденция изменения $\Delta foF2$ в течение недавних нескольких лет. Мы вернемся к этому факту ниже.

Таблица 1. Тренды $foF2$ в МГц/год для трех зимних месяцев

	1000 LT	1100 LT	1200 LT	1300 LT	1400 LT	Сред. за 1000-1400 LT	SD
Декабрь							
$F30$							
Тренд	-0.021	-0.036	-0.030	-0.040	-0.029	-0.031	0.007
R^2	0.38	0.71	0.70	0.79	0.80		
$Ly-a$							
Тренд	-0.016	-0.038	-0.023	-0.036	-0.020	-0.026	0.009
R^2	0.54	0.84	0.81	0.83	0.80		
$MgII$							
Тренд	-0.032	-0.040	-0.045	-0.034	-0.035	-0.037	0.005
R^2	0.77	0.94	0.91	0.83	0.87		
Январь							
$F30$							
Тренд	-0.038	-0.037	-0.039	-0.036	-0.045	-0.040	0.005
R^2	0.86	0.81	0.78	0.76	0.84		
$MgII$							
Тренд	-0.031	-0.041	-0.043	-0.037	-0.049	-0.040	0.007
R^2	0.92	0.92	0.94	0.94	0.97		
$Ly-a$							
Тренд	-0.033	-0.036	-0.034	-0.027	-0.032	-0.032	0.003
R^2	0.80	0.82	0.87	0.79	0.85		
Февраль							
$F30$							
Тренд	-0.035	-0.028	-0.028	-0.037	-0.032	-0.032	0.004
R^2	0.90	0.87	0.79	0.88	0.88		
$Ly-a$							
Тренд	-0.033	-0.031	-0.034	-0.033	-0.032	-0.033	0.001
R^2	0.83	0.72	0.70	0.74	0.75		
$MgII$							
Тренд	-0.042	-0.035	-0.035	-0.043	-0.038	-0.039	0.004
R^2	0.88	0.77	0.74	0.79	0.79		

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ДЛЯ ДРУГИХ СЕЗОНОВ

Мы рассмотрели также данные для типичного весеннего месяца апрель, типичного летнего месяца июль и типичного осеннего месяца октябрь. Примеры получаемых зависимостей от времени величин $\Delta foF2$ приведены на рисунках 4–6.

Сводка результатов для трех рассматриваемых месяцев приводится в таблице 2.

Рисунки 4–6 и таблица 2 говорят о следующем. Лучше, или хуже выраженные отрицательные тренды видны для всех ситуаций (момент LT, индекс CA, месяц). Для летнего месяца июля отрицательные величины $k(foF2)$ значительно меньше, чем для зимних месяцев (см. предыдущий параграф). При этом разброс величин $\Delta foF2$ относительно аппроксимирующей линии значительно сильнее. Это отражается в величинах R^2 , которые в среднем меньше (в некоторых случаях значительно), чем соответствующие величины для зимних месяцев. Сильнее и разброс величин $k(foF2)$ для разных моментов LT, но одного индекса CA.

Усреднение по всем индексам CA величин $k(foF2)$ для июля дает среднее значение, равное -0.013 МГц в год.

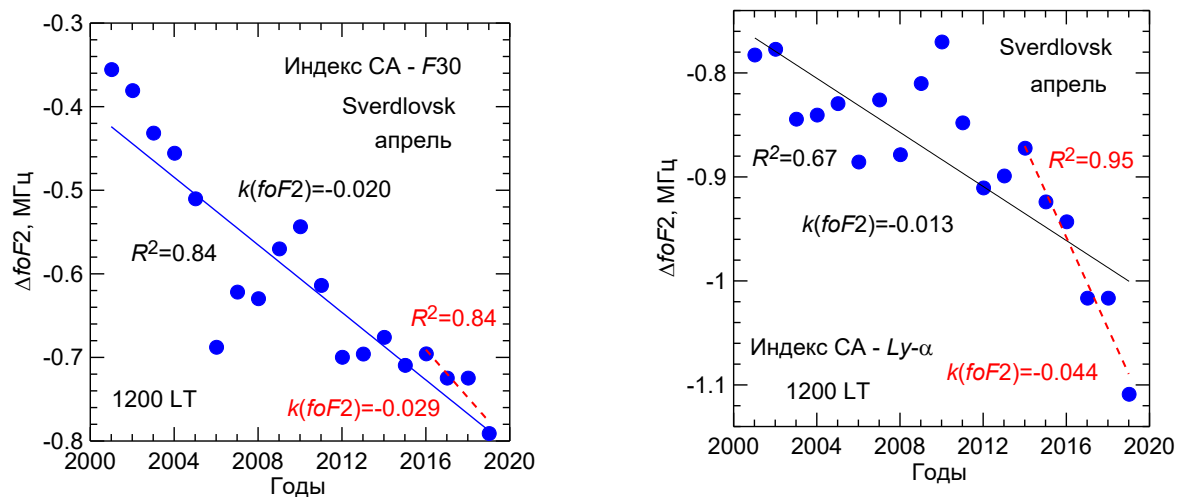


Рис. 4. Примеры изменения $\Delta foF2$ со временем для апреля

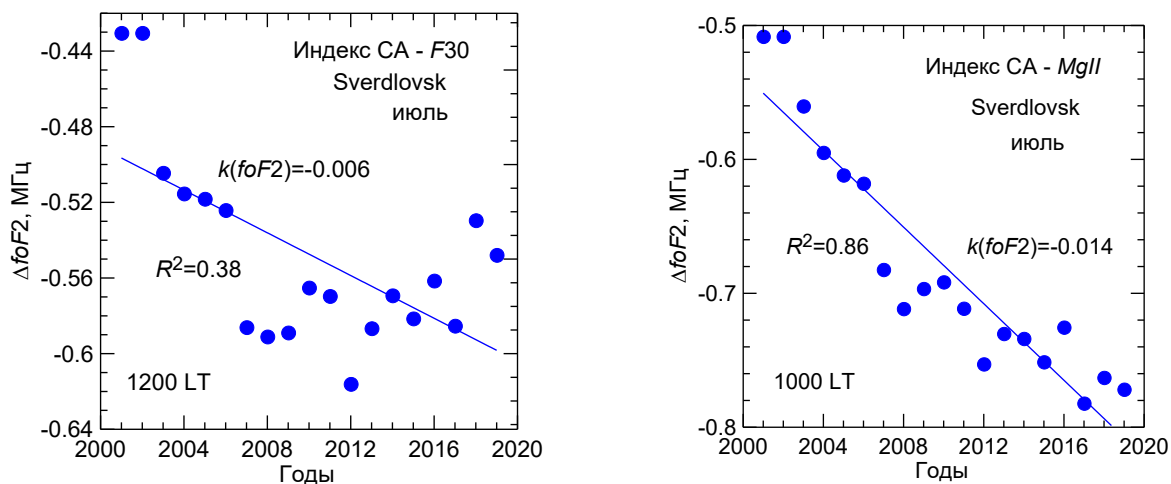


Рис. 5. Примеры изменения $\Delta foF2$ со временем для июля

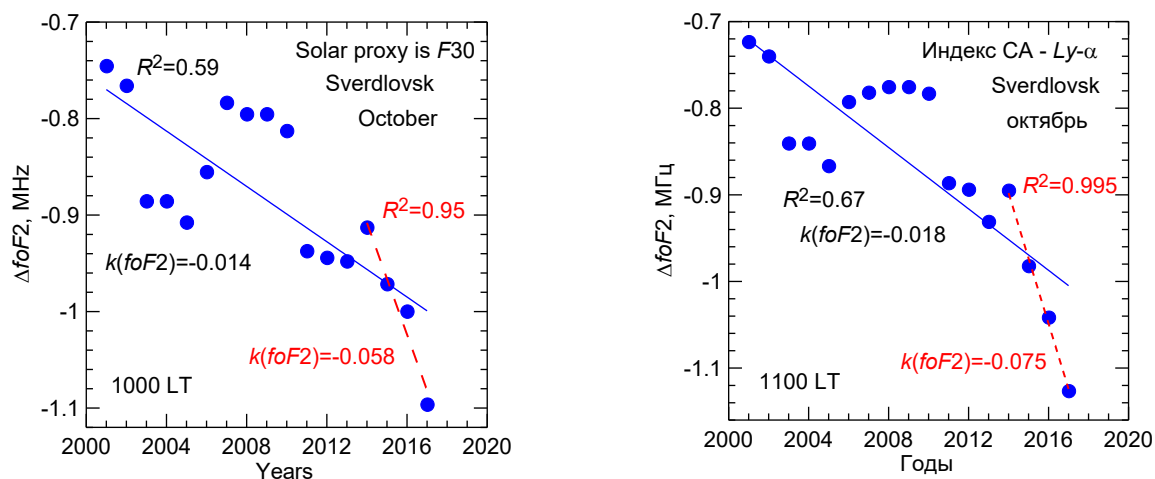


Рис. 6. Примеры изменения $\Delta foF2$ со временем для октября

Таблица 2. Величины тренда $foF2$ в МГц/год для апреля, июля и октября

	1000 LT	1100 LT	1200 LT	1300 LT	1400 LT	Сред. за 1000-1400 LT	SD
Апрель							
$F30$							
Тренд	–0.033	–0.027	–0.020	–0.015	–0.014	–0.022	0.008
R^2	0.76	0.73	0.84	0.85	0.77		
$MgII$							
Тренд	–0.029	–0.042	–0.028	–0.023	–0.022	–0.029	0.009
R^2	0.91	0.90	0.92	0.93	0.92		
$Ly-a$							
Тренд	–0.033	–0.027	–0.013	–0.012	–0.009	–0.019	0.011
R^2	0.84	0.81	0.67	0.92	0.68		
Июль							
$F30$							
Тренд	–0.012	–0.004	–0.006	–0.013	–0.013	–0.010	0.004
R^2	0.71	0.27	0.38	0.51	0.40		
$MgII$							
Тренд	–0.014	–0.016	–0.019	–0.015	–0.018	–0.016	0.002
R^2	0.86	0.92	0.91	0.88	0.79		
$Ly-a$							
Тренд	–0.011	–0.011	–0.018	–0.013	–0.012	–0.013	0.003
R^2	0.89	0.74	0.70	0.54	0.74		
Октябрь							
$F30$							
Тренд	–0.014	–0.018	–0.020	–0.018	–0.020	–0.018	0.002
R^2	0.59	0.67	0.56	0.70	0.56		
$MgII$							
Тренд	–0.020	–0.029	–0.027	–0.023	–0.020	–0.024	0.004
R^2	0.41	0.72	0.71	0.68	0.64		
$Ly-a$							
Тренд	–0.014	–0.018	–0.020	–0.018	–0.020	–0.018	0.002
R^2	0.59	0.67	0.55	0.70	0.58		

Анализу сезонных вариаций трендов $foF2$ было посвящено несколько публикаций. Не отвлекаясь здесь на их подробное обсуждение, отметим только, что все они дают выраженный сезонный ход: заметные отрицательные тренды в зимние месяцы и небольшие по амплитуде (отрицательные, или положительные) тренды летом. Так в работе Данилова и др. [2023б] по данным ст. Juliusruh для летнего месяца июня получена средняя величина $k(foF2)$, равная -0.018 МГц в год. Легко видеть, что тренд для ст. Sverdlovsk для июля близок к этой величине.

Если усреднить для апреля средние тренды для каждого индекса СА (см. табл. 2), мы получим $k(foF2) = -0.021$ МГц в год. Та же величина для октября составит -0.020 МГц в год. Эти значения лежат (как это и должно быть для весенне-осенних месяцев) между значениями для зимы (среднее по трем месяцам $k(foF2) = -0.034$ МГц в год, табл. 1) и приведенным выше значением для июля (-0.013 МГц в год).

4. ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной задачей данной работы был анализ данных вертикального зондирования на ст. Sverdlovsk для выделения долговременных трендов критической частоты слоя $F2$ $foF2$. Для выполнения этой задачи мы рассмотрели измерения $foF2$ за два периода. Первый период (1957–1980 гг.) использовался для получения зависимости $foF2$ от солнечной активности в годы, когда,

скорее всего, еще не было антропогенных эффектов в верхней атмосфере и ионосфере. Данные второго периода (1996–2024 гг.) использовались непосредственно для определения тренда f_oF2 , $k(f_oF2)$.

В соответствии с современными представлениями о суточных вариациях трендов (днем сильнее, чем ночью) анализировались пять моментов местного времени: 1000–1400 LT. Для избавления от эффектов солнечной активности использовались три индекса СА: $F30$, Ly -а и $MgII$.

Результаты определения трендов приведены в двух предыдущих параграфах. Основным результатом состоит в том, что для зимних месяцев получены величины $k(f_oF2)$, хорошо согласующиеся между собой для разных моментов LT и для разных индексов СА. Величины трендов для других месяцев подтверждают картину сезонных вариаций $k(f_oF2)$, которая была получена ранее по данным других станций – наиболее сильные отрицательные тренды зимой, отсутствие, или слабые тренды летом и средние значения $k(f_oF2)$ в переходные периоды (весной и осенью).

Как уже указывалось во Введении, в последние годы наблюдается заметная интенсификация исследований долговременных трендов параметров ионосферного слоя $F2$. В задачи данной работы не входит обзор этих исследований. Отошлем читателя к недавним работам Данилова и Бербенева [2025] и Elias et al. [2024], где сравниваются результаты определения трендов разных параметров слоя.

Здесь упомянем только работы, которые появились после обзора Cnossen et al. [2024]. Natali et al. [2024] анализировали глобальные карты полного содержания электронов ТЕС по измерениям на глобальной сети станций. Они получили заметные широтные вариации трендов ТЕС – самые сильные отрицательные тренды наблюдаются в районе экватора. Для средних широт получен тренд ТЕС порядка $-(0.34-0.39)$ TECU/год. Если условно принять среднюю величину ТЕС равной 30 TECU, это дает тренд порядка -1% в год. Если отнести полученную в данной работе для зимы величину $k(f_oF2) \sim -0.030$ МГц в год к условно средней величине $f_oF2=8$ МГц, мы получим тренд f_oF2 , равный -0.4% в год.

Анализу глобальной картины трендов ТЕС была также посвящена работа Urbar and Lastovicka [2024]. Не отвлекаясь на детали пространственных вариаций этих трендов, отметим усредненное значение тренда ТЕС, равное -0.104 TECU в год. Это несколько меньше, чем величина, полученная Natali et al. [2024], но при переводе в проценты в год ближе к нашему результату.

В работе Zossi et al. [2024b] анализировались тренды f_oF2 по данным 10 станций Северного и Южного полушарий. Для разных станций получились тренды, отличающиеся по амплитуде. Усреднение по всем десяти станциям дало следующие результаты: -0.051 МГц в год при использовании индекса $MgII$ и -0.033 МГц в год при использовании индекса $F30$. Легко видеть, что это близко к нашим результатам.

Возвращаясь к нашим результатам для ст. Sverdllovsk, здесь уместно отметить следующее. Как видно из приведенных рисунков, в некоторых ситуациях (момент LT, индекс СА, месяц) точки недавних лет указывают на более быстрое падение величины Δf_oF2 , чем дает линейная аппроксимация всех точек. Создается впечатление, что в эти годы уменьшение f_oF2 происходит быстрее, т. е. усиливается отрицательный тренд. Наиболее выразительные случаи помечены на рисунках красным цветом.

Конечно, это впечатление основывается всего на нескольких точках. И, что существенно, этот эффект наблюдается не на всех рисунках. Для многих ситуаций такого эффекта не наблюдается. Мы сочли все-таки нужным об этом эффекте упомянуть здесь лишь потому, что он, если существует, может быть очень важен для всей проблемы долговременных трендов в ионосфере. В работе Данилова и др. [2024] усиление трендов как f_oF2 , так и высоты слоя $F2$, $hmF2$, было отмечено для всех рассматривавшихся станций.

ЛИТЕРАТУРА

- Данилов А. Д., Бербенева Н. А. Тренды критической частоты слоя $F2$ в последнее десятилетие // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 63 № 2. 2023а. С. 139–146.
- Данилов А. Д., Бербенева Н. А. Статистический анализ зависимости критической частоты f_oF2 от различных индексов солнечной активности // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 63 № 5 С. 584–594. 2023б.
- Данилов А. Д., Бербенева Н. А. Тренды параметров области F и их возможные причины // Геомагнетизм и аэрономия Т. 65. №2. 2025 (принято).
- Данилов А. Д., Константинова А. В. Вариации трендов f_oF2 с сезоном и местным временем // Геомагнетизм и аэрономия Т. 55. №1. С. 51–58. 2015.

- Данилов А. Д., Константинова А. В., Бербенева Н. А. Дальнейший детальный анализ зависимости foF2 от солнечной активности // Гелиогеофизические исследования. Вып. 40. С. 68–80. 2023а.
- Данилов А. Д., Константинова А. В., Бербенева Н. А. Детальный анализ суточных вариаций трендов foF2 // Гелиогеофизические исследования. Вып. 39. С. 8–16. 2023б.
- Данилов А. Д., Константинова А. В., Бербенева Н. А. Тренды критической частоты foF2 по данным станций северного и южного полушарий // Геомагнетизм и аэрономия Т. 64. № 3. С. 2024.
- Cnossen I, Emmert J. T. Garcia R. R., Elias A. G., Mlynarczyk M. G., Zhang Sh. R. A review of global long-term changes in the mesosphere, thermosphere and ionosphere: a starting point for inclusion in (semi-)empirical models // Adv. Space Res. V.74. Issue 11, P. 5991–6011. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2024.10.005>
- Danilov A. D., Berbeneva N. A. Statistical analysis of the critical frequency foF2 dependence on various solar activity indices // Adv. Space Res. V. 72. P. 2351–2361. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2023.05.012>.
- De Haro Barbás B. F., Elias A. G. Effect of the inclusion of solar cycle 24 in the calculation of foF2 long-term trend for two Japanese ionospheric stations // Pure Appl. Geophys. V. 177. P. 1071–1078. 2020.
- De Haro Barbás D. F., Elias, A. G., Venchiarutti, J. V., Fagre M., Zossi B. S., Jun G. T., Medina F. D. MgII as a solar proxy to filter F2-region ionospheric parameters // Pure Appl. Geophys. V. 178. P. 4605–4618. 2021.
- Duran T., Melendi Y., Zossi B. S., de Haro Barbás B. F., Buezas F. S., Juan A., Elias A.G. Contribution to ionospheric F2 region long-term trend studies through seasonal and diurnal pattern analysis // 2023.
- Elias A. Alberti T., Bravo M, et al. Long-term trends in the ionospheric equivalent slab thickness: Some evidences by Working Team #1 within IAGA WGII-F // Paper presented at the 12th International Workshop on Long-Term Changes and Trends in the Atmosphere, 6-10 May 2024, Ourense, Galicia, Spain.
- Laštovička J. Progress in investigating long-term trends in the mesosphere, thermosphere, and ionosphere // Atmos. Chem. Phys. V. 23. P. 5783–5800. 2023.
- Laštovička J. Dependence of long-term trends in foF2 at middle latitudes on different solar activity proxies // Adv. Space Res. V. 73. Issue 1. P. 685–689. 2024. DOI: 10.1016/j.asr.2023.09.047.
- Laštovička J., Burešová D. Relationships between foF2 and various solar activity proxies // Space Weather V. 21. N. e2022SW003359. <https://doi.org/10.1029/2022SW003359> 2023.
- Natali M. P, Urutti A., Castaño J. M., Zossi B. S., Duran T., Amalia Meza A., Elias A. G. Long term Global Ionospheric total electron content trend analysis // Geophysical Research Letters, 51, 2024. DOI:10.1029/2024GL112248.
- Urbář J., Laštovička J. Global long-term trends in the total electron content // ANGEО. Volume 43, issue 1, 43, 67–72, 2025 <https://doi.org/10.5194/angeo-43-67-2025>
- Yue X., Hu L., Wei Y., Wan W., and Ning B. Ionospheric trend over Wuhan during 1947–2017: Comparison between simulation and observation // J. Geophys. Res.-Space, V. 123, P. 1396–1409, <https://doi.org/10.1002/2017JA024675>, 2018.
- Zossi B. S., Medina F. D., Duran T & Elias A. G. Selecting the best solar EUV proxy for long-term timescale applications. Adv. Space Res. 2024a. <https://doi.org/10.1016/J.ASR.2024.07.023>.
- Zossi B. S, Medina F. D., Duran T., Elias A. G. The effect of mixing EUV proxies on the correlation with foF2 and on long-term trends estimations // Adv. Space Res. 2024b.

TRENDS IN THE CRITICAL FREQUENCY foF2 BASED ON THE SVERDLOVSK (ARTI) STATION DATA

Danilov A. D., Ryabukhin I. A.

Long-term variations (trends) in the critical frequency foF2 of the ionospheric F2 layer based on observations at the Sverdlovsk station are considered. Five near-noon moments 1000–1400 LT are analyzed for three winter months and spring (April), summer (July), and fall (October) months. Three solar activity (SA) indices (F30, Ly-α и MgII) are used to reject the SA effects. For the winter months, well pronounced negative trends in foF2 are derived, and they agree well to the published trends for other midlatitude stations. Comparison of the trends obtained for different months confirm an existence of the seasonal behavior of the trends: stronger negative trends in winter and weak trends in summer.

KEYWORDS: IONOSPHERE, CRITICAL FREQUENCY, TRENDS