



# ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ МАКСИМУМА ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ СЛОЯ F2 ПО ДАННЫМ САМОГО ДЛИННОГО РЯДА НАБЛЮДЕНИЙ ТОМСКОЙ ИОНОСФЕРНОЙ СТАНЦИИ

*А. Н. Борисевич<sup>2</sup>, С.А. Колесник<sup>1</sup>*

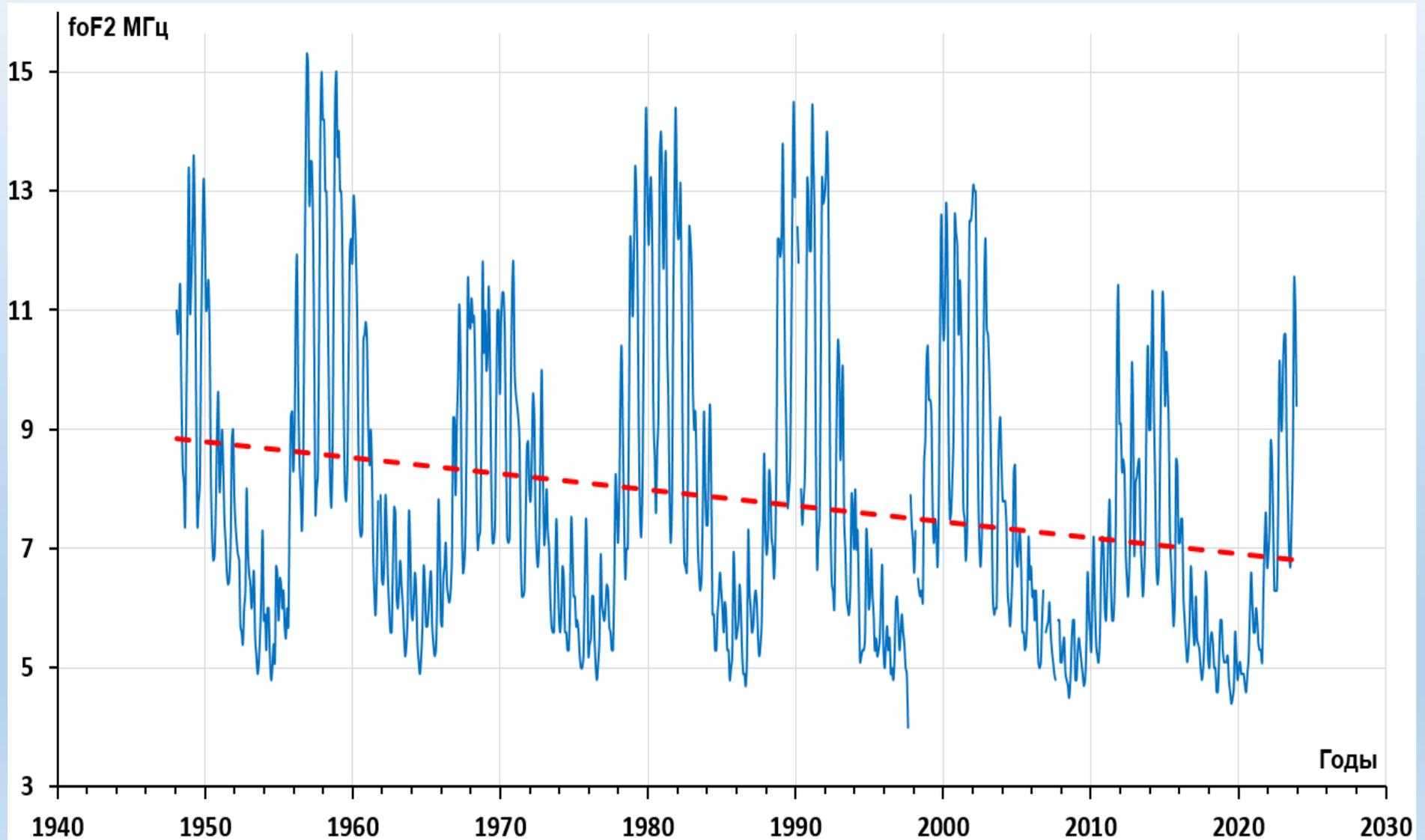
<sup>1</sup>Томский государственный университет

<sup>2</sup>Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный  
центр Сибирского отделения Российской академии наук»

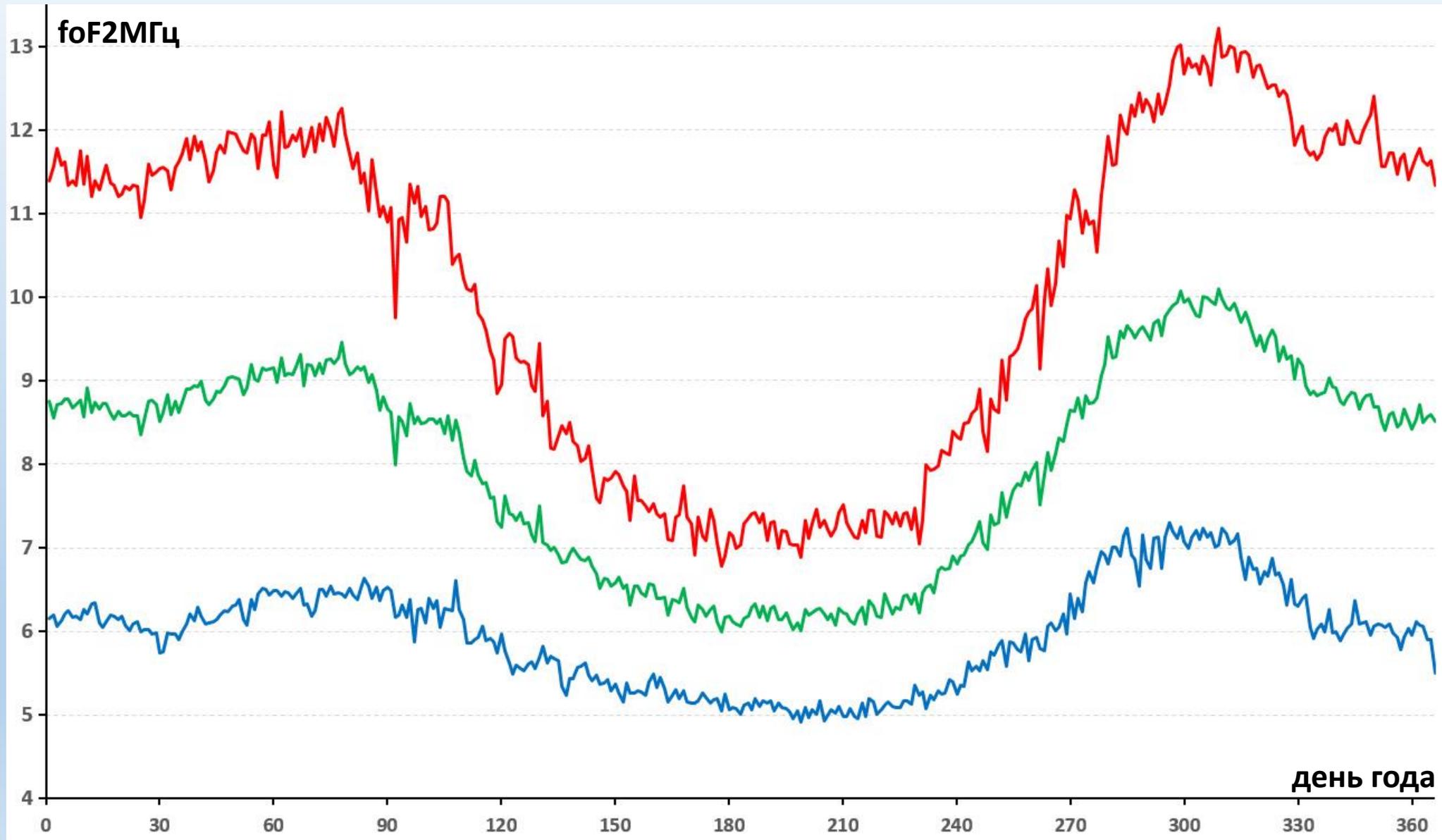
serkol@mail.tsu.ru, [aborisevich77@gmail.com](mailto:aborisevich77@gmail.com)

Москва – 2024

Полный ряд месячных медиан суточных максимумов foF2,  
и его линейный тренд со скоростью убывания -27кГц/год



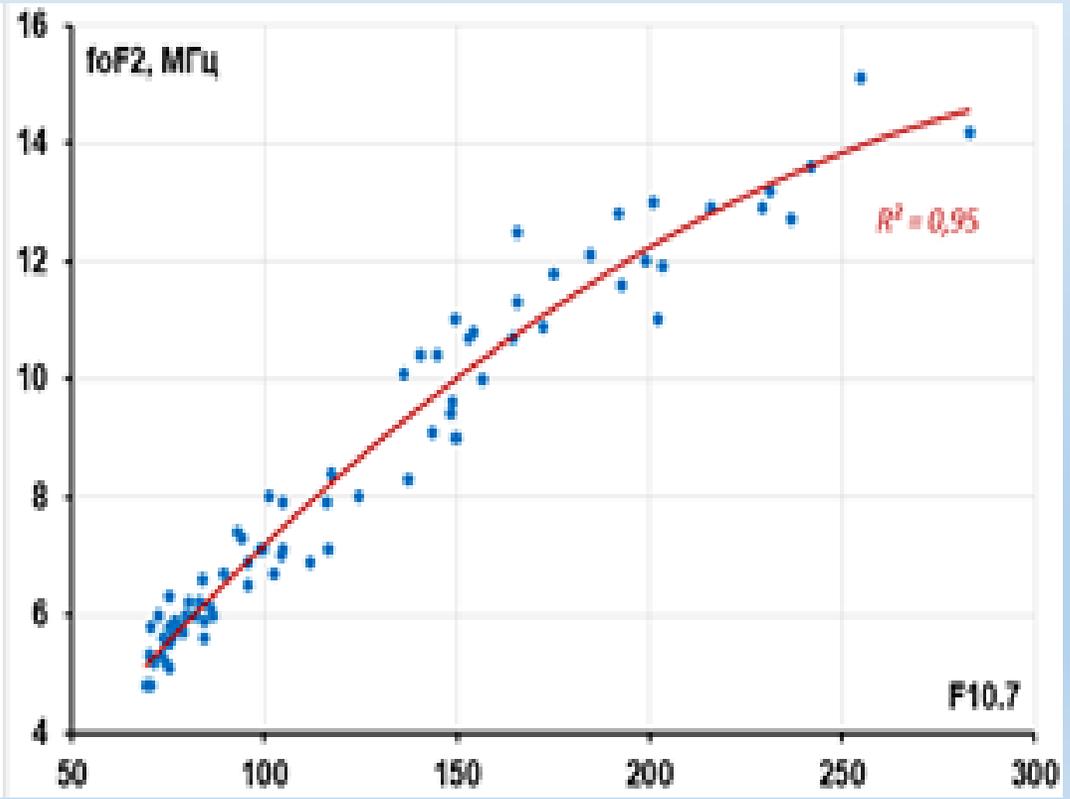
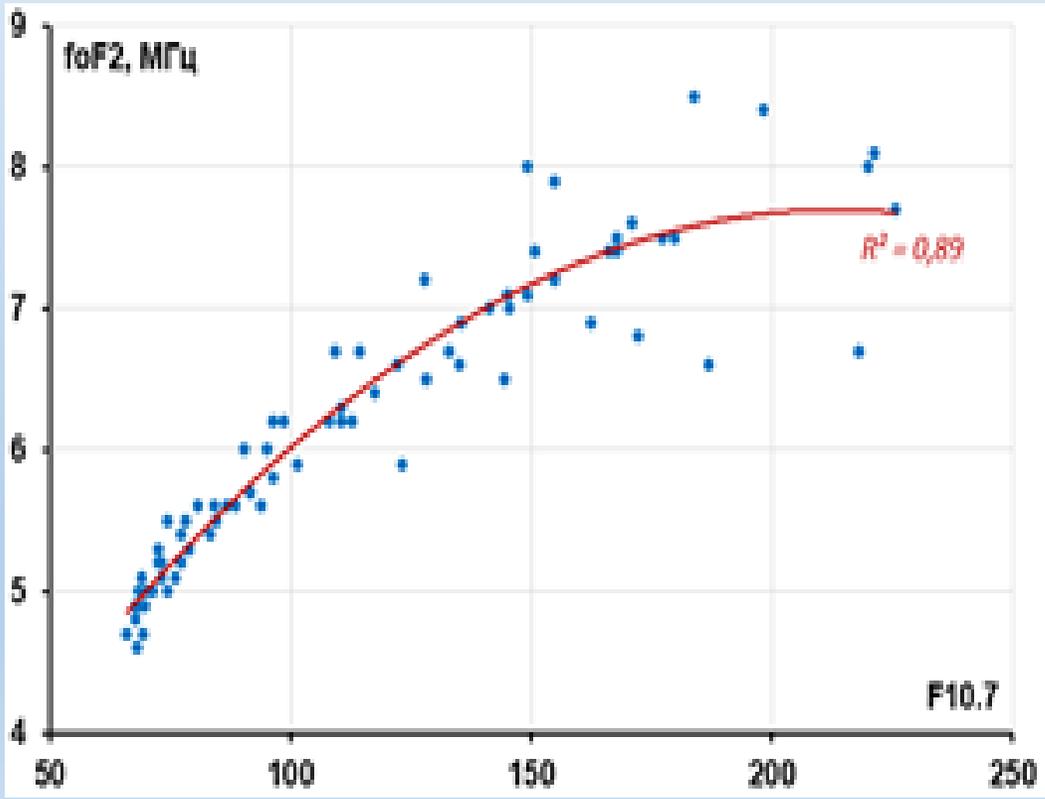
Среднегодовой ход суточных максимумов foF2,  
при **высокой СА** ( $F_{10,7} > 140$ ), **низкой СА** ( $F_{10.7} < 95$ ), и **полного ряда наблюдений**



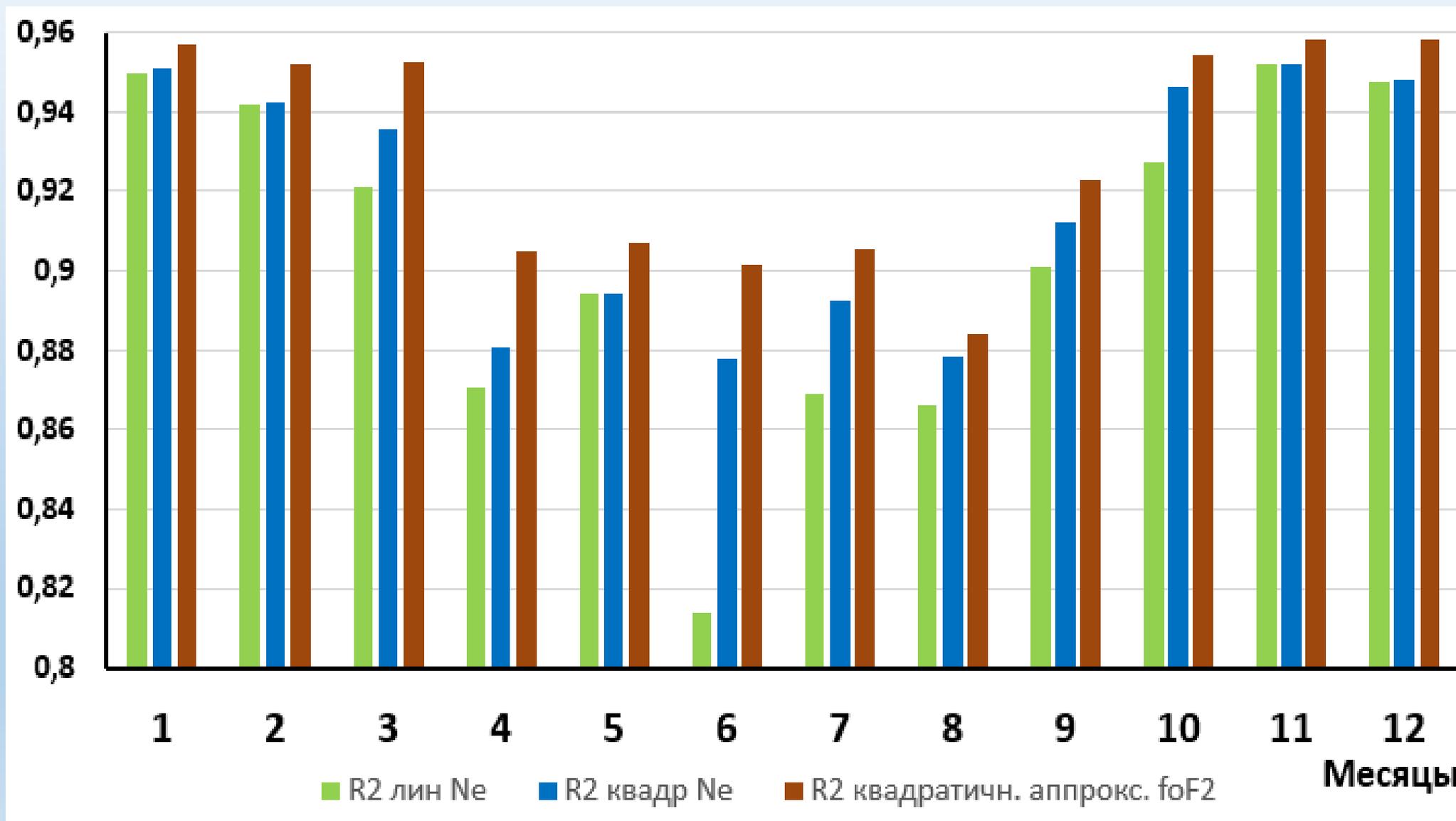
Регрессии между foF2 и F10,7 для июня (слева) и декабря (справа)

$$foF2 = 9 \cdot 10^{-6} \sqrt{n_m}$$

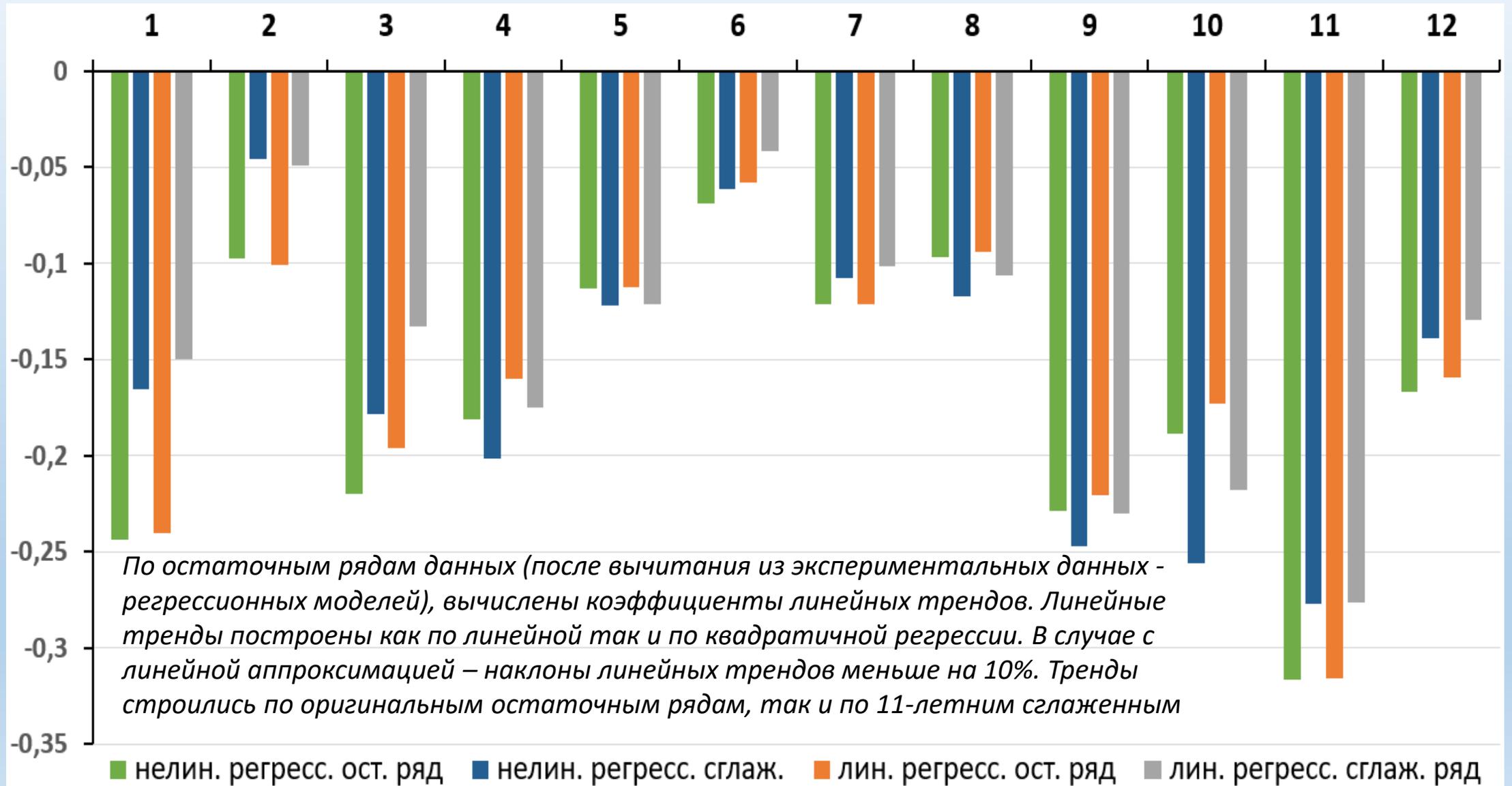
$$n_m = a F_{10,7} + b$$



# Сравнение коэффициентов детерминации $R^2$ для аппроксимационных моделей Ne и foF2 по каждому месяцу



# Сравнение линейных коэффициентов трендов $N_e$ полученных разными способами, для каждого месяца ( $10^{10} \text{ e}^- \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{год}^{-1}$ ) для всего ряда наблюдений

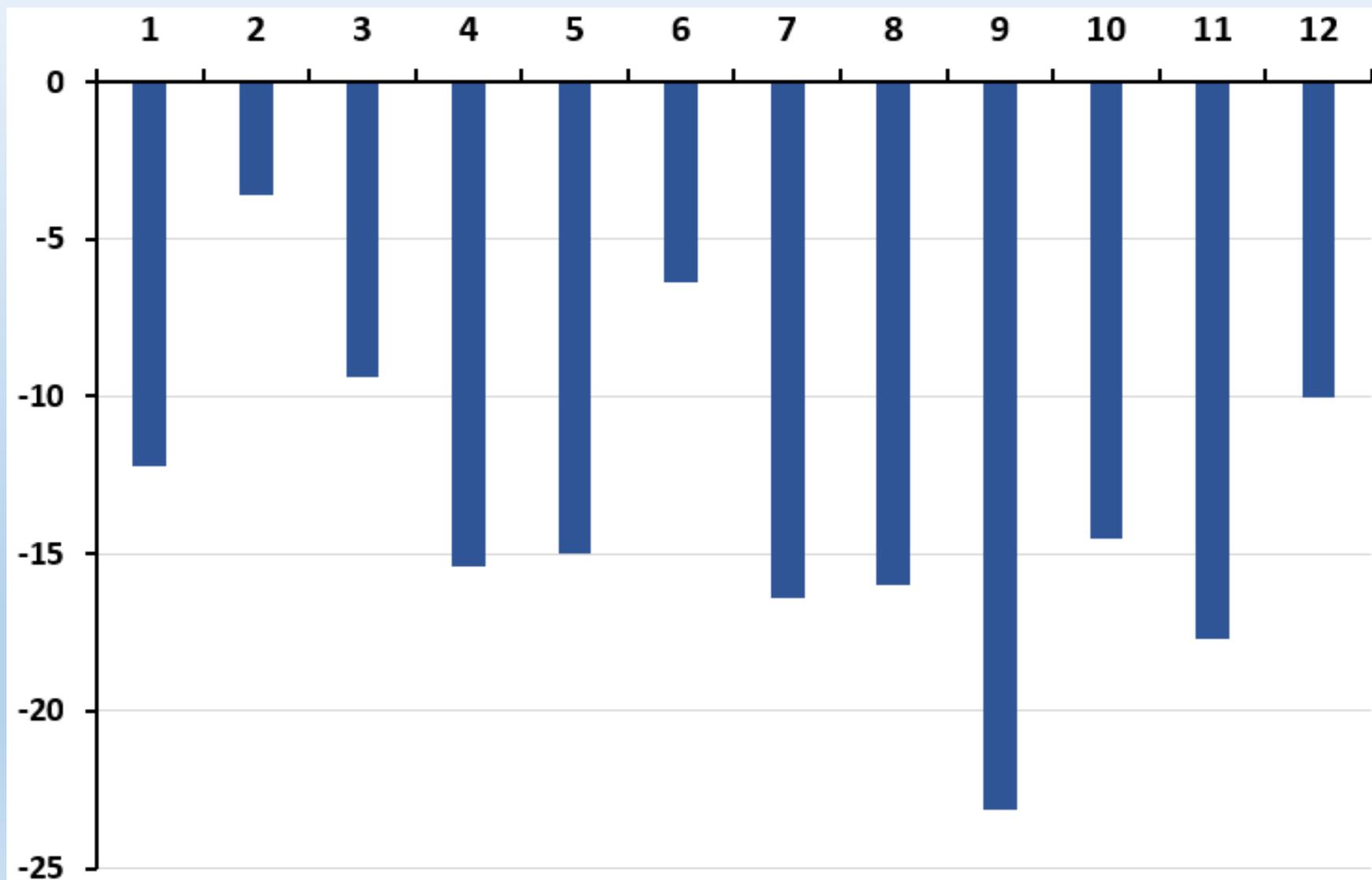


## Скорость изменения foF2 до 1980 года

месяцы	$V_{foF2}$	месяцы	$V_{foF2}$	месяцы	$V_{foF2}$	месяцы	$V_{foF2}$
1	-19,3	4	2,5	7	-7,4	10	-1,1
2	-29,1	5	-9,7	8	-8,7	11	-14,1
3	-17,1	6	-5,0	9	-11,6	12	-9,5
среднегодовое значение							-10,8

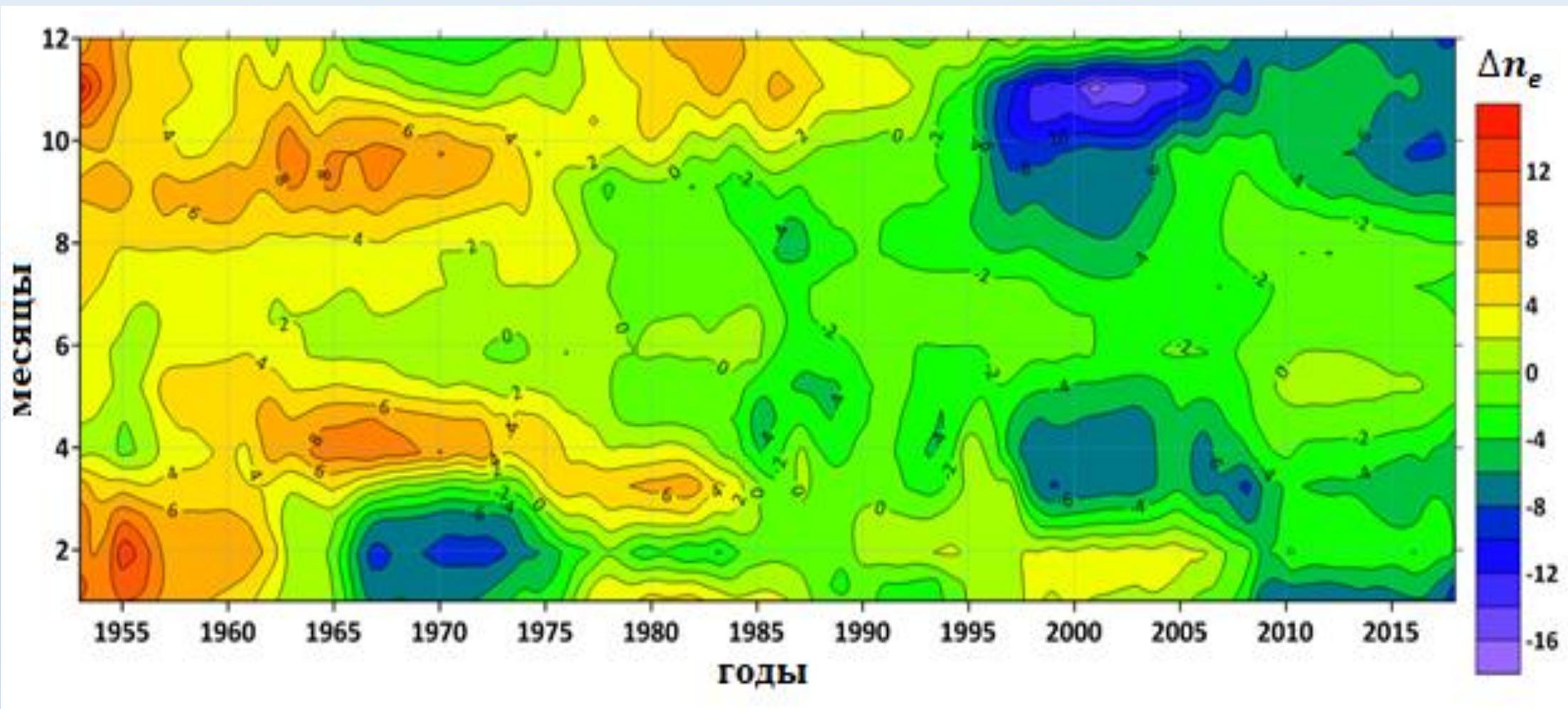
# Процент уменьшения электронной концентрации Ne в разные месяцы за весь период 76 лет наблюдений относительно среднемесячных значений (вклад линейного тренда)

*Характер поведения наклонов линейных трендов электронной концентрации в различные месяцы полностью совпадает с критическими частотами. Чтоб наглядно представить величину линейного тренда падения электронной концентрации вычислено её уменьшение за все 76 лет наблюдений, относительно среднемесячных значений. Наименьшее падение в феврале составило 3,6%, наибольшее в сентябре 23,1%. В среднегодовом исчислении, за 76 лет электронная концентрация в максимуме слоя F2 уменьшилась на 13,3%*



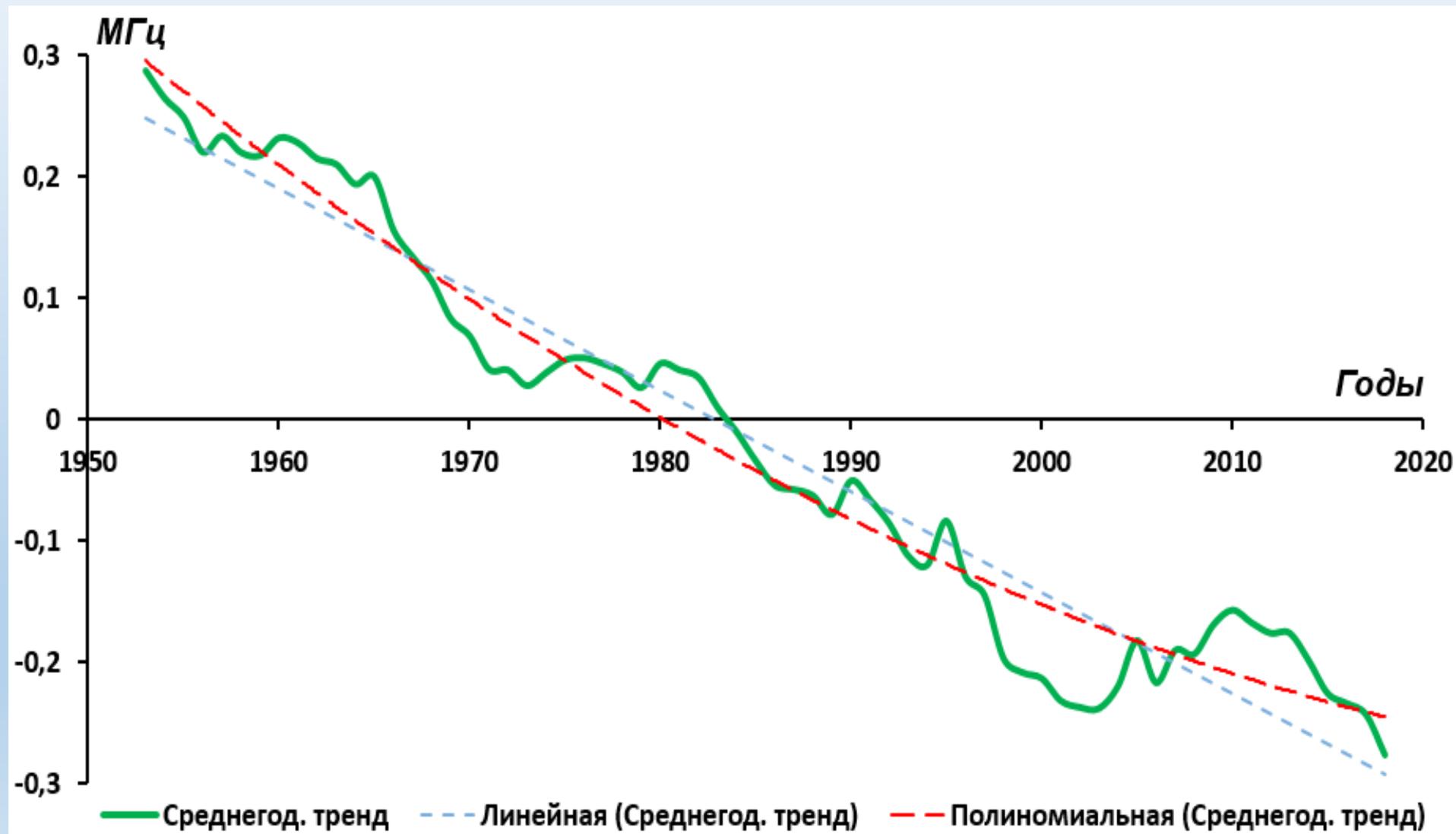
# Долговременные сезонные изменения $\Delta n_e \cdot 10^{10} \text{ м}^{-3}$

$$\Delta n_e = n_e - n_m$$



# Осредненный тренд по 12 ежемесячным аппроксимационным моделям foF2

Среднегодовой тренд критической частоты по всем 12 месяцам года показывает общую тенденцию к понижению с линейной скоростью  $-8,3$  кГц/год, и содержащиеся в ней гармоники с периодами порядка 15 и 30 лет. Если аппроксимировать этот тренд нелинейным образом, наблюдается снижение скорости уменьшения критической частоты с  $-13$  до  $-4$  кГц/год.



## Выводы

По данным Томской ионосферной станции за период наблюдений с 1948 по 2023г. выявлены долговременные тренды дневных максимумов электронной концентрации в максимуме F2 области ионосферы. В основном это отрицательные тренды, которые сильно отличаются в зависимости от сезона года. Возможно существование долговременных изменений параметров ионосферы, которые невозможно точно определить даже, имея ряды данных в 76 лет.