

**МІНІСТЕРСТВО УКРАЇНИ  
в справах науки і технологій**

**МИКОЛАЇВСЬКА АСТРОНОМІЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ  
ЗОРЯНИЙ ШЛЯХ ДОВЖИНОЮ В 175 років**

Відповідальний редактор  
доктор фізико-математичних наук  
професор Г.І.Пінігін

Миколаїв  
1998

УДК 520.1

МИКОЛАЇВСЬКА АСТРОНОМІЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ.  
ЗОРЯНИЙ ШЛЯХ ДОВЖИНОЮ В 175 років. -1998.-302с.

Книга складається з окремих статей, в яких вперше повно висвітлюється історія створення астрономічної обсерваторії в Миколаєві, її подальший розвиток, основні досягнення науковців обсерваторії в галузі позиційної астрономії і астрометричного приладобудування, а також бібліографічний матеріал стосовно публікацій працівників обсерваторії.

Книга написана українською і російською мовами.

Для всіх шанувальників астрономії і краєзнавства.

Книга містить 4 рисунка, 53 фотографії, 16 таблиць та 393 назви надрукованих праць працівників обсерваторії.

Відповідальний редактор

Редколегія

доктор фіз.-мат. наук

професор Г.І.Пінігін

доктор фіз.-мат. наук

Г.М.Петров

кандидат фіз.-мат. наук

В.М.Пишненко

кандидат фіз.-мат. наук

В.П.Сібільов

науковий працівник

О.О.Шляпніков



Об'єднання Миколаївська астрономічна обсерваторія  
Міністерства України в справах науки і технологій, 1998.

**МИНИСТЕРСТВО УКРАИНЫ  
по вопросам науки и технологий**

**НИКОЛАЕВСКАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ  
ЗВЕЗДНЫЙ ПУТЬ ДЛИНОЮ В 175 лет**

Ответственный редактор  
доктор физико-математических наук  
профессор Г.И.Пинигин

Николаев  
1998

УДК 520.1

НИКОЛАЕВСКАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ.  
ЗВЕЗДНЫЙ ПУТЬ ДЛИНОЮ В 175 лет. -1998.-302с.

Книга состоит из отдельных статей, в которых впервые полно освещается история создания астрономической обсерватории в г.Николаеве, ее последующее развитие, главные достижения в области позиционной астрометрии и астрометрического приборостроения, а также библиография публикаций сотрудников обсерватории.

Книга написана на украинском и русском языках.

Всем почитателям астрономии и краеведения.

Книга содержит 4 рисунка, 53 фотографии, 16 таблиц и 393 названия опубликованных научных работ сотрудников обсерватории.

Ответственный редактор

Редколлегия

доктор физ.-мат. наук  
профессор Г.И.Пинигин  
доктор физ.-мат. наук  
Г.М.Петров  
кандидат физ.-мат. наук  
В.М.Пышненко  
кандидат физ.-мат. наук  
В.П.Сибилев  
научный сотрудник  
А.А.Шляпников



Об Николаевская астрономическая обсерватория  
Министерства Украины по вопросам науки и технологий, 1998.

## ЗМІСТ

1. Миколаївській астрономічній обсерваторії 175 років (Г.І.Пінігін) . . . . .	6
2. Сторінки історії (Г.М.Петров) . . . . .	20
3. Наблюдения на пассажном инструменте Фрейберга- Кондратьева (Л.И.Семенов, Г.М.Петров) . . . . .	78
4. Наблюдения на вертикальном круге Репсольда (В.П.Сибилев) . . . . .	94
5. Визначення положень небесних світил на меридіанних інструментах диференційним методом (Г.М.Петров) . . . . .	122
6. Фотографическая астрометрия в Николаевской астрономической обсерватории (Г.К.Горель, Л.А.Гудкова) . . . . .	136
7. Служба времени Николаевской астрономической обсерватории (В.Н.Пышненко, Н.С.Калихевич) . . . . .	142
8. Астрономическое приборостроение в Николаевской астрономической обсерватории (Г.И.Пинигин) . . . . .	157
9. Исследование рефракции в Николаевской астрономической обсерватории (В.П.Сибилев) . . . . .	171
10. Служба эталонного времени НАО (Ф.И.Бушуев) . . . . .	181
11. Автоматический аксиальный меридианный круг (Г.И.Пинигин, А.В.Шульга) . . . . .	190
12. Наукові експедиції МАО (Г.М.Петров) . . . . .	202
13. Библиотека Николаевской астрономической обсерватории (А.А.Малярова) . . . . .	232
14. Список диссертаций, выполненных в Николаевской астрономической обсерватории . . . . .	240
15. Список научных публикаций, подготовленных в Николаевской астрономической обсерватории . . . . .	242
16. Фотографии . . . . .	277

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕФРАКЦИИ В НИКОЛАЕВСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

*В.П.Сибилев*

Как известно, при определении зенитных расстояний (склонений) большое влияние на точность наблюдений оказывает рефракция. Недостаточное знание строения атмосферы - распределения метеопараметров в ней, ее изменение во времени, а также возможность местных особенностей в ее свойствах при отсутствии надежных физических измерений дисперсионных постоянных приводили к тому, что вывод абсолютных склонений при наблюдениях на вертикальном круге базировался на методе Бесселя или его модификациях. Идея метода Бесселя заключается в привлечении наблюдений звезд в верхней и нижней кульминациях для получения значений широты места наблюдения и постоянной рефракции, а наблюдения на больших зенитных расстояниях на севере и юге используются для вывода значений температурного коэффициента рефракции и гнугия инструмента.

При создании каталогов полученных на вертикальном круге Репсольда в Одессе Остащенко-Кудрявцев и, особенно, Бонсдорф уделили много внимания этой проблеме. Так при обработке первого одесского каталога Od00, в котором проявилась аномальность системы вертикального круга Репсольда, Остащенко-Кудрявцев пытался исправить ее поправками в зависимости от разности температуры в момент наблюдения и среднесуточной, от часового угла и долготы Солнца [2]. И.В.Бонсдорф параллельно с наблюдениями звезд каталога Od10 вел наблюдения 96-ти звезд специальной рефракционной программы, 48 звезд к югу и 48 к северу от зенита, причем последние наблюдались в нижних кульминациях. Кроме того, привлекались отдельные звезды для наблюдений днем в верхних и нижних кульминациях. Были усилены метеорологические измерения - устроена высотная будка, увеличено число термометров. Бонсдорф уделил большое внимание не только постоянной рефракции, но и попытался получить сезонное изменение коэффициента расширения воздуха и более точно учесть влияние влажности на рефракцию [3]. Проанализировав эти исследования, он пришел к выводу, что «из совокупности всех наблюдений получается совершенно ясный

годовой период рефракции с амплитудой приблизительно 0."4 с максимумом в июле и минимумом в январе» [2].

Еще более интенсивные исследования рефракции были проведены Бонсдорфом при сравнении систем вертикальных кругов Репсольда и Эртеля в Пулково. Так, кроме наблюдений звезд по методу Бесселя для получения коэффициента рефракции и температурного коэффициента расширения воздуха он исследовал зальную рефракцию. Для этого Бонсдорф использовал термометры у отверстий на ширме, которые отсчитывались зрительной трубой. При этих исследованиях он обнаружил существенную зальную рефракцию центрального меридианного зала пулковской обсерватории [4].

После установки вертикального круга Репсольда в Николаеве исследования рефракции продолжалось, в основном, в рамках создания абсолютных каталогов склонений звезд при использовании модификаций метода Бесселя. Так, при наблюдениях каталога Nik15 уточнялась постоянная рефракции [5]. При создании каталога Nik25 из наблюдений звезд с зенитными расстояниями более 30-ти градусов по разностям зенитных расстояний, образованных при наблюдениях одной и той же звезды в разное время года Г.К.Циммерман получал условные уравнения, учитывающие сезонный ход рефракции, температурный коэффициент расширения воздуха и коэффициент  $k$  в поправке за влажность. Но при решении этих условных уравнений были получены неправдоподобно большие поправки обоих коэффициентов. Решение этих уравнений при теоретическом значении  $k=1$  и пренебрежением сезонного хода рефракции дало значение температурного коэффициента расширения воздуха  $m=0.003544$ , с которым и вычислялась рефракция, хотя оно и значительно меньше, чем получалось ранее, как на вертикальных кругах Репсольда и Эртеля, так и из физических измерений [6].

При создании каталогов Nik30 и Nik50 Г.К.Циммерман кроме вывода из наблюдений поправки к постоянной рефракции получил ряд важных результатов связанных с рефракционными эффектами. Так, произведенная во время наблюдения каталога Nik30 теплоизоляция трубы инструмента войлоком позволила сравнить результаты, полученные при термоизолированной трубе и без

изоляции, которые показали, что термоизоляция практически не повлияла на результаты, т.е. гипотезы о термическом гнутии и рефракции внутри трубы не объясняют аномальных результатов вертикального круга Репсольда [7, 8]. Для учета рефракции в павильоне Циммерман ввел поправки рефракции зависящие от разностей температуры при инструменте и «сухого» термометра психрометра вне павильона.

Для привлечения наблюдений Солнца при определении гнутия Циммерман провел теоретическое исследование влияния противосолнечной ширмы на рефракцию в павильоне. Герман Карлович получил, что кроме предыдущей поправки появляется поправка за рефракцию на ширме, величина которой зависит от зенитного расстояния, пропорциональна разности температуры при инструменте и возле отверстия в противосолнечной ширме и обратно пропорциональна квадрату радиуса противосолнечной ширмы. Следует заметить, что разность температур «инструмент-ширма» он ввел со средним значением равным 0.3 градуса для всех наблюдений через противосолнечную ширму, что, как показали наши исследования, более или менее справедливо на удалении 0.2-0.3 м от ширмы, но может серьезно отличаться в более близкой от ширмы области. Из полученных теоретических результатов он сделал вывод, что для уничтожения «павильонной» рефракции необходимо совместить ширму с объективом. Вывод, в принципе, верный, т.к. в таком случае сводится к минимуму влияние павильона, но, как будет показано далее, не решающий проблемы «дневной» рефракции - остается припавильонная область, искажающая геометрию поля плотности воздуха. Используя полученные им экспериментально-теоретические результаты, Циммерман ввел в зенитные расстояния поправки за рефракцию зала отдельно для ночных и дневных наблюдений. Это позволило ему полагать, что зенитные расстояния звезд и Солнца однородны относительно рефракции и использовать наблюдения Солнца для определения гнутия [7, 9-11].

Для каталога Nik50 Циммерману пришлось модернизировать полученную в [9] формулу рефракции на противосолнечной ширме для члена ответственного за форму павильона (ширмы) и кроме поправок рефракции введенных при создании Nik30, им были учтены

поправки за сезонные изменения рефракции, полученные из наблюдений.

Интенсивные наблюдения тел солнечной системы днем, производимые в Николаеве в 1950-1980-х годах потребовали обратить пристальное внимание на особенности дневных рефракционных условий. Следует напомнить, что коэффициенты в формуле рефракции на ширме Циммерман получал эмпирически, из наблюдений звезд. Кроме того, разность температур «инструмент-ширма» им была принята постоянной. Принятое им во внимание искажение поля плотности только внутри павильона и отсутствие достаточного экспериментального материала привели его к выводу о необходимости максимального приближения ширмы к объективу. Реальные распределения температур к югу от инструмента как до ширмы, так и вне павильона оставались неизвестны.

Предварительный анализ, проведенный В.П.Сибилевым по дневным наблюдениям звезд произведенных Циммерманом, Божко и Сибилевым, показал, что широты, получаемые по наблюдениям фундаментальных звезд днем, зависят от часового угла Солнца в момент наблюдения звезды и направления ветра, а измерения температур у ширмы выявили скачек температуры более 5-7-и градусов при переходе через ширму.

Теоретические и экспериментальные исследования температурных полей, проведенные В.П.Сибилевым во время дневных наблюдений 1975-1982гг. в павильоне и близлежащей окрестности показали, что температурное поле днем крайне сложно и нестабильно. Для исследований использовались полупроводниковые датчики сопротивления - термисторы, установленные до высоты 16 м над уровнем почвы. Было выявлено, что имеется зависимость характеристик полей от температурных условий на подстилающей поверхности, от силы и направления ветра, от времени суток, от предыдущего состояния облачности [13-16]. Внутри павильона и вне его в ясную погоду днем разные закономерности распределения температуры с четко выраженным разрывом на ширме. Вывод Циммермана о необходимости максимального приближении ширмы к объективу не оправдался. Как показали исследования, направление ветра смещает тепловой

купол над павильоном, а уничтожение павильонной рефракции полностью сохраняет аномалию рефракции вне павильона. Так аномалии рефракции вне павильона днем при северном ветре могут достигать нескольких сек. дуги, но павильонная и близпавильонная аномалии рефракции в значительной степени компенсируют друг друга, редко превышая по величине 1" [15]. Южный ветер выравнивает слои равной плотности на юге, смещая купол тепла над павильоном на север и, практически, не приводит к возникновению аномалии рефракции. Восточные и западные ветра вызывают большие колебания рефракции в приземном слое, сопровождающиеся даже изменением знака поправки.

Для приземного слоя было выведено уравнение рефракции [17], которое использовалось для вычислений. Исследование рефракции при дневных наблюдениях показало, что для ее учета необходимо определение параметров температурного поля во время наблюдений, а его прогнозирование, из-за влияния многих факторов, крайне неблагоприятная задача. Важным результатом проведенной работы являлось то, что рефракция в приземном слое (в павильоне и вне его до высоты 16-ти м) получалась из чисто физических соотношений и измерений полей температур, а не выводилась из наблюдений.

Учет рефракции в приземном слое повысил точность наблюдений днем в случайном отношении для опорных звезд и Солнца на 20%, а для Венеры на 27%. Годовая волна разностей (О-С) для Солнца уменьшилась с 1".55 до 0".99. Ход разностей с синодическим периодом для Венеры существенно сгладился, (кроме наблюдений в нижнем соединении, когда наведения в одном из положений инструмента осуществлялись на острый рог) [15, 16].

В 1981-1985гг. на пассажном инструменте Фрейберга-Кондратьева П.Н.Федоровым была проведена работа по исследованию «боковой» рефракции при определении прямых восхождений в дневных наблюдениях. Несимметричная конструкция крыши павильона и различный разогрев восточной и западной боковин крыши до и после кульминации Солнца позволяли предполагать существование боковой рефракции днем. Для ее учета П.Н.Федоровым и А.В.Шульгой была выведена формула, позволившая использовать измерения распределений разностей

температуры по лучу зрения [18]. Для этого на ширме были укреплены штанги, которые заходили в павильон на 2 м и выступали на 4 м. Между штангами на расстоянии 1 м горизонтально располагались пары датчиков температуры. При наблюдении штанги устанавливались на зенитное расстояние наблюдаемого объекта, что позволяло вести измерения температур по лучу зрения во время наблюдения [19].

Исследование боковой рефракции показало, что ее величина может достигать 50 мсек времени. Введение поправок в результаты наблюдений опорных звезд повысило точность их наблюдений как по внутренней сходимости, так и по внешней (от дня к дню) примерно на 20%. Размах годовой волны (О-С) для наблюдений Солнца уменьшился с 140 мсек до 91 мсек. В наблюдениях Венеры учет боковой рефракции уменьшил полный размах синодической волны с 322 мсек до 250 мсек. Наибольшее улучшение получилось для Солнца в летнее время, а для Венеры в области элонгаций. В случайном отношении введение поправок за боковую рефракцию улучшило результаты для Солнца в среднем по году на 15%, а для Венеры по синодическому периоду на 20% [19, 20].

Аналогичные исследования были проведены в 1981-1982гг. при работе экспедиции на Горной астрономической станции под Кисловодском. За счет лучших астроклиматических условий, более приспособленных для дневных наблюдений павильонов и большего числа опорных звезд учет боковой рефракции сказался меньше. Так точность наблюдений Солнца в случайном отношении улучшилась на 7%, Венеры на 9% и Меркурия на 4%. Ввиду малого количества наблюдений анализ наблюдений в систематическом отношении не проводился [19, 21]

В 1985г. В.П.Сибилевым и А.В.Шульгой был рассмотрен вопрос о возможности прямого определения астрономической рефракции из дисперсионных измерений, т.е по разности зенитных расстояний в разных длинах волн. Трудность решения данной задачи заключалась в учете влажности воздуха. Если другие газы в составе воздуха имеют постоянное парциальное давление, то парциальное давление паров воды перемененно. Используя ранее полученное Сибилевым из принципа Ферма решение для

преломления луча в произвольной атмосфере [17], ими была получена формула, позволяющая определять рефракцию с учетом водяного пара. Применение метода для высокоточных астрометрических наблюдений сдерживается необходимостью измерений разностей положений звезды в двух цветах с точностью в 50 раз выше чем точность получаемой рефракции [22].

В 80-е годы Николаевская астрономическая обсерватория начала вести работы по созданию нового поколения астрометрических инструментов для абсолютных определений координат небесных тел типа АМК и МАГИС [23]. Для реализации высокой инструментальной точности, закладываемой в эти инструменты, необходим учет рефракции на уровне 0.01-0.02 секунд дуги. Анализ рефракционных условий показал, что этого можно достичь, если при определении рефракции отдельно учитывать рефракцию в приземном слое атмосферы до высоты 15-25 метров, наиболее подверженном влиянию подстилающей поверхности (рельеф, павильон), внутри павильона и в трубе инструмента. Кроме рефракции для создаваемых инструментов, большое значение имеют тепловые подвижки фундаментов и узлов. Для решения этих задач в НАО создана и испытана при наблюдениях на меридианном круге Репсольда автоматизированная система сбора метеоданных и вычисления рефракции - МЕТР. Система позволяет измерять и температуру воздуха в 100 точках и 50-и точках фундамента или узлов инструмента с точностью не хуже 0.05 градуса. Время полного цикла измерений всех датчиков не более 2-х минут. Предусмотрено наращивание системы измерениями влажности, давления, скорости и направления ветра.

В результате испытаний системы МЕТР в 1995-1996гг. на меридианном круге Репсольда Николаевской обсерватории обнаружено существование горячей точки в павильоне меридианного круга, приводящей к образованию аномалии рефракции. Существование горячей точки подтверждается расположением регистрирующей аппаратуры в павильоне меридианного круга. Величина рефракции в изучаемом слое достигает 0.3-0.4 угловых сек. в районе экватора и устойчива во времени. Колебания результатов наблюдений меридианного круга

Репсольда даже в узких зонах ( $0''.5-0''.7$ ) при небольших колебаниях поправки рефракции (не более  $0''.1$ ) не позволили проверить эффективность применения системы МЕТР, т.к. устойчивая во времени постоянная составляющая аномальной рефракции снимается дифференциальным методом. Использование системы МЕТР может быть эффективно при наблюдениях на инструментах с малыми ошибками наблюдений или при проведении абсолютных определений координат, для чего она, собственно, и предназначалась<sup>[24]</sup>.

В заключение отметим, что исследование рефракции в Николаевской обсерватории развивалось от метода Бесселя, когда из результатов наблюдений определялись постоянная рефракции, температурный коэффициент рефракции, ее сезонные изменения, до чисто физического подхода основанного на получении рефракции из физико-метеорологических измерений, причем не только при определении склонений, но и прямых восхождений.

### Литература

1. Б.А. Орлов. Абсолютные определения склонений на вертикальном круге. // 100 лет Пулковской Обсерватории. -Л.-д.: АН СССР, 1945.-с.55-76.

2. Отчеты Пулковской обсерватории за 1898-1927 гг.

3. И.Бонсдорф. // ТР ГАО. 1913. т.24.

4. J. Bonsdorff. Resultat der absoluten Deklinationsbestimmungen des Pulkoweer Katalogs 1915. Helsinki, 1922.

5. Б.Кудрявцев. Вывод склонений 1904 звезд Николаевской обсерватории на эпоху 1915 г. // Тр. ГАО, 57, сер. II, 1940, -115 с..

6. Г.К. Циммерман. Каталог схиленъ 172 зірок для эпохи 1925.0, виведений зі спостережень на вертикальному крузі в Миколаєві 1925-1927 років. // Публ. Миколаївської астр. обс. 1930. №1. С.5-108.

7. Г.К. Циммерман. Результаты наблюдений 1929-1939 годов на вертикальном круге николаевской обсерватории. // Тр. ГАО. 1951. т.68. С.135.

8. Г.К. Циммерман. К вопросу о причинах расхождения между пулковскими вертикальными кругами Репсольда и Эртеля. // А.Ж., 1954, т.31, в.5. -с.457-460.

9. Г. К. Циммерман. Рефракция при наблюдениях сквозь солнечную ширму. // А. Ж.. 1950. т. 27. с. 257-266.

10. Г. К. Циммерман. Определение широты, рефракционной постоянной и гнуптия из совместных наблюдений звезд и Солнца. // Изв. ГАО, 1950. № 143. С. 29-42.

11. Г. К. Циммерман. Результаты наблюдений произведенных на вертикальном круге николаевской обсерватории в 1939-1941 и 1945-1951 гг. // Тр. ГАО, 1958. т. 71. С. 30-63.

12. Г. К. Циммерман. Определение склонений на вертикальном круге Репсольда за полвека. // Изв. ГАО, № 176, 1966. с. 65-70.

13. В. П. Сибилев. Исследование приземных метеорологических полей при дневных определениях склонений. // - Астрометрия и Астрофизика. - 1980, вып. 42. - С. 77-78.

14. В. П. Сибилев. Исследование приземных температурных полей при дневных определениях склонений. // - Астрометрические исследования. Киев: Наук. думка, 1981, с. 107-110.

15. В. П. Сибилев. Рефракция в дневных определениях склонений. // Диссертация на соискание уч. степени канд. физ.-мат. наук. - Ленинград.: ГАО АН СССР. 1982.

16. Sibilev V.P. Corrections to the Sun and Venus declinations for anomalous refractions // Publ. Observ. astron. de Belgrade . 1987. № 35. P. 282-290.

17. Сибилев В. П. Уравнение рефракции в приземном слое. // Астрометрия и астрофизика, 1983, вып. 49. - С. 71-74.

18. П. Н. Федоров, А. В. Шульга. // К вопросу об аномальной рефракции. // Изв. ГАО, 1984, № 202, с. 37-39.

19. П. Н. Федоров. Исследование влияния боковой рефракции на дневные наблюдения небесных объектов. // Ленинград. ГАО АН СССР. Дис. на соискание уч. степени кандидата физико-математических наук. 1986, с. 135.

20. П. Н. Федоров. Прямые восхождения Солнца, Меркурия и Венеры, наблюденные на пассажном инструменте в Николаеве в 1980-1984 гг. и исправленные поправками за боковую рефракцию. // Деп. ВИНТИ № 895-В86.

21. П. Н. Федоров. Прямые восхождения Солнца, Меркурия и Венеры, наблюденные в 1981-1982 гг. вблизи Кисловодска и

исправленные поправками за боковую рефракцию. // Деп. ВИНТИ №896-В86.

22.Сибилев В.П., Шульга А.В. Использование атмосферной дисперсии для определения астрономической рефракции. // Современная астрометрия.-Л-д.:ГАО АН СССР,1987.С.473-79.

23.Гумеров Р.И.,Капков В.Б.,Кирьян Т.Р., Пинигин Г.И., Пожалов А.А.,Сергеев А.В.,Сибилев В.П. Автоматический меридианный круг для высокоточных определений координат небесных объектов. Научно-техническое предложение.// - Ленинград, Казань, Киев, Николаев. -1987.- На правах рукописи.

24.Сибилев В.П., Майгуров П.В. Результаты испытаний системы МЕТР.// Современные проблемы и методы астрометрии и геодинамики. -С-т Петербург, ИПА РАН, 1996, с.102-106.