

## THE EXPEDITION OF NIKOLAEV ASTRONOMICAL OBSERVATORY IN THE MOUNTAINS OF NORTH CAUCASUS.

*G.M.Petrov<sup>1</sup>, P.M.Fedorov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Nikolaev Astronomical Observatory, Nikolaev, Ukraine

<sup>2</sup>Astronomical Observatory of the Kharkov National University, Kharkov, Ukraine,  
pnf@astron.kharkov.ua

In 1981-82 in the mountains of North Caucasus on the height of 2100 m the right ascensions of Sun, Mercury and Venus were determined on the transit telescope. The results of the observations showed:

1. Throughout the year the enough amount celestial bodies can be obtained, which gives an opportunity to work up the observations of Sun, Mercury and Venus by the differential method in more sheer form, than in the observatories on the small heights where the stars in the winter period of the year under the sun are practically invisible.

2. The high transparency of the air and the enough amount of the supporting stars allowed to diminish the mistakes of the observations in 2 times in the comparison with the moderate heights.

3. During the night time one can see here the stars of 2 magnitudes weaker than in Nikolaev, which gives a possibility to penetrate the area of the weaker stars.

ЕКСПЕДИЦІЯ МИКОЛАЇВСЬКОЇ АСТРОНОМІЧНОЇ ОБСЕРВАТОРІЇ В ГОРИ ПІВНІЧНОГО КАВКАЗУ, Г.М.Петров, П.М.Федоров - В 1981-82 рр. в горах Північного Кавказу на висоті 2100 метрів визначались прями піднесення Сонця, Меркурія і Венери на пасажних інструментах. Результати спостережень показали:

1. Протягом усього року тут можна одержувати достатню кількість опорних зірок над і під цими світилами, що дає можливість обробити спостереження Сонця, Меркурія і Венери диференційним методом в більш чистому виді, ніж на обсерваторіях на невеликих висотах, де зірок в зимовий період року під Сонцем практично не видно.

2. Висока прозорість повітря і достатня кількість опорних зірок дозволили зменшити в 2 рази похибки спостережень в порівнянні з спостереженнями на помірних висотах.

3. В нічний час доби тут видно зірки на 2 зоряні величини слабкіші, ніж в Миколаєві, що дає можливість проникнути в область більш слабких зірок.

ЭКСПЕДИЦИЯ НИКОЛАЕВСКОЙ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ В ГОРЫ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА, Г.М.Петров, П.Н.Федоров - В 1981-82гг. в горах Северного Кавказа на высоте 2100 метров определялись прямые восхождения Солнца, Меркурия и Венеры на пассажных инструментах. Результаты наблюдений показали:

1. В течение года здесь можно получать достаточное количество опорных звезд над и под этими светилами, что дает возможность обработать наблюдения дифференциальным методом в более чистом виде, чем на обсерваториях, на меньших высотах, где звезды в зимний период года под Солнцем практически не видны.

2. Высокая прозрачность воздуха и достаточное количество опорных звезд позволили уменьшить ошибки наблюдений почти в два раза в сравнении с наблюдениями на умеренных высотах.

3. В ночное время суток здесь видны звезды на 2 звездные величины более слабые, чем в Николаеве, что дает возможность проникнуть в область более слабых звезд.

Меридіанні спостереження Сонця і великих планет завжди були важливою частиною проблеми абсолютних визначень положень небесних світил. Вони використовувались для встановлення нуль-пунктів систем небесних координат. Таку ж роль вони продовжували виконувати майже до самого кінця 20-го століття, коли виянилось, що значно точнішу систему небесних координат можна одержати із оптичних спостережень в Космосі, а також спостережень із поверхні Землі позагалактичних світил на радіоінтерферометрах з понад великими базами.

Проте визначення координат Сонця і планет застаються актуальними і в наші часи, оскільки виникла необхідність значного покращення теорії рухів планет, що дасть можливість розв'язати деякі інші, не менш важливі задачі, наприклад, перевірити гіпотезу про залежність гравітаційної сталої Закону всесвітнього тяжіння від віддалі між гравітуючими масами. [ 1 ]

На жаль, прогресуюче глобальне забруднення земної атмосфери стрімко обмежує можливості меридіанної астрометрії. Особливо відчутною перешкодою таке забруднення стало для визначень положень Сонця, Меркурія і Венери, меридіанні спостереження яких, як відомо, відбуваються в близько полудневий час доби на дуже яскравому фоні неба. Так, наприклад, тепер в зеніті Миколаївської астрономічної обсерваторії можна спостерігати опівдні зірки 2.0, тоді як ще 40 років тому опівдні в зеніті впевнено спостерігались зірки 4 зоряної величини. А на зенітних віддальх  $60^\circ$  тепер опівдні навіть Сиріус ( $m = -1,58$ ) не завжди вдається побачити в літній період.

Все це створює великі труднощі в справі надійної прив'язки положень Сонця, Меркурія і Венери до опорних зірок і змушує астрономів до пошуків місць з більш прозорою атмосферою.

Рівно двадцять років тому під керівництвом Г.М.Петрова астрономи Миколаївської обсерваторії організували експедицію в гори Північного Кавказу, де на висоті 2100 метрів над рівнем моря в місці з географічною широтою  $+43^\circ 44' 45''$  і довготою  $2^h 50^m 40^s.760$  протягом одного року синхронно визначали прямі піднесення Сонця, Меркурія і Венери на двох переносних пасажних інструментах.

Один із цих інструментів, а саме пасажний інструмент Миколаївської обсерваторії фірми Асканія - Верке був встановлений на горизонтальному плато в 300-х метрах на Захід від Гірської астрономічної станції (ГАС) Пулковської обсерваторії. Цей інструмент позитивно зарекомендував себе в роботі Служби часу Миколаївської обсерваторії. Він має діаметр об'єктиву 90 мм, фокусну віддаль 90 см, збільшення окуляру 70 і ціну одного витка гвинта самореєструючого мікрометра  $5^s.190$ .

Другий пасажний інструмент АПМ—10 нам позичили астрономи Полтавської обсерваторії, за що ми їм щиро вдячні. Цей інструмент був встановлений на віддалі 700 м від Асканія-Верке на краю дуже крутого схилу, майже урвища глибиною біля 200 метрів. Діаметр об'єктиву у цього інструменту дорівнював 100мм, фокусна віддаль об'єктиву 1000 мм, збільшення окуляру 100.

Каркаси для астрономічних павільйонів були зварені в Миколаєві із водопровідних труб і в розібраному виді привезені на місце спостережень.

Павільйон на горизонтальному плато мав форму циліндра діаметром 3 м

зі сферичним куполом. А павільйон на краю урвища мав форму лежачого напівврізанного циліндру. Віддаль від підлоги до даху в центрі павільйонів дорівнювала 3.5 м.

В даху павільйонів, а також в каркасах з південної і північної сторони, починаючи з висоти 1.5 метра від підлоги, зроблена меридіанна щілина шириною 0.6 м, яка закривалась протисонячною ширмою шириною 0.9 м із цупкого брезенту пофарбованого алюмінієвими білилами. Таким же брезентом були обшиті і павільйони. Для проведення спостережень в ширмі було зроблено 3 круглі отвори діаметром 15 см, які закривались клапанами із такого же матеріалу, що і ширма. Клапани відкривались тільки для спостереження світил. До ширми були прикріплені кільця, які ковзали по дугоподібним спрямовуючим трубам, в результаті чого забезпечувалась можливість спостерігати світила в меридіані на любых зенітних віддальях.

В центрі павільйонів був зроблений стовп під інструмент із силікатної цегли. Висота стовпа 0.9м, ширина 0.6м і довжина 0.9м. Стовпи стояли на бетонних фундаментах розміром 1.5м x1.5м і глибиною 1.0м.

Для контролю за змінами азимута і визначень колімаційної похибки пасажний інструмент над урвищем мав південну міру на віддалі 3 км від павільйону. Зроблена із сталевого кутка у вигляді трикутної піраміди висотою 2 м вона була замурована в схил сусідньої гори. В вершині піраміди був зроблений круглий отвір, який освітлювався електричною лампочкою від акумуляторної батареї. І через те, що промінь світла від міри до об'єктиву інструмента проходив над глибоким і широким міжгір'ям, зображення міри завжди були спокійними.

Інструмент на горизонтальному плато був оснащений двома мірами. Вони були зроблені із сталевих труб вбитих в землю на віддалі 400 метрів від пасажного інструменту. Проміння від мір до інструмента проходили на висоті 2-3 метрів від покритою альпійськими травами землі і зображення мір були спокійними дуже рідко. По цій причині відліки мір використовувались тільки для визначень колімаційної похибки інструменту.

В грудні 1981 р. пасажні інструменти помінялись місцями і на них знову були проведені синхронні спостереження.

Результати цих спостережень показали, що якість зображень небесних світил в обох павільйонах були практично однакові і в більшості випадків добрими і навіть дуже хорошими. В такі періоди у Меркурія чітко була видна фаза, а на Місяці — велика кількість дрібних деталей, про існування яких Г.М.Петров навіть не підозрював, хоча і спостерігав Місяць і його кратер "Местінг-А" в Николаєві протягом багатьох років.

Величина амплітуди дрижання зображень зірок була одержана із візуальних спостережень. Для цього зображення зірки встановлювались поблизу горизонтальної нитки окулярного мікрометра інструмента і спостерігач порівнював амплітуду дрижання зображення зірки з товщиною нитки мікрометра, кутові розміри якої були одержані із спеціальних вимірювань.

Вимірювання амплітуди дрижань показали, що дрижання зображень світил в павільйоні на горизонтальному плато були на 10-20% меншими за дрижання в павільйоні над урвищем.

Залежність амплітуди дрижань зображень зірок від зенітної віддалі світила приведена в Таблиці 1. Вона одержана із нічних спостережень П.М.Федорова і денних спостережень Л.О.Гудкової в зимовий період року. Для інших періодів року одержати достатню кількість вимірювань ми не спромоглися і відповідна залежність не виводилась.

В Таблиці 1  $N$  - число виміряних зірок ;  $Z$  - зенітна віддаль зірок, яка на північ від зеніту позначена знаком “ — ”.

**Таблиця 1.** Величина дрижання зображень зірок  $S$  в залежності від зенітної віддалі  $Z$

$Z$	Ніч		День	
	$S_n$	$N$	$S_d$	$N$
— 10	0'15	18	0'23	11
— 5	16	21	32	24
0	14	43	46	41
+ 10	18	68	43	139
25	24	77	41	59
40	28	94	46	61
55	30	66	68	19
70	61	79	85	12
80	87	23		

Із Таблиці 1 видно, що: в нічний час амплітуда дрижання зображень зірок непогано описується формулою

$$S_n = 0.''14 + 0.''14 \operatorname{tg} Z;$$

в денний час, на південь від зеніту, формулою

$$S_d = 0.''45 + 0.''11 \operatorname{tg} Z;$$

а на північ від зеніту амплітуда дрижання в денний час швидко зменшується, що і повинно бути, оскільки при спостереженнях зірок на північ від зеніту отвір в протисонячній ширмі, через який спостерігаються зорі, прямими сонячними проміннями вже не освітлюється, в результаті чого турбуленція повітря біля отвору різко зменшується.

Числові дані Таблиці 1 дають підставу для таких висновків:

1. Протисонячну ширму, а також весь астрономічний павільйон, треба покривати матеріалами, що максимально відбивають сонячне проміння;

2. Район розташування експедиції по величині дрижання зображень зірок відноситься до числа найкращих в СРСР [2]. Тут навіть в денний час доби величина дрижання зображень небесних світил не перевищує величину дрижання на деяких станціях в нічний час доби.

Прозорість повітря в районі експедиції в літній і зимовий періоди року характеризується даними Таблиць 2 і 3.

**Таблиця 2.** Розподіл спостережень найбільш слабких зірок в залежності від годинного кута Сонця ( $t_0$ ) і зоряних величин ( $m$ ). Спостерігач Ільків Н.О. Травень - червень 1982р. Середня зенітна віддаль Сонця  $Z_0$  в момент його кульмінації дорівнювала  $+22^\circ$ .  $N$  – число спостережень

$t_0$	$m$	$Z$	$N$	$t_0$	$m$	$Z$	$N$
$-2^h.5$	+4.0	$+31^\circ$	1	$+2^h.5$	+3.5	$+22^\circ$	1
	3.9	+38	1		+3.2	19	1
	3.9	+28	1		+3.1	36	1
	3.9	- 2	2		+1.9	28	2
	3.8	+20	3		+1.7	38	1
	2.8	+40	3		+1.6	73	1
	2.5	+44	1				
	2.2	+62	6				
$-1^h.5$	+4.0	-12	1	$+1^h.5$	+ 3.5	+22	1
	+3.8	-5	1		+2.9	+11	1
	+3.4	0	1		+2.5	+44	1
	+3.3	+66	1		+2.2	+53	1
	+3.0	+20	2		+2.1	- 1	2
	+2.9	+11	2		+2.0	+70	1
	+ 2.9	+49	1		+1.9	+28	2
$-0^h.75$	+3.3	+ 3	2	$+0,75$	+4.0	+ 5	1
	+3.1	- 4	2		3.8	0	1
	+2.5	+44	1		3.1	0	3
	+2.3	+ 2	3		2.0	+62	3
	+2.2	+ 53	2		2.0	+70	2
	+2.0	+ 46	1				
	+1.8	+45	1				
$-0^h.25$	+3.0	+ 4	1	$+0.25$	+3.3	+37	1
	+2.9	+12	1		+3.1	- 4	1
	+2.0	+62	1		+2.9	+11	1
	+1.7	+38	1		+2.5	+44	1
	+1.1	+24	1		+2.2	+54	2
					+2.2	- 1	1
					+2.1	+46	2

Із таблиці 2 видно, що в момент кульмінації Сонця ( $t = \pm 0^h, 25$ ) в близькозенітній зоні тут можна спостерігати зірки з зоряною величиною  $+3.^m0$ . Тоді як в Миколаєві лише  $+2.^m0$ .

Ще більший вигравш маємо при спостереженнях в районі небесного екватора, які необхідні для виводу азимута пасажного інструмента. Із таблиці видно, що поблизу екватора спостерігаються зірки слабкіші за 2.0 (один раз спостерігалась навіть зірка з 3.3). А в Миколаєві поблизу екватора в літній час видно зорі яскравіші за  $+1.^m0$ .

**Таблиця 3.** Розподіл спостережень найбільш слабких зірок в залежності від годинного кута Сонця ( $t_0$ ) і зоряних величин ( $m$ ). Спостерігач Гудкова Л.О. Січень - лютий 1982р. Середня зенітна віддаль Сонця ( $Z_0$ ) в момент кульмінації дорівнювала  $+60^\circ$ .  $N$  - число спостережень.

$t_0$	$m$	$Z$	$N$	$t_0$	$m$	$Z$	$N$
-2. <sup>h</sup> 5	+4.0	- 9°	2	+2. <sup>h</sup> 5	+4.0	+45°	1
	3.8	- 2	4		+3.9	+ 6	1
	3.8	+15	6		+3.8	- 6	6
	3.7	+26	6		+3.7	+20	6
	3.5	+16	5		+3.5	+60	1
	3.4	+45	3		+3.2	+44	2
	3.0	+39	8		+2.2	+62	1
	2.8	+33	4		+1.3	+74	4
-1. <sup>h</sup> 5	+4.0	+11	2	+1. <sup>h</sup> 5	+4.0	+38	1
	4.0	- 9	4		3.9	- 6	3
	4.0	+ 3	4		3.7	+19	3
	3.9	0	3		3.7	+38	1
	3.7	+25	1		3.2	+45	4
	3.4	+14	8		2.9	+29	4
	3.3	+11	8		2.5	+34	8
	2.8	+33	7		2.5	+44	1
-0. <sup>h</sup> .75	+4.0	- 9	2	+0. <sup>h</sup> .75	4.0	+ 3	4
	3.7	+25	1		3.9	0	6
	3.2	+16	5		3.7	+19	1
	3.2	+44	1		3.4	+14	6
	3.0	+30	1		2.6	+10	3
	2.8	+34	3		2.6	+29	2
	2.5	+34	8		2.5	+34	2
	-0. <sup>h</sup> .25	3.9	- 6		2	+0. <sup>h</sup> .25	4.0
3.9		- 3	1	3.9	0		3
3.7		+25	3	3.9	- 6		2
3.4		+45	1	3.7	+19		3
3.4		+14	2	3.4	+14		2
3.2		+44	2	3.1	+14		6
2.8		+10	2	2.6	+10		4
				1.3	+74		2

Із Таблиці 3 видно, що в районі Гірської Сонячної станції Пулковської обсерваторії в зимовий період року протягом всього дня, в тому числі і в момент кульмінації Сонця, в зеніті видно зорі +4.0 зоряної величини. В районі екватору в момент кульмінації Сонця видно зорі +3.<sup>m</sup>3, а під Сонцем + 1.<sup>m</sup>3.

Останній факт являється дуже важливим, оскільки він свідчить про можливість проведення тут диференціальних визначень положень Меркурія, Венери і Сонця по більш надійній диференціальній методиці, ніж це має місце в Миколаївській і других обсерваторіях, де зорі під Сонцем в зимовий період практично не видно і при обробці спостережень астрономи мусять користуватись не дуже надійною екстраполяцією.

Висока прозорість повітря в районі експедиції була підтверджена і спостереженнями в нічний час доби. Тут біля зеніту на обох пасажних інструментах спостерігались зірки 9.0 - 9.1 зоряної величини, а зорі величиною 8.6 на зенітній віддалі  $Z = 50^\circ$ , тоді як в Миколаєві на цьому же таки пасажному інструменті Асканія - Верке на  $Z = 50^\circ$  спостерігалась дуже невпевнено зірка з зоряною величиною 7.32 і по цій причині була виключена її із каталогу близькополюсних зірок. [ 3 ]

Оцінка точності спостережень Сонця і планет була зроблена по спостереженням найбільш досвідчених учасників експедиції — Р.Т.Федорової та П.М.Федорова. Середня квадратична похибка одного спостереження, одержана по внутрішній збіжності відхилень результатів окремих спостережень від ефемерид, виявилась рівною  $\pm 0^s.038$ ,  $\pm 0^s.033$  і  $\pm 0^s.035$  для Сонця, Меркурія і Венери відповідно, що приблизно в два рази менше за похибки в Пулковській, Миколаївській, Вашингтонській і Грінвічській обсерваторіях [4].

Підкреслимо, що точність спостережень в експедиції була б ще більш високою, якби ослаблення яскравості зображень Сонця робилось плоскопаралельними фільтрами Л.О.Сухарева кращої якості, ніж ті, що були у нашому розпорядженні. Наші фільтри не давали хороших зображень країв Сонця, і приходилось наводити нитку мікрометра на розмитий край. Крім того на точність спостережень впливала відсутність хороших мір і астрономічного годинника.

Про недоліки мір ми вже писали, а астрономічного годинника у нас зовсім не було і реєстрація проходжень небесних світил через меридіан виконувалась друкуючим хронографом, в надії, що його генератор виробляє стабільну частоту. На жаль вироблена генератором частота “плавала”, і ми стикнулись з труднощами при виводі поправок годинника (в нашому випадку поправок хронографа).

Поки що ми привели дані, що характеризують район експедиції з найкращого для нашої справи боку. Проте цей район має і істотні недоліки. До них в першу чергу відноситься нерівномірність безхмарного неба протягом року і всередині доби. Ця нерівномірність непогано проглядає по даним Таблиці 4, в якій для різних періодів року приведено величину хмарності по десятибальній шкалі через кожні 3 години декретного часу (зимового).

Дані для Таблиці 4 одержані по результатах щоденних вимірювань хмарності протягом 1970 - 1980 р.р. на метеорологічній станції Шатжатмас, розташованій на віддалі 0.3 км від нашої експедиції.

**Таблиця 4.** Хмарність протягом доби в різні періоди року

	0 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	6 <sup>h</sup>	9 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	серед.
осінь	5.1	5.0	5.6	6.4	6.3	6.6	6.2	5.3	5.8
зима	4.7	5.0	5.6	5.7	6.6	7.0	6.6	5.5	5.8
весна	6.3	6.0	6.6	7.1	8.4	9.3	8.8	7.3	7.5
літо	5.5	5.6	5.2	6.4	7.1	8.0	7.8	6.4	6.5
серед.	5.4	5.4	5.8	6.6	7.1	7.7	7.4	6.1	

Із таблиці 4 видно, що в нічний час доби поблизу Гірської астрономічної станції Пулковської обсерваторії безхмарне небо буває в 43% випадках, що не так уже і погано. Значно гірше веде себе хмарність в денний час доби. Свого максимального значення вона досягає в 15 - 16 годин, що буде викликати труднощі при спостереженнях Венери в її східних елонгаціях. Особливо відчутними ці труднощі будуть у весняний період року, так як в цю пору безхмарне небо буває тут лише в одному випадку із десяти.

### **Висновки по роботі експедиції.**

1. В горах Північного Кавказу на висоті 2100 метрів над рівнем моря в денний час доби можна спостерігати в меридіані опорні зірки над і під Сонцем протягом всього року, що забезпечує можливість застосувань диференційного метода спостережень Сонця, Меркурія і Венери в більш чистому виді, ніж на обсерваторіях на невеликих висотах, де зірок в зимовий період року під Сонцем практично не видно.

2. Висока прозорість повітря, непогані зображення небесних світил, достатня кількість опорних зірок дозволили зменшити випадкові похибки спостережень Сонця і планет в 2 рази в порівнянні з спостереженнями на помірних висотах.

Ми думаємо, що таке велике збільшення точності спостережень Сонця, Меркурія і Венери було викликано також і дуже вдалою конструкцією наших астрономічних павільйонів — незначна теплоємність і висока здатність відбивати сонячне проміння. В зв'язку з цим вважаємо, що при організації нових спостережень Сонця, Меркурія і Венери на великих сучасних інструментах, треба встановлювати ці інструменти в павільйонах нашої конструкції. А для охорони їх від непогоди та зловмисників, на проміжок часу між спостереженнями, закривати павільйони металевими гаражами, що рухаються на відкатник рейках.

3. В нічний час доби в районі розташування експедиції можна виграти приблизно 2 зоряні величини, що дасть можливість поширити диференційний метод спостережень в область більш слабких зірок.

Результати роботи експедиції обговорювались 11 грудня 1982р. на засіданні Вченої ради Пулковської обсерваторії. Робота одержала високу оцінку і Рада рекомендувала адміністрації обсерваторії і її Миколаївському відділу організувати регулярні спостереження Сонця і планет на території ГАС на великих стаціонарних інструментах.

На закінчення автори вважають необхідним сказати теплі слова працівникам Миколаївської обсерваторії, які входили до складу першої групи експедиції: Л.Ф.Горель, Г.К.Гореля, Н.О.Ільків, М.І.Ільківа, на долю яких випала найбільш важка і важлива робота по влаштуванню експедиції. Особливо велику подяку заслуговує Р.Т.Федорова, яка в той час була

завідувачем Миколаївського відділення Пулковської обсерваторії і енергійно сприяла організації експедиції, а також завідувач експериментальної механічної майстерні Д.Плешивцев, який сконструював астрономічні павільйони, перевіз їх на Кавказ і встановив їх там з участю вище перелічених учасників. На добрі слова заслуговує і шофер експедиції Г.І.Осадчук, а також астрономи спостерігачі В.І.Івакін, Л.О.Гудкова, Ф.Ф.Каліхевич та ін.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Кислик М.Д. Возможности проверки Закона Всемирного Тяготения по астрометрическим наблюдениям планет - Письма в Астрономический журнал, 1983, т.9, № 5, стр.316.

2. Дарчия Ш.П. Некоторые результаты астрономических исследований в экспедициях ГАО АН СССР — Известия ГАО, 1961, № 169, стр.99.

3. Петров Г.М. Каталог прямых восхождений 101 звезды со склонениями от  $+75^\circ$  до  $+90^\circ$  для эпохи и равноденствия 1950.0 — Известия ГАО АН СССР, 1958, № 161, стр.77.

4. Петров Г.М. Меридианные наблюдения Солнца и больших планет. — Труды 16-й Астрометрической конференции СССР, Ленинград, 1965, стр.55.