

ГОДОВАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЛЮСА

Миллер Н.О., Малкин З.М.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

1. Данные и методы.

В данной работе была исследована годовая составляющая движения полюса, полученная из рядов координат полюса X_p , Y_p IERS C01, 1846-2018 гг., C04, 1962-2018 и объединенного ряда изменений широты Пулкова Fi , 1840-2014 с интервалом 0.1г.

Для формирования объединенного ряда изменений широты Пулкова были использованы ряды, полученные из наблюдений широты за разные годы на разных инструментах и вычисленные из координат полюса X_p , Y_p IERS C01, C04 по формуле:

$$\Delta\varphi = \varphi - \varphi_0 = X_p \cos \lambda + Y_p \sin \lambda = 0.8631 X_p - 0.5049 Y_p, \quad (1)$$

где X_p , Y_p – координаты полюса, λ – долгота ЗТФ-135. В итоге для исследования использовался ряд изменений широты Пулкова, который можно записать следующим образом:

$$dFi = dFi_{БВК} (1840-1842) + dFi_{ПИПВ} (1842-1846) + dFi_{C01} (1846-1904) + dFi_{ЗТФ-135} (1904-1941) + dFi_{C01} (1941-1948) + dFi_{ЗТФ135} (1948-2006) + dFi_{C04} (2006-2014) \quad (2),$$

где БВК – Большой вертикальный круг Эртеля, ПИПВ – Пассажный инструмент Репсольда в Первом вертикале, ЗТФ-135 – Зенит телескоп Фрейберга. В связи с военными действиями ЗТФ-135 был демонтирован в 1941 г., и только в 1948 г. на нем возобновились систематические наблюдения. Пропуск в наблюдениях заполнен изменениями широты, вычисленными по формуле (1) с использованием ряда C01.

Для выделения годовой составляющей движения полюса в данной работе были использованы следующие методы:

- Сингулярный спектральный анализ (ССА) (Golyandina, 2001) в двух модификациях одномерном и многомерном. В основе метода ССА лежит преобразование временного ряда в матрицу и ее сингулярное разложение, приводящее к разложению исходного ряда на аддитивные компоненты. При использовании этого метода производится вычисление выборочной корреляционной матрицы, собственные числа (λ_i) которой являются выборочными дисперсиями соответствующих главных компонент. Эти компоненты определяются таким образом, чтобы первая из них давала максимально возможный вклад в суммарную дисперсию. Выполняемое преобразование не меняет сумму дисперсий, а только перераспределяет ее так, чтобы наибольшая дисперсия приходилась на первые компоненты, что создает возможность исключить из анализа компоненты, имеющие малые дисперсии. Процент вклада вычисляется по формуле:

$$V_i = \frac{\lambda_i}{M} \times 100\% \quad (3),$$

где $M=N/2$, N — длина ряда, λ_i — i -е собственное число.

Многомерная реализация метода дает возможность анализировать координаты полюса **X_p , Y_p** как совокупность данных.

- Метод полосовой фильтрации с использованием эллиптического частотного полосового фильтра пятого порядка Золотарева-Кауэра. (Ellip, Matlab Signal Processing Toolbox).

2. Годовая составляющая движения полюса и изменений широты Пулкова.

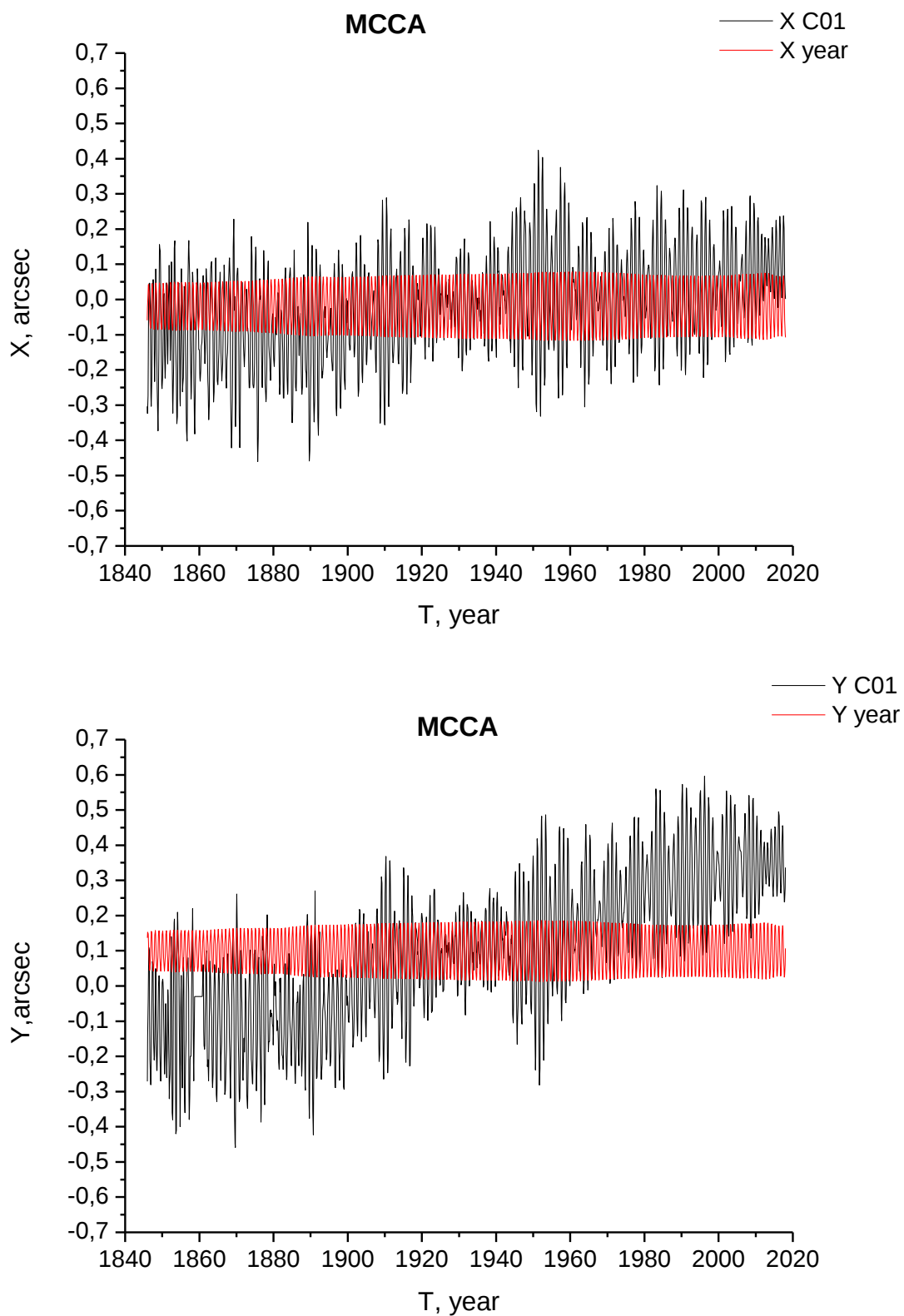


Рис. 1. X_p , Y_p C01 и X_{year} , Y_{year} , полученные многомерным ССА $V=16\%$.

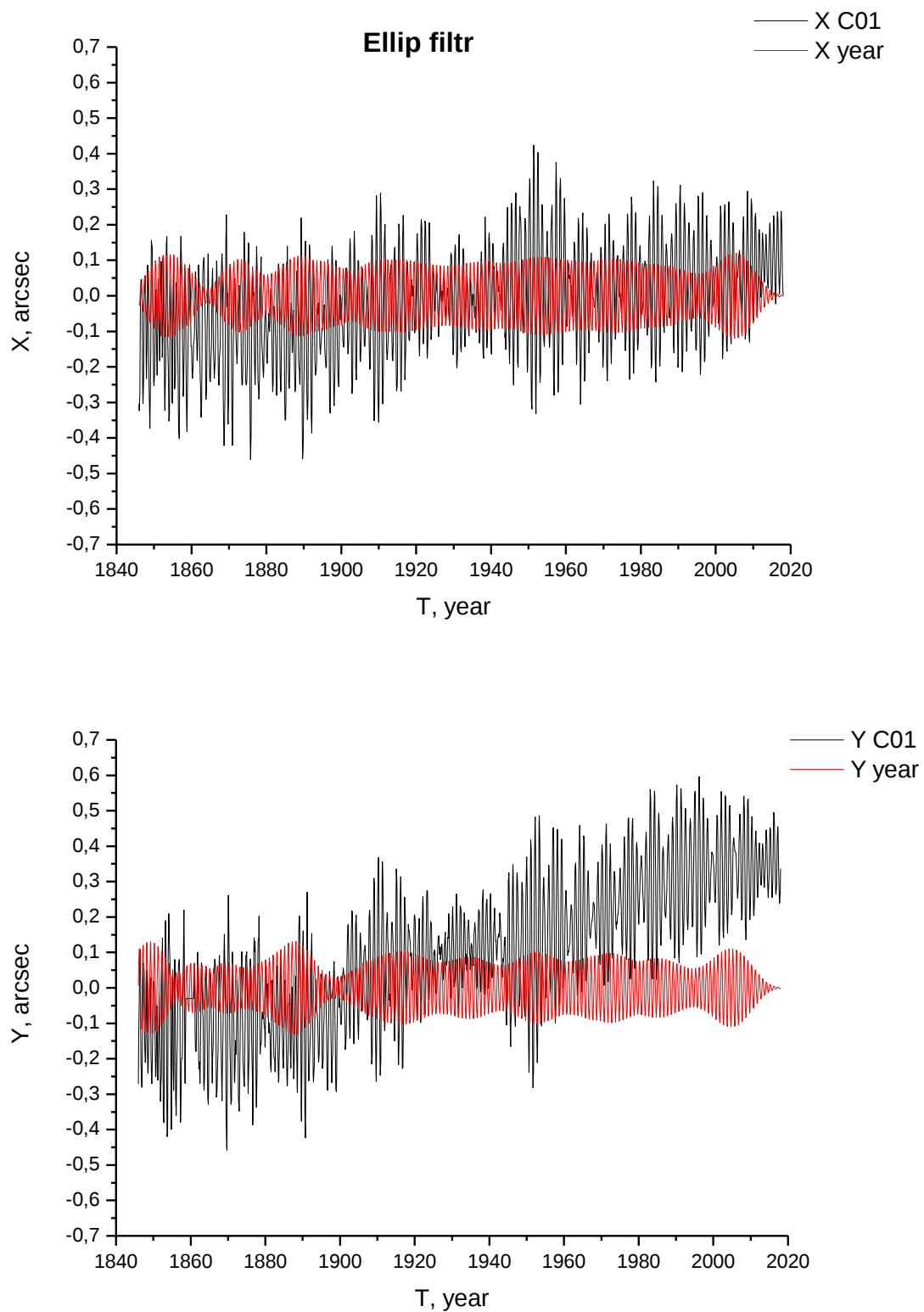


Рис. 2. X_p , Y_p C01 и X_{year} , Y_{year} , полученные с использованием полосового фильтра Ellip с полосой пропускания от 0.997 до 1.003.

На рис.4-6 приведены полодии X_{year} , Y_{year} цветом показана амплитуда по годам. При анализе рисунков нужно иметь ввиду, что цвета могут накладываться друг на друга. Эти рисунки наглядно демонстрируют разницу между методами фильтрации.

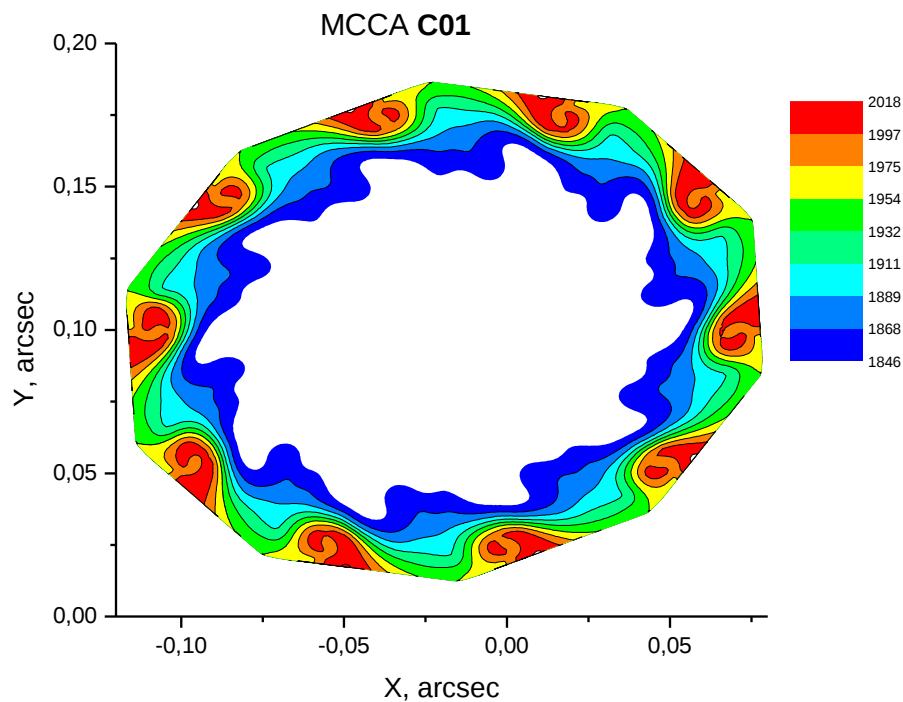


Рис. 3. Зависимость X_{year} , Y_{year} , полученных МССА по годам.

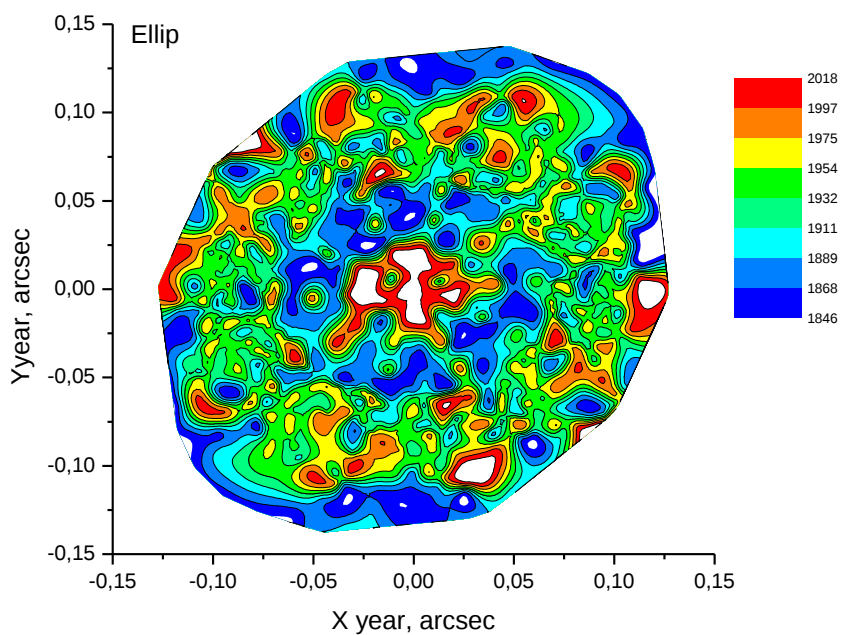


Рис. 4. Зависимость X_{year} , Y_{year} , полученных Ellip фильтрацией по годам.

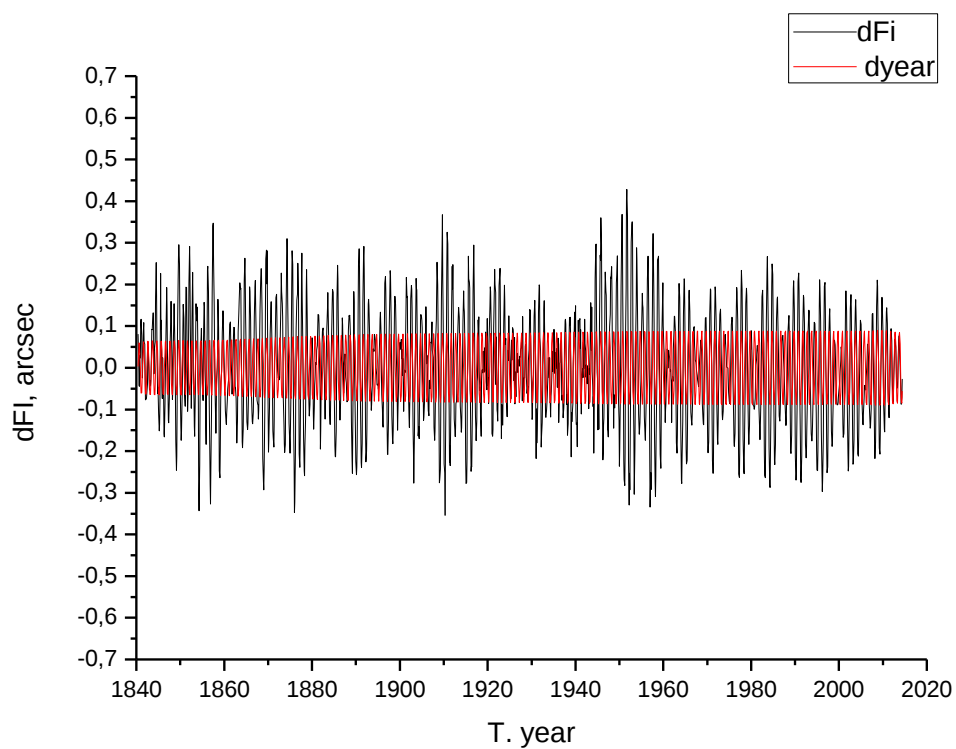


Рис. 5. dFI и dF_{year} , полученные с использованием ССА.

2. Спектральный анализ годовой составляющей движения полюса

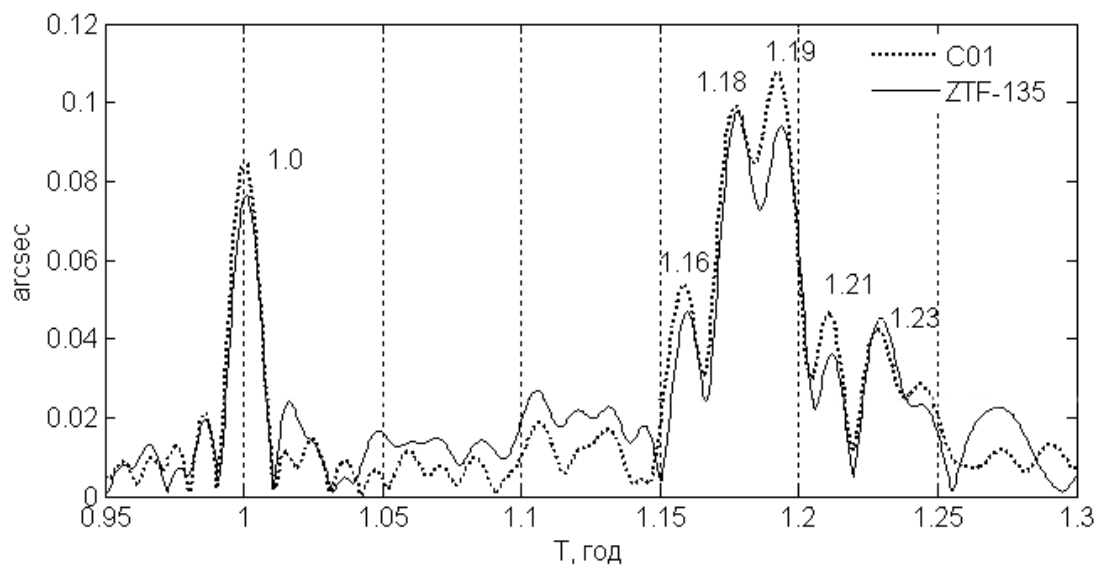


Рис. 6. Фурье анализ исходных рядов.

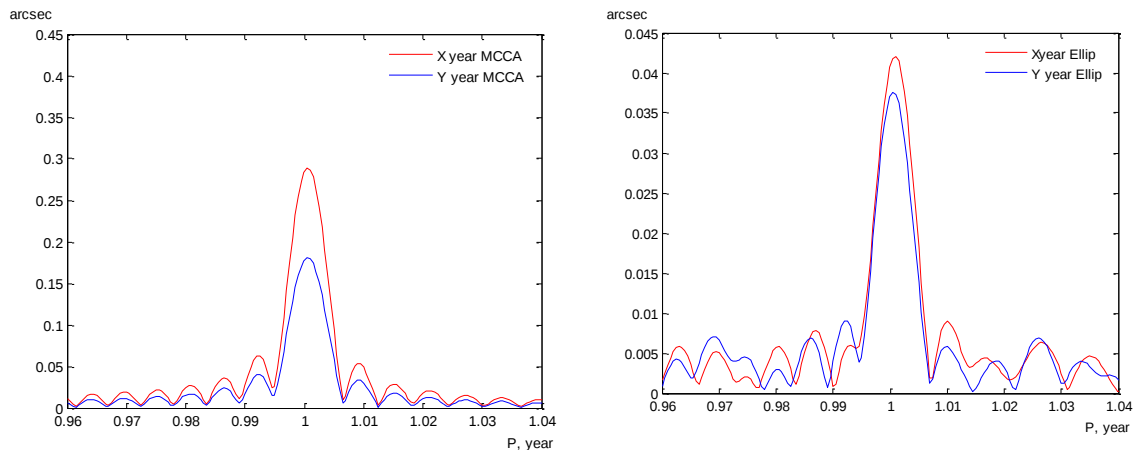


Рис. 7. Фурье анализ годовых компонент движения полюса, полученных разными методами.

4. Амплитуда и фаза.

Изменения амплитуды и фазы вычислялись при помощи комплексного преобразования Гильберта (Hilbert, Matlab Signal Processing Toolbox).

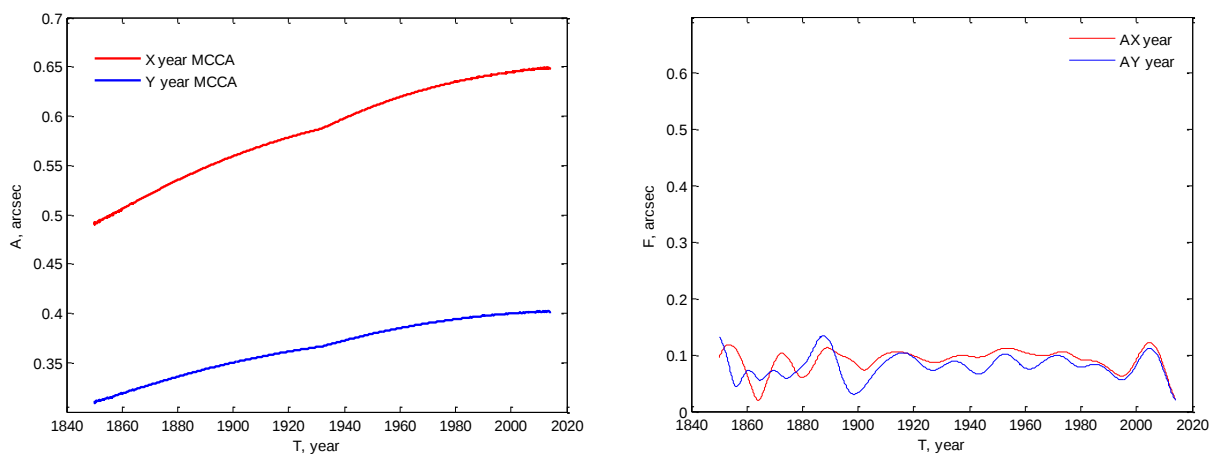


Рис. 8. Изменение амплитуды X_{year} , Y_{year} , слева: МССА, справа Ellip.

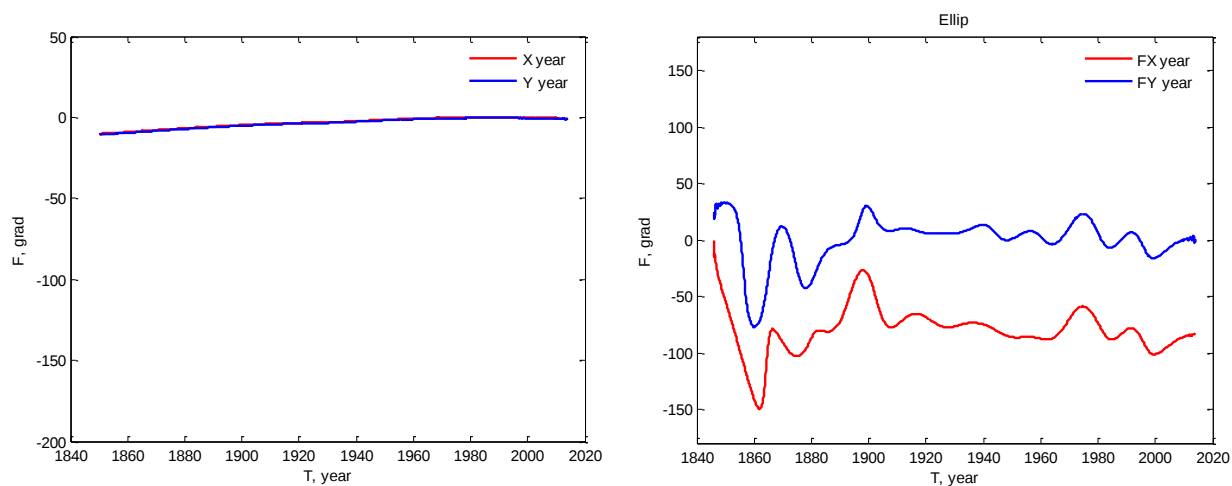


Рис. 9. Изменение фазы X_{year} , Y_{year} , слева: МССА, справа: Ellip.

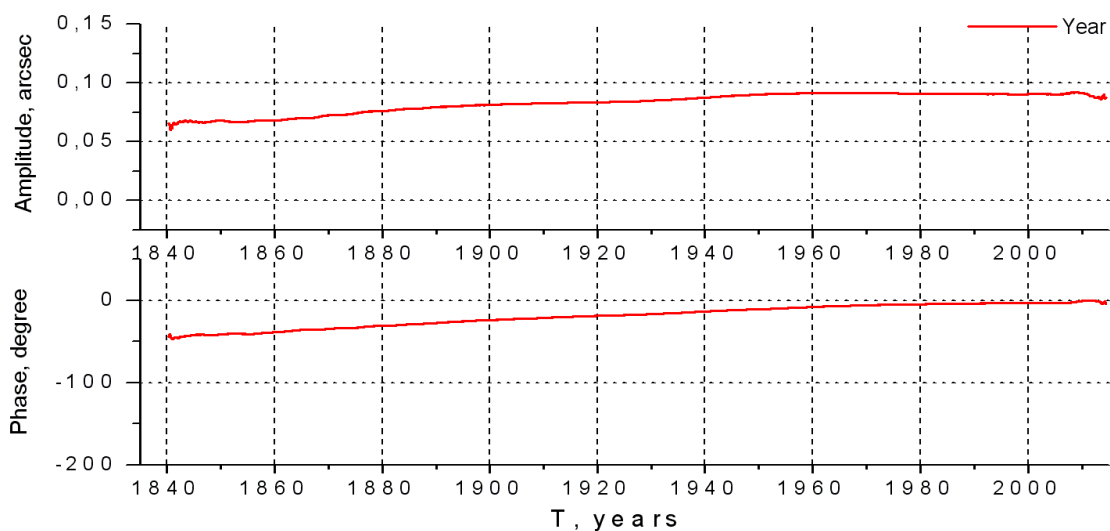


Рис. 10. Изменение амплитуды и фазы dFI , полученной МССА из объединенного ряда широты Пулково ($V = 20\%$). Амплитуда и фаза за 174 года выросли на $0.003''$ и 45° , соответственно.

На рис.11 справа приведена кривая изменения амплитуды, а слева - кривая разницы средних температур за ноябрь-март северного и южного полушарий (ftp://ftp.cdc.noaa.gov/Datasets/20thC_ReanV2/Monthlies/gaussian/monolevel/).

На той и другой кривой виден перегиб в районе 1960 года. Известно, что годовое колебание объясняется как вынужденное колебание, вызванное сезонными изменениями в атмосфере, океане и гидросфере. Таким образом, можно предположить, что причиной этого факта, служит воздействие изменения климата на вращение Земли.

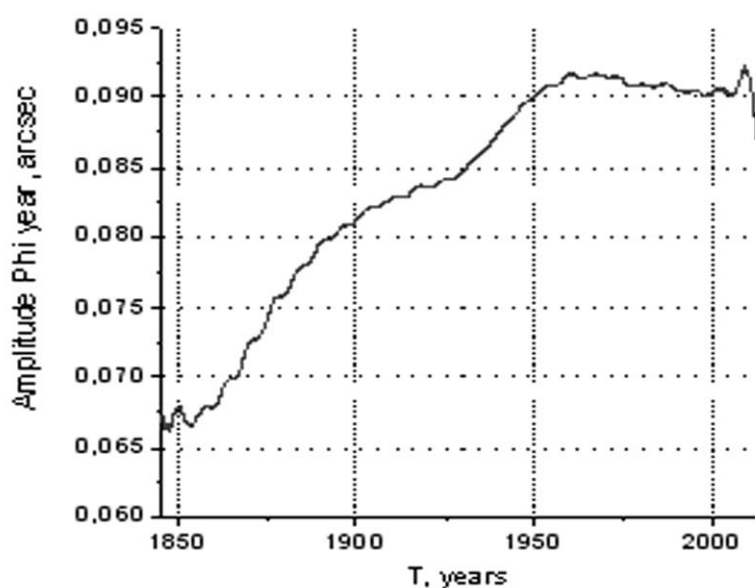
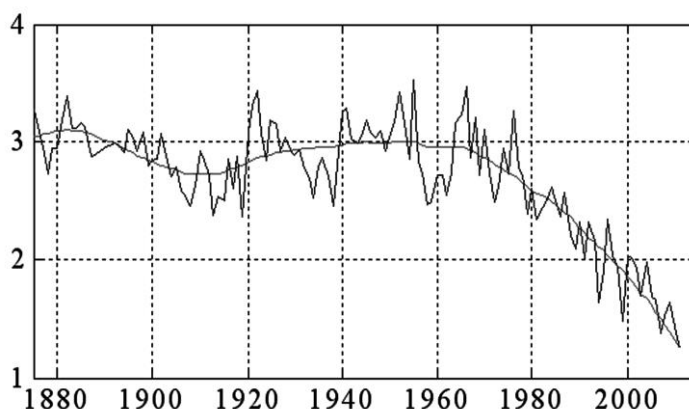


Рис.11. Слева изменение амплитуды годовой составляющей dFI , внизу - разница средних температур за ноябрь-март северного и южного полушарий.



5. Заключение

Исследование годовой составляющей полюса разными методами демонстрирует разный результат поведения амплитуды и фазы. Требуется дополнительное исследование различных методов фильтрации. Метод МССА для X_p , Y_p , dFI демонстрирует увеличение амплитуды с одновременным увеличением фазы и показывает особенности в поведении амплитуды около чандлеровского минимума в 30-х годах XX века. Имеется корреляция между амплитудой годовой составляющей и разницей средних температур за ноябрь-март северного и южного полушарий.