

**РЕЗУЛЬТАТИ АСТРОНОМІЧНИХ, МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ТА БІОЛОГІЧНИХ  
СПОСТЕРЕЖЕНЬ ПІД ЧАС ПОВНОГО СОНЯЧНОГО ЗАТЕМНЕННЯ  
11 СЕРПНЯ 1999 Р**

Чурюмов К., Іванчук В., Харчук С.

АО КНУ

Дубровський Ю.

Інститут рибного господарства Української Академії Аграрних наук

Мормиль В.

сmt Чернігівка Запорізької області,

Солоненко В.

Вінницький педагогічний університет ім. Михайла Коцюбинського

## **ВСТУП**

Одним із завдань астрономів Київського Національного університету ім. Т.Шевченка (КУ) було фотографування сонячної корони за допомогою довгофокусних та короткофокусних коронографів в Бухаресті, через який проходила місячна тінь 11 серпня 1999 року. Такі спостереження стали традиційними в Київському університеті, починаючи із затемнення 25 лютого 1952 р.[1]. Потім були успішно проведені спостереження затемнень 30 червня 1954 р., 15 лютого 1961 р., 30 травня 1965 р., 22 вересня 1968 р., 7 березня 1970 р., 11 липня 1972 р., 30 червня 1973 р., 31 липня 1981 р., 22 липня 1990 р., 11 липня 1991 р. та 3 листопада 1994 р. Все це дало змогу створити достатньо велику базу даних по сонячним коронам. Саме вивчення структури сонячної корони в Київському університеті привело у 1953-1957 рр. до відкриття професором С.К.Всехсвятським та його учнями Г.М.Нікольським та Є.О.Пономарьовим динамічної сонячної корони, що неперервно розширюється у міжпланетний простір - тобто до відкриття (раніше американського астронома Юджина Паркера) сонячного вітру - потоку сонячних протонів і електронів та іонізованих атомів гелію, Швидкість якого біля Землі сягає 400 км/сек, а густина 1-10 частинок у кубічному сантиметрі У 1959-1962 рр. сонячний вітер був зареєстрований за допомогою космічних зондів.

Основна частина експедиції Київського національного університету (М. Дзюбенко, К. Чурюмов, В. Решетняк, В. Солоненко, Т.Соколовська, М. Курмей) з триметровим та іншими коронографами з різними фокусними відстанями базувалася в Кутаресті на території Астрономічної обсерваторії Академії наук Румунії, а також біля Урядового будинку (Дім Чаушеску). Тут були одержані фотографії часткових фаз, внутрішньої та середньої корони. На жаль на території Астрономічної обсерваторії під час повної фази Сонце закрила хмара і знімки внутрішньої та середньої корони були отримані в її розривах з короткими експозиціями за допомогою 0 2-м, 0 33-м, 1-м коронографів, на яких використовувалась чутлива плівка. Дві автономні групи експедиції КУ спостерігали різні фази сонячного затемнення на безхмарному небі поблизу від країв тіні – одна у складі В. Тельнюка-Адамчука, М. Буромського, та Ю. Таранухи на північному краї тіньової смуги біля м. Урзічені, друга у складі В. Данилевського, В.

Криводубського та О. Молотая на південному краї смуги біля м. Дрегенешті. Обидві групи одержали спостережний матеріал, який дозволяє визначити діаметр Сонця.

Друга група (В.Мормиль, О.Мормиль, С.Харчук та ін.) в рамках наукового співробітництва з АО КУ проводила фотографічні та візуальні спостереження біля міста Камен Бряг (Болгарія) Ними було одержано низку кольорових та чорно-білих зображень сонячної корони з метою вивчення структури останньої та інтегральної фотометрії. Чорно-білі емульсії було прокалібровано за допомогою трубочного фотометра Лабораторії фізики комет АО КУ. Фотографії одержані цією групою охоплюють спостереження часткових фаз, чіток Бейлі поблизу другого та третього контактів, сонячної корони під час максимальної фази затемнення.

Третя група, яка також працювала в рамках наукового співробітництва з АО КУ, проводила метеорологічні та біологічні спостереження на горі Чиракман, яка розташована на схід від приморської частини міста Каварна у Болгарії.

Неозброєним оком виразно спостерігалась яскрава сріблясто-біла корона з порівняно довгими променями. Було добре видно Венеру, яка знаходилась у південно-східному напрямку на відстані біля  $15^\circ$  від Сонця. В цілому затемнення було досить світлим, у сутінках були помітні основні деталі місцевості, впевнено розрізнялися літери великого шрифту. Над південним горизонтом, у сонячній стороні, присмеркове небо мало жовто-рожеве забарвлення [2].

## **СТРУКТУРА ТА ФОРМА СОНЯЧНОЇ КОРОНИ ТА ЇХ ЗВ'ЯЗОК З СОНЯЧНОЮ АКТИВНІСТЮ**

Форма і структура сонячної корони сильно залежить від рівня сонячної активності. Під час повного сонячного затемнення і 1 серпня 1999 р. число Вольфа, дорівнювало  $W_k \sim 76$ , це не дуже високий показник активності, але форма сонячної корони на численних фотографіях, одержаних 11 серпня досить симетрична і характерна для Сонця, що перебуває у максимумі сонячної активності, В максимумі сонячної активності лінії індукції магнітних полей, пов'язаних з глобальним, фоновими та локальними полями активних областей, спрямовані переважно радіально від сонячної поверхні, а форма і структура сонячної корони є своєрідним індикатором топології і напруженості магнітного поля Сонця.

Сонячна корона на підставі аналізу її зображень, одержаних в Бухаресті (Рис. 1, спостерігач К. Чурюмов) та пункті Камен Бряг (рис. 2, спостерігачі С.Харчук та В. Мормиль) 11 серпня 1999 року досить подібна до корони 22 вересня 1968 р. та 22 липня 1900 р, які як і розглядуваний об'єкт відбувалися напередодні максимуму 11-річних циклів сонячної активності (СА). Корона має форму близьку до класичного максимального типу (рис 3) і складається з багатьох потужних та тонких променів, що тяжіють до радіального орієнтування навколо Сонця. Відмітимо також існування значної кількості великих та яскравих протуберанців - біля 6 навколо лімбу Сонця. Два класичних шоломоподібних промені, в основі яких знаходяться досить потужні протуберанці. спостерігалися в SE та - NW секторах ( $P \sim 140^\circ$  та  $310^\circ$ ). Останні деталі - це різного роду викривлені крила та прямолінійні потоки та тонкі промені, що розходяться віями від деяких центрів на E та W-лімбах. Вони є ознакою високої активності як корони так і всього Сонця. Слід відмітити, що кут розгортання східного E-віяла променів набагато більше ніж на західному W-лімбі. Це свідчить про більш розвинену активність E-корони в порівнянні з W-короною та про значну E/W асиметрію корони в момент затемнення. По розподілу яскравості корона близька до сферично-симетричної форми. Лише біля південного полюсу існує менш яскрава ділянка, яка мабуть пов'язана з існуванням тут полярної корональної діри. Це, а також ряд інших обставин, призводить до того, що корона має помітну N/S асиметрію. Високоширотні промені північної N-півкулі (особливо в NE-секторі) нахилені до полюса, а в південній S-півкулі, SW-секторі нахилені до екватору. Все це вказує на те, що N-півкуля більш активна, ніж південна, тобто вона більш близька до своєї максимальної форми розвитку. З цього можна встановити, що максимум поточного 23- циклу СА може відбутися в N-півкулі незабаром (десь в кінці 1999 р.

або на початку 2000 р), а в південній півкулі дещо пізніше, можливо на початку 2001 р. Відмітимо, що така картина продовжує тенденцію, яка спостерігалася в попередніх 11-річних циклах (№№ 20-22), коли в N-півкулі максимум СА наступав значно раніше, ніж в S-півкулі. Кількість плям та активних областей в день затемнення та поблизу нього на видимому диску Сонця число плям було досить невелике  $W_R=76$  - мінімальне для 1-15 серпня). Проте корона, як ми відмічали вище, має структуру і форму, які вказують на високу магнітну активність Сонця для даної фази сонячного циклу. Це підтверджується тим, що усереднене число Вольфа за червень-серпень поточного року досить високе  $\langle W_R \rangle > 150$ .

Досить цікавою особливістю теперішньої корони є існування шаблеподібного, тонкого подвійного променя в NE-лімбі, що виходить з сонячного лімбу на  $\rho \sim 50^\circ$ . Він знаходиться близько біля своєрідного центру "відштовхування", що спостерігається для віяла променів E-лімба. Подібні промені існували також в коронах 22 вересня 1968 р., 11 липня 1972 р., 22 липня 1990 р. та 11 липня 1991 р. над спалахо-активними областями Сонця і були пов'язані з явищами коронально-транзієнтних викидів плазми. Тому, можливо, що і розглядуваний подвійний (закручений) промінь на NE-лімбі, як і різке розходження променів у східній короні, пов'язане з існуванням поблизу моменту затемнення транзієнтного викиду речовини. Структурний малюнок корони 11 серпня 1999 р. приведений на рис 3.



Фото І. Сонячна корона 11 серпня 1999 р за спостереженнями К Чурюмова в Бухаресті.

## МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ТА БІОЛОГІЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Спостереження за зміною освітленості (за шкалою фотоекспонетра Ю-11/4) та температури повітря  $t^\circ\text{C}$  (у тіні біля земної поверхні) були розпочаті за 30 хв. до першого контакту ( $T_1$ ), а закінчені через 30 хв. після останнього контакту ( $T_4$ ). Показники фіксувались кожні 15 хв. (Табл.1 та 2). На мал. 4 наведені графіки ходу освітленості під час затемнення (11.08), а також - у той самий період наступної доби (12.08). На мал.5 - аналогічні графіки ходу температури повітря. На мал.6 відображені зміни освітленості ( $i$ ), температури повітря ( $t^\circ$ ), а також - показники кількості птахів ( $n$  - кількість ластівок, що спостерігалася одночасно в умовному полі зору;  $k$  - кількість особин у зграї мартинів, яка спостерігалася у означений момент) під час сонячного затемнення (11.08.1999).

Часткова фаза для Каварни почалася у  $9^h 46^m$  ( $T_1$  за всесвітнім часом), а через годину після цього ( $10^h 46^m$ ) ластівки стали збиратися у великі зграї та прямувати до

своїх гніздовищ Через 1 хв. після них ( $10^h47^m$ ) стали збиратися у зграї і мартини. У  $11^h06^m$  відлетіли останні ластівки. Слід відмітити, що у вечірній час цієї пори року вони продовжували польоти у присмерках і за помітно меншої освітленості. У  $11^h08^m$ , при наближенні повного затемнення, почало поступово затихати цвіркотіння коникових. Помірний північний вітер, що постійно посилювався при наближенні повної фази, несподівано різко послабшав перед її початком. У момент настання повної фази ( $T_2 \sim 11^h10^m$ ) повністю замовкли всі денні комахи, а присмерково-нічні види також не виявили ніякої активності. Мартини, навпаки, галасували помітно частіше та гучніше. У момент закінчення повного затемнення ( $T_3 \sim 11^h12^m$ ) зниження температури повітря досягало  $6-7^\circ\text{C}$  (див. мал.5).

Після затемнення температурний максимум, зв'язаний з денним максимумом температури, який відбувається біля 16 години за місцевим часом ( $13^h$  за всесвітнім часом). Цей максимум добре видний на температурному графіку (Рис. 5), одержаному 12 серпня 1999 р. - через добу після затемнення в ті ж самі години. Зниження температури та освітленості після цього максимуму 12 серпня пов'язано з розвиненням щільної хмарності.

Перші звуки окремих представників комах можна було почути лише через 4 хв. після закінчення повної фази ( $11^h16^m$ ). Ще через 7 хв. ( $11^h23^m$ ) над степом з'явилися перші ластівки. Незабаром ( $11^h26^m$ ), зграї мартинів почали поступово розпадатися, майже одночасно ( $11^h27^m$ ) ластівки відновили звичайні маршрути своїх польотів. Цвіркотіння коників та інших денних комах повністю відновилося через 20 хв. ( $11^h32^m$ ) після закінчення повного затемнення, а загальна чисельність ластівок у колі зору - приблизно через годину ( $12^h12^m$ ).

До кінця часткової фази ( $T_4 \sim 12^h33^m$ ) активність тварин повернулася до звичайного добового ритму. Цікаво відмітити, що свійські тварини також реагували на несподівану появу темряви під час затемнення. По деяких селах водночас заспівали півні. Собаки, що були на відкритому повітрі, також виявили помітну знервованість. Під час повного сонячного затемнення 22 липня 1990 року, що спостерігалось експедицією Київського університету у м Миколаївці (Байроновці) Тайшетської області (РФ), отара овець, яка йшла вздовж вулиці, раптом зупинилася та стояла нерухомо протягом повної фази. Навпаки 22 вересня 1968 р. в Юргамиші (Курганська обл, РФ), теж під час повного сонячного затемнення, яке спостерігалось експедицією КУ, корови, що відпочивали на пасовиську, при наближенні другого контакту піднялися і жваво побігли у бік села, піднявши велику хмару пилу, яка ледве не завадила спостерігати сонячну корону після другого контакту.

Загальноприйнятими методами статистичної обробки даних поміж показниками освітленості ( $i$ ), температури ( $t^\circ$ ) відносної чисельності ластівок ( $n$ ) та кількістю особин у зграї мартинів ( $k$ ) обчислені коефіцієнти кореляції, значення яких наведені у табл. 3. При цьому не врахований однократний проліт великої зграї ластівок крізь поле зору у  $10^h46^m$ .

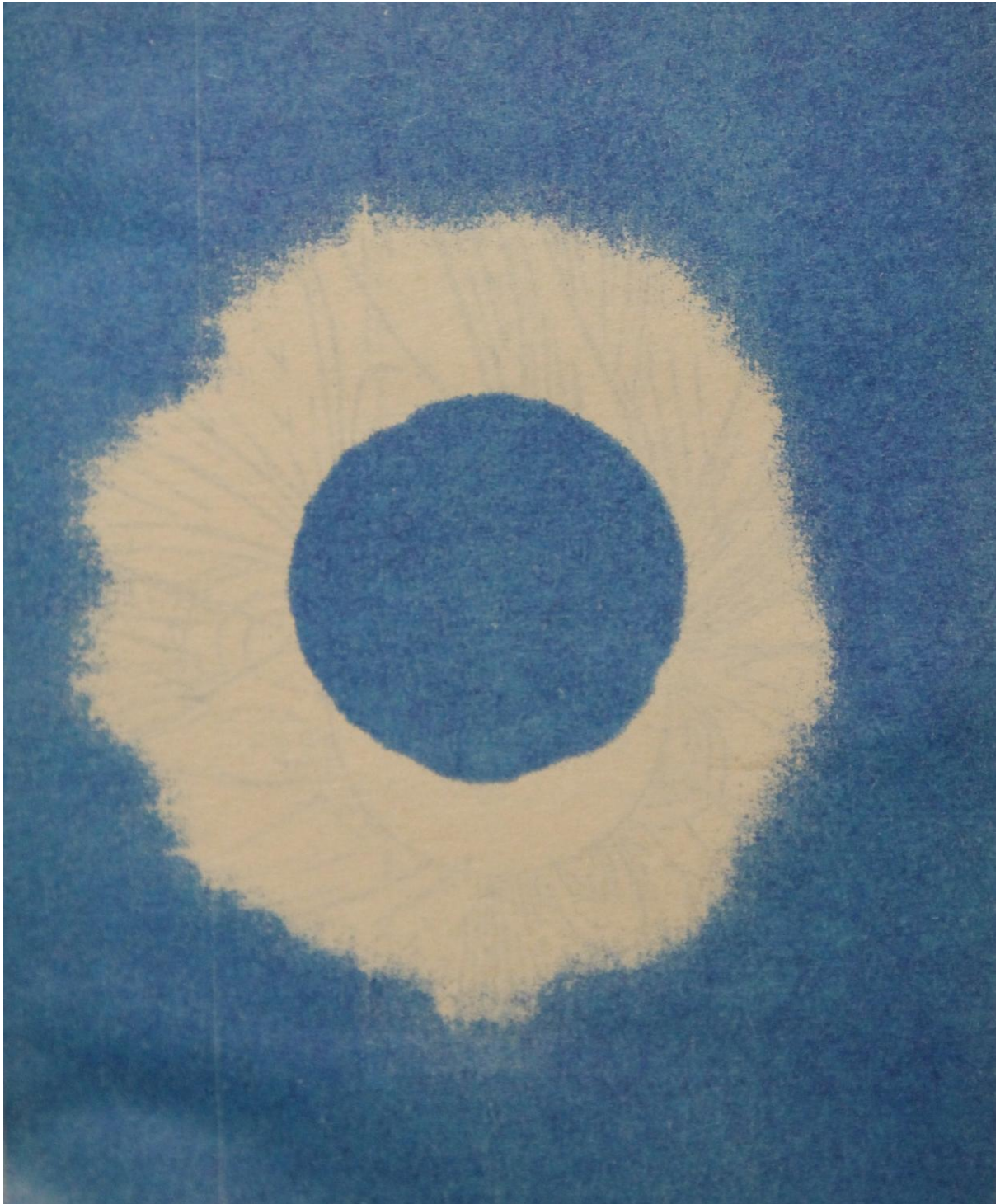


Фото 2. Сонячна корона 11 серпня 1999 р за спостереженнями С Харчука і В Мормиля в Болгарії (Камен Бряг)



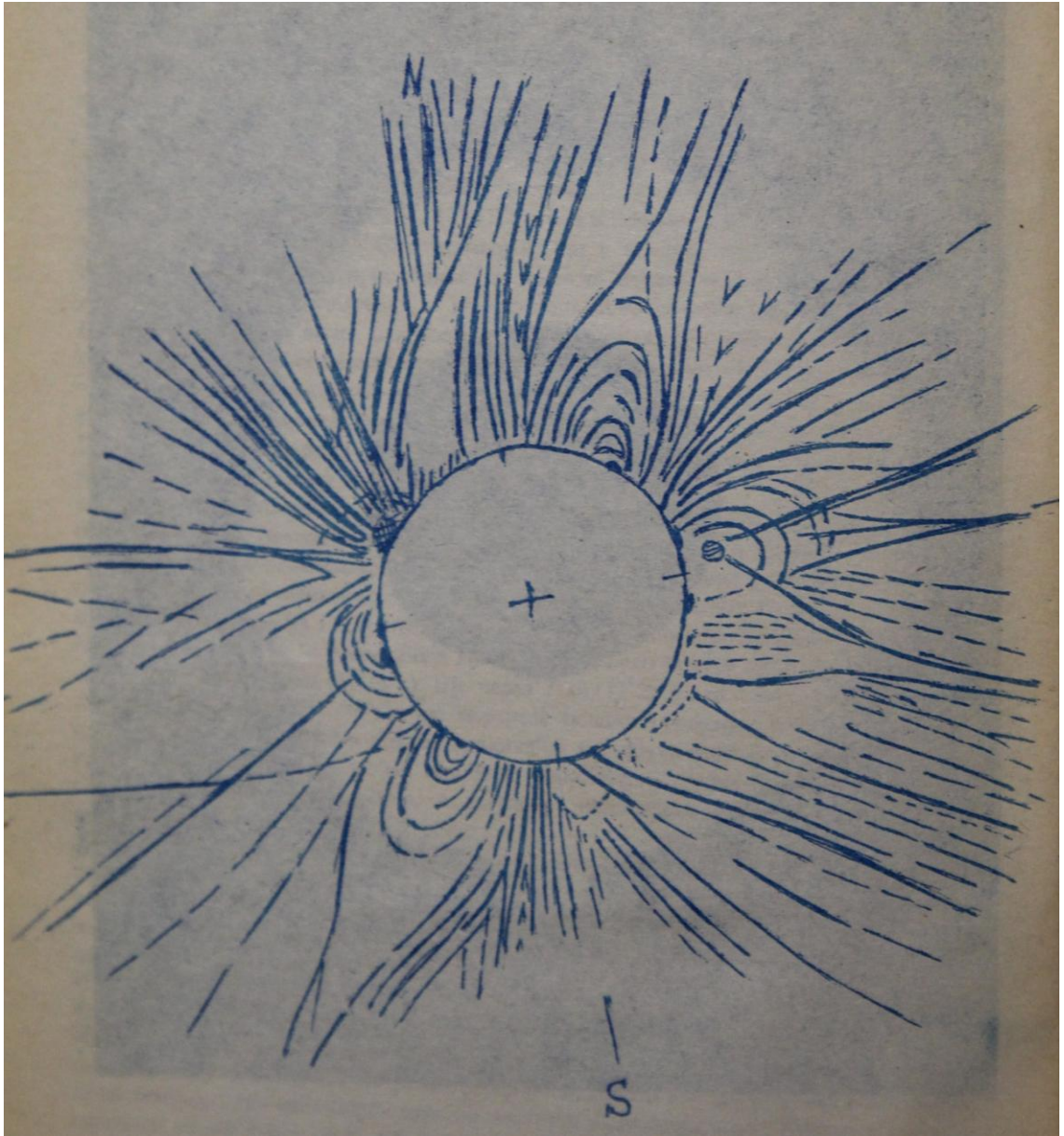


Рис 3. Структурний рисунок сонячної корони 11.08.1999

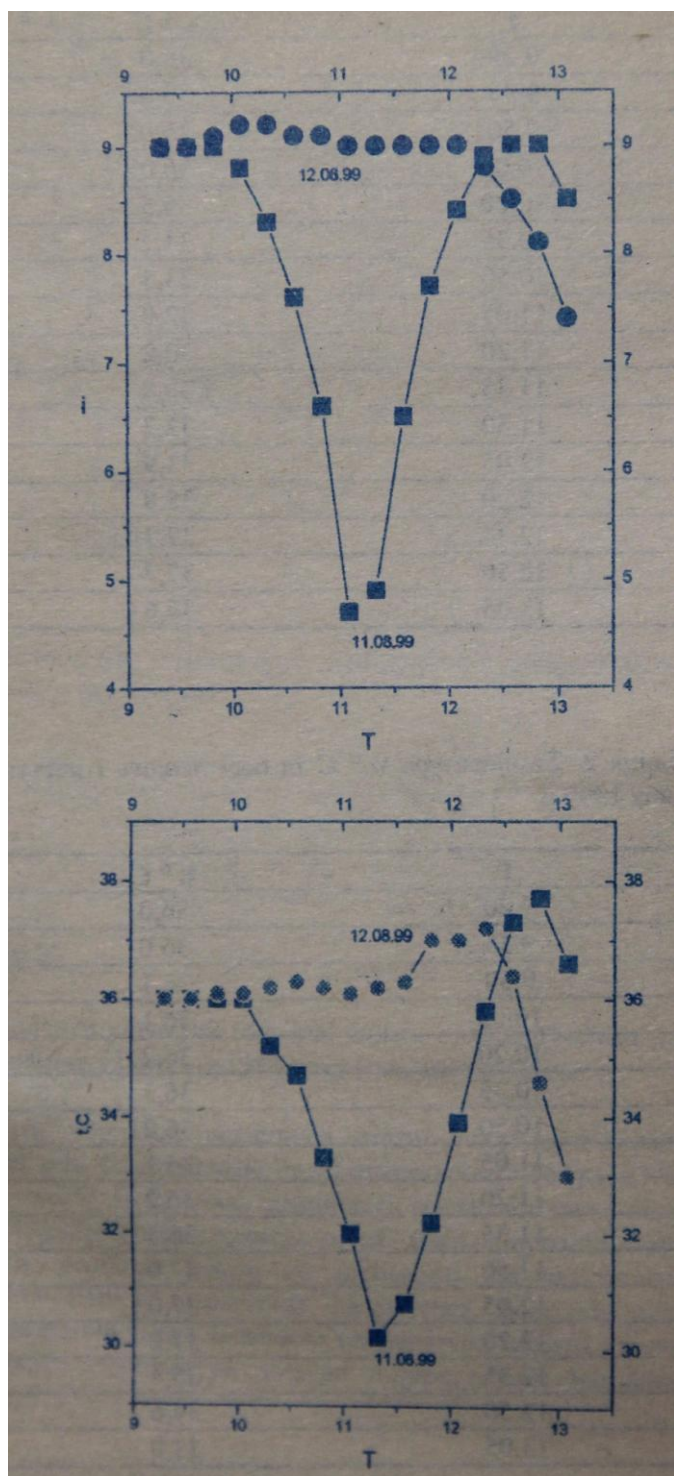


Рис 5. Зміна температури повітря 11 та 12 серпня 1999 р.



Таблиця 1. Температура  $t^{\circ}\text{C}$  та освітленість  $i$  під час сонячного затемнення 11 серпня 1999 р.

| T     | $t, ^{\circ}\text{C}$ | $i$ |
|-------|-----------------------|-----|
| 9.20  | 36,0                  | 9,0 |
| 9.35  | 36,0                  | 9,0 |
| 9.50  | 36,0                  | 9,0 |
| 10.05 | 36,0                  | 8,8 |
| 10.20 | 35,5                  | 8,3 |
| 10.35 | 34,7                  | 7,6 |
| 10.50 | 33,3                  | 6,6 |
| 11.05 | 32,0                  | 4,7 |
| 11.20 | 30,2                  | 4,9 |
| 11.35 | 30,8                  | 6,5 |
| 11.50 | 32,2                  | 7,7 |
| 12.05 | 33,9                  | 8,4 |
| 12.20 | 35,8                  | 8,9 |
| 12.35 | 37,3                  | 9,0 |
| 12.50 | 37,7                  | 9,0 |
| 13.05 | 36,6                  | 8,5 |

Таблиця 2. Температура  $t^{\circ}\text{C}$  та освітленість  $i$  наступного дня після сонячного затемнення, 12 серпня 1999 р.

| T     | $t, ^{\circ}\text{C}$ | $i$ |
|-------|-----------------------|-----|
| 9.20  | 36,0                  | 9,0 |
| 9.35  | 36,0                  | 9,0 |
| 9.50  | 36,1                  | 9,1 |
| 10.05 | 36,1                  | 9,2 |
| 10.20 | 36,2                  | 9,2 |
| 10.35 | 36,3                  | 9,1 |
| 10.50 | 36,2                  | 9,1 |
| 11.05 | 36,1                  | 9,0 |
| 11.20 | 36,2                  | 9,0 |
| 11.35 | 36,3                  | 9,0 |
| 11.50 | 37,0                  | 9,0 |
| 12.05 | 37,0                  | 9,0 |
| 12.20 | 37,2                  | 8,8 |
| 12.35 | 36,4                  | 8,5 |
| 12.50 | 34,6                  | 8,1 |
| 13.05 | 33,0                  | 7,4 |

T – моменти вимірів за всесвітнім часом

$i$  – освітленість за шкалою фотоекспонетра Ю 11/4



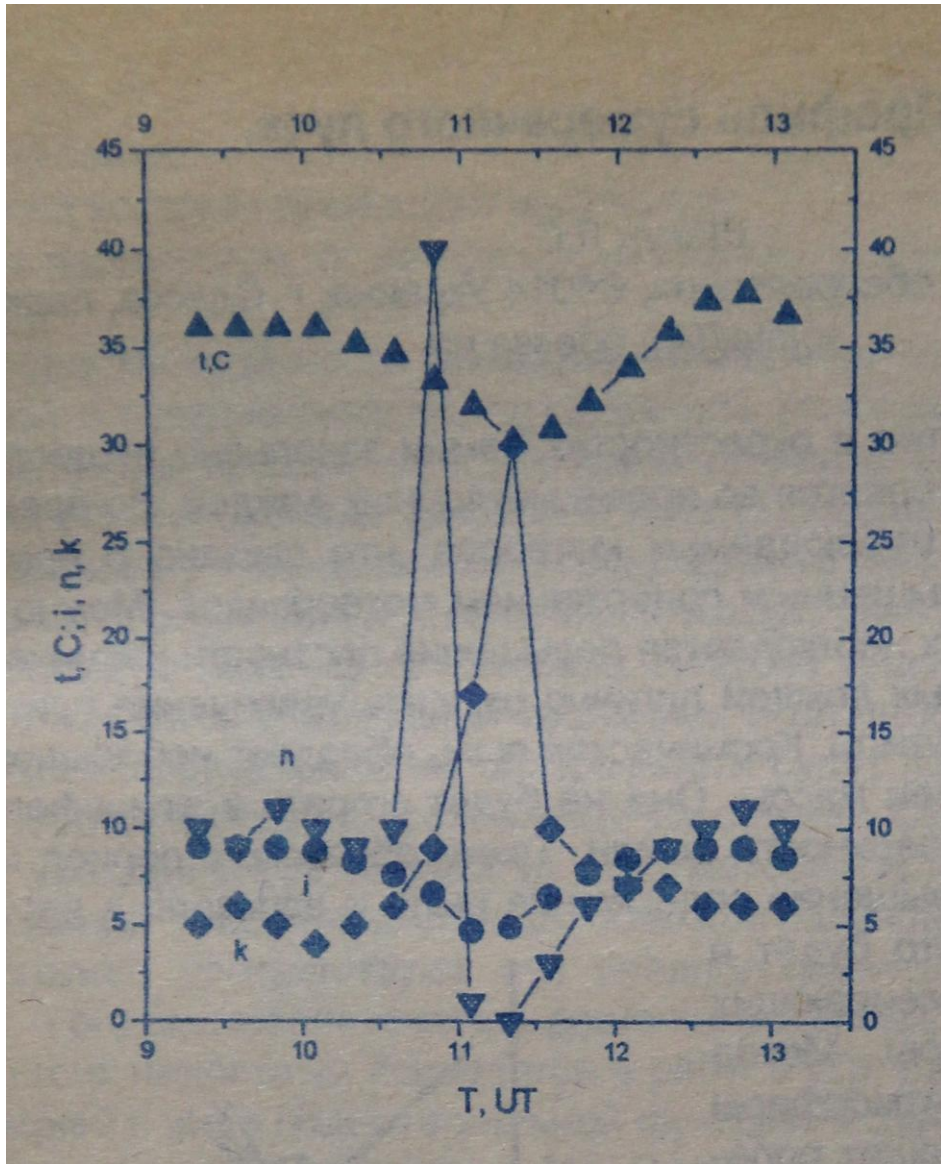


Рис 6. Зміна освітленості (i), температури повітря (t, °C), кількості ластівок у полі зору (n) та кількості мартинів (k) у зграях.

|   | i     | t     | n     | k     |
|---|-------|-------|-------|-------|
| i | 1,00  | 0,87  | 0,93  | -0,86 |
| t | 0,87  | 1,00  | 0,85  | -0,73 |
| n | 0,93  | 0,85  | 1,00  | -0,82 |
| k | -0,86 | -0,73 | -0,82 | 1,00  |

Таблиця 3. Коефіцієнти кореляції між фізичними та біологічними показниками під час сонячного затемнення 11 серпня 1999 року (пояснення - у тексті).

Зазначені коефіцієнти кореляції виявилися статистично вірогідними ( $p < 0,05$ ). Коефіцієнт кореляції між освітленістю та температурою повітря 12 серпня 1999 р. дорівнював 0,83 ( $p < 0,05$ ). Його деяка відмінність від аналогічного показника періоду затемнення (11 серпня) обумовлена появою на небі хмар наприкінці спостережень.

Таким чином, розподіл птахів на місцевості під час повного сонячного затемнення 11 серпня 1999 р. визначався, насамперед, фактором освітленості, але, мабуть, був тісно пов'язаний також із зміною температури повітря, що відбувалась при цьому явищі. Динаміка температури повітря з дуже малим запізненням відбивала динаміку освітленості.

1. Іванчук В. Г. Дослідження сонячної корони в Київському університеті імені Тараса Шевченка Вісник Київського університету. Астрономія 1999. Вип. 35. с. 40-45.
2. Чурюмов К.І., Іванчук В.Г., Дубровський Ю.Т. В об'єктиві - сонячна корона: Астрономічні, метеорологічні та біологічні спостереження під повного сонячного затемнення Вісник НАН України, 1999, № 9, с. 53-56.