

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕДЛЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ШИРОТЫ ПУЛКОВА ПО НАБЛЮДЕНИЯМ ЗТФ-135 ЗА 100 ЛЕТ.

Н.О.Миллер, Е.Я.Прудникова

Изучение медленных изменений широты данного места наблюдений позволяет исследовать процессы, происходящие в регионе наблюдений и обусловленные различными геофизическими причинами. В работе сделана оценка изменения средней широты Пулково за 100-лет. Исследованы долгопериодические составляющие средней широты, полученные различными методами. Обнаружены компоненты с периодами, близкими к периодам солнечной активности. Возможная взаимосвязь этих компонентов с рядом чисел Вольфа и с рядом интенсивности космических лучей может быть объяснена воздействием солнечной активности на характер температурных инверсий в атмосфере.

Современные методы определения параметров вращения Земли дают результаты, характеризующиеся высокой точностью и плотностью, с которыми не могут соперничать астрооптические наблюдения. Однако ряды, полученные классическими инструментами, обладают большим достоинством - длительностью, которое делает эти ряды уникальными и позволяет решать на их материале задачи, связанные с долгопериодическими процессами. Данная работа посвящена исследованию медленных вариаций широты Пулково. В работе были использованы ряды наблюдений на зенит-телескопе ЗТФ-135 (1904-1941;1948-2003) перевычисленные в системе каталога HIPPARCOS и обработанные в системе ICRS с применением прецессионно-нутационной модели IAU2000A [1]. Данные с 1904 по 1991 год переобработаны рабочей группой по вращению Земли под руководством Y. Vondrak в 2004 году [2]. В таблице 1 представлены некоторые характеристики этих рядов.

Таблица 1.

Продолжительность и средняя эпоха наблюдений	1904.7-1941.5 1923.1	1948.7-2003.8 1978.8
Количество наблюдений (вечеров)	55199 (4131)	102018 (7350)
Средняя ошибка одной широты	$\pm 0.166''$	$\pm 0.185''$
Средняя ошибка среднесуточной широты	$\pm 0.051''$	$\pm 0.055''$

После войны телескоп ЗТФ-135 был установлен южнее довоенного места, поэтому широты для первого ряда нормировались на $1''.599$. Надо отметить особое качество самого инструмента. На протяжении всего столетнего периода наблюдений без каких либо существенных переделок зенит-телескоп Фрейберга-Кондратьева позволял проводить наблюдения без дополнительных регулировок, связанных с изменениями погодных условий.

На рис.1 представлен ряд остатков после исключения из наблюдений полярного колебания по координатам полюса C01(IERS)[3] и его линейная аппроксимация, значения параметров которой также приведены в таблице 2. Поправка широты Пулково за тектоническое движение плит Земли, вычисленная по геофизической модели Nuvel-1 NNR равна 0.34 mas/year (10 mm/year) [3,4]. Значение скорости изменения средней широты $d\varphi/dt = -0.031 \text{ mas/year}$ (1 mm/year).

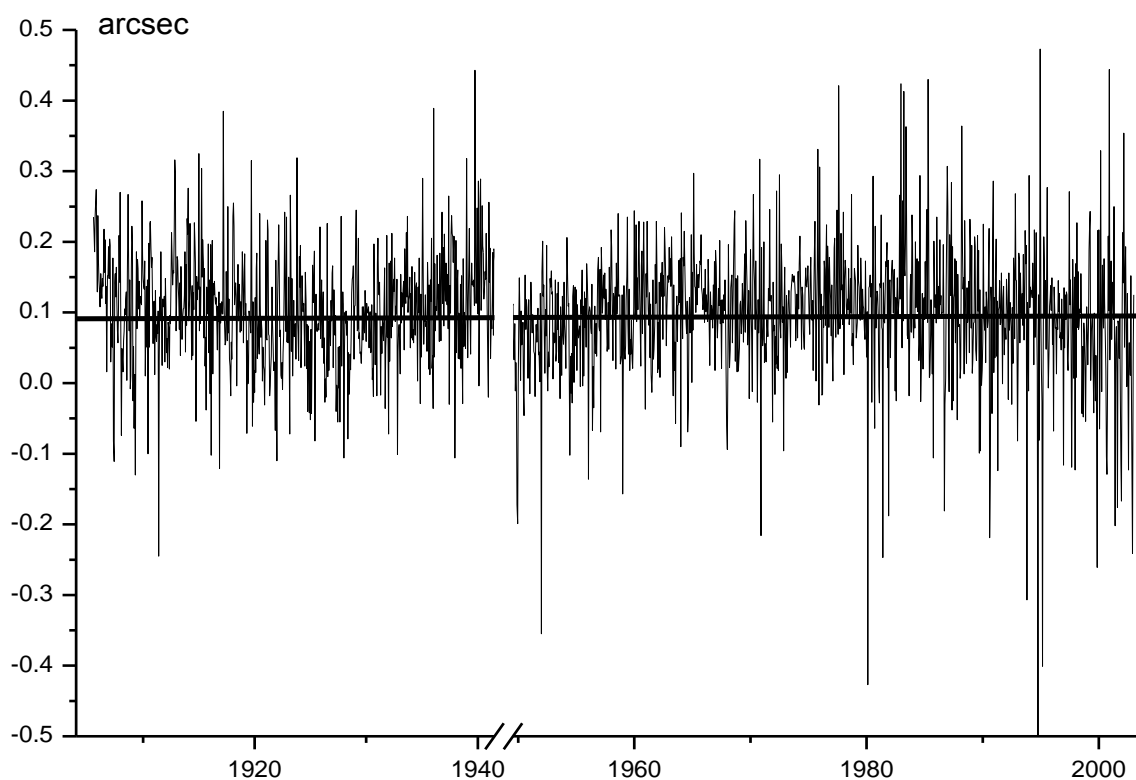


Рис.1. Непольярные вариации широты ЗТФ-135, их линейная аппроксимация.

Таблица 2.

Период наблюдений	C01	
	$\Delta\varphi_{2000.0}$ (mas)	$d\varphi/dt$ (mas/year)
1904-1941 (C01)	102 ± 22	-0.032 ± 0.029
1948-2003 (C01)	95.9 ± 5.1	-0.028 ± 0.018
1904-2003 (C01)	90.1 ± 3.8	-0.031 ± 0.071

По определению А.Я. Орлова, средней широтой в данный момент называется такая широта, какой она была бы в этот момент, если бы не было ее периодических изменений [5]. В 1925 г. им были предложены формулы для вычисления средней широты, в результате использования которой получается ряд, свободный от влияния чандлеровской, годовой и полугодовой составляющих колебания широты. В работе для выделения долгопериодического тренда и получения средней широты был использован метод "Гусеница" [6], аналогичный метод известен как сингулярный спектральный анализ (SSA) (Singular Spectrum Analysis). В работах [7, 8] с помощью этого метода было показано наличие годовой, чандлеровской, второй чандлеровской, полугодовой составляющих в изменениях широты Пулкова. Таким образом, можно предположить, что кривая, построенная методом "Гусеница", является средней широтой, т.к. этот метод даёт возможность выбирать компоненты заведомо свободные от периодических изменений, исключаемых методом Орлова.

Так как изменения средней широты, обусловлено существованием различных причин, таких как возможное вековое движение полюса, движение литосферных плит, экзогенные и эндогенные геологические процессы в районе наблюдений, "жизнь" павильона, возникает потребность в зависимости от решаемой задачи строить ряды, в которые были бы включены те или иные интересующие исследователя составляющие процес-

са. Выбирать сочетания различных компонент, долгопериодических, гармонических или даже квазигармонических позволяет используемый нами метод “Гусеница”.

В основе метода лежит анализ главных компонент, который является ядром факторного анализа. Процедура исследования одномерного временного ряда начинается с преобразования его в матрицу. Задавшись некоторым числом (гусеничным лагом), значениями исходного ряда последовательно заполняют строки матрицы. Далее вычисляется корреляционная матрица, сингулярное разложение которой даёт диагональную матрицу собственных чисел и ортогональную матрицу собственных векторов корреляционной матрицы. Собственные вектора корреляционной матрицы и главные компоненты исходной матрицы могут быть исследованы. И что особенно важно, осуществляется восстановление ряда по тем главным компонентам, которые были выбраны исследователем. Все ряды визуализируются и упорядочиваются по возрастанию их вклада в исходный ряд. Это позволяет интерактивно производить непосредственный поиск гармонических компонентов, фильтрацию или сглаживание ряда, с помощью периодограммы удаётся осуществлять проверку разложения.

По наблюдениям ЗТФ-135 были построены непрерывные ряды нормальных точек с шагом 0.05 и 0.1 года, пропуск был заполнен данными из международного ряда, что позволило исследовать долгопериодические составляющие широты на 100 летнем интервале. Методом “Гусеница” с “гусеничным” лагом в 12 лет было получено разложение ряда нормальных точек. В таблице 3 приведены периоды первых основных составляющих изменения широты из 11 первых компонент и их вклад в исходную кривую. Вклад главного тренда составляет обычно более 90%, в данном случае он составляет 98.9%. Значение вклада для остальных составляющих вычислены в предположении, что остаток после исключения главного тренда составляет 100%.

Таблица 3.

Составляющая	ЗТФ-135	
	Вклад (%)	Период (год)
Главный тренд	-	-
Чандлеровская	53.2	1.19
Годовая	15.6	1.00
Вторая чандл.	2.6	1.13
Второй тренд	0.9	20.48
Полугодовая	0.7	0.51
Третий тренд	0.3	10.23

На рис.2 представлены изменение средней широты (метод Орлова) из ряда нормальных точек с шагом 0.1, долгопериодическое изменение широты (главный тренд) и средняя широта, полученная путём исключения чандлеровской, годовой, второй чандлеровской и полугодовой составляющих из ряда нормальных точек 0.05 (метод “гусеница”).

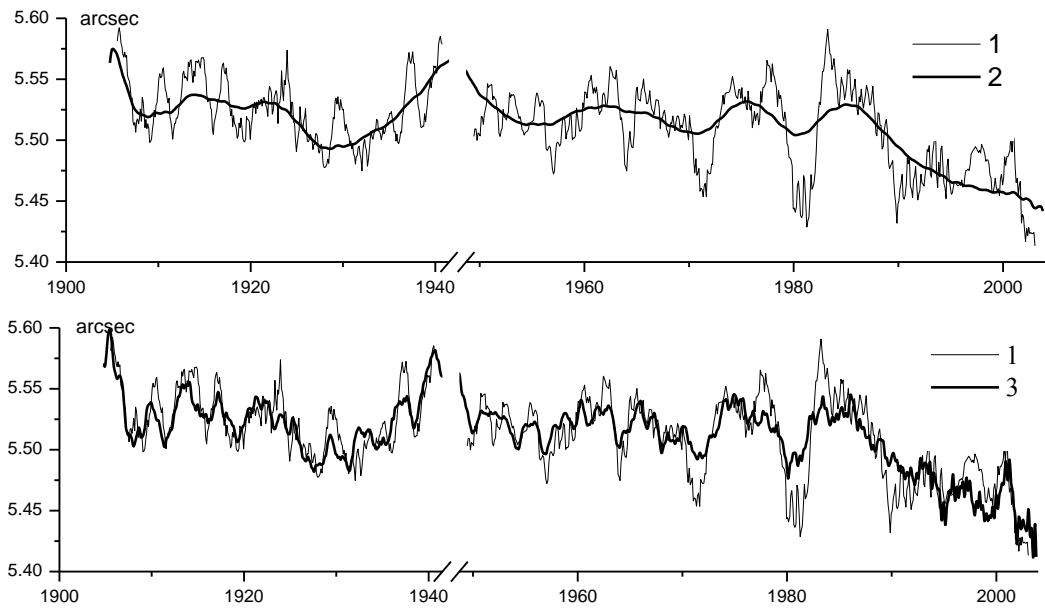


Рис.2. 1 – изменение средней широты, полученной методом Орлова; 2 – долгопериодический тренд, 3 - изменение средней широты, полученные методом “Гусеница”.

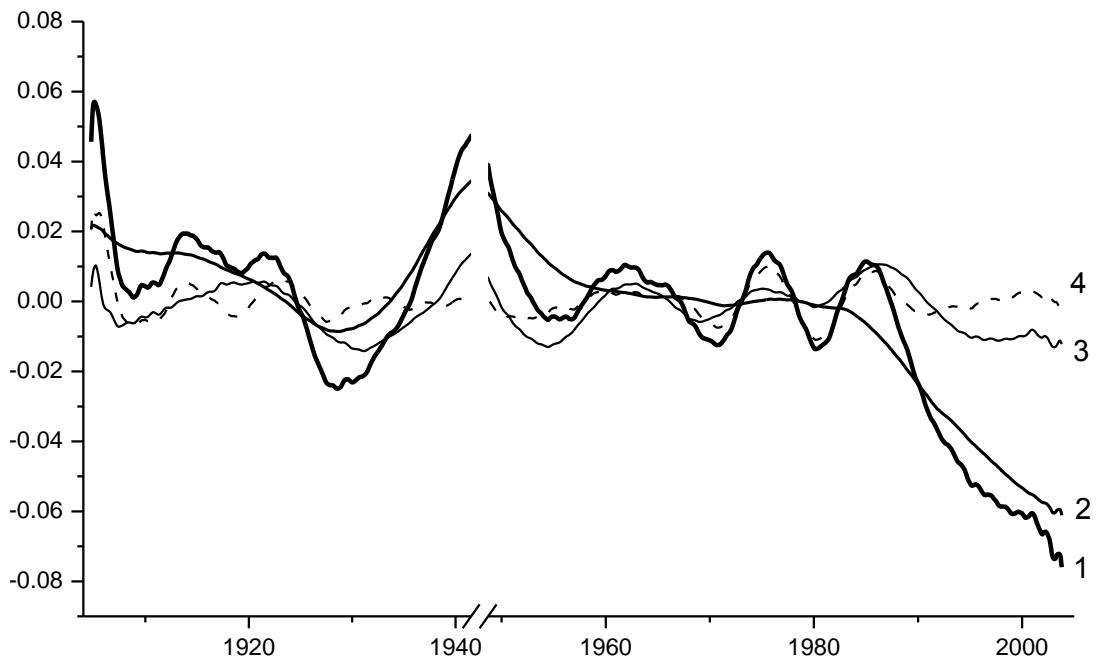


Рис.3. Долгопериодические изменения средней широты (1), и первые три трендовых компонента (3-FFT(20.48) 4 – FFT(10.23)).

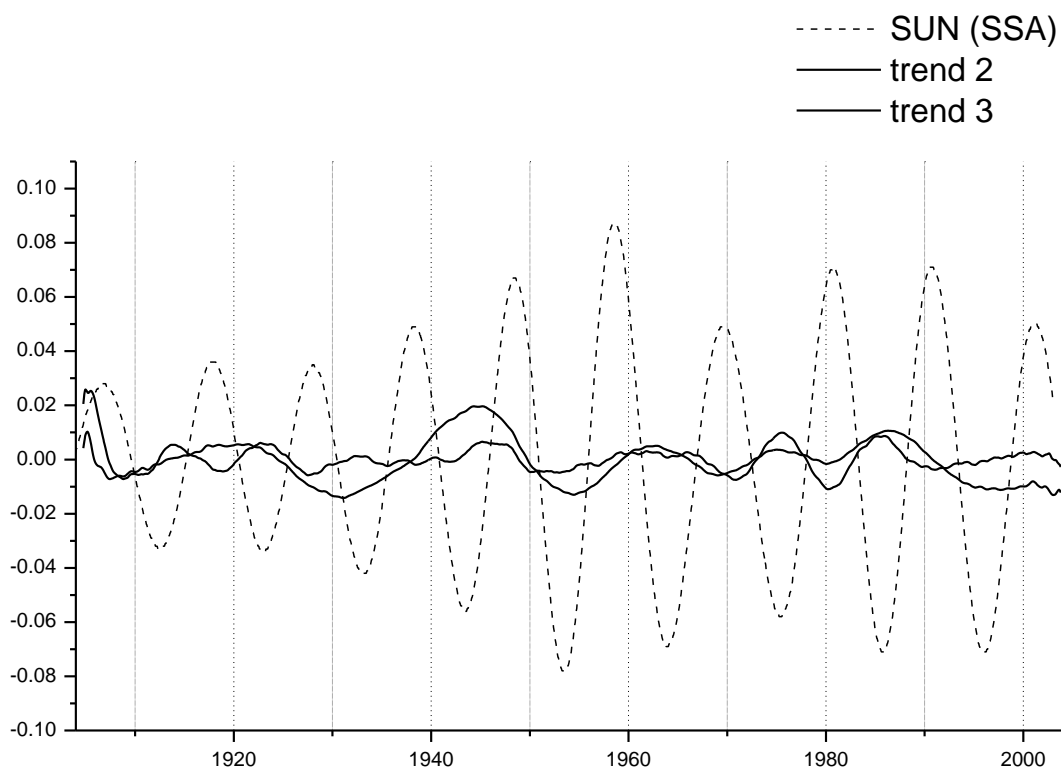


Рис.5. Кривая нормированных чисел Вольфа, вторая и третья составляющие тренда долгопериодического изменения широты.

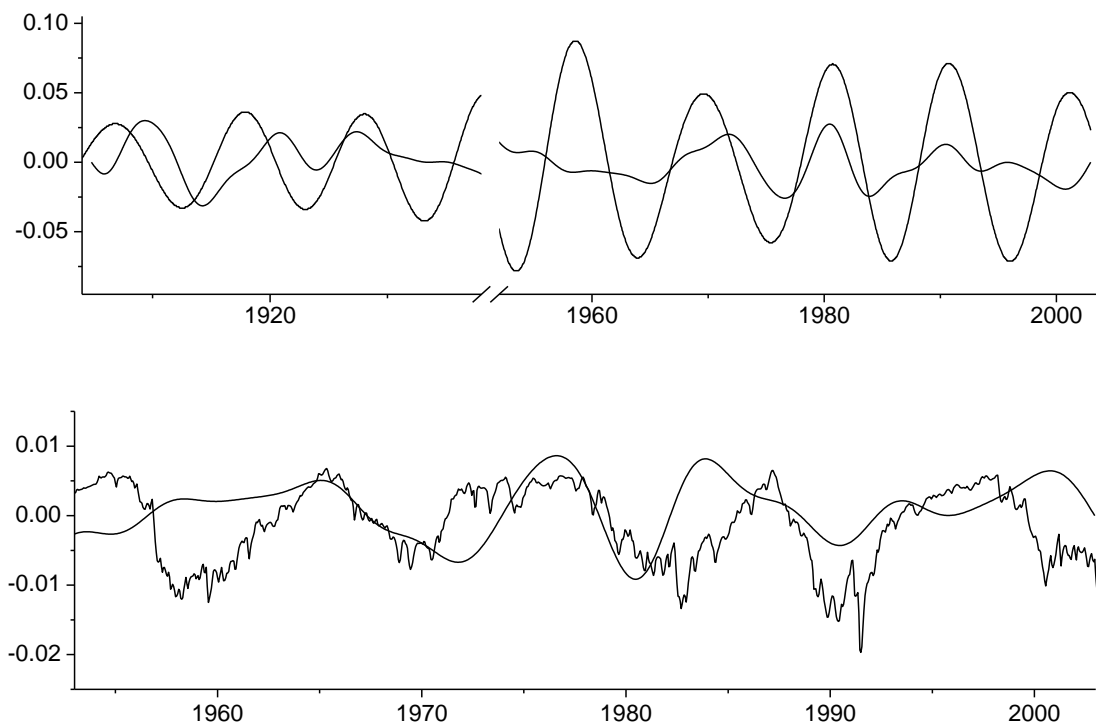


Рис.5. Сопоставление неполярных составляющих широты, отфильтрованных узкополосным фильтром с кривой чисел Вольфа (вверху) и с рядом интенсивности космических лучей (внизу).

Из рис.3 и табл.3 видно, что вторая и третья компонента тренда дают периодичу, близкую к периодам солнечной активности. Наличие этих периодичностей побудило нас исследовать ряд неполярных вариаций на возможную взаимосвязь изменения широты и солнечной активности. Мы использовали узкополосный фильтр с частотами от 0.06-20 циклов в год. Результат фильтрации, сопоставленный с рядами чисел Вольфа и рядом интенсивности космических лучей, представлен на рис. 4 и 5. Возможно, в данном случае солнечная активность проявляется, как систематическое воздействие на местные условия наблюдений. Например, механизмом воздействия солнечной активности на изменение широты может быть образование температурных инверсий в атмосфере, порождающих закономерные изменения наклонов атмосферных слоёв, которые и могут быть причиной периодической составляющей неполярных изменений широты [8]. Проверка этого механизма требует дальнейших исследований.

Литература.

1. Convention 2000, IERS, (<http://maia.usno.navy.mil/conv2000.html>)
2. Y.Vondrak, C.Ron, "Solution of Earth Orientation Parameters in the Frame of New Earth Orientation Catalogue". Abstract book. «Astronomy in Ukraine – Past, Present and Future». 2004, Kiev, p.139.
3. IERS, TECHNICAL NOTE 21. (<http://hpiers.obspm.fr/>)
4. Y.Vondrak, I. Pesec, C.Ron, A. Sepec. Public. of the Astr. Inst. of the Academy of Sciences of the Czech Rep.
5. А.Я.Орлов Служба Широты, АН СССР, Москва, 1958, 123 стр.
6. Данилов Д.Л., Жиглявский А.А. (ред.), Главные компоненты временных рядов: метод «Гусеница», 1997, СПбГУ, с. 308. (<http://www.gistatgroup.com/gus/>)
7. В.Л.Горшков, Н.О.Миллер, Н.Р.Персиянинова, Е.Я.Прудникова «Исследование геодинимических рядов методом главных компонент», Изв.ГАО, 214, 2000, с.173-180.
8. В.Л.Горшков, Н.О.Миллер, Е.Я.Прудникова, В.А. Наумов, Н.Р.Персиянинова «Исследование основных составляющих вектора вращения Земли по результатам Пулковских и международных наблюдений» - труды конференции «Внутреннее ядро-2000» (ноябрь 2000г).
9. А.Е.Филиппов. Сравнение пулковских и иоганнесбургских наблюдений широты. АНУССР, Киев, 1956, 193 с.

ON THE SLOW LATITUDE VARIATIONS OBTAINED AT PULKOVO WITH ZTF-135 DURING 100 YEARS

N.O.Miller, E.Ja. Prudnikova

Summary

The slow local latitude variations permit to investigate the processes in the region of observations caused by different geophysical factors. In this paper the estimation of Pulkovo main latitude on the interval of 100 years was made. The long-periodical mean latitude components obtained by different methods were investigated. The components were found with periods near to the periods of solar activity. The probable connection of these components with Wolf's number set and with cosmic rays set can be explained by the influence of solar activity on the thermal inversion in atmosphere.