

VII MEMORIAL INTERNATIONAL CONFERENCE
C A M M A C 2017



COMETS
ASTEROIDS
METEORS
METEORITES
ASTROBLEMES
CRATERS

До 105-ї річниці Вінницького
державного педагогічного
університету імені Михайла
Коцюбинського
**The 105th anniversary of
Vinnytsia Mykhailo
Kotsiubynskyi State Pedagogical
University**

Меморіальна Міжнародна Конференція
присвячена пам'яті видатного українського астронома,
член-кореспондента НАН України, доктора фізико-математичних наук,
професора Кліма Івановича Чурюмова

**Memorial International Conference
dedicated to the memory of the prominent Ukrainian astronomer,
corresponding member of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor Klim Ivanovich Churyumov**

BOOK OF SELECTED PAPERS and ABSTRACTS

VINNYTSIA

SEPTEMBER 26 – 28, 2017

УДК 52(06)

М49

Меморіальна VII міжнародна конференція з астрономії SAMMAS-2017,
Вінниця, 26 – 28 вересня 2017 р. : статті і тези / ред. О. В. Мозговий. –
Вінниця: ФОП Пишний О. А., 2017 – 152 с.

Науково-організаційний оргкомітет

Заболотний В.Ф. (ВДПУ ім. М.Коцюбинського, Вінниця, Україна) - **голова**

Заступники голови

Белевцев Р. Я. (ІГНС НАН України, Київ, Україна)

Вальтер А. А. (ІПФ НАН України, Суми, Україна)

Мозговий О.В. (ВДПУ ім. М.Коцюбинського, Вінниця, Україна)

Члени оргкомітету

Андрієвський С. М. (ОНУ ім. І.І.Мечнікова, Одеса, Україна)

Відьмаченко А.П. (ГАО НАН України, Київ, Україна)

Гулієв Айюб (ШАО ім. Н.Тусі, НАН Азербайджану, Азербайджанська Республіка)

Єфіменко В.М. (АО КНУ ім. Т. Шевченка, Київ, Україна)

Железняк О.О. (ІЕБ НА України, Київ, Україна)

Криводубський В.Н. (АО КНУ ім. Т. Шевченка, Київ, Україна)

Кручиненко В.Г. (АО КНУ ім. Т. Шевченка, Київ, Україна)

Лупишко Д.Ф. (НДІА ХНУ ім. В.Н. Каразіна, Харків, Україна)

Подольнчук С.В. (ВДПУ ім. М.Коцюбинського, Вінниця, Україна)

Холшевников К.В. (СПбДУ, Санкт-Петербург, Росія)

Ибадинов Хурсанд (ІАФ АН Таджикистану, Душанбе, Таджикистан)

Черногор Л. Ф. (ХНУ ім. В.Н. Каразіна, Харків, Україна)

Робочий організаційний комітет

Мозговий О.В. **Голова** (ВДПУ ім. М.Коцюбинського, Вінниця, Україна)

Думенко В.П. **Заступник голови** (ВДПУ ім. М.Коцюбинського, Вінниця, Україна)

Білюк А.І. (ВДПУ ім. М.Коцюбинського, Вінниця, Україна)

Дідовик М.В. (ВДПУ ім. М.Коцюбинського, Вінниця, Україна)

Кравчук Н.С. (ВДПУ ім. М.Коцюбинського, Вінниця, Україна)

Кузьминський О.В. (Вінниця, Україна)

Мозгова А.М. (Інститут НПУ ім. М.П. Драгоманова, Київ, Україна)

Пономаренко В.О. (АО КНУ ім. Т. Шевченка, Київ, Україна)

Солоненко В.І. (Вінниця, Україна)

Демкова В.О. Секретар робочого оргкомітету, Вінниця, Україна

Адреса редакційної колегії: 21100, м. Вінниця, вул. Острозького, 32,
Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського.
Факультет математики, фізики і технологій

© Автори статей 2017



Клим Іванович Чурюмов
видатний український астроном,
член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор,
відкривач комет Чурюмова-Герасименко та Чурюмова-Солодовникова
(1937 – 2016)

КОСМІЧНІ ЗЛЕТИ
КЛИМА ІВАНОВИЧА ЧУРЮМОВА

В.М.Єфіменко

Астрономічна обсерваторія

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

04053, Київ, вул. Обсерваторна, 3, Україна

[*efim@observ.univ.kiev.ua*](mailto:efim@observ.univ.kiev.ua)

Подано біографію та основні наукові результати відомого вченого, доктора фізико-математичних наук, члена-кореспондента Національної академії наук України, професора Чурюмова Кліма Івановича.



Рис. 1. Портрет К.І.Чурюмова

15 жовтня 2016 року помер Клім Іванович Чурюмов – найбільш відомий на цей час фахівець в галузі кометної астрономії, який зробив вирішальний внесок в реалізацію космічного експерименту «Розетта», в результаті якого космічний апарат здійснив політ до комети 67-Р/Чурюмова-Герасименко і зробив посадку на її ядро.

I. Біографія. Чурюмов К.І. народився 19 лютого 1937 року в місті Миколаєві. Його батько, Чурюмов Іван Іванович (1907-1942), був кадровим військовим офіцером, загинув у бою під с. Веселим Харківської області у травні 1942 р. Мати, Чурюмова (Александрова) Антоніна Михайлівна (1907 – 2003), працювала в різних партійних і громадських організаціях. У сім'ї було 8 дітей – п'ятеро хлопців (Іван, Семен, Клим, Василь і Лев) і троє дівчат (Галина, Октябрина і Марія). Після евакуації Антоніна Михайлівна з дітьми у 1944 р. переїхала до Києва.

У 1951 р. Клим закінчив 7 класів Київської середньої школи № 4 і поступив у Київський технікум залізничного транспорту, який закінчив у 1955 р. Після закінчення технікуму отримав право на вступ до вузу (таке право мали 5 % випускників, які закінчували технікуми з відзнакою) у вузи. У цьому ж році поступив у Київський державний університет ім. Т.Г. Шевченка на фізичний факультет. З 3-го курсу (1957) спеціалізувався на кафедрі астрономії фізичного факультету.

У 1960 р. закінчив університет і отримав направлення на роботу на Полярну геофізичну станцію Якутської філії Сибірського відділення АН СРСР в бухту Тіксі. Відповідно до Програми Міжнародного геофізичного року займався спостереженнями і дослідженнями полярних сьйв, земних струмів і іоносфери. У 1962 р. звільнився і повернувся до Києва, поступив на роботу інженером-дослідником в Центральне конструкторське бюро Київського заводу «Арсенал» де до 1965 р. бере участь в розробці астронавігаційної апаратури для космічних ракет та її випробовуваннях на космодромах Байконур та Плесецьк. У 1965-1968 рр. навчається в аспірантурі фізичного факультету Київського держуніверситету (науковий керівник проф. Всехсвятський С.К.), після закінчення працює на кафедрі астрономії а з 1986 р. в Астрономічній обсерваторії (займає посади - старшого наукового співробітника, провідного наукового співробітника, завідувача відділом, головного наукового співробітника).

У 1972 р. Чурюмов К.І. захистив кандидатську дисертацію “Дослідження комет Ікейя-Секі (1967n), Хонда (1968с), Таго-Сато-Косака (1969 IX) і нової короткоперіодичної комети Чурюмова-Герасименко на основі фотографічних спостережень”, у 1993 р. захистив докторську дисертацію “Еволюційні процеси в кометах”, у 1998 р. отримав вчене звання професора а у 2006 р. обраний членом-кореспондентом НАН України.

II. Науковий керівник. У жовтні 1939 р. директором Астрономічної обсерваторії був призначений проф. Всехсвятський Сергій Костянтинович (1905-1984), який був обраний за конкурсом на посаду зав. кафедрою астрономії університету. Наукова спадщина Всехсвятського С.К. багатогранна, але дві головні наукові проблеми (кометна та сонячна) проходять через все його життя.

У перший період своєї наукової діяльності, будучи одним із основних учасників московської кометної школи Орлова С.В. і розвиваючи положення Бредихінської теорії кометних явищ, Всехсвятський запропонував новий метод проектування на площину кометної орбіти, з'ясував особливості аномальних хвостів комет, вивчав спектри комет на основі нового в той час методу спектрофотометрії. Однак, найбільш важливі результати були отримані ним в новій області вивчення інтегрального блиску комет. Результатом цих фундаментальних досліджень було відкриття законів швидкої дезінтеграції періодичних комет, що вказувало на їх недавнє походження, і створило основу сучасної космогонії тіл сонячної системи.

Основною тезою другого напрямку (сонячного) стала смілива концепція, яка полягала в тому, що комети не можуть існувати довго через руйнівну дію на кометну речовину корпускулярного випромінювання Сонця. Дослідження його розпочалося в Пулковський період діяльності (1935-1939 рр.), де поряд з численними спостереженнями комет, Всехсвятський С.К. бере участь в унікальних спостереженнях повного сонячного затемнення 1936 р. Ретельне астрометричне і фотометричне вивчення фотознімків сонячної корони дозволило встановити зв'язок хромосферних і корональних явищ, відкрити обертання корони як цілого разом із Сонцем і зробити висновок про корональні промені як потоки сонячної речовини, що йдуть далі меж орбіти Землі. Корональні потоки Всехсвятського С.К. отримали в майбутньому назву “сонячний вітер”.

Таким чином, на кафедрі астрономії Київського університету в 50-ті роки 20 ст. сформувалися два напрямки, науковим керівником яких був професор Всехсвятський С.К. Основне, «кометне», і допоміжне – «сонячне». Дуже помітну роль як у формуванні програм, так і вирішенні конкретних наукових задач грали студенти випуску 1953 року – Нікольський Г.М., Назарчук Г.К., а також Чередниченко В.І., який закінчив факультет раніше. Трохи пізніше в роботу включилися Іванчук В.Г., Рубо Г.А., Несмянович О.Т., Надубович Ю.А., Дзюбенко М.І., а ще пізніше – молоді талановиті кометники: Шульман Л.М. і Чурюмов К.І.

Проблема взаємодії сонячного корпускулярного випромінювання з кометною речовиною була однією з важливих напрямів досліджень на кафедрі астрономії. Всехсвятським С.К. було показано, що комети дуже чутливі до змін умов у міжпланетному просторі, тому можуть виконувати роль індикаторів сонячної активності і використовуватись для визначення фізичних умов у міжпланетному просторі, особливо на відстанях, далеких від Сонця, і високих географічних широтах. Не випадково в період Міжнародного року спокійного Сонця (1964 р.) вивчення комет, як індикаторів сонячної активності, було оголошено міжнародною програмою. В Радянському Союзі ці роботи очолювала кафедра астрономії Київського університету [1].

III. Перші кроки в науку. Саме в цей період Чурюмов К.І. робить перші кроки в науку. Як згадувалося вище, з 1965 до 1968 р. Чурюмов К.І. навчався в аспірантурі, де його науковим керівником був професор Всехсвятський С.К. Як згадує сам Чурюмов К.І. [2], він планував займатися іншою науковою тематикою: “У 1965 р. я вирішив поступити до аспірантури на кафедру астрономії до проф. Богородського О.Ф., щоб зайнятися фізикою планетарних туманностей. Все було узгоджено з Богородським О.Ф. і після здачі вступних іспитів я був впевнений, що моїм науковим керівником буде саме він. Але на засіданні кафедри астрономії в жовтні 1965 р. Всехсвятський С.К., який був тоді завідувачем кафедрою сказав, що є тільки одне місце в аспірантурі у нього і наполіг на тому, щоб я зайнявся вивченням комет під його керівництвом. Я намагався протестувати, але на кафедрі Всехсвятський С.К. був цар і бог і мій протест ніхто не підтримав, навіть Богородський О.Ф. Отже проти мого бажання моїм науковим керівником став Всехсвятський С.К. Але досить швидко я втягнувся в кометну проблему і навіть незабаром обрав собі тему для кандидатської дисертації, яку я сформулював, як “Променеві структури в плазмових хвостах комет і їх моделі”. Всехсвятський С.К. підтримав цю тему, хоча спочатку він гаряче пропонував мені зайнятися еруптивним походженням комет, постійно підкреслюючи, що еруптивна космогонія комет – це тема не тільки кандидатської, але

в майбутньому і докторської дисертації. Але вважаючи себе продовжувачем справи Бредихіна Ф.О. з дослідження хвостів комет, особливо хвостів 1-го бредихінського типу, Всехсвятський С.К. відразу підтримав обрану мною тему кандидатської”.



Рис.2. Проф. С.К. Всехсвятський і К.І. Чурюмов на Астрономічній обсерваторії Київського університету спостерігають комету Веста (1976 р.)

Всехсвятський С.К. сам брав участь у спостереженнях комет і високо цінував чеську програму пошуків нових комет, яка почала проводитися у 40-і роки і призвела до відкриття біля двох десятків комет, серед яких відома яскрава комета Мркоса 1957 року, з системою помітних дублетних синхрон у пиловому хвості Другого бредихінського типу. Аналогічну програму він хотів реалізувати в Київському університеті і в 1966 направив першу кометну експедицію у складі співробітників кафедри Іванчука В.Г., Андрієнка Д.П., Рубо Г.А. і аспіранта Чурюмова К.І. у Таджикистан на гору Санглок для проведення фотографічних і візуальних спостережень та пошуків нових комет. Цей перший досвід було успішно розвинено і пізніше було організовано ще декілька (більше 10) кометних експедицій, дві з яких увінчалися відкриттям двох комет – у 1969 р. була відкрита нова короткоперіодична комета Чурюмова-Герасименко і в 1986 р. довгоперіодична комета Чурюмова-Солодовникова [3].

З 1966 р. по 1980 р. Чурюмовим К.І. та іншими співробітниками кафедри проводились систематичні фотографічні і спектральні спостереження комет: Барбона (1966 II), Кілстона (1966 V), Ікейя-Секі (1968 I), Таго-Хонда-Ямамото (1968 IV) та інш. В результаті спостережень визначались точні положення комет, досліджувались фотометричні, структурні і динамічні особливості. Були проведені роботи з вивчення

фотометричних і структурних особливостей голів і хвостів яскравих комет [4], визначені фізичні параметри нейтральних газових атмосфер низки комет: швидкості витоку, час життя, прискорення, кінетичні температури кометних молекул і характер їх змін зі змінами геліоцентричної відстані і геліографічних координат. Частина результатів цих досліджень і зокрема дослідження характеристик нової короткоперіодичної комети Чурюмова –Герасименко 1969 IV [5] стали основою кандидатської дисертації Чурюмова К.І., яку він захистив у березні 1973 р. на засіданні об'єднаної Вченої Ради фізичного і радіофізичного факультетів Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка [6].



Рис. 3. Відбиток з однієї з перших пластинок 21 вересня 1969 р., на якій було відкрито нову комету 67P/Чурюмова-Герасименко

IV. Наукові програми досліджень комети Галлея - International Halley Watch (IHW) і СОПРОГ. Нова фаза досліджень з фізики та динаміки комет почалася в університеті у 80-х роках ХХ століття, коли до Сонця наблизилася знаменита комета Галлея. Зважаючи на унікальність події Міжнародна Астрономічна Спілка на Генеральній Ассамблеї в Греції (1982 р.) розробила та затвердила наукову програму Міжнародної Варти комети Галлея (International Halley Watch) і Радянську програму зі спостережень і досліджень комети Галлея (СОПРОГ). Всехвятський С.К. і Чурюмов К.І. увійшли до складу Координаційного Комітету програми СОПРОГ. У 1984-1987 рр. під керівництвом Чурюмова К.І. співробітники університету одержали оригінальний спостережний матеріал по кометі Галлея з астрометрії, спектроскопії, візуальної фотометрії та електрофотометрії з вузькосмуговими фільтрами, поляриметрії, великомасштабних та навколоядерних явищ. За період з 4 листопада 1984 р. до 5 липня 1986 р. одержано 214 точних положень комети Галлея за

допомогою 20 сантиметрового рефрактора Репсольда-Мерця Астрономічної обсерваторії Київського університету, 100 сантиметрових рефлекторів Цейсса в Ассах (Казахстан) та на Санглоці (Таджикистан), 50 сантиметрових рефлекторів на Каменському Плато (Казахстан) та в Кримській астрофізичній обсерваторії. Ці дані використовувалися для уточнення елементів орбіти комети Галлея та корекції траєкторій польоту космічних апаратів Вега-1, Вега-2, Джотто, Суїсей та Сакегаке з метою наведення їх на ядро комети Галлея. Отримано унікальні великомасштабні фотографії комети Галлея у прямому фокусі ($f = 13.3$ м) 100 сантиметрового рефлектора Цейсса 12, 16-17 грудня 1985 р., 7-8 січня та 11 травня 1986 р., на яких вперше в світі знайдено кільцеві структури у плазмовому хвості комети, а також зафіксовано рідкісне явище осьового відриву плазмового хвоста комети. Було виконано спектральні спостереження комети Галлея - одержано близько 350 щільних та об'єктивних спектрограм, на деяких з них вперше в Україні виявлено емісії гідроксилу OH; отримано спектральні розрізи голови комети Галлея у 12 фіксованих позиційних кутах [7-9].

Одночасно з виконанням програм ІНВ і СОПРОГ та після їх закінчення спостерігалися і вивчалися інші комети (ІРАС-Аракі-Олкока, Кромеліна, Брорзена-Меткофа, Шумейкерів-Леві 9, Хякутвке, Гейла-Бопа, Борелі та ін.). Унікальні спектри комет Скориченка-Джорджа (1990 VI), Леві (1990 XX), Танака-Мачхолца (1991 X), Свіфта-Туттля (1992t) та Шомаса (1992x) було отримано К.І.Чурюмовим разом зі спостерігачами САО РАН за допомогою спектрального ТВ-сканера, а також спектрографа з ПЗЗ-матрицею, встановлених на найбільшому в той час телескопі світу - шестиметровому рефлекторі ВТА [10-17].

Наукові результати отримані за цей період часу склали основу докторської дисертації, яка Чурюмов К.І. захистив у 1993 р. в Інституті космічних досліджень Російської Академії наук [18].

V. Космічний експеримент “Розетта”. Наступним етапом наукового злету Чурюмова К.І. стало рішення Європейського космічного агентства про проведення унікального космічного експерименту - направлення космічного апарату “Розетта” до комети Чурюмова-Герасименко у 2004 р. для її дослідження та посадки на неї посадкового модуля “Філі”. Успішний політ Розетти і посадка наукового дослідницького модуля на комету 12 листопада 2014 р. отримали високу оцінку науковців у всьому світі. Наукові дослідження, проведені під час цього експерименту, ще опрацьовуються науковими колективами.

З основних наукових результатів, отриманих Чурюмовим К.І., слід відзначити наступні:

- відкриття та дослідження нової короткоперіодичної комети Чурюмова-Герасименко (1969 VI) з родини Юпітера, дослідження теорії її руху і фазової залежності блиску комети. Комета виявилася унікальним космічним об'єктом, до якого в березні 2004 р. було відправлено космічний апарат «Розетта» з метою посадки у 2014 р. посадкового модуля на ядро комети для дослідження реліктової речовини;

- відкриття довгоперіодичної комети Чурюмова-Солодовникова (1986 IX). Вперше встановлено, що вона рухається за витягнутою еліптичною орбітою, визначено елементи її первинної орбіти, тобто незбуреної орбіти за межами планетної системи (за Плутоном); показано, що комета прийшла з внутрішніх областей Хмари Епіка-Оорта (з відстані приблизно 4000 а.о.);



Рис. 4. Космодром Куру (березень 2004 р.). К.І.Чурюмов і С.І. Герасименко (на передньому плані)

- виявлено стрибкоподібні зміни яскравості комети 1P/Галлея на однакових (симетричних) геліоцентричних відстанях до і після перигелію. Цю особливість кривої блиску комети Галлея було пояснено зміною питомої теплоти сублімації батьківських речовин, що випаровуються з поверхні кометного ядра на певних геліоцентричних відстанях. Виявлена особливість відкриває принципову можливість визначення питомої теплоти сублімації батьківських речовин кометних ядер на основі вивчення кривих візуального інтегрального блиску комет;

- на основі оригінальних спектрів, одержаних на ТВ сканері на шестиметровому телескопі, вперше знайдено світіння негативного іона вуглецю C_2^- в навколоядерній області комети Скоритченка-Джорджа (1990 VI); також ідентифіковано в спектрі комети Скоритченка-Джорджа (1990 VI) рідкісне світіння молекул чадного газу CO в смугах триплету, існування якого вказує на можливість наявності в ядрі цієї комети молекул формальдегіду або поліформальдегіду;

- отримання унікального спостережного матеріалу - швидкісна електрофотометрія, спектри, телевізійні та ПЗЗ-зображення супутників Юпітера та нових плям в атмосфері Юпітера під час падіння на нього комети "тисячоліття" - короткоперіодичної комети Шумейкерів-Леві 9, що в 1992 р. була зруйнована припливними силами в зоні Роша Юпітера на 21 вторинне ядро, які потім через два роки протягом тижня з 16 до 22 липня 1994 р. зіткнулись з Юпітером на широті -45° ;

- розробку тривимірної моделі променевої структури плазмового хвоста комети, як результат розвитку філаментативної нестійкості за наявності добре розвиненої іонно-звукової турбуленції у кометній плазмі при її обтіканні сонячним вітром. Показано, що товщина променів циліндричної форми досягає при цьому $10^3 - 10^4$ км, кількість променів у хвості досягає 30;

- створення солітонної моделі плазмових згущень хвостів комет І-го бредихінського типу. Модель добре пояснює фізичні параметри та просторові розміри кільцевих згущень плазмових хвостів комет;

- розроблено нову теоретичну модель вибухового кратера на поверхні космічного тіла - ядра комети Темпеля 1, що було підтверджено космічною місією НЕКСТ у 2011 р.



Рис. 5. К.І. Чурюмов з макетом комети 67P/Чурюмова-Герасименко, Дармштадт, листопад 2014 р.

За досягнення в астрономічній науці Чурюмов К.І. нагороджений Почесною Грамотою Президії Верховної Ради Калмикії (1981), Почесною Грамотою Президії Верховної Ради України (1987), двома медалями “За відкриття нових астрономічних об’єктів” (1975 та 1986), золотою (1986) та двома срібними (1975 та 1985) медалями ВДНГ СРСР, почесним званням “Заслужений працівник народної освіти України” (1998), премією імені Тараса Шевченка Київського національного університету імені Тараса Шевченка (2004), премією НАН України імені академіка М.П.Барабашова (2005), двома Почесними грамотами Київського національного університету імені Тараса Шевченка (2007 р. та 2009 р.), Відзнакою Вченої Ради Київського національного університету імені Тараса Шевченка (2012 р.), Почесною грамотою мера м. Києва (2007 р.), золотою медаллю товариства «Знання» України, двома орденами України «За заслуги III (2003 р.) та II ступеня (2009 р.)».

За ініціативи Чурюмова К.І. Міжнародним астрономічним союзом названо малі планети “Кобзар” (№ 2427) на честь Т.Г.Шевченка, “Каменярь” (№ 2428) на честь І.Я.Франка, “Сковорода” (№ 2431) на честь Г.Сковороди, “КНУШЕВІЯ” (№ 4868) на честь Київського національного університету імені Тараса Шевченка та інші.

Протягом п'яти десятиків років Чурюмов К.І. зробив велику низку спектральних, фотографічних, поляриметричних та інших телескопічних спостережень комет, астероїдів, планет, сонячної корони, полярних сьйв, як в Києві,

так і у двох десятках експедицій в різні астрономічні обсерваторії та райони колишнього СРСР. Він опублікував більше 800 наукових робіт, з них 4 монографії та 4 навчальні посібники. Під керівництвом Чурюмова К.І. захищено одинадцять кандидатських дисертацій по фізиці комет та одну докторську дисертацію з теорії методики викладання астрономії. Власний науковий шлях Чурюмова Кліма Івановича завершився на “високій ноті”, але наука його продовжується в роботах численних послідовників.

Список літератури:

1. Андриенко Д.А., Деменко А.А., Всехсвятский С.К. Кометы и их роль в космогонии солнечной системы//Вестник Киевского университета. Астрономия. 1984, вып. 26. С. 83-88.
2. Чурюмов К.І. Дослідження комет// В кн.: Астрономічна обсерваторія Київського університету імені Тараса Шевченка. 150 років. К.: ВПЦ “Київський університет”. 1995. 320 с.
3. Чурюмов К.І. Дослідження комет у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка// В кн.: Астрономічна обсерваторія Київського університету імені Тараса Шевченка. 160 років. Під ред. Єфіменка В.М. К.: ВПЦ “Київський університет”. 2005. 260 с.
4. Чурюмов К.И. Колебания плазменных хвостов комет Абе (1970 IV), Когоутека (1973 XII) и Веста (1976 VI)// Определение координат небесных тел. Рига: Изд. Латв. Ун-та. 1980. С.53-59.
5. Чурюмов К.И. Характер будущего движения кометы Чурюмова-Герасименко// Астрометрия и Астрофизика. 1972, № 16. С. 51-61.
6. Чурюмов К.И. Исследование комет Икейя-Секи (1967n), Хонда (1968c), Таго-Сато-Косака (1969g) и новой короткопериодической кометы Чурюмова-Герасименко (1969h) на основе фотографических наблюдений// Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Киев. 1972. 12 с.
7. Churyumov K.I., Rozenbush V.K., Rspayev F.K., Gorodetsky D.I. Some results of the narrowband photometry of comet P/Halley (1986 III)// Astrophys. Journ. 1990. V.356. P. 687-692.
8. Churyumov K.I., Rozenbush V.K. Peculiarities of gas and dust production rates in comets P/Halley (1986 III), P/Giacobini-Zinner (1986 III), P/Hartley-Good (1985 VII) and P/Thiele (1985 XIX)// Astronomischen Nachrichten. 1991. V.312. N.6. P.385-392.
9. Коцаренко Н.Я., Лизунов Г.В., Чурюмов К.И. К вопросу о волновых структурах в кометных хвостах I-го бредихинского типа// Письма в Астроном. журн. 1990. Т.16. №3. С.264-269.
10. Чурюмов К.И., Филоненко В.С. Особенности кривой блеска короткопериодической кометы Чурюмова-Герасименко (1982 VIII)// Астрономич. вестн. 1991. Т.25. №1. С.109-115.
11. Чурюмов К.І. Смуги Асунді $a^3\Sigma^+$ - $a^3\Pi_r$ та триплету $d^3\Delta$ - $a^3\Pi$ у спектрі комети Скориченка-Джорджа// Вісн.Київ. ун-ту. 1992. Астрономія. Вип.3. С.46-49.
12. Churyumov K.I., Chorny G.F. The first identification of C_2^- emission bands in comet Scorichenko-George (1989e1) spectrum// Proceedings of the International Conference "Asteroids, Comets, Meteors 1991". 1992. P.117-120.

13. Churyumov K.I., Kotsarenko N.Ya., Lizunov G.V., Verkhoglyadova O.P. Plasma-beam instabilities in cometary ionospheres// Proceedings of the International Conference "Asteroids, Comets, Meteors 1991". 1992. P.125-128.

14. Churyumov K.I., Verkhoglyadova O.P., Lizunov G.V. Excitation of ion-acoustic and Langmuir waves in cometary plasma tails// Proceedings of the 30th Liege International Astrophysical Colloquium "Observations and physical properties of small solar system bodies". 1992. P.291-293.

15. Churyumov K.I., Tessel'ko N.L. Changes of the magnetic field parameters in plasma tail of P/Halley (1986 III) on January 7-8, 1986// Proceedings of the 30th Liege International Astrophysical Colloquium "Observations and physical properties of small solar system bodies". 1992. P.299-301.

16. Churyumov K.I., Tessel'ko N.L., Karachentsev I.D.. Parameters of the magnetic field of the comet P/Churyumov-Gerasimenko (1982 VIII) plasma tail// Proceedings of the 30th Liege International Astrophysical Colloquium "Observations and physical properties of small solar system bodies". 1992. P.303-305.

17. Чурюмов К.И., Чорный Г.Ф., Шаповалова А.И. Открытие эмиссии отрицательного иона углерода C_2^- в спектре кометы Скориченко-Джорджа (1990 VI)// Письма в Астрономич. журн. 1993. Т.19. №9. С.816-822.

18. Чурюмов К.И. Эволюционные физические процессы в кометах// Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук в форме научного доклада, выполняющая одновременно функции автореферата. М. 1992. 104 с.

SPACEBAR SICKNESS KLIM IVANOVICH CHURIUMOV V.M. Efimenko

Astronomical Observatory of Kyiv National Taras Shevchenko University

A brief biography and details about the scientific work of the famous scientist doctor of physical and mathematical sciences, corresponding member of the National Academy of Sciences of Ukraine, professor Churyumov Klim Ivanovich.

НАУКОВИЙ СПАДОК КЛИМА ЧУРЮМОВА

В. В. Клецонок

Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка, klev@observ.univ.kiev.ua

Майже вся наукова діяльність Кліма Івановича Чурюмова пов'язана з Київським університетом імені Тараса Шевченка. Наукова діяльність Кліма Чурюмова почалася у 1960 р. після закінчення Київського університету. Серед його здобутків як вченого-астронома основне місце займає відкриття двох комет – 67P/Чурюмова-Герасименко (1969 р.) та C/1986 N1 (Чурюмова-Солодовнікова) (1986 р.). Відмічені також відкриття іона C_2^- в спектрі комети Скорітченка-Джорджа (C/1989 Y1), розробка моделей утворення вибухового кратера на поверхні кометного ядра та хвильової променевої структури в плазмових хвостах комет, реєстрація відбитого світла від вибухів під час падіння на Юпітер фрагментів комети D/1993 F2

(Шумейкерів-Леві) та виявлення люмінесцентного кометного континууму в кометах 9P/Tempel 1 і Machholz (C/2004 Q2)

Клим Іванович Чурюмов отримав фахову астрономічну освіту. Він закінчив фізичний факультет Київського університету імені Тараса Шевченка за фахом фізик-астроном. У 1965-1968 рр. навчався в аспірантурі кафедри астрономії Київського університету ім. Т.Шевченка у проф. С.К.Всехсвятського. У 1972 р. захистив кандидатську дисертацію “Дослідження комет Ікейя-Секі (1967n), Хонда 1968с), Таго-Сато-Косака (1969IX) і нової короткоперіодичної комети Чурюмова-Герасименко (1969h) на основі фотографічних спостережень». У 1993 р. захистив докторську дисертацію у Москві в Інституті космічних досліджень РАН на тему “Еволюційні фізичні процеси в кометах”, нострифікацію в Україні пройшов у Раді ГАО НАНУ у 1995 р. У 1998 р. йому було присвоєне вчене звання професора Київського університету імені Тараса Шевченка. У 2006 р. К Чурюмов був обраний член-кореспондентом національної Академії Наук України

Найбільш вагомими науковими результатами досліджень Кліма Чурюмова:

1. Відкриття і дослідження нової короткоперіодичної комети 67P/Чурюмова-Герасименко.

Було відкрито і досліджено нову короткоперіодичну комету 67P/Чурюмова-Герасименко. Внаслідок еволюції орбіти під дією збурень від Юпітера, особливо під час тісних зближень з цією планетою у 1840 р. до 0.34 а.о. і у 1959 р. до 0.05 а.о., орбіта комети трансформувалася у типову орбіту комети сімейства Юпітера. Завдяки цьому вона була відкрита у 1969 р. К.Чурюмовим і С.Герасименко. Комета у 1982 р. наблизилася до Землі до 0.4 а.о. і була досяжна візуальним спостереженням, що дало можливість отримати детальну криву блиску комети і знайти унікальну особливість кривої блиску комети 67P – аномально велике запізнення максимуму її блиску – майже на 100 діб після проходження перигелію [1]. Ця комета має таку орбіту, яка зручна для дослідження її космічними апаратами. Саме завдяки цьому до неї була надіслана космічна місія «РОЗЕТТА», яка дозволила отримати надзвичайно великий об’єм інформації про фізичні властивості та природу комет.

2. Відкриття і дослідження нової довгоперіодичної комети Чурюмова-Солодовнікова (1986 IX).

Було відкрито і досліджено нову довгоперіодичну комету Чурюмова-Солодовнікова (1986 IX). Встановлено, що, коли комета віддалилася на геліоцентричну відстань $r = 50.132$ а.о., первісна орбіта комети трансформувалась в гіперболічну орбіту. Елементи орбіти вказують на те, що комета прибула у внутрішню частину Сонячної системи з найближчого регіону хмари Епіка-Оорта, розташованого на геліоцентричній відстані близько 3000 астрономічних одиниць.

За відкриття цих комет К. Чурюмов був нагороджений:

- Двома медалями "За відкриття нових астрономічних об'єктів"
- Золотою та двома срібними медалями павільйону "Космос" ВДНГ у Москві
- Почесною Грамотою Президії Верховної Ради України (1987 р.)
- Відкриття іона C_2^- в кометному спектрі

В спектрі комети Скорітченка-Джорджа (C/1989 Y1) вперше були знайдені лінії (1-0), (1-1), (0-0), (1-2) и (0-1) від’ємного (негативного) іона C_2^- , які належать електронному переходу $V^2S_u^+ - X^2S_g^+$ [2,]. Оцінки швидкості утворення іонів C_2^-

мають величину $3 \cdot 10^{26} \text{ с}^{-1}$ для даної комети. Присутність достатньо великої кількості від'ємних іонів C_2^- вимагає особливих умов для протікання фотохімічних процесів в кометній комі.

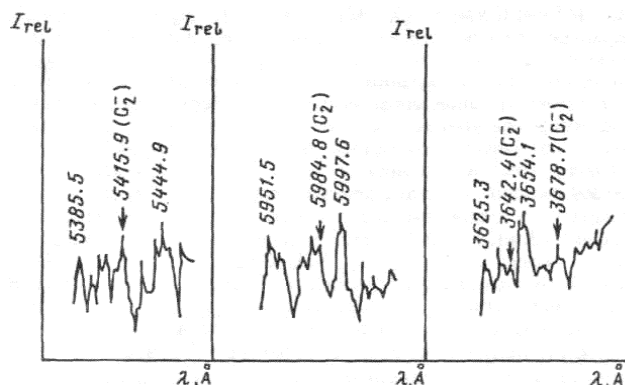


Рис. 1 – Фрагменти спектру комети Скориченко-Джорджа (1990 VI) з емісіями негативного вуглецю C_2^- з переходами (0-0, 0-1)

На підтверження цього факту негативні іони були знайдені в кометі 67P/Чурюмова-Герасименко апаратом «Rosetta» за допомогою приладу COSIMA (Cometary Secondary Ion Mass Analyser), в тому числі і іони C_2^- [4].

3. Нова модель хвильової променевої структури в плазмових хвостах комет

Показано, що хвильові структури в кометних плазмових хвостах можуть збуджуватись у результаті особливого режиму нестійкості Кельвіна-Гельмгольца, який реалізується поблизу порогу збудження нестійкості та приводить до виділення із загального спектру найбільш зростаючої моди (при умові, що швидкість сонячного вітру більше альвеновської швидкості в кометній плазмі). Модель дозволяє оцінити фундаментальне співвідношення між довжиною хвилі та радіусом хвильової структури (приблизно 10-20), що підтверджується спостереженнями [5, 66666666].

Виконане чисельне моделювання розвитку дисипативного та недисипативного режимів електромагнітної філаментативної нестійкості в кометній плазмі. Показано, що у випадку дисипативного режиму можуть утворюватися променеві структури у хвостах комет товщиною до 3000 км, що добре узгоджується зі спостереженнями.

4. Теоретична модель утворення вибухового кратера на поверхні космічного тіла

Розроблено теоретичну модель утворення вибухового кратера на поверхні космічного тіла – ядра короткоперіодичної комети 9P/Темпеля 1. Модель була перевірена для Аризонського кратера. Розрахунки показали, що вибух мідного ударника в мішені відбувається на такій глибині занурення, де він досягає максимального гальмування. Показано, що в результаті зіткнення мідного імпаکتора космічного апарату "Діп Імпект" з ядром комети 9P/Темпеля на поверхні ядра комети повинен був утворитися штучний вибуховий кратер діаметром від 40 до 80 метрів і глибиною від 4.8 до 5.6 м. Модель отримала підтвердження при прольоті космічного апарату Епокси поблизу ядра комети 9P/Темпель 1 в 2011 р. – штучний кратер на ядрі мав діаметр ~60 м. Також знайдено реальне положення штучного кратера на ядрі комети опублікованого в Інтернеті 9P/Темпель 1 [7].

5. Реєстрація відбитого світла від вибухів під час падіння на Юпітер фрагментів комети D/1993 F2 (Шумейкерів-Леві)

На підставі співставлення київських і ватиканських фотоелектричних записів відносної яскравості супутника Юпітеру Іо під час падіння на Юпітер вторинного фрагменту Q2 комети Шумейкерів-Леві 9 встановлено реальність зареєстрованого на астрономічній обсерваторії Київського університету 1 секундного спалаху яскравості Іо в момент вибуху фрагменту Q2 в атмосфері планети-гіганта [88, 9]. Слід відмітити що, крім співпадіння за часом між київськими і ватиканськими спостереженнями, також є співпадіння зареєстрованої амплітуди ~ 0.11 та тривалості спалаху ~ 1 сек.

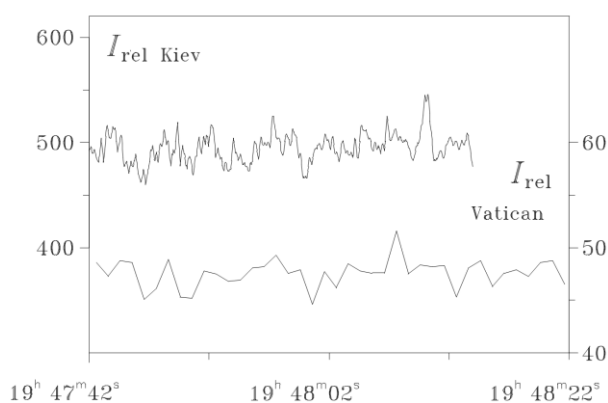


Рис. 2 – Порівняння київських і ватиканських фотоелектричних записів яскравості Іо під час падіння фрагменту Q2.

6. Виявлення люмінесцентного кометного континууму в кометах 9P/Tempel 1 і Machholz (C/2004 Q2)

В спектрах комет 9P/Tempel 1 і Machholz (C/2004 Q2) виявлено люмінесцентний кометний континуум пов'язаний із люмінесценцією органічних молекул, що містяться в кометних частинках пилу [10, 11]. Для комети 9P/Tempel 1 рівень люмінесцентного кометного континууму складає 30% від рівня загального кометного континууму з максимумом поблизу $\lambda \approx 5250 \text{ \AA}$ і для комети Machholz (C/2004 Q2) рівень кометного люмінесцентного континууму складає 46% від рівня загального кометного континууму з максимумом поблизу $\lambda \approx 6300 \text{ \AA}$. Порівняння спектрів двох комет показує, що «нова» комета C/2002 Q2 в Оортівському розумінні має вищий рівень люмінесцентного континууму і тому більшу кількість органічних люмінофорів (CHON-частинок), ніж у «старій» виснаженій короткоперіодичній кометі 9P/Tempel 1.

Ім'я Кліма Чурюмова навечно закарбовано у Всесвіті. Його ім'я у 1984 р. присвоєно астероїду №2627. Астероїд відкритий 8 серпня, 1978 р. в Кримській обсерваторії Н.С. Чернихом. Це астероїд головного поясу з періодом обертання 5.48 років, і має діаметр $D=19.7$ км

Список літератури:

1 **Чурюмов К.И.**, Филоненко В.С. Особенности кривой блеска короткопериодической кометы Чурюмова-Герасименко (1982 VIII)// *Астрономич. вестн.* 1991. Т.25. №1. С.109-115

2 **К.И.Чурюмов**, В.В.Клещенок. Отождествление эмиссий в спектре кометы C/1989 Y1 (Скоритченко-Джорджа), полученном на 6-м рефлекторе САО РАН. *Астрономический вестник.* 2001, том 35, № 3, С. 257 – 261

- 3 **Churyumov K.I.**, Chorny G.F., Kleshchonok V.V. Luminosity of the triplet bands of neutral CO molecules in the atmosphere of comet Scorigencko-George (1990 VI). *Astron. and Astrophys. Transactions.* 1997, 13, p. 225-231.
- 4 Léna Le Roy, Anais Bardyn, et al. COSIMA calibration for the detection and characterization of the cometary solid organic matter // *Planetary and Space Science*, 2015. - V. 105.- P. 1–25
- 5 Верхоглядова О.П., Коцаренко Н.Я., Пасько В.П., **Чурюмов К.И.** Теория крупномасштабной стратификации в плазменных хвостах комет// *Письма в Астрономич. журн.* 1993. Т.19. №9. С.823-867.
- 6 Kotsarenko N.Ya., Verkhoglyadova O.P., **Churyumov K.I.** Three-dimensional model of of ray structure formation in cometary plasma tail // *Planetary and Space Sciences.* 1994. V.42. N.9. P.733-736.
- 7 Кручиненко В.Г., **Чурюмов К.И.**, Добрянский Ю.П., Вальтер А.А. Определение возможного размера кратера на ядре кометы 9P/Темпеля I // *Кинематика и физика небес. тел.* – 2005. – V. 21, № 1. – С. 49 – 52.
- 8 **Churyumov K.I.**, Kleshchonok V.V., Reut I.V. Light echoes from Europa and Io during events of Shoemaker-Levi 9 A and Q fireballs in the Jupiter atmosphere and possible origin of comet SL-9// *Astron. and Astrophys. Transactions.*- 1997.- V.13.- P. 205-213.
- 9 **Churyumov K.I.**, Kleshchonok V.V. Time-resolved photometry of Io and Europa during the impacts of SL-9 fragments A and Q// *Proceedings of the European SL-9/Jupiter Workshop, Germany, ESO, 1995.- P.87-92.*
- 10 E. Picazzio, **K.I. Churyumov**, S.M. Andrievsky , I.V. Lukyanyk, V.V. Kleshchonok, A.A. de Almeida, *Spectroscopic Study of Comet 9P/Tempel 1.* – *Astronomical and Astrophysical Transactions.* – 2013. – V. 28. – № 3. – P. 34-44
- 11 L. S. Chubko, K. I. Churyumov, V. L. Afanasiev, I. V. Lukyanyk and V. V. Kleshchonok. Comparison of the Spectra of the Comets 9P / Tempel 1 and C / 2004 Q2 (Machholz) // *Deep Impact as a World Observatory Event: Synergies in Space, Time, and Wavelength. Proceedings of the ESO/VUB Conference held in Brussels, Belgium, 7-10 August 2006. Springer Berlin / Heidelberg.* – P. 197-200.

SCIENTIFIC SPIRIT OF CLIM CHURIUMOV

V. V. Kleshoshnok

Astronomical Observatory of Kyiv National Taras Shevchenko University

ПАРАДОКСЫ И АКСИОМЫ НАУКИ В ТВОРЧЕСТВЕ КЛИМА ИВАНОВИЧА ЧУРЮМОВА

*А.Ф. Стеклов^{1,2}, А.П. Видьмаченко^{1,3}, Б.Е. Жиляев¹, Г.Н. Дашкиев²,
О.А. Святогор¹*

¹Головна астрономічна обсерваторія НАН України,

²Міжрегіональна академія управління персоналом

³Національний університет біоресурсів и природокористування

Изложены основные идеи К.И. Чурюмова и авторов по развитию астрономических исследований в Украине, созданию Украинского института

перспективных исследований, по особым направлениям взаимодействия астрономических обсерваторий и Вооруженных Сил Украины в период гибридных войн, и по методике решения некоторых задач астробиологии, жизни людей на планете Земля с учётом Лунных ритмов и климатических сезонов.

Введение. Наша конференция посвящена памяти всемирно известного астрофизика, нашего коллеги и соавтора многих совместных публикаций, первооткрывателя и исследователя комет Клима Ивановича Чурюмова. Клим Иванович творчески сотрудничал со многими учеными и просто интересными людьми в разных уголках нашей планеты Земля. Уже год как Его нет рядом с нами, но Его идеи и принципы научного творчества постоянно вдохновляют нас и служат примером самоотверженной устремлённости в поисках истин науки и жизни, в заботах о подрастающем поколении молодых ученых Украины. Да, Чурюмов К.И., к сожалению, скоропостижно скончался 14.10.2016, но наш творческий коллектив продолжает работу в рамках созданной им «Единой сети Чурюмова» (ЕСЧ). В наших совместных работах 2014-2017 годов было предложено активизировать работу коллективов астрономических обсерваторий в условиях гибридно-военного времени. Все мы будем ещё долго вспоминать Клима Ивановича Чурюмова и творчески подойдём к развитию его идей, советов и рекомендаций. В данной заметке мы излагаем некоторые из интереснейших концепций, прогнозов, подходов, гипотез, теорий, планов и надежд, которые в процессе работы с нами развивал Клим Иванович.

1. **Институт перспективных исследований в Украине.** Клим Иванович много раз ставил нам в пример научные достижения Института перспективных исследований (Institute for Advanced Study, IAS) в Принстоне, штат Нью-Джерси, США. Причём, в некоторых источниках встречаются и другие варианты названия этого института: Институт фундаментальных исследований, Институт высших исследований, Институт передовых исследований. Этот институт был основан ещё в 1930 году Луисом Бамбергером и его сестрой Каролиной Бамбергер-Фульд, которые пожертвовали 5 миллионов долларов. Новый институт взял на работу многих учёных, бежавших из Европы от угрозы нацизма. Именно там работали после эмиграции в США такие знаменитые учёные, как Альберт Эйнштейн, Джон фон Нейман и Курт Гёдель. Фотографии корпусов этого института приведены на рис. 1.

2. Особо отметим, что именно «Теорема неполноты Гёделя» всегда упоминалась Климом Ивановичем, когда он излагал свои идеи по модернизации всего «научного хозяйства» Украины. Мы будем далее этот институт называть традиционно – Институт перспективных исследований (ИПИ). Да, ИПИ с момента основания не имеет формальных связей ни с Принстонским университетом, ни с каким-либо другим учебным заведением. Однако ИПИ и Принстонский университет постоянно и тесно сотрудничают во многих совместных проектах. Вся научная деятельность в Институте финансируется за счёт грантов, пожертвований и фондов. Руководство ИПИ стремится сделать так, чтобы каждый исследователь работал именно над тем, что ему наиболее интересно. Именно в Виннице К.И. Чурюмов и предлагал создать ИПИ Украины.

3. **«Экстремальные» подходы к классификации задач астрофизики и астрономии вообще.** Многие астрономы Украины «выросли» как учёные и получили особое специальное образование в подвалах лабораторного корпуса

астрономической обсерватории Киевского Национального университета им. Т.Г. Шевченко. Именно там, в промежутках между наблюдениями искусственных спутников Земли (ИСЗ) на станции № 1023, или когда небо было затянуто тучами, у нас шли жаркие споры, «дебаты» в процессе так называемых «квантовых чаепитий» – неформализованных коллоквиумов, в которых активное участие принимал и К.И. Чурюмов. Это и был своеобразный «прообраз» нашего «института перспективных исследований».



Рис. 1. Институт перспективных исследований в Принстоне

Поэтому мы ниже кратко изложим определения трёх классических «фаз» в обобщённой теории «квантового чаепития»: *supremum* – это исследования класса сверхдальних пограничных полей (СДПП); *optimum* – это исследования по изучению ближайших внегалактических объёмов и объектов (БВГО); *infinum* – это исследования сверхблизких латентных вторжений космических тел (СБЛВ) и их фрагментов в атмосферу Земли, т.е. в небо над нами. Эти три главные тематические «водоразделы» современной астрофизики (и астрономии вообще) как раз и определяют, по идеям Клима Ивановича Чурюмова, три особые фазы астрофизической рефлексии во Вселенной для каждой из обсерваторий на планете Земля. Память про наши постоянные «квантовые, т.е. дозированные, чаепития» в тёплых подвалах астрономической обсерватории Киевского Национального Университета им. Т. Г. Шевченко, в ночи активных наблюдений на станции наблюдений ИСЗ № 1023 под руководством Осипова А.К. постоянно греет наши сердца. Важно отметить, что вся, вся, вся ортодоксальная астрономия и астрофизика заполняют промежутки между этими тремя «фазами» или уровнями сложности своими особыми методами исследований. Всё это и определяет реальный научный имидж и статус современных астрономических обсерваторий. Так наши задачи класса «СБЛВ» – это и есть планетарная защита, даже планетарная защита биоресурсов нашей уютной и очень комфортной для проживания планеты Земля. Вы сами сравните наши условия с условиями на Марсе, Меркурии, Венере, да и на «новомодных» ледяных планетоидах типа Каллисто, Ганимед, Европа, Титан,

Энцелад, Церера, Тритон и на им подобных полуледяных телах. Хотя там и обнаружены подповерхностные океаны с солёной водой, но их террафикация будет очень сложной задачей для современной симбиотехнической планетологии. Но когда мы будем там жить (и... воспроизводить потомство) пока неясно. Хотя мы к этому очень и очень стремимся.

Например, исследования физики Солнца и тел Солнечной системы лежат «вблизи» такого класса наблюдений, как СБЛВ. А далее идут прикладная астрофизика ближайшего космоса, классическая физика и эволюция звёзд, межзвездной среды в Нашей Галактике, которая очень плавно «перетекает» в зону карликовых и неправильных галактик и их спутников, т.е. в изучение нашей местной группы галактик. А это уже и будет та особая сфера, особые зоны задач класса БВГО. И уважающие себя и свой статус астрономические обсерватории обязательно ведут работы в сфере «ортимит» астрофизики. Ну, а исследования объектов на больших расстояниях, как предлагал К.И. Чурюмов, находятся в сфере интересов внегалактических исследований и релятивистской астрофизики (ВИРА). Именно с такой аббревиатурой в САО РАН назывался отдел, в котором успешно работали выпускники нашей кафедры астрономии – Караченцев И.Д., Афанасьев В.Л. и другие. Ведь этот отдел располагал доступом к знаменитому телескопу БГА с диаметром зеркала в 6 м. А «над» тематикой ВИРА, ещё дальше от нас, ещё ближе к ранним эпохам развития Вселенной, лежат манящие тайны зоны СДПП, где уже работают специалисты по теории гравитации, ядерной физике, физике элементарных частиц и особым состояний материи на ранних стадиях эволюции Вселенной. Там же «работают» и специалисты по общей теории относительности, исследователи «тёмных энергий и тёмных материй».

Так и появилась в наших «дебатах» обобщающая, полушуточная «трёхфазная теория квантовых чаепитий» в современной астрофизике. Она была предложена и развита К.И. Чурюмовым для «облегчения» жизни новым поколениям студентов - астрономов, какими когда-то были и мы. Ведь «все мы были молодыми, и чушь прекрасную несли»...

Клим Иванович многому научил нас. Мы работали совместно много лет. Результаты наших совместных работ опубликованы более чем в 40 публикациях, в том числе в США и Европе.

4. Жизненно важные Холдинги в структуре современных астрономических обсерваторий. Мы уже писали о способности К.И. Чурюмова до 7 часов непрерывно наблюдать кометы, и в зимние ночи работать на телескопах до 17 часов в сутки. Все коллеги также помнят о его заботе возродить и восстановить «обсерваторность» всех астрономических обсерваторий Украины. Именно для этих целей авторы, под руководством К.И. Чурюмова, предлагали восстанавливать и/или возрождать опытные производства при астрономических обсерваториях; но уже в виде особых департаментов специализированного холдинга «ТОПАЗ информ». Само это название обозначает «техническое обеспечение прикладных астрономических задач» (ТОПАЗ). А вот конкурентность результатов астрономических исследований в Украине, по идеям К.И. Чурюмова, должны будут обеспечить департаменты другого, и не менее важного, холдинга «АстроТурИнформ», который обеспечит еще и научный астротуризм, и постоянное поступление достоверной информации о темах и направлениях работ наших зарубежных коллег. А большие и постоянные сложности в финансировании деятельности обсерваторий вообще, и конкретных астрономов в

частности, просто с неизбежностью заставляют руководителей сверхсрочно разворачивать прибыльные бизнес структуры при обсерваториях, при кафедрах и при планетариях. Это «азы» рыночной экономики. Обсуждению подлежат только те бизнес проекты, которые и обеспечат дополнительное финансирование научных исследований и программ. Формой реализации этих идей Клим Чурюмов считал создание «Астро-космических бизнес центров», о чём он и авторы уже опубликовали несколько работ. Только практика жизни проверит наши идеи и намерения.

5. Наука и война: заботы астрономов о защите народа и Державы в гибридно-военные времена. Именно в Виннице в предыдущие годы прозвучали и были опубликованы доклады, статьи Клима Ивановича и авторов о новой, резко возросшей роли астрономических обсерваторий в эпоху гибридных войн. Например, он нацеливал нас на создание широкоугольных автоматизированных наблюдательных комплексов, а также на создание вполне конкретных фоторегистраторов автоматизированных унифицированных (с красивой аббревиатурой «ФРАУ»). Авторы сообщают, что в ГАО НАН Украины создан современный мобильный портативный автоматизированный наблюдательный комплекс «АНКОР», который признан лучшим в ходе испытаний на военных полигонах в сентябре 2017 года (авторы Святогорев О.А., Жилиев Б.Е., Решетник В.М.) Этот успех и наш четырёхлетний мониторинг сумеречных и дневных следов всех видов опасных вторжений (ВВОВ) в небо над Украиной высоко оценен ВСУ, «УкрОборонПромом» и «Государственным научно-испытательным центром Вооруженных Сил Украины». Так в г. Чернигов 7-8 сентября 2017 года на 17-ой научно-технической конференции «Создание и модернизация вооружений и военной техники в современных условиях» наши труды получили высокие оценки и одобрение. Эти работы надо продолжать и развивать в интересах защиты Родины, народа и Державы. Все астрономические обсерватории Украины должны подключиться к этим усилиям ГАО НАН Украины.

6. Особые вопросы К.И. Чурюмова – противоречия астрономии и астрологии. Эту проблему нельзя «замолчать» и не осветить именно в годовщину смерти Клима Ивановича. Ведь общеизвестно, что великий астроном Й. Кеплер одновременно был и астрологом. Он зарабатывал себе и своей семье на жизнь составлением и интерпретацией гороскопов богатым людям, аристократам. Чурюмов К.И. высказал ряд очень конструктивных идей и взглядов в этом «секторе противоречий». Написав множество научно-популярных книг для детей, Клим Иванович даже излагал «доброжелательный и полушуточный гороскоп» для детей, внушая им послушание, любовь к знаниям и к занятиям, уважение к родителям, к старшему поколению, к истории родной страны. Он отрицал научность астрологии, но поддерживал и одобрял все работы по изучению астробиоритмики, астробиологии, влиянию Солнечной активности на биосферу и жизнь людей. Он неоднократно заявлял, что мы, астрономы, всё ещё мало знаем о всех видах влияний даже Луны и её фаз на деторождение, на репродуктивное здоровье наций. «Луна – это всё ещё множество загадок», - говорил он. Именно Клим Чурюмов сформулировал «парадокс трёх сезонов из четырёх возможных». Смысл этого «Парадокса $\frac{3}{4}$ » в том, что эмбрион человека в матери развивается только три сезона и «не знает четвёртого», ведь в году именно четыре сезона, а не три. Он также высказывал гипотезу о формировании памяти об одиннадцати «вакансиях» у каждого новорождённого, ибо его зачатие автоматически делало невозможным оплодотворение других одиннадцати яйцеклеток матери. Мы всё ещё даже не приступили к изучению этих вопросов

астробиологии биосферы Земли и людей, конкретно. Если же учесть, что экваториальный Солнечный год содержит 12 лунных фазовых месяцев и ещё плюс одиннадцать суток, то тогда станет понятным формирование тринадцатого (13) «колена» в каждой семье и у каждой женщины раз в три года. Это объясняет ещё и противоречивость 12 знаков зодиака и 13 зодиакальных созвездий. «Видимо наши коллеги-астрономы древнего Египта и Вавилона знали эти элементы астробиоритмики зачатий и рождений под воздействием «луннобиологических» приливов» - говорил он нам. В своё время К.И. Чурюмов поддержал издание авторами брошюры А.Ф. Стеклов, А.П. Видьмаченко «Астрология и её вклад в Мировую Культуру», ГППП ГКНТ Украины, г. Киев, 1996 г., - 56 с.

7. **Выводы.** По сути, мы, коллеги и соавторы К.И. Чурюмова, смогли только после его смерти оценить его идеи и некоторые результаты. Ещё раз повторим: нам Его очень не хватает. Он стимулировал многие научные поиски, «зажигал» и вёл нас за собой. Необходимо продолжать тематику его научных работ и совершенствовать творческую деятельность уже созданных им и запланированных структур. Делом, делом и ещё раз делом помянем нашего друга, коллегу и старшего брата по духу. По нашему мнению, Клим Чурюмов – это образец для подражания в нашей родной и любимой науке – астрономии.

Список литературы:

1. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. (2015) Observations of fragment of cometary nuclei in the atmosphere over Kiev // Astronomical School's Report. Vol. 11, no. 2, p. 99-102.
2. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. (2016) Observations of twilight fireballs over Kiev in 2013-2015 // Astronomy and present: materials of 5 Interregional Scientific Conference, April 12 2016. Vinnytsia, Ukraine. Science editor A.V Mozhovyi. Vinnytsia. FOP "Kostiuk N.P." -241 p. P. 33-37.
3. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. (2015) Observations of fragments of cometary nuclei in the atmosphere over Kiev in the summer of 2014 // 17 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, held May 20-22, 2015 in Zhytomyr, Ukraine. The program and abstracts. 2015, p. 84-85.
4. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. (2016) Several twilight bolides over Kiev in 2013-2015 – fragments of comets nuclei // International conference Meteoroids 2016, at the European Space Research and Technology Centre (ESTEC). Noordwijk, the Netherlands. 6-10 June 2016. Poster 63.
5. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Slipchenko A.S., Romanyuk Ya.O. (2016) Four possible types of dangerous viruses in aerospace traces of invasions in conditions of modern hybrid wars // Materials of the International scientific-practical conference devoted to the 100th anniversary of astrophysicist I.S. Shklovskii "The problems of modern astronomy and method of its teaching." 6-8 October 2016 Glukhiv, Ukraine. - Sumy, LLC "Publishing house" Eldorado", 2016. - 128 p., p. 122-124.
6. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev N.G. (2016) "Churyumov Unified Network": new tasks for astronomical observatories to protect society // Astronomical School's Report. Vol. 12, no. 1, p. 72-76.
7. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev N.G., Steklov E.A. (2016) Traces on sky. Unexpected results of regular observations // 16-th Odessa

International Astronomical Gamow Conference-School “Astronomy and beyond: Astrophysics, Cosmology and Gravitation, Cosmomicrophysics, Radio-astronomy and Astrobiology”. Ukraine, Odessa, Chernomorka. 14-20 August 2016. P. 39-40.

8. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. (2014) Some results of regular observations of the twilight bolides // In: Book of selected papers and abstracts of Memorial International Conference “Comets Asteroids Meteors Meteorites Astroblemes Craters (CAMMAC2014)”, September 29 – October 2, 2014. Edited by corresponding member of NAS of Ukraine, Professor K.I. Churyumov. Vinnytsia, Ukraine. – FOP “Kostiyk N.P.”2014. 160 p. P. 98-108.

9. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Dashkiev G.N. (2015) The results of observations of the twilight fireballs over Kiev and their classification // «Near - Earth Astronomy – 2015». Proceedings of the International conference. 31 August – 5 September 2015, r. Terskol – M.: Yanus-K., 2015, –324 p. P. 156-159.

10. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A., Dashkiev G.N. (2015) The results of observations of the twilight fireballs over Kyiv and their classification // In: Book "Near-Earth Astronomy 2015." Abstracts of IX International conference Near-Earth Astronomy, Terskol, August 31 - September 5, 2015. Nalchik: Publishing KBSC RAS. -128 p. P. 22.

11. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. (2014) Traces on sky: the classification and the results of regular observations of twilight fireballs // Astronomical School’s Report. Vol. 10, no. 1, p. 37-42.

12. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2015) On possible search of cometary material on the Earth surface // In: Book "Near-Earth Astronomy 2015." Abstracts of IX International conference Near-Earth Astronomy, Terskol. August 31 - September 5 2015. Nalchik: Publishing KBSC RAS. 128 p. P. 30-31.

13. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Romanyuk Ya.O., Stepahno I.V. (2016) "Churyumov Unified Network": New, Important Tasks for Astronomical Observatories to Protect Society in the Era of Modern Hybrid Wars // Odessa Astronomical Publications, vol. 29, p. 200.

14. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepahno I.V. (2016) Experience of monitoring of the twilight bolides in 2013-2016 and the program of future observations // 18 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, the program and abstracts. May 26-27 2016. National Aviation University, Kyiv, Ukraine. P. 93-94.

15. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Steklov E.A. (2013) Three bright bolides in Kiev sky on 29 March 2013 // 8th Conference «Meteoroids 2013». Program and abstracts. 26-30 Aug. 2013, Poznań, Poland. P. 77.

16. Dashkiev G.N., Steklov A.F., Vidmachenko A.P. (2017) Space Virusology and Active Experiments to Simulate Intrusion of Fragments Comet Nuclei into the Earth's Atmosphere // 48th Lunar and Planetary Science Conference, held 20-24 March 2017, at The Woodlands, Texas. LPI Contribution No. 1964, id.1135.

17. Grudin B.A., Kruchinenko V.G., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N., Steklov E.A. (2017) Monitoring of space invasions: the historical aspect // Proceedings of the 6 Interregional Scientific Conference "Astronomy and present". Vinnytsia. / Science editors Zabolotnyi V.F., Mozhovyi O.V.: FOP "Pyshnyi O.A." -284 p. P. 68-78.

18. Kruchynenko V G., Churyumov K.I., Churyumova T.K. (2011) An explosion of a comet nucleus fragment in the Earth's atmosphere // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. Vol. 27, no. 3, p. 109-116.
19. Kruchynenko V.G. (2004) Thermal explosions of meteoroids in Earth's atmosphere // *Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel*. Vol. 20, no. 3, p. 269-282.
20. Kruchynenko V.G., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N., Steklov E.A. (2017) Daytime observations of Lyrids in 2017 // 19 International scientific conference *Astronomical School of Young Scientists*. May 24-25 2017. The program and abstracts. - Bila Tserkva, Ukraine, p. 60-61.
21. Morozhenko A. V., Vidmachenko A. P. On the accuracy of indirect methods for estimating the sizes of asteroids // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. 2013, vol. 29, issue 5, p. 237-242.
22. Morozhenko A. V., Vidmachenko A. P. Shadow Mechanism and the Opposition Effect of Brightness of Atmosphereless Celestial Bodies // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. 2013, vol. 29, issue 5, p. 228-236.
23. Morozhenko A. V., Vidmachenko A. P., Nevodovskii P. V. Aerosol in the upper layer of earth's atmosphere // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. 2013, vol. 29, no. 5, p. 243-246.
24. Steklov A. F., Kolotilov N. N., Vidmatchenko A. P. (1998) Astronomical aspects of the theory of the origin of life // *Preprint of the Main astronomical observatory of NAS of Ukraine*. MAO-98-1P. Ed. Morozhenko A.V. -33 p.
25. Steklov A.F., Dashkiev G.N., Vidmachenko A.P. Possible viruses from outer space fall into the Earth's atmosphere // 19 International scientific conference *Astronomical School of Young Scientists*. May 24-25 2017. The program and abstracts. - Bila Tserkva, Ukraine, p. 73-75.
26. Steklov E.A., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. (2017) Observations of Twilight Bolide with Using of "Churyumov Fireball Network" // 48th Lunar and Planetary Science Conference, held 20-24 March 2017, at The Woodlands, Texas. LPI Contribution No. 1964, id.1327.
27. Vid'Machenko A.P. (1995) Settling of dust in Jupiter's atmosphere after the impact of fragments of comet Shoemaker-Levy 9 // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. Vol. 11, no 4, p. 14-16.
28. Vidmachenko A.P. (2005) Sedna: the history of the discovery and its features // *Astronomical almanac*. Vol. 52, p. 201-212.
29. Vidmachenko A.P. (2007) Mysterious Mercury spacecraft studying // *Astronomical almanac*. Vol. 54, p. 185-207.
30. Vidmachenko A.P. (2009) Planetary atmospheres // *Astronomical School's Report*. Vol. 6, no 1, p. 56-68.
31. Vidmachenko A.P. (2009) Research of the Mars by space vehicles // *Astronomical School's Report*. Vol. 6, no 1-2, p. 131-137.
32. Vidmachenko A.P. (2015) Dwarf planets (to the 10th anniversary of the introduction of the new class of planets) // *Astronomical almanac*. Vol. 62, p. 228-249.
33. Vidmachenko A.P. (2016) Is there life on Mars and where necessary to search for its traces // *Astronomy and present: materials of 5 Interregional Scientific Conference*, April 12, 2016, Vinnytsia, Ukraine. / Science editor A.V. Mozhovyi. - Vinnytsia: FOP "NP Kostiuk". -241 p. P. 43-48.

34. Vidmachenko A.P. (2016) Where is Necessary to Search Traces of Life on Mars? // Biosignature Preservation and Detection in Mars Analog Environments conference, held May 16–18, 2016. Hyatt Regency Lake Tahoe. Abstract #2002.

35. Vidmachenko A.P., Morozhenko A.V., Klyanchin A. (2011) Features of morphology and geology of surface of Jupiter satellite Europe // Astronomical School's Report. 2011, vol. 7, no. 1, p. 117-132.

36. Vidmachenko A.P., Morozhenko A.V., Klyanchin A., Shavlovskiy V.I., Ivanov Yu.S., Kostogryz N. (2011) Asymmetry of reflective properties of the hemispheres of Jupiter satellite Europa // Astronomical School's Report, ISSN 1607-2855. 2011, vol. 7, no. 1, p. 133-144.

37. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2012) The study of the satellites surfaces and the rings of the giant planets, Main Astronomical Observatory NAS of Ukraine Press, Kyiv, Ltd. Dia. - 255 p.

38. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2014) The physical characteristics of surface Earth-like planets, dwarf and small (asteroids) planets, and their companions, according to distance studies // Main Astronomical Observatory NAS of Ukraine, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, Publishing House "Profi". -388 p.

39. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2014) The study Earth-like planets using spacecraft // Astronomical School's Report. Vol. 10, no. 1, p. 6-19.

40. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2013) The study of cometary material on the surface of the Earth // Astronomical School's Report. Vol. 9, no 2, p. 146-148.

41. Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepahno I.V. (2016) "Unified Network of Churyumov": new, important tasks of astronomical observatories for the protection of the society and state in the era of modern hybrid wars // Astronomy and present: materials of 5 Interregional Scientific Conference, April 12, 2016, Vinnytsia, Ukraine. / Science editor A.V. Mozhovyi. - Vinnytsia: FOP "NP Kostyuk". -241 p. P. 37-43.

42. Vidmachenko A.P., Vidmachenko H.A. (2007) Is it dangerous asteroids? // Astronomical almanac. Vol. 53, p. 195-207.

43. Видьмаченко А.П., Стеклов О.Ф., Колотілов М.М. (2010) Астрономічні аспекти теорії походження життя // Світогляд. 21, № 1, с. 48-55.

44. Стеклов А.Ф., Видьмаченко А.П., Жиляев Б.Е., Дашкиев Г.Н., Святогоров О.А. Задачи астрономических обсерваторий в эпоху гибридных войн: Базы данных по мониторингу в «Единой сети Чурюмова» за 2013-2017 г.г. // Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах. Збірник тез доповідей 17 науково-технічно конференції. 7-8 вересня 2017 року. ДНВЦ ЗС України. – Чернігів: Видавець Брагинець О.В., 2017. -408 с. С. 341-343.

45. Стеклов А.Ф., Видьмаченко А.П., Жиляев Б.Е., Дашкиев Г.Н., Святогоров О.А. Космическая вирусология и активные эксперименты по имитации естественных и искусственных вторжений в атмосферу Земли // Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах. Збірник тез доповідей 17 науково-технічно конференції. 7-8 вересня 2017 року. ДНВЦ ЗС України. – Чернігів: Видавець Брагинець О.В., 2017. -408 с. С. 343-345.

46. Стеклов А.Ф., Видьмаченко А.П., Жиляев Б.Е., Дашкиев Г.Н., Святогоров О.А. О возможности развертывания «Единой сети Чурюмова» на базе структур Министерства обороны и Минстерства внутренних дел в ходе уже принятых

соглашений // Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах. Збірник тез доповідей 17 науково-технічної конференції. 7-8 вересня 2017 року. ДНВЦ ЗС України. – Чернігів: Видавець Брагинець О.В., 2017. -408 с. С. 345-346.

**ПАРАДОКСИ І АКсіОМИ НАУКИ В ТВОРЧОСТІ КЛИМА ІВАНОВИЧА
ЧУРІУМОВА.**

А.Ф. Стеклов, А.П. Відьмаченко, Б.Є. Жилияєв, Г.Н. Дашкієв, О.А. Святогоров.

Викладено основні ідеї К.І. Чурюмова і авторів щодо розвитку астрономічних досліджень в Україні, створення Українського інституту перспективних досліджень; щодо особливих напрямків взаємодії астрономічних обсерваторій і Збройних Сил України в період гібридних воєн і методики вирішення деяких завдань астробіології, життя людей на планеті Земля з урахуванням місячних ритмів і кліматичних сезонів.

**PARADOXIES AND AXIOMS OF SCIENCE IN THE CREATIVITY OF CLIM
IVANOVICH CHURIUMOV.**

A.F. Steklov, A.P. Vidmachenko, B.E. Zhilyaev, G.N. Dashkiev, O.A. Svyatogorov

Key ideas of K.I. Churyumov and authors of the article on the development of astronomical research in Ukraine, creation of Ukrainian Institute for Advanced Studies; concerning special directions of interaction of astronomical observatories and the Armed Forces of Ukraine during the period of hybrid wars and methods of solving certain tasks of astrobiology, life of people on the planet Earth taking into account monthly rhythms and climatic seasons.

NEW DATA ABOUT LONG-TERM CHANGES OF SOLAR ACTIVITY

V.M. Efimenko & V.G. Lozitsky

*Astronomical Observatory of the Taras Shevchenko National University of Kyiv,
Observatorna St. 3, Kyiv 01053, Ukraine*

Development of solar activity in current 24th cycle has specific peculiarity – non-monotonous increasing of solar activity on grown phase which occurs for 1/3 number of all cycles. Current cycle could be considered as anomaly by, at least, two criterions: a) sharp slowdown in growth after the 30th of the month cycle, b) two-peak phase of cycle maximum with a significant predominance of the height of second peak versus first. The quantitative relationships between the heights and temporal splitting of the second and the first peak indicate that the 24th cycle is unprecedentedly anomalous among all 24 cycles.

In other hand, current 24th cycle seems to be as normal by criteria of diameter of sunspots. This conclusion follows from consideration of integral distributions for diameters of great sunspots (50-90 Mm) for cycles Nos. 12-24. Our preliminary results to this topic were described by Babij et al. (2011). The main results are following: (a) the mean value of index of integral distributions is 5.4 for last 13 cycles; (b) secular trend in changes of named index is absent, and (c) there are reliable evidences of double Hale's cycle (about 44 years). In particular, the lowest values of named index were found for cycles Nos. 14, 17-18 and 22. Since this index reflects the dispersion of sunspot diameters, obtained results indicate

that convective zone of the Sun generates the embryos of active regions in different statistical regimes which change with cycle about 44 years.

It is interesting to note that 44-years solar cycle was found in first time by Tsirulnik et al. (1997). Perhaps, this cycle exists also in velocities of differential rotation of sunspots (Javaraiah, 2003) and in magnetic field changes of great sunspots (Lozitska and Efimenko, 2015). There are evidences to presence this cycle also in some processes on the Earth (Harvey, 1986).

Key words: Sun, solar activity, sunspots, diameters and areas of sunspots, long-term changes, integral distribution for diameters of sunspots, double Hale's cycle.

1. Introduction

A characteristic feature of solar activity is its 11-year cycle. However, this is only the most obvious and intense solar activity cycle, a kind of its "pulse". A more detailed analysis shows that the spectrum of fluctuations of solar activity has about 20 or less intensive but reliable cycles, including cycles lasting as 11.89 and 9.97 years (Tsirulnik et al., 1997). These cycles are close to the period of rotation of Jupiter around the Sun (11.86 years) and repetition of orbital quadratures for system "Saturn-Jupiter" (9.90 years).

The fact that the range of fluctuations in solar activity contains the "planetary" periods about 12 and 10 years, points to the possible effect of the planets on the solar activity. This hypothesis was considered by many scientists, e.g. by Romanchuk (1981). It is interesting to note that 'planetary' periods present not only in the number of sunspots, but also in the number of solar flares (Akimov et al., 2005).

For further more detailed study of cyclicity of solar activity, a long series of homogeneous observations should be used. It is necessary to note that such well known index of solar activity as the number of sunspots is actually Wolf's number, which is determined not absolutely clear, insofar it depend on the number of groups of sunspots, and on the number of consecutive numbered spots. Correct fragmentation of all observed sunspots on their groups can be make by magnetic polarities of spots. The main criterion here is following: a group of spots should include the leader and tail magnetic polarities, and these polarities change by a specifical law since other 11-year cycle to another, and by passing through the solar equator. So, for example, the presence on the Sun of one a compact group of spots does not mean always that this group when calculating Wolf numbers should be considered as one group. In principle, this can be a case of two closely placed groups of spots. To solve this issue (the presence of one or two groups of spots), the magnetic data on a base of the Zeeman effect are needed which allow to determine the magnetic field strengthes and magnetic polarities of sunspots. However, the problem here is that most of such observations are carried out about 100 years (from 1908), while the telescopic observations of sunspots and direct determination of sunspot numbers - since 1610. More, criterum of magnetic polarities in groups of sunspots was found by Hale and Nicholson (1925) in 1925 only. Therefore, all definitions of Wolf's numbers up to 1925 are somewhat arbitrary - in fact they have the unknown factor of magnetic polarities of sunspots.

About existence of certain problems in counting the number of sunspots evidences the fact that in July 2015 the International Data Center at the Belgian Royal Observatory offers new, revised row of sunspot number (Clette et al., 2014). The main change is that revised row bases on observation series by Alfred Wolfer, not Rudolf Wolf, which is about 1.7 times increases versus mentioned earlier, bringing them to current estimates.

Therefore, a more justified approach in this case would be to use some other parameter of solar activity, which is defined not only a long time, but which is independent from the magnetic polarity of spots. Such parameter is the area of sunspots (or diameter of sunspots) corrected for the effect of projection. These parameters were analyzed by Babij et al. (2011) and Efimenko and Lozitsky (2016), but for a limited time interval that do not include all available data. The main purpose of this work is similar analyze for greater time interval that covers activity cycles Nos. 12-24.

2. Cycle No. 24 as anomalous cycle

There are at least two evidences that current cycle is anomalous (Lozitsky and Efimenko, 2014).

1. A clear violation of the Waldmayer's rule, which establishes a relationship between the steepness of grown branch on curve of 11-year cycle and the maximum cycle height.

2. Current 24th cycle has two splitted peaks on the phase of maximum activity, and second peak is noticeably higher than the first.

First evidences is illustrated on Fig. 1 which was build on the data placed on site <http://www.solen.info/solar/> (these data present sunspot number in old system, which was till July 2015 – see Introduction above). One can see that for the majority of cycles there is close connection between W_{\max} , maximum cycle height for sunspot number which are averaged by 13 months, and an increment of activity between 32th and 20th months of a cycle, $W_{32} - W_{20}$ (correlation coefficient $r = 0.91 \pm 0.03$). Smooth curve provided in Fig. 1 is approximated by formula

$$W_{\max} = 19.0 \times (W_{32} - W_{20})^{0.496} \quad (1)$$

From (1) follows that W_{\max} is approximately proportional to square root from difference $W_{32} - W_{20}$. Also, one can see that the largest deviations from (1) demonstrate cycles Nos. 9, 19 and 3 (data for named cycles is pointed on Fig. 1 by corresponding numbers). If we substitute in (1) observed value $W_{32} - W_{20} = 42$ for 24th cycle then we obtain $W_{\max}(24) \approx 120$.

As to reality, observed value $W_{\max}(24)$ was 81, i.e. about 40 units lower ($W_{\max}(24) = 81$ corresponds to approximately the upper limit of vertical interval pointed on Fig. 1). We can see that 24th cycle has practically the same largest deviation from averaged curve (1) as cycle No. 9. However, data for cycles Nos. 9 and 24 are located on opposite sides of this curve. This means that cycle No. 9 had sharp increasing of solar activity before the maximum, whereas cycle No.24 has, on the contrary, sizable slowing down. In this connection, current 24th cycle can be considered as '*cycle with destroyed peak*'. It is interesting to note that all 'irregular' cycles (i.e. with non-monotonous grown phase) excluding No.9 were weak. Such cycles are pointed on Fig. 1 by crosses. As it follows from this Figure, forecast of W_{\max} via $W_{32} - W_{20}$ using formula (1) is unreliable for such irregular cycles.

In this connection, Lozitsky and Efimenko (2014) considered other dependence, W_{\max} vs. W_{52} , i.e. sunspot number on 52th month, but for irregular cycles only, i.e. for cycles with non-monotonous phase of grown. Among 23 previous cycles, number of such cycles was 7 (approximately 1/3), namely Nos. 1, 5, 6, 9, 12, 15 and 16.

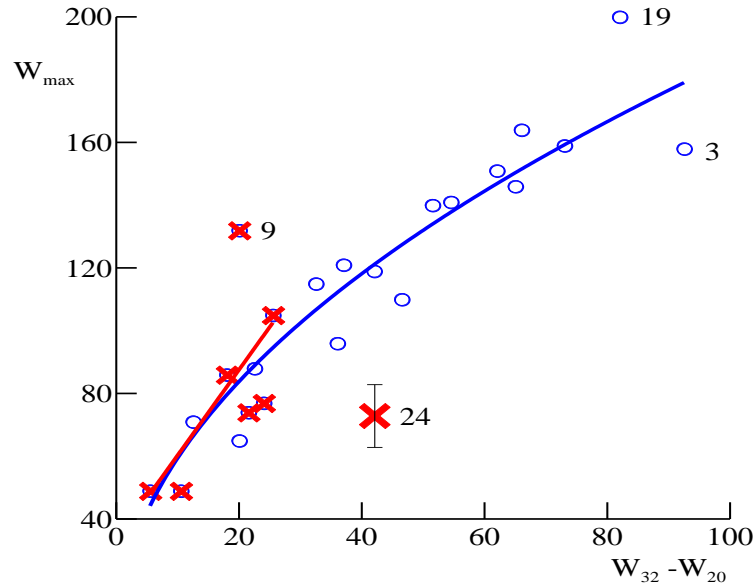


Figure 1: Maximum averages sunspot number, W_{\max} , vs. speed of increasing of activity between 32th and 20th months, $W_{32} - W_{20}$, for 23 previous cycles (see text). Numbers 3, 9, 19 and 24 indicate data for corresponding cycles with largest deviation from dependence presented by formula (1).

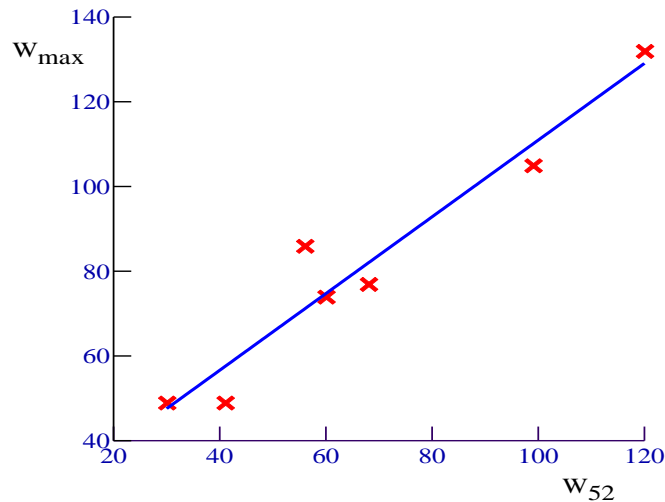


Figure 2: Maximum averages sunspot number, W_{\max} , vs. sunspot number on 52th month, W_{52} , for cycles with non-monotonous increasing of solar activity on grown phase

Figure 2 presents the comparison of W_{\max} vs. W_{52} . One can see that dependence W_{\max} vs. W_{52} is enough narrow and almost linear. It has not any sizable deviations from linear trend that allows prognose the peak of any ‘irregular’ cycle with confidence. For example, $W_{52} = 58$ for 24th cycle leads to $W_{\max}(24) = 73 \pm 10$, in good agreement with observations, $W_{\max}(24) = 81$.

Second evidence on anomaly of cycle No.24 follows from comparison of parameters of two splitted peaks on his maximum phase. Such shape of cycle top meets for some cycles includes two neighboring cycles Nos. 23 and 24 (Fig. 3). However, four cycles only (from 24) have second peak higher than the first, namely cycles Nos. 5, 12, 16 and 24.

For quantitative comparison of these cycles, let us consider the following parameters: $W_2 - W_1$, difference between heights of second peak and first one (in sunspot number), and $T_2 - T_1$, time interval (in months) between the second and first peak. Comparison of these parameters is presented in Table 1. From Table 1 follows, that current cycle has the largest difference $W_2 - W_1$ and second (from all named cycles) time interval $T_2 - T_1$ between splitted peaks.

Parameter SG presented in last column of Table 1 is geometric mean, i.e.

$$SG = [(W_2 - W_1) \times (T_2 - T_1)]^{1/2} \quad (2)$$

It can be seen that cycle No. 24 has a maximum value of SG (19.7), which indicates an unprecedented large splitting of the peaks and the difference in their heights at the phase of the maximum of the 11-year cycle. *From this point of view, current 24th cycle is the most anomalous during about 260 years of observations of solar activity.*

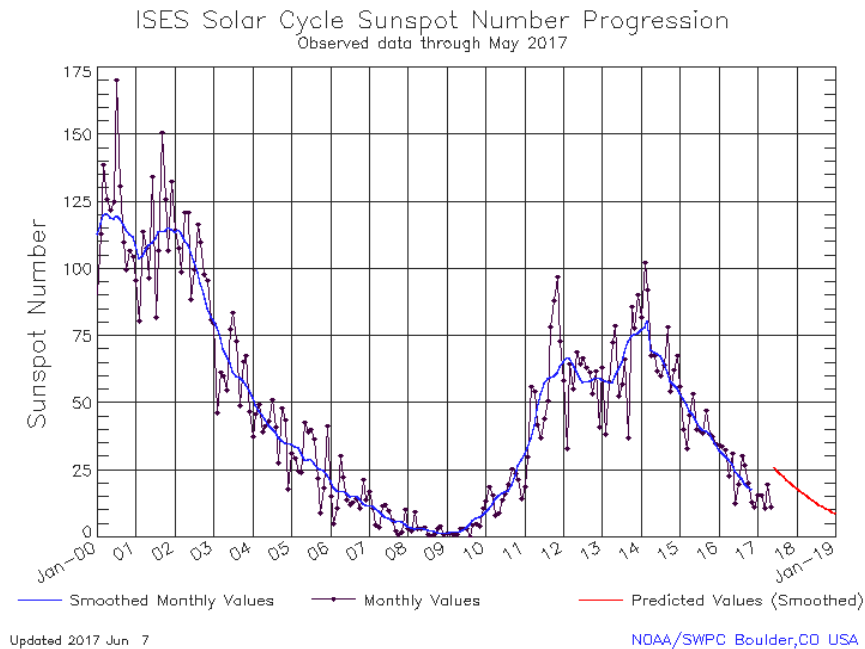


Figure 3. Evolution of solar activity in cycles Nos. 23 and 24 according to NOAA/SWPC Boulder, CO USA (<http://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression>). Black points and lines present monthly averaged sunspot number whereas blue line – sunspot numbers averaged by 13 months. Red line presents a forecast of final phase of 24th cycle.

Table 1. Comparison of some parameters for cycles with splitted peaks on maximum phase.

| No. of cycle | $W_2 - W_1$ | $T_2 - T_1$ | SG |
|--------------|-------------|-------------|-------------|
| 5 | 4 | 31 | 11.1 |
| 12 | 11 | 24 | 16.2 |
| 16 | 5 | 17 | 9.2 |
| 24 | 15 | 26 | 19.7 |

3. Areas of sunspots in cycles Nos. 12–24

For study of sunspot areas, we used the data from Greenwich directory and its extension NOAA-USEF (<http://solar.science.msfc.nasa.gov/greenwich/>). A detailed comparison of the various directories made by Lozitska (2015) shows that it is the most reliable, long and uniform row of data of sunspot groups. Similarly to sunspot numbers, we determined firstly monthly averaged areas of all sunspot observed on the whole disc, and then – total areas of all sunspots averaged by 13 months. We used only the data corrected for effect of projection on the solar disc.

Such simple processing made it possible to find an interesting difference between the areas of sunspots and numbers of sunspots (compare Figures 4 and 5). Namely,

a) for the areas of spots, the exceptional power of the 19th cycle can be seen. On the contrary, in the numbers of spots, three cycles seem be strongest, Nos. 19, 21 and 22, although cycle No. 19 seems still the most powerful.

b) the Gnevyshev-Ol' rule (the predominance of the odd-cycle height in comparison with the previous even) is much more evident in the number of spots than in their areas.

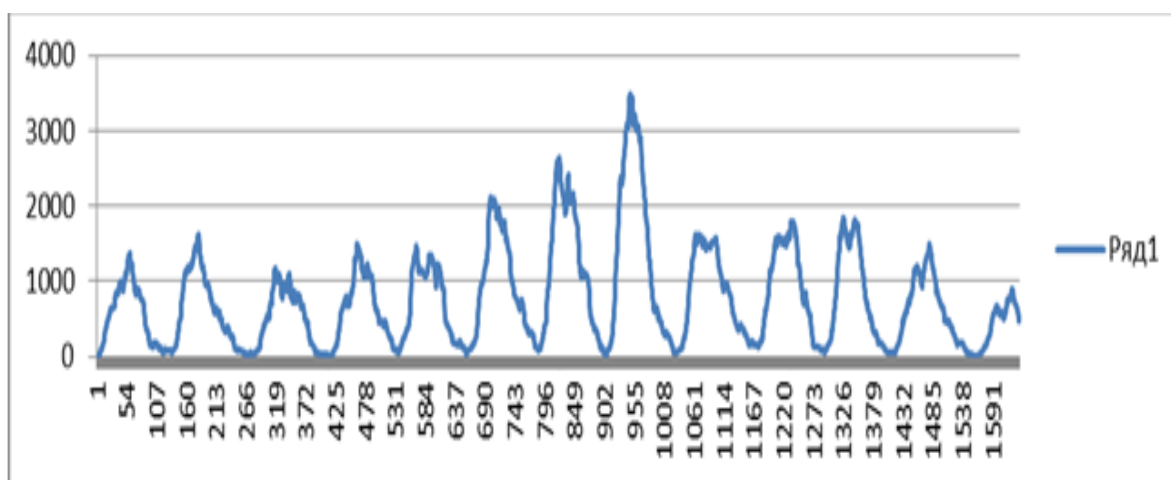


Figure 4. Total areas of all sunspots on the solar disc averaged by 13 months for cycles Nos. 12-24.

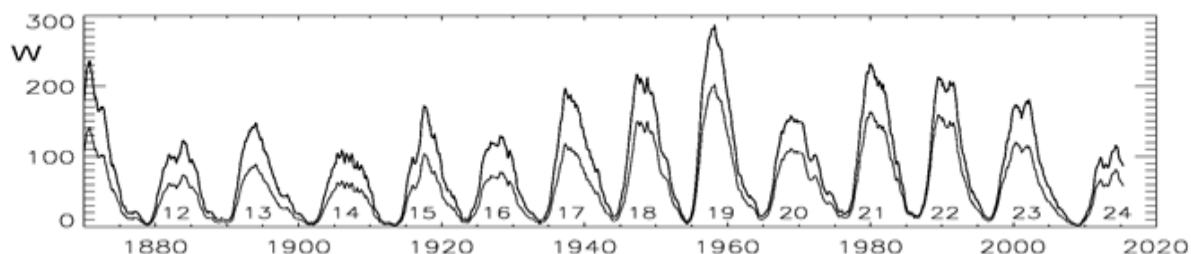


Figure 5. Sunspot numbers (in old system) averaged by 13 months for cycles Nos. 12-24.

c) in the changes of areas, a gradual increase in activity from cycle No. 17 to No. 19 strikes, and then almost constant activity in cycles No. 20, 21, 22. Among the spots, we also have an increase in activity from cycle No. 17 to No. 19, but then cycles Nos. 20-22 have, in general, different intensities.

4. Index of integral distribution for sunspot diameters

Insofar as sunspots rarely have the correct circular shape (which facilitates measurement of diameter) was used different approach. For each group, equivalent diameter of sunspots, d_{eqv} , was determined. The d_{eqv} values were calculated by areas of sunspot groups, S_p , corrected for the effect of projection. To establish a link between d_{eqv} and S_p , single round in shape sunspots were specially selected, and on basis of such sunspots the auxiliary gauge dependence was built (Efimenko and Lozitsky, 2016). To speed up the processing of data, a machine program was compiled by one of the authors (V.E.), which made the d_{eqv} determination by S_p automatically, without manual intervention. Also, only large spots with diameters of more than 40 mega-meters (Mm) were taken into account. This is due to the fact that the linear plot on integral dependence for sunspots (from which the α index is defined), is mostly in the range of 50-90 Mm (Babij et al., 2011).

Consideration of obtained integral dependencies showed that the α index is determined reliably during the peak of 11-year cycle when number of sunspots is large, and much less reliable - during the minimum of cycle when the number of sunspot relatively small. Therefore, as first step in our consideration, we determine the average values of α index for each 11-year cycle. It turned out that the alpha parameter greatly varies from cycle to cycle (Fig. 6), confirming the results by Babij et al. (2011). However, some new laws were found, namely following (Fig. 7).

For the last 13 cycles (Nos. 12-24), mean values of α parameter is 5.4. Earlier, Babij et al (2011) found the average value of about 6.0 for the last seven cycles. The secular trend in long-term changes absent, but there is significant evidence of double Hale's cycle (about 44 years). In particular, the minimum of α was noted in cycles Nos. 14, 17-18 and 22.

5. Discussion

It is worth mentioning that the first indications of 44-year cycle of changes of Wolf numbers were obtained by Tsirolnik et al., (1997). However, this cycle has only a fifth rating after cycles with duration about 11, 12, 10 and 95 years (pointed order of cycles corresponds to descending order of their capacity in a power spectrum).

The assumption of the existence of double Hale's cycle was also suggested by Javaraiah (2003) by studying the speed of differential rotation of the Sun in different cycles. Corresponding effects are quite weak and they are observed against the background of the strong secular trend that is 0.7% over the past 130 years (12th cycle to 23). Thus, this result (concerning trend) is significantly different from our data presented in Fig. 2, according to which the secular trend in changes of α index absent (at least it is less 0.2%).

Perhaps, the 44-year cycle exists also in changes of magnetic fields in large sunspots. In particular, Lozitska and Efimenko (2015) reported the minimum magnetic field intensity in such sunspots in 1965 and in 2008-2009, i.e., with interval of of 43-44 years. According to the data of named authors, the 11-year cycle is more obvious here.

Harvey (1986) pointed an interesting pattern: the most outstanding achievements in studies of solar magnetic fields occurred at intervals of four solar 11-year cycles, that is also an interval of about 44 years. Really, the first observations of split spectral lines in the spectra of sunspots was made by Lockyer in 1866 (10th cycle), and only in 1908 (14th cycle) this splitting was correctly interpreted by Hale as a manifestation of the Zeeman effect. In 1952 (18th cycle) the solar magnetograph was created by Babcocks, and in 1956 (the beginning of the 19th cycle) a theory of radiation transfer in the magnetic field was

developed (by W.Unno and V.Stepanov). Based on this pattern, Harvey (1986) suggested that in the 22th cycle (the 1990's) one can expect new outstanding achievements in studies of solar magnetic fields. As a possible option in this regard, it was called the creation of high-resolution telescopes, including THEMIS and SOT. It is useful to recall that the first direct observational evidences of the existence of superstrong magnetic fields ($\sim 10^4$ G) in solar flares were found precisely in the 22th cycle (Lozitsky, 1993).

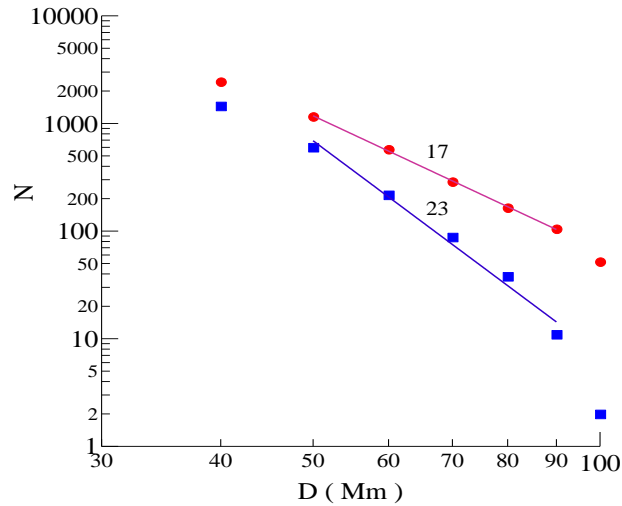


Fig. 6. Comparison of integral distributions for diameters of sunspots for activity cycles Nos. 17 and 23. Notice, here $D \equiv d_{eqv}$. Approximating straight, which determined the α index, were conducted in range of 50-90 Mm.

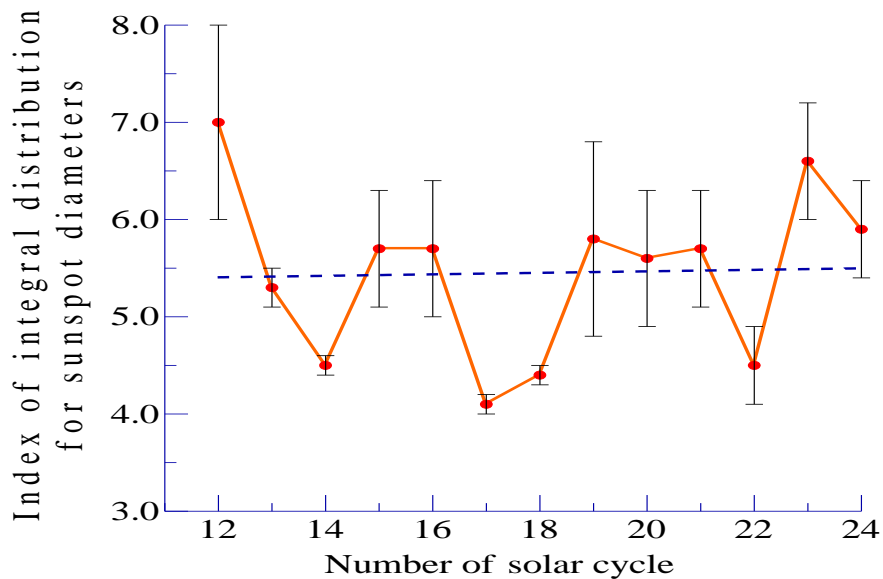


Fig. 7. Comparison of α index for cycles Nos.12-24. Dashed line shows the secular trend in changes of named index.

Insofar as the value of α reflects the dispersion of diameters of sunspots, our data indicate that the convection zone generates solar active regions embryos in various modes of statistics, which vary with the cycle of about 44 years. From this point of view, observed 44-years cycle is clean solar cycle, which is also reflected in the number of sunspots, speed

of sunspot rotation and intensity of their magnetic field. However, if Harvey's (1986) pattern is not pure chance, we can not exclude other hypothesis, namely, that 44-year cycle is probably some global cycle that is external to the Sun and the entire solar system. This hypothesis requires scrutiny in future studies.

6. Conclusions

We confirm results by Babij et al.(2011) about significant differences of integral distributions for sunspot diameters for different 11-year cycles of solar activity. It has been found that α index of corresponding integral distributions has average value of 5.4 for cycles Nos.12-24. The secular trend of α absent during named period. However, there is credible evidence of double Hale's cycle (about 44 years). In particular, the minimum value of α was found in cycles Nos.14, 17-18 and 22. Insofar as the α value reflects the dispersion of sunspot diameters, the data indicate that the convection zone generates solar active regions embryos in various modes of statistics, which vary with the cycle about 44 years. Perhaps this cycle is also evident in some processes on Earth (Harvey, 1986).

This study was funded by the Taras Shevchenko National University of Kyiv, project No. 16БФ023-01.

References

1. Akimov, L. O., Belkina, I. L., and Bushueva, T. P., Solar activity during the cycles 21–23 from X-ray and optical observations. - *Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel.* – 2005. - Vol. 21, No. 4. – P. 267-277.
2. Babij V.P., Efimenko V.M., Lozitsky V.G. Statistical characteristics of large sunspots in solar activity cycles 17–23 // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies.* – 2011. – Vol. 27, No 4. – P. 191–196.
3. Clette F., L. Svalgaard J.M. Vaquero E.W. Cliver Revisiting the sunspot number. A 400-year perspective on the solar cycle. // *Space Sci. Rev.* – 2014. – Vol. 186, Iss. 1-4. – P. 35-103.
4. Efimenko V., Lozitsky V. Statistical peculiarities of 24th cycle of solar activity // *Bull. Kyiv. Nation. Univ., Astronomiya.* – 2016.– №. 53. – P. 52–55.
5. Hale G.E. On the probable existence of a magnetic field in sunspots // *Astrophys. J.* – 1908.- Vol. 28, No. 4. – P. 315–343.
6. Hale G.E., Nicholson S.B. The law of sun-spot polarity // *Astrophysical Journal.*– 1925.– V.62.– P.270.
7. Harvey J. Small-scale photospheric magnetic fields: observational methods and limitations // *Proc. of a Workshop held in Göttingen, 1-3 October, 1985.* Ed. by W. Deinzer, M. Knölker, and H.H. Voigt, *Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften in Göttingen.* Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 1986. - P.25.
8. Javaraiah J. Long-term variations in the solar differential rotation // *Solar Physics.*– 2003.– V. 212, Iss. 1.– P. 23–49.
9. Lockyer N. *Proc. Roy. Soc.* – 1866. – V.15. – P. 256.
10. Lozitska N.I., Efimenko V.M. Indexes of groups of sunspots for long-term forecasting of geomagnetic activity // *Bull. Kyiv. Nation. Univ., Astronomiya.* – 2015. – №. 52. – 3. 43–47.
11. Lozitska, N.I. Problem of mistakes in databases, processing and interpretation of observations of the Sun // *Odessa Astronomical Publications.*- 2015. - Vol. 28, No. 2. – P. 236–237.
12. Lozitsky V.G., Efimenko V.M. Prognoses and anomaly of 24th cycle of solar activity // *Odessa Astronomical Publications.* – 2014. – Vol. 27, No.2. – P. 90–91.

13. Lozitsky V.G. Superstrong magnetic fields in the solar atmosphere // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. – 1993.– V. 9, No. 3. – P. 18–25.

14. Romanchuk P.R. The nature of solar cyclicity. I // Soviet Astronomy.- 1981. - Vol. 25, No.1. – P. 87–92.

15. Stepanov V.E. The coefficient of absorption of atoms in the inverse Zeeman effect for an arbitrary direction of the magnetic field // Bull. of Crimea Astrophys. Obs. – 1958. – V.18. – P. 136–151.

16. Tsiurulnik L.B., Kuznetsova T.V., and Oraevsky V.N. Forecasting the 23rd and 24th solar cycles on the basis of MGM spectrum // Advances in Space Research. – 1997. - Vol. 20, Iss. 12. – P. 2369–2372.

17. Unno W. Line formation of a normal Zeeman triplet // Publs. Astron. Soc. Japan. – 1956. – V. 8. – P. 108–125.

НОВІ ДАНІ ПРО ДОВГОТРИВАЛІ ЗМІНИ СОНЯЧНОЇ АКТИВНОСТІ

В.М. Єфіменко & В.Г. Лозицький

Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Обсерваторна 3, Київ 01053, Україна

МОДЕЛЬ ПОДВІЙНОГО МАКСИМУМУ СОНЯЧНОГО ЦИКЛУ

Криводубський В.Н.

Астрономічна обсерваторія

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка вул.Обсерваторна, 3,
Київ, 04053, Україна, krivod2@ukr.net*

Запропоновано сценарій пояснення спостереженого явища подвійних максимумів циклів сонячних плям. В перебудові магнітного поля беруть участь п'ять процесів: Ω -ефект, магнітна плавучість, макроскопічний турбулентний діамagnetизм, ротаційний $\nabla\rho$ -ефект і меридіональна циркуляція. Ключову роль у розробленому механізмові подвійних максимумів відіграють дві хвилі тороїдальних полів від нижньої основи СКЗ до сонячної поверхні в приекваторіальному домені.

Ключові слова: Сонце, сонячні плями, цикли активності, магнітні поля, турбулентні ефекти, меридіональна циркуляція

Характерною особливістю циклічності Сонця є т.зв. подвійні цикли, які описуються «двохвершинними» кривими залежності від часу більшості індексів сонячної активності [1]. Феномен двох максимумів в сонячному циклі був відкритий М. Гневишевим в 1963 р. при вивченні коронального випромінювання і площ активних утворень [2]. Спочатку Гневишев проаналізував еволюцію середньорічної сумарної яскравості зеленої корональної спектральної лінії $\lambda 5303 \text{ \AA}$ (яка служить безпосередньою мірою магнітної активності і нагріву корони) в п'ятиградусних геліоширотних інтервалах впродовж 19 го циклу і виявив два максимуми індексу корональної інтенсивності. Під час першого максимуму (в 1957 р.) корональна інтенсивність зростала одночасно на всіх широтах (при цьому найбільша її інтенсивність відзначалася на широтах поблизу 25°). Другий максимум настав

пізніше в 1959-1960 рр. і спостерігався тільки на низьких широтах ($\leq 15^\circ$). Аналогічне дослідження широтного розподілу значень середньорічної площі протуберанців і середньорічної сумарної площі груп плям показало, що в кривих часових змін цих індексів впродовж 19-го циклу також були присутні два максимуми.

А. Анталова і М. Гневишев [3] вирішили перевірити виявлену в 19-му циклі широтну особливість індексу сумарної площі груп плям на базі спостережного матеріалу інших циклів. За Грінвіцьким і Пулковським каталогами спостережень плям вони дослідили криві часової зміни цього індексу для восьми 11-річних циклів за проміжок часу від 1874 р. до 1962 р. (12 – 18 цикли) і отримали такий же результат.

Було встановлено, що в кожному циклі завжди спостерігалось два максимуми: перший проявлявся одночасно на всіх широтах «королівської зони» (за сумарними площами плям центрований на широту 25°), тоді як другий – пізніше і тільки на низьких широтах ($10 - 15^\circ$). Відносні амплітуди двох максимумів і часові проміжки між ними змінювалися, так що в деяких циклах при широтних усередненнях максимуми майже зливалися, тоді як в інших циклах часова щілину між ними, відома як «щілина Гневишева (англ. *Gnevyshev's gap*)» (або т.зв. локальний мінімум), визначалася досить чітко. При цьому, чим більше в циклі спостерігалось великих плям, тим виразніше виявлялися два максимуми. Згодом ці особливості були підтверджені і для 20-го циклу, в тому числі і при роздільному розгляді північної та південної півсфер Сонця [4].

Згідно М. Гневишеву [4, 5] перший максимум площі груп плям збігається з основним максимумом 11-річного циклу за числами Вольфа, тоді як другий максимум пов'язаний зі збільшенням числа плям великих розмірів (т.зв. максимум потужності плямоутворення) [1,6]. Іншими словами, перший максимум є максимумом числа плям, тоді як другий - максимумом їх розмірів [6]. У циклічних кривих чисел Вольфа вторинні максимуми не завжди помітні, однак при роздільному обліку плям різних розмірів можна виявити два максимуму. Використавши дані Грінвіцького і Пулковського каталогів М. Гневишев [4] побудував циклічні криві зміни усередненого (за вісім циклів) числа груп сонячних плям з різними площами. Виявилось, що маленькі плями з площею менше 200 мільйонних часток півсфери (м.ч.п.) дають згладжену 11-річну криву чисел Вольфа з одним максимумом. Разом з тим при роздільному розгляді великих плям (з площами відповідно > 200 м.ч.п. і > 500 м.ч.п.) 11-річні криві чисел Вольфа чітко демонструють два максимуми.

Зокрема, затяжний за тривалістю попередній 23-й цикл був чітко двохвершинним. Розпочатий в 2009 р. 24-й цикл також виявився подвійним. Він досить швидко в 2012 р. досяг першого максимуму за числами Вольфа. Однак в 2013 р. активність зменшилася і настала стадія локального мінімуму, після якої число Вольфа знову почало збільшуватися. В результаті, 24-й цикл через два роки після першого максимуму увійшов у фазу вторинного максимуму (Рис. 1).

Виявлення в 11-річних циклах коронального випромінювання і площі плям двох максимумів замість одного спочатку здавалося незначною деталлю. Однак в наступні роки було встановлено, що всі сонячні події: плями, спалахи, протуберанці, випромінювання корони, корпускулярне, радіо- і ультрафіолетове випромінювання мають загальну властивість – їм притаманні дві рознесені в часі хвилі активності, які проявляються у вигляді двох максимумів 11-річних циклів [3-5]. У зв'язку з цим виникла актуальна необхідність пошуку фізичних механізмів, що пояснюють подвійні максимуми. Нині загальноприйнято, що первинним чинником, який зумовлює як

існування плям, так і циклічні зміни всіх індексів сонячної активності, служить взаємодія магнітних полів з рухами плазми. Очевидно, що і механізми подвійних максимумів повинні спиратися на ефекти замагніченої сонячної плазми, охопленої турбулізованими конвективними рухами [7, 8].

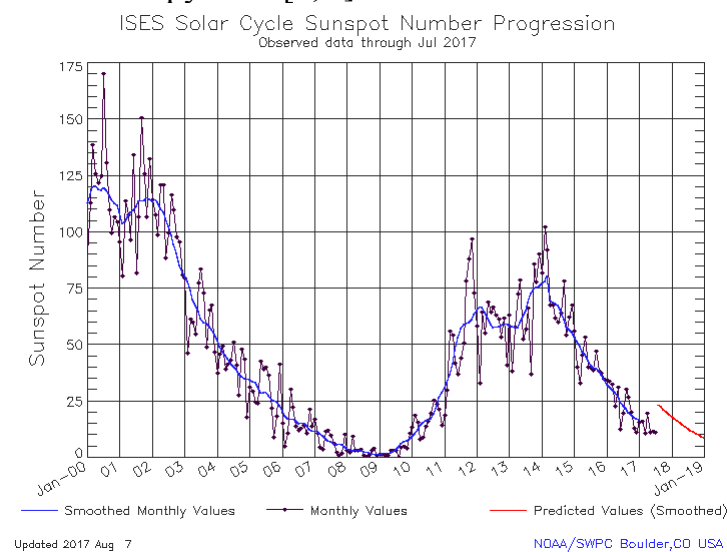


Рис. 1. Крива часової зміни сонячної активності (спостережені і згладжені місячні відносні числа сонячних плям) у другій половині 23-го циклу і в 24-му циклі (за станом на серпень 2017 р.). (<http://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression>).

Ми пропонуємо сценарій пояснення спостережуваного явища подвійного максимуму 11-річного циклу сонячних плям, в якому об'єднано генерацію магнітного поля поблизу дна зони сонячної конвекції (СКЗ) і подальше його транспортування з глибоких шарів на поверхню в «королівській зоні» [9]. Запропонована модель включає п'ять процесів, пов'язаних з реконструкцією магнітного поля впродовж циклу, а саме: Ω -ефект, меридіональну циркуляцію, магнітну плавучість, радіально спрямований макроскопічний турбулентний діаманетизм і магнітне накачування із-за радіальної неоднорідності густини речовини з урахуванням впливу обертання Сонця (ротаційний $\nabla\rho$ -ефект).

Знайдено, що перебудова магнетизму в приполярних і приекваторіальній областях СКЗ відбувається в різних режимах, що пов'язано з різними умовами для ефекту радіального магнітного накачування в зазначених доменах. Ключову роль у запропонованому механізмі двогорбого максимуму відіграють дві хвилі тороїдальних полів, що рухаються від нижньої основи СКЗ (поблизу тахокліну) до поверхні Сонця в екваторіальному домені (Рис. 2).

На початку нового циклу глибинне радіальне диференційне обертання, діючи на полоїдальне поле попереднього циклу, збуджує сильне тороїдальне поле поблизу тахокліну (Ω -ефект). У приекваторіальному домені магнітна плавучість, радіальний турбулентний діаманетизм та радіальна магнітна накачка, діючи спільно, переносять глибинне тороїдальне поля до поверхні Сонця, де його фрагменти можна спостерігати через деякий час як біполярні групи плям на середніх геліоширотах «королівської зони». Ця спрямована догори *перша хвиля* тороїдальних полів відповідальна за *головний максимум* активності сонячних плям.

Проте у високих широтах полярних доменів глибинні тороїдальні поля на початку циклу заблоковані поблизу дна СКЗ двома ефектами «негативної плавучості»: *спрямованим донизу* турбулентним діаманітним переносом та *спрямованою донизу* магнітною накачкою, зумовленою неоднорідністю густини плазми. Лише через 1-2 роки, коли спрямована до екватору глибинна меридіональна течія виштовхне ці поля в ділянки низької широти екваторіального домену (де існують сприятливі умови для підйому полів, оскільки тут перенесення, викликане магнітною накачкою із-за радіальної неоднорідності плазми, *спрямоване догори і допомагає таким чином магнітному спливанню*), ці запізнілі поля піднімаються до поверхні (*друга хвиля* тороїдальних полів). Саме цей другий приплив запізнілих тороїдальних полів виходить на поверхню у дещо нижчих геліоширотах і викликає *повторний максимум* активності сонячних плям.

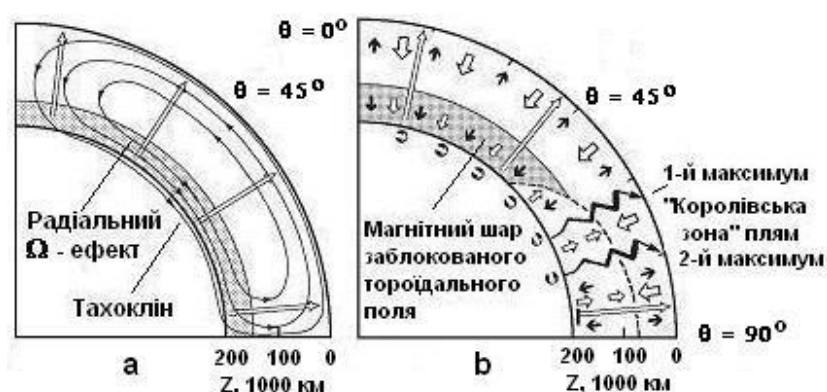


Рис. 2. Схема турбулентної перебудови тороїдального магнітного поля в сонячній конвективній зоні (θ – полярний кут, Z – глибина):

а) меридіональна циркуляція (замкнені криві зі стрілками \square), яка захоплює глибинні шари нижче тахокліну, магнітна плавучість (світлі стрілки \uparrow) і шар радіального Ω -ефекту (заштрихована ділянка) поблизу дна СКЗ;

б) меридіональне перенесення (\ominus) заблокованого біля полюсів тороїдального поля (заштрихована ділянка) із високоширотних областей в приекваторіальний домен внаслідок глибинної полоїдальної течії; дві спрямовані до сонячної поверхні хвилі тороїдального поля (\sim), зумовлені спільною дією магнітної плавучості (\uparrow), радіального макроскопічного турбулентного діаманетизму (що має різні напрями \uparrow, \downarrow у верхній і нижній частині СКЗ) і радіального ротаційного $\nabla\rho$ -ефекту (що має різні напрями \uparrow, \downarrow в полярних і приекваторіальному доменах), які викликають в «королівській зоні» зміщені за часом (на 1-2 роки) перший та другий максимуми активності плям.

Список літератури:

1. Витинский Ю.И., Копецкий М., Куклин Г.В.// Статистика пятнообразовательной деятельности Солнца. – М.: Наука, 1986. – 296 с.
2. Gnevyshev M. N. The corona and the 11-year cycle of solar activity// Soviet Astronomy. – 1963. – 7, No.3. – P.311-318.
3. Antalova A., Gnevyshev M. N. Principal characteristics of the 11-year solar activity cycle // Soviet Astronomy. – 1965. – 9. – P.198-201.

4. Gnevyshev M.N. On the 11-years cycle of solar activity // Solar Phys. – 1967. – 1. – P.107-120.
5. Gnevyshev M.N. Essential features of the 11-year solar cycle// Solar Phys. – 1977. – 51. – P.175-183.
6. Kopecky M., Kuklin G.V. A few notes on the sunspot activity in dependence on the phase of the 11-year cycle and on the heliographic latitude// Bull. Astron. Inst. Czech. – 1969. – 20. – P.22-29.
7. Krivodubskij V.N. Turbulent dynamo near tachocline and reconstruction of azimuthal magnetic field in the solar convection zone// Astron. Nachrichten. – 2005. – 326, No 1. – P. 61-74.
8. Krivodubskij V. N. Turbulent effects of sunspot magnetic field reconstruction // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. – 2012. – 28, No.5. – P.232-238.
9. Krivodubskij V. N. Double maxima of 11-year solar cycles // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. – 2017. – 33, No.1. – P.24-38.

MODEL OF DOUBLE MAXIMUM OF SOLAR CYCLE, Krivodubskij V.N.

We propose a scenario to explain the observed phenomenon of double maxima of sunspot cycles. Five processes are involved in the restructuring of the magnetic field: the Ω -effect, magnetic buoyancy, macroscopic turbulent diamagnetism, rotary $\nabla\rho$ -effect, and meridional circulation. A key role in the developed mechanism of double maxima play two waves of toroidal fields from the lower base of the SCZ bottom to the solar surface in the equatorial domain.

Keywords: Sun, sunspots, activity cycles, magnetic fields, turbulent effects, meridional circulation.

НЕКОТОРЫЕ ВЫВОДЫ ИЗ РЕГИСТРАЦИИ СЛЕДОВ ЭЛЕКТРОФОННЫХ БОЛИДОВ В «ЕДИНОЙ СЕТИ ЧУРЮМОВА» В 2013-2017 ГОДАХ

^{1,2}Стеклов А.Ф., ³Кручиненко В.Г., ^{1,4}Видьмаченко А.П., ²Дашкиев Г.Н., ²Стеклов Е.А.

¹ГАО НАНУ, ²МАУП, ³АО КНУ им. Т. Шевченко, ⁴НУБиП.

Представлен обзор основных результатов наблюдений следов дневных и сумеречных вторжений электрофонных болидов в атмосферу над Киевом и областью в 2013 – 2017 годах. При этом отмечался массовый панический радиальный разлёт многочисленных стай птиц прочь от зоны падения электрофонного болида. При этом наблюдатели также находились в состоянии необъяснимой тревоги и дискомфорта.

1. Введение.

В астрофизике «электрофонными» принято называть особо «звучащие» болиды, вторжение которых часто сопровождается особыми акустическими явлениями, аномальными звуками, электромагнитными возмущениями и помехами в теле- и радиовещании, радишумами, сопровождающими полет ярких метеоров. При этом электромагнитные возмущения в качестве радишумов хорошо прослушиваются на обычных приемниках.

Отмечаются также наводки статического электричества на поверхности земли и на предметах, которые могут возникать одновременно с полетом электрофонного болида (ЭБ). Предполагается, что источник звука может находиться вблизи наблюдателя. А сам источник должен активизироваться возмущающим его электромагнитным полем, которое образуется полетом исследуемого болида. То есть, такими источниками могут быть электрические разряды, возникающие между близкими к наблюдателю предметами, или находящимися в воздухе частичками.

2. История исследования ЭБ.

Отношение ученых к «звучащим» болидам неоднозначно. Одни просто отрицали их реальность и считали заблуждением и самовнушением. Но большинство астрофизиков призывает всегда тщательно исследовать каждый случай наблюдения такого болида.

Сейчас созданы особые каталоги по множеству конкретных случаев наблюдений «звучащих» болидов. Самых известных и ярчайших таких явлений закаталогизировано уже более 1000. Хотя среди них есть и очень сомнительные описания от людей в состоянии «аффекта» от подобных космических вторжений. Сам термин «электрофонные» болиды для обозначения этого необычного явления был предложен геологом, географом и краеведом П. Л. Дравертом.

Сегодня можно считать доказанным, что аномальные звуки – это реальный факт, основанный на большом числе достоверных наблюдений. Значительный вклад в изучение электрофонных болидов внесли такие исследователи в СССР как И.С. Астапович, В.А. Бронштэн, П.В. Гребенников, Л. Драверт и другие. Они опубликовали заметное количество статей об этих объектах. Среди зарубежных ученых можно отметить таких исследователей электрофонных болидов как Н. Диггелен (Голландия), К. Кэй (Австралия), Д. Ламар, М. Ромиг, Э. Уэсткотт и А. Фрей из США и другие.

И в наше время к явлениям, сопровождающим вторжения «электрофонных» болидов приковано пристальное внимание международного научного сообщества. Особо отметим, что еще в 1951 году советский наблюдатель метеоров И.С. Астапович (много лет в качестве профессора Киевского университета обучавший и Клима Ивановича Чурюмова и авторов данной работы) составил первый каталог электрофонных болидов. При этом, он отметил несколько случаев особого изменения характера звука при полете болидного тела: переход свиста (в начале видимого полета) в шипение и даже повышение высоты тона (к концу полета). Частотный диапазон звуков довольно широкий: от низкого звука шелестящих листьев, журчания воды и до высоких свистящих звуков.

3. Результаты наблюдений ЭБ в «Единой сети Чурюмова» в 2013-2017 годах.

Ниже представлен обзор основных результатов наших наблюдений следов дневных и сумеречных вторжений электрофонных болидов в атмосферу над Киевом и областью в 2013-2017 годах. При этом неоднократно отмечался массовый панический радиальный разлёт многочисленных стай птиц прочь от зоны падения возможного электрофонного болида. Сами фотоохотники за болидами, при этом, также находились в состоянии необъяснимой тревоги и дискомфорта. Авторские сериалы из сотен снимков разлёта стай птиц и самого следа вторжения переданы в общую базу данных «Единой сети Чурюмова».

Сразу же отметим, что статистическое изучение болидов указывает на явную корреляцию между звуком и такими явлениями, как вспышки, взрывы,

искрообразование, появление следа и т. п. Опыт наблюдений следов метеоров и болидов однозначно показал, что ночные метеорные патрули гораздо реже видят и фиксируют электрофонные явления, чем наши сумеречные и дневные фотоохотники. И это подтверждает выводы нашего учителя и наставника – профессора И.С. Астаповича, который первым отметил, что именно электрофонные болиды очень часто оставляют именно долгоживущие следы в атмосфере.

Также И.С. Астапович обратил внимание на такие особенности. Аномальные звуки были слышны на расстояниях от 10 до 420 км от места пролета болида. По мере торможения цвет болидов с пологими траекториями изменяется от голубоватого и белого через желтый к оранжевому и красному. Однако связи между цветом и звуком не замечено. Во многих случаях звук имеет наибольшую интенсивность не тогда, когда яркость движущегося болида максимальна, а когда наблюдается максимальное нарастание его яркости. Изучение выпавших метеоритов показывает, что звуки производят как каменные, так и железные метеориты.

Само возникновение и создание «Единой сети Чурюмова» связано именно с наблюдениями следов сумеречных вторжений электрофонных болидов. Так в конце марта 2013 года возле базы «Волна» на левом берегу Днепра в г. Киев в вечерние сумерки Стеклов Е.А. сделал четыре снимка следов трех больших аэрокосмических вторжений в южной части неба над Киевом. Вспышки, взрывы и электрофонные явления были присущи всем трём телам вторжения, что и вызвало удивление сразу у трёх юных наблюдателей. Именно на четвертом снимке удачно зафиксированы сразу все три следа ярких сумеречных болидов, что стало своеобразным рекордом по одновременному фотографированию следов аэрокосмических вторжений на одном снимке.

В конце июля 2013 г. яркий след сумеречного болида над Киевом сфотографировал Чурюмов К.И., который отмечал особое звуковое «эхо» явления. Именно после этого Чурюмов К.И., Кручиненко В.Г., Видьмаченко А.П., Стеклов А.Ф. пришли к выводу, о необходимости создания службы наземного аэрокосмического мониторинга.

В августе 2014 г. Стеклов А.Ф. сфотографировал вторжение очень массивного и рыхлого тела между Киевом и Житомиром (село Райивка). Этот болид был тоже из электрофонных, так как десятки птичьих стай, общим числом более тысячи только на фотоснимках, в панике разлетались от места вторжения. Серии фотографий вторжения превысил тысячу снимков по ходу динамики следа вторжения и по разлёту птиц (рис. 1).

Именно Клим Иванович Чурюмов постоянно настаивал на проведении регулярных дневных и сумеречных фотоохот на следы всех видов опасных вторжений.

Так как именно в таком случае гораздо чаще, чем ночью можно фиксировать и изучать удивительные и загадочные «электрофонные» болидные явления и реакцию птиц и людей на их появления (рис. 2). В задачах наблюдений следов дневных и сумеречных электрофонных болидов важны не только люди-энтузиасты-фотоохотники, но и автоматизированные камеры - фотоохотники, т.к. люди начинают фотографировать и создавать сериалы уже после поразительных звуковых эффектов, а это лишает нас возможности «словить» на снимках особые моменты генерации этих звуков/ Да, звуки в моменты дроблений болида отмечаются сравнительно часто.

А вот другое особое и любопытное явление - "звучание" хвоста при изменении его длины ("раздался треск и хвост вытянулся") вероятнее всего сфотографирует именно автоматика.



Рис. 1. Встревоженные птицы при вторжении болида.

3. Выводы. По сути дела, мы, коллеги и соавторы Клима Ивановича, смогли впервые только после его смерти оценить все его идеи по развитию данных направлений.



Рис. 2. Два изображения следов вторжений (космического мусора) в небо над нами, которые также сопровождались и электрофонными эффектами.

Решению многих задач по регистрации следов вторжений всех видов болидов, а особенно «электрофонных», всех проблем планетарной защиты вообще, и защите

именно биоресурсов с применением авиационных, симбиотехнических и иных средств, систем, методов мы намерены уделять достойное внимание в наших дальнейших работах. А Клим Иванович Чурюмов, при этом, духовно будет всегда рядом с нами.

Список литературы:

1. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. (2015) Observations of fragment of cometary nuclei in the atmosphere over Kiev // *Astronomical School's Report*. Vol. 11, no. 2, p. 99-102.
2. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. (2016) Observations of twilight fireballs over Kiev in 2013-2015 // *Astronomy and present: materials of 5 Interregional Scientific Conference*, April 12 2016. Vinnytsia, Ukraine. Science editor A.V Mozhovyi. Vinnytsia. FOP "Kostiuk N.P." -241 p. P. 33-37.
3. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. (2015) Observations of fragments of cometary nuclei in the atmosphere over Kiev in the summer of 2014 // *17 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists*, held May 20-22, 2015 in Zhytomyr, Ukraine. The program and abstracts. 2015, p. 84-85.
4. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. (2016) Several twilight bolides over Kiev in 2013-2015 – fragments of comets nuclei // *International conference Meteoroids 2016*, at the European Space Research and Technology Centre (ESTEC). Noordwijk, the Netherlands. 6-10 June 2016. Poster 63.
5. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev N.G. (2016) "Churyumov Unified Network": new tasks for astronomical observatories to protect society // *Astronomical School's Report*. Vol. 12, no. 1, p. 72-76.
6. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. (2014) Some results of regular observations of the twilight bolides // In: *Book of selected papers and abstracts of Memorial International Conference "Comets Asteroids Meteors Meteorites Astroblemes Craters (CAMMAC2014)"*, September 29 – October 2, 2014. Edited by corresponding member of NAS of Ukraine, Professor K.I. Churyumov. Vinnytsia, Ukraine. – FOP "Kostiuk N.P." 2014. 160 p. P. 98-108.
7. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Dashkiev G.N. (2015) The results of observations of the twilight fireballs over Kiev and their classification // *«Near - Earth Astronomy – 2015»*. Proceedings of the International conference. 31 August – 5 September 2015, г. Terskol – М.: Yanus-K., 2015, –324 p. P. 156-159.
8. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A., Dashkiev G.N. (2015) The results of observations of the twilight fireballs over Kyiv and their classification // In: *Book "Near-Earth Astronomy 2015."* Abstracts of IX International conference Near-Earth Astronomy, Terskol, August 31 - September 5, 2015. Nalchik: Publishing KBSC RAS. -128 p. P. 22.
9. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev N.G., Steklov E.A. (2016) Traces on sky. Unexpected results of regular observations // *16-th Odessa International Astronomical Gamow Conference-School "Astronomy and beyond: Astrophysics, Cosmology and Gravitation, Cosmomicrophysics, Radio-astronomy and Astrobiology"*. Ukraine, Odessa, Chernomorka. 14-20 August 2016. P. 39-40.
10. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. (2014) Traces on sky: the classification and the results of regular observations of twilight fireballs // *Astronomical School's Report*. Vol. 10, no. 1, p. 37-42.

11. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2015) On possible search of cometary material on the Earth surface // In: Book "Near-Earth Astronomy 2015." Abstracts of IX International conference Near-Earth Astronomy, Terskol. August 31 - September 5 2015. Nalchik: Publishing KBSC RAS. 128 p. P. 30-31.

12. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Romanyuk Ya.O., Stepahno I.V. (2016) "Churyumov Unified Network": New, Important Tasks for Astronomical Observatories to Protect Society in the Era of Modern Hybrid Wars // Odessa Astronomical Publications, vol. 29, p. 200.

13. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Slipchenko A.S., Romanyuk Ya.O. (2016) Four possible types of dangerous viruses in aerospace traces of invasions in conditions of modern hybrid wars // Materials of the International scientific-practical conference devoted to the 100th anniversary of astrophysicist I.S. Shklovskii "The problems of modern astronomy and method of its teaching." 6-8 October 2016 Glukhiv, Ukraine. - Sumy, LLC "Publishing house" Eldorado", 2016. - 128 p., p. 122-124.

14. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepahno I.V. (2016) Experience of monitoring of the twilight bolides in 2013-2016 and the program of future observations // 18 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, the program and abstracts. May 26-27 2016. National Aviation University, Kyiv, Ukraine. P. 93-94.

15. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Steklov E.A. (2013) Three bright bolides in Kiev sky on 29 March 2013 // 8th Conference «Meteoroids 2013». Program and abstracts. 26-30 Aug. 2013, Poznań, Poland. P. 77.

16. Dashkiev G.N., Steklov A.F., Vidmachenko A.P. (2017) Space Virusology and Active Experiments to Simulate Intrusion of Fragments Comet Nuclei into the Earth's Atmosphere // 48th Lunar and Planetary Science Conference, held 20-24 March 2017, at The Woodlands, Texas. LPI Contribution No. 1964, id.1135.

17. Grudin B.A., Kruchinenko V.G., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N., Steklov E.A. (2017) Monitoring of space invasions: the historical aspect // Proceedings of the 6 Interregional Scientific Conference "Astronomy and present". Vinnytsia. / Science editors Zabolotnyi V.F., Mozhovyi O.V.: FOP "Pyshnyi O.A." -284 p. P. 68-78.

18. Kruchynenko V G., Churyumov K.I., Churyumova T.K. (2011) An explosion of a comet nucleus fragment in the Earth's atmosphere // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. Vol. 27, no. 3, p. 109-116.

19. Kruchynenko V.G., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N., Steklov E.A. Daytime observations of Lyrids in 2017 // 19 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists. May 24-25 2017. The program and abstracts. - Bila Tserkva, Ukraine, p. 60-61.

20. Kruchynenko V.G. (2004) Thermal explosions of meteoroids in Earth's atmosphere // Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel. Vol. 20, no. 3, p. 269-282.

21. Steklov A.F., Dashkiev G.N., Vidmachenko A.P. Possible viruses from outer space fall into the Earth's atmosphere // 19 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists. May 24-25 2017. The program and abstracts. - Bila Tserkva, Ukraine, p. 73-75.

22. Steklov A. F., Kolotilov N. N., Vidmatchenko A. P. (1998) Astronomical aspects of the theory of the origin of life // Preprint of the Main astronomical observatory of NAS of Ukraine. MAO-98-1P. Ed. Morozhenko A.V. -33 p.
23. Steklov E.A., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. (2017) Observations of Twilight Bolide with Using of “Churyumov Fireball Network” // 48th Lunar and Planetary Science Conference, held 20-24 March 2017, at The Woodlands, Texas. LPI Contribution No. 1964, id.1327.
24. Vidmachenko A.P. (2006) Sedna: the history of the discovery and its features // Astronomical almanac. Vol. 52, p. 201-212.
25. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2014) The physical characteristics of surface Earth-like planets, dwarf and small (asteroids) planets, and their companions, according to distance studies // Main Astronomical Observatory NAS of Ukraine, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, Publishing House "Profi". -388 p.
26. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2014) The study Earth-like planets using spacecraft // Astronomical School's Report. Vol. 10, no. 1, p. 6-19.
27. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2013) The study of cometary material on the surface of the Earth // Astronomical School's Report. Vol. 9, no 2, p. 146-148.
28. Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepanho I.V. (2016) “Unified Network of Churyumov”: new, important tasks of astronomical observatories for the protection of the society and state in the era of modern hybrid wars // Astronomy and present: materials of 5 Interregional Scientific Conference, April 12, 2016, Vinnytsia, Ukraine. / Science editor A.V. Mozhovyi. - Vinnytsia: FOP "NP Kostyuk". -241 p. P. 37-43.
29. Vidmachenko A.P., Vidmachenko H.A. (2007) Is it dangerous asteroids? // Astronomical almanac. Vol. 53, p. 195-207
30. Відьмаченко А.П., Стеклов О.Ф., Колотілов М.М. (2010) Астрономічні аспекти теорії походження життя // Світогляд. 21, № 1, с. 48-55.

ДЕЯКІ ВИСНОВКИ З РЕЄСТРАЦІЇ СЛІДІВ ЕЛЕКТРОФОННИХ БОЛІДІВ У «ЄДИНІЙ МЕРЕЖІ ЧУРЮМОВА» У 2013-2017 РОКАХ

Стеклов А.Ф., Кручиненко В.Г., Відьмаченко А.П., Дашкієв Г.Н., Стеклов Є.А.

Представлено огляд основних результатів спостережень слідів денних і сутінкових вторгнень електрофонних болідів в атмосферу над Києвом і областю в 2013 - 2017 роках. При цьому відзначався масовий панічний радіальний розліт численних зграй птахів геть від зони падіння електрофонного боліда. При цьому спостерігачі також перебували в стані незрозумілої тривоги і дискомфорту.

SOME CONCLUSIONS FROM THE REGISTRATION OF ELECTROPHONIC BOLIDES TRACKS IN THE "UNIFIED CHURYUMOV NETWORK" IN 2013-2017 BY Steklov A.F., Kruchynenko V.G., Vidmachenko A.P. Dashkiev G.N., Steklov E.A.

The review of main results of observations of traces for day and twilight invasion of electrophone bolides into the atmosphere over Kiev and the region in 2013-2017 is presented. The panical fly away of numerous flocks of birds from area of the fall of electrophone bolide was observed. Observers themselves were also in a state of unexplained anxiety and discomfort.

О СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ОБСЕРВАТОРИЙ И ВООРУЖЕННЫХ СИЛ УКРАИНЫ

А.Ф. Стеклов^{1,2}, А.П. Видьмаченко^{1,3}, Б.Е. Жилев¹, Г.Н. Дашкиев²,
О.А.Святогор¹

¹Головна астрономічна обсерваторія НАН України,

²Міжрегіональна академія управління персоналом

³Національний університет біоресурсів і природокористування

За 26 лет независимости Украины число профессиональных астрономов сократилось от 2000 до около 500 человек. За время 2013-2017 создана и действует «Единая сети Чурюмова» для регистрации сумеречных и дневных следов всех видов опасных вторжений в небо над нашими городами. В работе представлены основные этапы становления «Единой сети Чурюмова» и некоторые результаты ее работы. В рамках заключенного 14.07.2017 договора между Вооруженными силами Украины и Национальной академией наук Украины о научном и научно-техническом сотрудничестве по вопросам обороноспособности, мы указываем на необходимость активизации усилий по взаимодействию астрономических обсерваторий Украины с Вооруженными силами Украины для непрерывной регистрации сумеречных и дневных следов аэрокосмических, аэротехнических и суборбитальных вторжений.

1. Введение.

При распаде СССР и возникновении СНГ в 1991 г., в Украине было около 2000 астрономов, шесть достаточно крупных обсерваторий, около десятка кафедр астрономии и физики космоса, девять планетариев и много тысяч любителей астрономии и космических исследований. Более 40% новой информации в области практической астрономии и прикладных космических исследований в СССР «добывалось» астрономами Украины. В условиях независимости возникла «Украинская Астрономическая Ассоциация» (УАА), президентом которой всё это время является академик Яцкив Я.С. К сожалению, за 26 лет число профессиональных астрономов сократилось уже до 500 человек. Хотя, академик РАН Голицын Г.С. в свое время (частное сообщение, 2012 год) с печалью предсказывал, что в Украине астрономов «они» оставят не более 200, т.е. только 10% от исходного количества.

2. Возникновение «Единой сети Чурюмова».

Наш руководитель, Клим Иванович Чурюмов, знал эти прогнозы и в условиях гибридной войны, совместно с нами, выполнил работу по созданию «Единой сети Чурюмова» (ЕСЧ) для регистрации сумеречных и дневных следов всех видов опасных вторжений (ВВОВ) в небо над нашими городами. Прежде всего, конечно, более 20 наших наблюдателей фиксировали аэрокосмические вторжения фрагментов ядер комет и метеороидов, но и иные следы ВВОВ мы также успешно фотографировали. Наши базы данных за 2013-2017 годы включают более 50000 изображений. Результаты уже опубликованы более чем в четырех десятках научных работ, причем несколько из этих работ опубликованы в США и Европе. И даже после скоропостижной кончины Чурюмова К.И. 14.10.2016 мы продолжаем работу в рамках ЕСЧ. Мы понимаем, что в условиях гибридной войны необходимо резко

активизировать работу всего сообщества астрономов и коллективов астрономических обсерваторий.

Здесь мы представим основные этапы становления «Единой сети Чурюмова» для регистрации следов всех видов опасных вторжений в небо над нашими городами.

1. Декабрь 1999 г., Степахно И.В., фото следа ВВОВ над Броварами, фрагменты достигли земной поверхности. Явление мы отнесли к категории «неясных».

2. 29.03.2013 г., Стеклов Е.А. с коллегами зарегистрировали на четырех изображениях следы трех больших аэрокосмических вторжений в южной части неба над Киевом.

3. 30.07.2013 г., Чурюмов К.И. сфотографировал яркий след ВВОВ над Киевом; и это послужило своеобразным началом создания службы наземного аэрокосмического мониторинга (НАКМ).

4. 27.10.2013 г., Стеклов А.Ф. получил два снимка вторжения яркого сумеречного болида над южной окраиной Киева.

5. 26.01.2014 г., Видьмаченко А.П. впервые представил своеобразный большой «сериал» из 86 отдельных изображений сразу трёх следов дневных аэрокосмических вторжений над ГАО НАНУ.

6. 24.06.2014 г., Дашкиев Г.Н. и Стеклов А.Ф. одновременно сфотографировали яркое вторжение возможного фрагмента ядра кометы над Академгородком Киева.

7. 16.08.2014 г., Стеклов А.Ф. получил изображение вторжения массивного и рыхлого тела между Киевом и Житомиром (село Райивка); это был возможный электрофонный болид, с отмеченной значительной паникой стай тысяч птиц.

8. 04.09.2014 г., получена серия изображений массивированных действий авиации перед рассветом, за сутки до заключения перемирия на Донбассе.

9. Задokumentированы взрывы на нефтебазе под Васильковом. Гриб большого взрыва превысил два километра в высоту. Сериал состоит из более пятисот снимков. Задokumentированы также следы пылевых аэрозольных шлейфов (СПАШ), выбрасываемые из ТЭЦ как Киева, так и Одессы.

10. Более десяти тысяч снимков составили наши особые сериалы по следам активных и опасных действий авиации: массовых «гонок», форсажных стартов, тестовых полётов вдоль следов болидов, многократные полёты возле следов вторжений и, даже, «прохождения» самолётов через следы аэрокосмических вторжений. Общий объём материала в наших базах данных уже превысил 50000 снимков.

11. В 2016 г. наш руководитель, Чурюмов К.И., предложил создать специализированную астрономическую авиацию особого назначения (СААОН). Цель – использование специальных ловушек для набора, отбора, сбора, накопления частиц из следов сумеречных и дневных аэрокосмических вторжений, а также из следов всех видов опасных вторжений вообще. Это позволило бы нам выявить наличие (или отсутствие) опасных вирусов в следах вторжений.

12. 2016 г., Неводовский П.В. получил снимки следов сумеречного вторжения (космический мусор?) возле города Остёр; возможно, он, по сути, впервые реализовал идею Клим Чурюмова о создании мобильных астрономических обсерваторий (МАО) служб НАКМ.

3. О необходимости региональных астрономических объединений.

С нашей точки зрения, в настоящее время требуется организационно оформить четыре «Региональные астрономические объединения» (РАО) – Киевское, Харьковско-Донецкое, Николаевско-Одесское и Ужгородско-Львовское, с центрами в соответствующих крупных обсерваториях. Каждое РАО должно создать в зоне своей ответственности не менее десятка своих наблюдательных станций, т.е. «малых базовых астрономических обсерваторий» (МБАО) по периметру зоны сплошной регистрации следов ВВОВ. Так, мы предлагаем, чтобы «Киевское региональное астрономическое объединение» (КРАО) создало и обеспечило жизнедеятельность вокруг Киева, как столицы Державы, восемь секторов: «Запад - 1» с центром в Виннице; «Запад - 2» с центром в Житомире; «Север - 1» с центром в Коростене и Чернобыле; «Север - 2» с центром в Чернигове; «Восток - 1» с центрами в Сумах, Глухове, Батурине и в Путивле; «Восток - 2» с центром в Полтаве и Золотоноше; «Юг - 1» с центром в Черкассах и в Чигирине; «Юг-2» с центром в Умани и Белой Церкви. Задублированные города в некоторых секторах – это дань уважения к истории Украины и к памяти нашего руководителя, всемирно известного астрофизика Клима Ивановича Чурюмова, который особо любил эти населенные пункты своего детства.

4. Сотрудничество астрономов с ВСУ, СБУ, МЧС, МВД...

Необходимость развёртывания сетей наземного аэрокосмического мониторинга (НАКМ) в условиях гибридно-военного времени – не вызывает сомнений. 7-8 сентября 2017 г. это было подтверждено вниманием Вооруженных сил Украины (ВСУ), «УкрОборонПром» и «Государственного научно-испытательного центра ВСУ к четырём нашим докладам в городе Чернигов на 17-ой научно-технической конференции «Создание и модернизация вооружений и военной техники в современных условиях». Мобильный портативный автоматизированный наблюдательный комплекс оптической разведки «АНКОР», созданный авторами в ГАО НАН Украины, получил высокую оценку экспертов в ходе полигонных испытаний. А десятки тысяч фотоснимков следов самых разных и, возможно, опасных видов вторжений в атмосферу над нашими городами вызвали особый интерес ВСУ (рис. 1). Это требует от нас закрепления результатов, совершенствования созданных наблюдательных комплексов с учётом итогов полигонных испытаний. Также необходимо срочно подобрать или создать особые «фоторегистраторы автоматизированные унифицированные» (ФРАУ) и особые башни службы контроля математического горизонта (СКМГ).

Подчеркнём также, что успешность регистраций всех видов опасных вторжений должны нам обеспечить не только стационарные, но и мобильные и, особенно, воздушные (на самолётах и на беспилотных летательных аппаратах) МБАО с различными видами, типами фото-видео-регистраторами.

5. Сотрудничество с ВСУ в наше гибридно-военное время.

Совсем недавно, 14.07.2017 был заключён Договор между Генеральным штабом Вооруженных Сил Украины (ВСУ) и Национальной академией наук Украины (далее – Стороны) о научном и научно-техническом сотрудничестве по вопросам обороноспособности Державы (далее – Договор). Состоялось совместное заседание членов Военно-научного совета ВСУ и членов Президиума НАН Украины, Военно-медицинского департамента Министерства обороны Украины, начальника Секции

прикладных проблем Президиума НАНУ, начальников научных организаций ВСУ и их заместителей по научной работе (о внедрении научных разработок НАНУ в ВСУ).



Рис. 1. Некоторые примеры сумеречных вторжений в небо над нашими городами.

В русле именно этих задач, авторы отмечают и подчёркивают, что в ряде ведущих государств успешно созданы и испытаны беспилотники с функцией самоуничтожения после выполнения тайной миссии скрытных вторжений. Это позволяет государству-агрессору маскировать свою аэротехническую агрессию под «природные» вторжения фрагментов ядер комет, метеороидов и элементов космического мусора. Поэтому возникла необходимость развёртывания сетей наземного аэрокосмического мониторинга в условиях гибридно-военного времени. Это 7-8 сентября 2017 года было подтверждено вниманием ВСУ, «УкрОборонПром» и «Государственного научно-испытательного центра Вооруженных Сил Украины» к четырём докладам авторов в городе Чернигов на 17-ой научно-технической конференции «Создание и модернизация вооружений и военной техники в современных условиях». Ведь авторами зарегистрированы не только типичные космические вторжения природных объектов, но и следы аэротехнических вторжений. Следы от последних, как правило, начинаются и заканчиваются на более низкой высоте, чем типичные космические вторжения. А так как в наше время резко возрастает значение легкой авиации (беспилотников, дронов, квадрокоптеров), то основными элементами «Единой сети Чурюмова» должны стать башни службы контроля математического горизонта, на которых и будут закреплены фоторегистраторы автоматизированные унифицированные. Такие башни поднимают математический горизонт над реальным физическим и обеспечивают регистрацию сумеречных и дневных следов вторжений.

Особо подчеркнём, что авторы предлагают Сторонам Договора (по п.13) размещать специализированные башни «Единой сети Чурюмова» при районных военкоматах и/или при соответствующих центрах Министерства внутренних дел. Дежурные офицеры вполне смогут контролировать поступающую информацию о следах всех видов опасных вторжений и направлять данные в особые центры хранения и анализа тех данных, которые будут согласованы Сторонами. Главная астрономическая обсерватория НАН Украины и другие крупные астрономические обсерватории Украины вполне могут справиться с такой задачей, особенно после создания четырёх крупномасштабных «Региональных астрономических объединений» (РАО). Каждое из этих астрономических объединений вполне может развернуть не менее десятка малых базовых астрономических обсерваторий (МБАО) как стационарных (САО), так и мобильных (МАО), и, особо эффективных воздушных (ВАО).

6. Выводы.

Успешный и плодотворный опыт работы авторского коллектива в суровые годы Майдана, АТО и гибридной войны в 2013-2017 гг., однозначно требует резкой активизации усилий всех астрономических обсерваторий Украины совместно с ВСУ, по развертыванию и усовершенствованию работы «Единой сети Чурюмова» для возможности непрерывной регистрации сумеречных и дневных следов аэрокосмических, аэротехнических и суборбитальных вторжений. Полномасштабное развертывание «Единой сети Чурюмова» требует создания надежных камер, систем видеонаблюдения с возможностями реальности цветной съемки в условиях плохой освещенности, при наличии как больших, так и малых следов. Системы должны иметь свой процессор, веб-сервер, возможность транслировать видео по беспроводной сети, поддерживать передачу нескольких видеопотоков в необходимых форматах сжатия. Очень желательна реализация режимов дневной, сумеречной и ночной съемки. Такие задачи в деле защиты общества в эпоху гибридной войны смогут взять на себя астрономические обсерватории совместно с ВСУ. А усовершенствованная астрономами Украины «Единая сеть Чурюмова» будет одним из наших ответов на вызов времени.

Список литературы.

1. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. (2015) Observations of fragment of cometary nuclei in the atmosphere over Kiev // Astronomical School's Report. Vol. 11, no. 2, p. 99-102.
2. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. (2016) Observations of twilight fireballs over Kiev in 2013-2015 // Astronomy and present: materials of 5 Interregional Scientific Conference, April 12 2016. Vinnytsia, Ukraine. Science editor A.V Mozhovyi. Vinnytsia. FOP "Kostiuk N.P." -241 p. P. 33-37.
3. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. (2015) Observations of fragments of cometary nuclei in the atmosphere over Kiev in the summer of 2014 // 17 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, held May 20-22, 2015 in Zhytomyr, Ukraine. The program and abstracts. 2015, p. 84-85.
4. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. (2016) Several twilight bolides over Kiev in 2013-2015 – fragments of comets nuclei // International conference Meteoroids 2016, at the European Space Research and Technology Centre (ESTEC). Noordwijk, the Netherlands. 6-10 June 2016. Poster 63.

5. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev N.G. (2016) "Churyumov Unified Network": new tasks for astronomical observatories to protect society // *Astronomical School's Report*. Vol. 12, no. 1, p. 72-76.

6. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. (2014) Some results of regular observations of the twilight bolides // In: Book of selected papers and abstracts of Memorial International Conference "Comets Asteroids Meteors Meteorites Astroblemes Craters (CAMMAC2014)", September 29 – October 2, 2014. Edited by corresponding member of NAS of Ukraine, Professor K.I. Churyumov. Vinnytsia, Ukraine. – FOP "Kostiyk N.P." 2014. 160 p. P. 98-108.

7. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Dashkiev G.N. (2015) The results of observations of the twilight fireballs over Kiev and their classification // «Near - Earth Astronomy – 2015». Proceedings of the International conference. 31 August – 5 September 2015, r. Terskol – M.: Yanus-K., 2015, –324 p. P. 156-159.

8. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A., Dashkiev G.N. (2015) The results of observations of the twilight fireballs over Kyiv and their classification // In: Book "Near-Earth Astronomy 2015." Abstracts of IX International conference Near-Earth Astronomy, Terskol, August 31 - September 5, 2015. Nalchik: Publishing KBSC RAS. -128 p. P. 22.

9. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev N.G., Steklov E.A. (2016) Traces on sky. Unexpected results of regular observations // 16-th Odessa International Astronomical Gamow Conference-School "Astronomy and beyond: Astrophysics, Cosmology and Gravitation, Cosmomicrophysics, Radio-astronomy and Astrobiology". Ukraine, Odessa, Chernomorka. 14-20 August 2016. P. 39-40.

10. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. (2014) Traces on sky: the classification and the results of regular observations of twilight fireballs // *Astronomical School's Report*. Vol. 10, no. 1, p. 37-42.

11. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2015) On possible search of cometary material on the Earth surface // In: Book "Near-Earth Astronomy 2015." Abstracts of IX International conference Near-Earth Astronomy, Terskol. August 31 - September 5 2015. Nalchik: Publishing KBSC RAS. 128 p. P. 30-31.

12. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Romanyuk Ya.O., Stepahno I.V. (2016) "Churyumov Unified Network": New, Important Tasks for Astronomical Observatories to Protect Society in the Era of Modern Hybrid Wars // *Odessa Astronomical Publications*, vol. 29, p. 200.

13. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Slipchenko A.S., Romanyuk Ya.O. (2016) Four possible types of dangerous viruses in aerospace traces of invasions in conditions of modern hybrid wars // *Materials of the International scientific-practical conference devoted to the 100th anniversary of astrophysicist I.S. Shklovskii "The problems of modern astronomy and method of its teaching."* 6-8 October 2016 Glukhiv, Ukraine. - Sumy, LLC "Publishing house" Eldorado", 2016. - 128 p., p. 122-124.

14. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepahno I.V. (2016) Experience of monitoring of the twilight bolides in 2013-2016 and the program of future observations // 18 International scientific conference *Astronomical School of Young Scientists*, the program and abstracts. May 26-27 2016. National Aviation University, Kyiv, Ukraine. P. 93-94.

15. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Steklov E.A. (2013) Three bright bolides in Kiev sky on 29 March 2013 // 8th Conference «Meteoroids 2013». Program and abstracts. 26-30 Aug. 2013, Poznań, Poland. P. 77.
16. Dashkiev G.N., Steklov A.F., Vidmachenko A.P. (2017) Space Virusology and Active Experiments to Simulate Intrusion of Fragments Comet Nuclei into the Earth's Atmosphere // 48th Lunar and Planetary Science Conference, held 20-24 March 2017, at The Woodlands, Texas. LPI Contribution No. 1964, id.1135.
17. Grudin B.A., Kruchinenko V.G., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N., Steklov E.A. (2017) Monitoring of space invasions: the historical aspect // Proceedings of the 6 Interregional Scientific Conference "Astronomy and present". Vinnytsia. / Science editors Zabolotnyi V.F., Mozhovyi O.V.: FOP "Pyshnyi O.A." -284 p. P. 68-78.
18. Kruchynenko V.G., Churyumov K.I., Churyumova T.K. (2011) An explosion of a comet nucleus fragment in the Earth's atmosphere // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. Vol. 27, no. 3, p. 109-116.
19. Kruchynenko V.G., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N., Steklov E.A. Daytime observations of Lyrids in 2017 // 19 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists. May 24-25 2017. The program and abstracts. - Bila Tserkva, Ukraine, p. 60-61.
20. Kruchynenko V.G. (2004) Thermal explosions of meteoroids in Earth's atmosphere // Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel. Vol. 20, no. 3, p. 269-282.
21. Steklov A.F., Dashkiev G.N., Vidmachenko A.P. Possible viruses from outer space fall into the Earth's atmosphere // 19 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists. May 24-25 2017. The program and abstracts. - Bila Tserkva, Ukraine, p. 73-75.
22. Steklov A. F., Kolotilov N. N., Vidmatchenko A. P. (1998) Astronomical aspects of the theory of the origin of life // Preprint of the Main astronomical observatory of NAS of Ukraine. MAO-98-1P. Ed. Morozhenko A.V. -33 p.
23. Steklov E.A., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. (2017) Observations of Twilight Bolide with Using of "Churyumov Fireball Network" // 48th Lunar and Planetary Science Conference, held 20-24 March 2017, at The Woodlands, Texas. LPI Contribution No. 1964, id.1327.
24. Vidmachenko A.P. (2006) Sedna: the history of the discovery and its features // Astronomical almanac. Vol. 52, p. 201-212.
25. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2014) The physical characteristics of surface Earth-like planets, dwarf and small (asteroids) planets, and their companions, according to distance studies // MAO NAS of Ukraine, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, Publishing House "Profi". -388 p.
26. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2014) The study Earth-like planets using spacecraft // Astronomical School's Report. Vol. 10, no. 1, p. 6-19.
27. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2013) The study of cometary material on the surface of the Earth // Astronomical School's Report. Vol. 9, no 2, p. 146-148.
28. Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepahno I.V. (2016) "Unified Network of Churyumov": new, important tasks of astronomical observatories for the protection of the society and state in the era of modern hybrid wars // Astronomy and present: materials of 5 Interregional Scientific Conference, April 12, 2016,

Vinnytsia, Ukraine. / Science editor A.V. Mozhovyi. - Vinnytsia: FOP "NP Kostiuk". -241 p. P. 37-43.

29. Vidmachenko A.P., Vidmachenko H.A. (2007) Is it dangerous asteroids? // *Astronomical almanac*. Vol. 53, p. 195-207

30. Відьмаченко А.П., Стеклов О.Ф., Колотілов М.М. (2010) Астрономічні аспекти теорії походження життя // *Світогляд*. 21, № 1, с. 48-55.

31. Стеклов А.Ф., Відьмаченко А.П., Жилияев Б.Е., Дашкиев Г.Н., Святогоров О.А. Задачи астрономических обсерваторий в эпоху гибридных войн: Базы данных по мониторингу в «Единой сети Чурюмова» за 2013-2017 г.г. // Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах. Збірник тез доповідей 17 науково-технічно конференції. 7-8 вересня 2017 року. ДНВЦ ЗС України. – Чернігів: Видавець Брагинець О.В., 2017. -408 с. С. 341-343.

32. Стеклов А.Ф., Відьмаченко А.П., Жилияев Б.Е., Дашкиев Г.Н., Святогоров О.А. Космическая вирусология и активные эксперименты по имитации естественных и искусственных вторжений в атмосферу Земли // Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах. Збірник тез доповідей 17 науково-технічно конференції. 7-8 вересня 2017 року. ДНВЦ ЗС України. – Чернігів: Видавець Брагинець О.В., 2017. -408 с. С. 343-345.

33. Стеклов А.Ф., Відьмаченко А.П., Жилияев Б.Е., Дашкиев Г.Н., Святогоров О.А. О возможности развертывания «Единой сети Чурюмова» на базе структур Министерства обороны и Минстерства внутренних дел в ходе уже принятых соглашений // Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах. Збірник тез доповідей 17 науково-технічно конференції. 7-8 вересня 2017 року. ДНВЦ ЗС України. – Чернігів: Видавець Брагинець О.В., 2017. -408 с. С. 345-346.

ПРО СПІЛЬНУ РОБОТУ АСТРОНОМІЧНИХ ОБСЕРВАТОРІЙ ТА ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ.

А.Ф. Стеклов, А.П. Відьмаченко, Б.Е. Жилияев, Г.Н. Дашкиев, О.А. Святогоров

За 26 років незалежності України кількість професійних астрономів скоротилося від 2000 до близько 500 осіб. За час 2013-2017 створена і діє «Єдина мережа Чурюмова» для реєстрації сутінкових і денних слідів всіх видів небезпечних вторгнень в небо над нашими містами. У роботі представлені основні етапи становлення «Єдиної мережі Чурюмова» і деякі результати її роботи. В рамках укладеного 14.07.2017 договору між Збройними силами України та Національною академією наук України про наукове та науково-технічне співробітництво з питань обороноздатності, ми вказуємо на необхідність активізації зусиль по взаємодії астрономічних обсерваторій України зі Збройними силами України для безперервної реєстрації сутінкових і денних слідів аерокосмічних, аеротехнічних і суборбітальних вторгнень.

ABOUT JOINT WORK OF ASTRONOMIC OBSERVATORIES AND ARMED FORCES OF UKRAINE

**A.F. Steklov, A.P. Vidmachenko, B.E. Zhilyaev, G.N. Dashkiev, O.A.
Svyatogorov**

For 26 years of independence of Ukraine, the number of professional astronomers has been reduced from 2000 to about 500 people. During the period of 2013-2017, the

"Unified Churyumov Network" was created and operates for registration of twilight and day trails of all kinds of hazardous intrusions into the sky above our cities. The paper presents the main stages of the formation of the "Unified Churyumov Network" and some results of its work. Within the framework of the agreement between the Armed Forces of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine on scientific and scientific-technical cooperation concluded on July 14, 2017 on issues of defensiveness, we point to the need of increased efforts for cooperation of Astronomical Observatories of Ukraine with the Armed Forces of Ukraine for continuous registration of twilight and day traces of aerospace, aerotechnical and suborbital intrusions.

ТЕРМІЧНА ДЕСОРБЦІЯ РЕЧОВИНИ МЕТЕОРОЇДІВ В БЛИЗЬКОСОНЯЧНОМУ ПРОСТОРИ

Голубасв О. В. ¹, Мозгова А. М. ²

¹ НДІ астрономії ХНУ імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна

² АО КНУ імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

У роботі робиться висновок про існування області простору на геліоцентричній відстані ~ 0.1 а.о., з якої при наближенні до Сонця починається істотне випаровування речовини метеороїдів.

Ключові слова: метеороїд, термічна десорбція, близькосонячні комети

Одним із класів небесних тіл, які несуть потенційну загрозу в навколосонячному просторі, є т.зв. комети, що "дряпають Сонце" (Sun-grazing comets), або близькосонячні комети. При зближенні із Землею небезпечні як самі комети, так і утворені в результаті їх фрагментації поблизу Сонця пил і великі уламки. Фізичні процеси, пов'язані із Сонцем на близьких відстанях призводять до випаровування кометних пилових частинок, зміни фізико-хімічних властивостей речовини метеороїдів. У даній роботі для аналізу був використаний каталог мережі відеоспостережень метеорів у Японії SonotaCo Network Members (SNM, <http://sonotaco.jp/doc/SNM/>).

Виявилось, що у діапазоні перигелійних відстаней $0 < q < 0.1$ а.о. (інтервал Е, рис. 1) відбувається різке зменшення чисельності потокових і спорадичних метеороїдів. На діаграмі точці Е відповідає геліоцентрична відстань ~ 0.08 а.о., з якої починається зменшення чисельності частинок при наближенні до Сонця. Можливо, чисельність метеороїдів у цій зоні визначена фізичними умовами поблизу Сонця. Якісно це підтверджується спостереженнями SOHO-комет. Так, наприклад в [1] показано, що пік пилоутворення комет відбувається на відстанях $\sim 20 - 30 R_{\odot}$ (~ 0.1 а.о.) від Сонця.

На рис. 2 показана залежність елонгацій радіантів спорадичних метеорних тіл (з елементами в орбітах $q < 0.3$ а.о., $e < 1$) щодо положення Сонця на небесній сфері від значень ΔJD , де ΔJD це різниця між часом (виражена в Юліанських днях) фіксації вльоту в земну атмосферу метеорного тіла ($JD_{\text{спост}}$) і часом його проходження через перигелій ($JD_{\text{периг}}$), тобто $\Delta JD = JD_{\text{спост}} - JD_{\text{периг}}$. На рис. 2 видно, що радіанти з елонгаціями від Сонця в інтервалі $\epsilon > 90^\circ$ відповідають положенню метеорних тіл на

своїх орбітах до проходження перигелію, а в інтервалі $\epsilon < 90^\circ$ – після проходження перигелію.

За елонгаціями радіантів спорадичних метеорів щодо Сонця (рис. 3) кожна з “до” і “після” перигелійних областей радіантів розпадається на дві групи. Аналіз кутів нахилу орбіт метеороїдів, що входять до розподілу на рис. 3 упевнено вказує (більш детально розглянуто в [2]), що кожна із груп радіантів належить кометним сімействам: (K і S, на рис. 3) – сімейству комет Марсдена й Крахта, а (L і M, на рис. 3) сімейству комет Крейца.

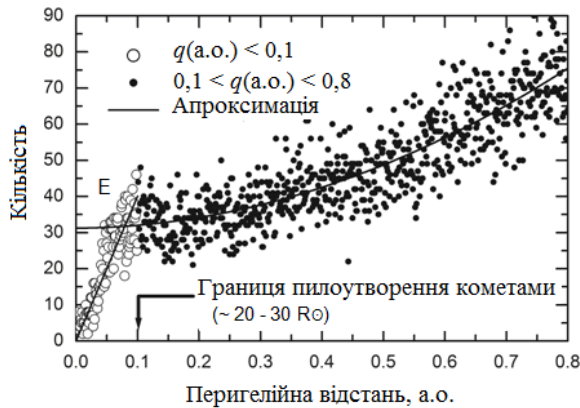


Рис. 1. Розподіл за перигелійними відстанями ($0 < q < 0,8$ а.о.) спорадичних метеорних тіл

Розглянемо питання про зміну мас пилових частинок у процесі випаровування їхньої речовини поблизу Сонця. Чи можливо виявити даний ефект за спостереженнями метеорів? Виходячи із припущення, що метеороїди можуть втратити деяку кількість речовини в результаті випаровування поблизу Сонця, розділимо метеорні частинки на дві групи: зафіксовані на своїх геліоцентричних орбітах “до” проходження перигелію та “після”. Далі, зробимо порівняння мас частинок цих груп.

На жаль, автори каталогу SNM не визначали маси метеорних тіл за вихідними спостереженнями їхніх кривих блиску (фотометричні маси), але наводять їх параметри, які дають можливість оцінити маси частинок по емпіричній формулі, запропонованої в роботі [3]. Автори вважають, що дана формула дозволяє з достатньою точністю визначити початкові значення мас метеорних тіл (m_0):

$$m_0 = \frac{1.62 \cdot 10^{25} \cdot 2.512^{-M_0}}{V_0^4 \cos Z_R}, \quad (1)$$

де m_0 – маса метеорної частинки, виражена в грамах; M_0 – абсолютна зоряна величина метеора в максимумі блиску; V_0 – швидкість метеорної частинки до входу в земну атмосферу ($\text{см} \cdot \text{сек}^{-1}$); Z_R – зенітна відстань в положенні радіанта.

У розподілі мас двох груп на гістограмі (Рис. 4а) спостерігається систематичний відносний зсув порядку 0.02 - 0.04 г убік менших значень для післяперигелійних метеорних частинок. Безумовно, зазначене значення у втраті речовини є оціночною і середньою по розглянутій вибірці метеорних тіл, тому що темпи втрати маси для окремих пилових частинок будуть залежати від хімічного складу, відстаней від Сонця, розмірів, рихлості, альбедних властивостей частинок, та ін.

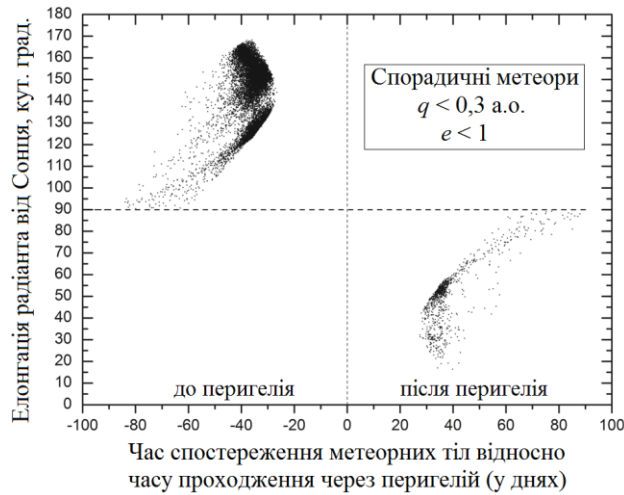


Рис. 2. Залежність елонгацій радіантів спорадичних метеорних тіл ($q < 0.3$ а.о., $e < 1$) щодо положення Сонця на небесній сфері від значень $\Delta JD = JD_{\text{спост}} - JD_{\text{периг}}$ (у днях)

Для моделювання процесу випаровування метеорних тіл на різних геліоцентричних відстанях було застосовано рівняння з розрахунку швидкості випаровування цих тіл, відповідно до закону Герца-Кнудсена:

$$j = \frac{1}{4} n \bar{u} = \frac{p(T)}{\sqrt{2\pi m_a k T}}, \quad (2)$$

де j – потік атомів, що випарувалися; n та p – концентрація й тиск насиченої пари при температурі T ; m_a – маса атома; $\bar{u} = (8kT / \pi m_a)^{1/2}$ – середня теплова швидкість частинок які випаровуються.

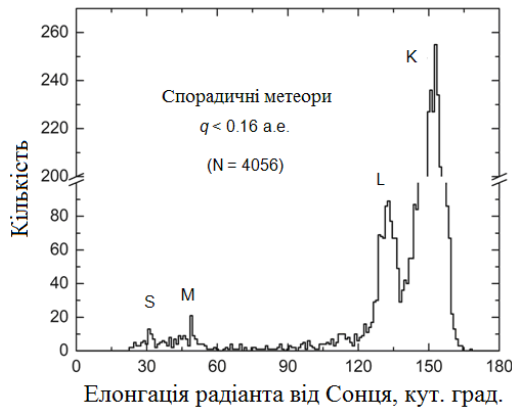


Рис. 3. Розподіл за елонгаціями радіантів метеорів ($q < 0.16$ а.о.) щодо положення Сонця на небесній сфері. К, L, M і S – групи радіантів

На рис. 5 представлені дані результатів визначення температури кометної речовини і пилу в міжпланетній Зодіакальній хмарі на різних геліоцентричних відстанях. Узагальнюючи спостережені дані, температуру (T) пилових частинок як функцію геліоцентричної відстані (r) за спостереженнями комет можна виразити у вигляді залежності:

$$T = 325 r^{-0.55} \quad (3)$$

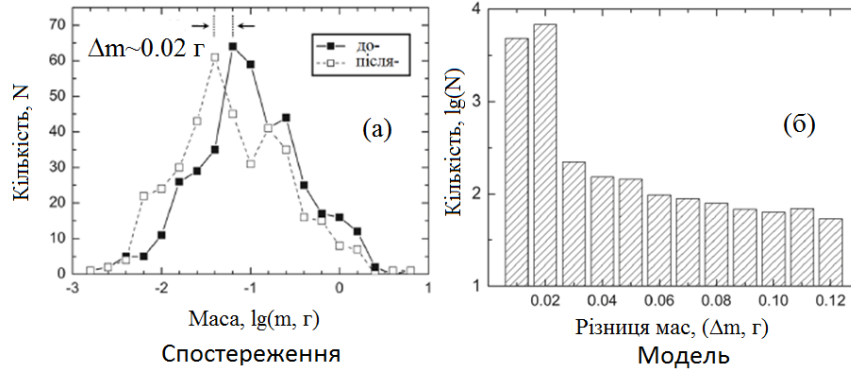


Рис. 4. (а) – Розподіл за масами для метеорів із zenітними відстанями радіантів $0^\circ \leq Z \leq 20^\circ$; (б) – розподіл за масами (Δm) речовини, що випарувалася, модельних залізних (Fe) частинок під час зближення із Сонцем. N – кількість частинок

Вихідними даними для моделювання процесу випаровування пилових частинок поблизу Сонця є значення елементів орбіт метеорних тіл і їх атмосферні кінематичні параметри, узяті з каталогу метеорних спостережень, а також розраховані за формулою (1) маси метеорних тіл. У підсумку буде проведено порівняння результатів моделювання зі спостереженнями.

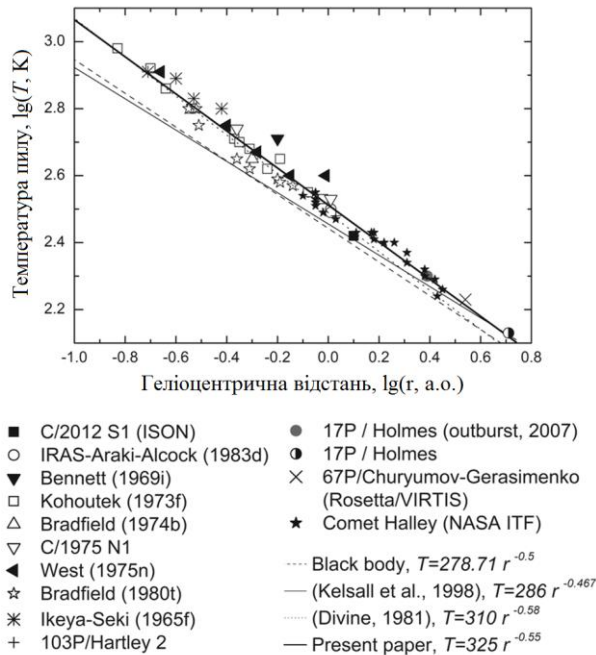


Рис. 5. Температура пилових частинок різних комет і міжпланетної Зодіакальної хмири як функція геліоцентричної відстані.

У процесі моделювання виявилось: частинки що вижили (з масами більше $2.9 \cdot 10^{-3}$ г) мають орбіти з $q > 0.05$ а.о. Знайдемо різниці між початковими і кінцевими значеннями їх мас після зближення з Сонцем. В такому випадку, ми зможемо оцінити: скільки речовини випарувалося в результаті теплового впливу Сонця на метеороїди. Було виявлено, що для залізних частинок на фоні значень дефекту мас ~ 0.1 г існує чітко виражений пік 0.01 - 0.02 г (Рис. 4б). Це узгоджується з результатами

метеорних спостережень, які дають значення в зміщенні розподілів по масам 0.02 - 0.04 г (Рис. 4а).

Модельні розрахунки, побудовані на кінетичній теорії випаровування (сублімації) речовин у вакуумі, підтверджують висновки про існування близькосонячної зони радіусом 0.1 а.о., усередині якої, метеороїди найбільш піддані руйнуванню. Не виключено, що метеороїди які “вижили” в близькосонячній зоні будуть мати залежність вмісту хімічних елементів (Mg, Na, Fe) у пилових частинках як функції перигелійної відстані (для $q < 0.1$ а.о.) їхніх орбіт.

Існує невелика кількість спостережень, які вказують на таку залежність, наприклад [4,5]. Порівнюючи спектри метеорів, які викликані частинками зафіксованими на ділянках своїх траєкторій “до” і “після” проходження близькосонячної області, можна оцінити даний ефект. Це питання є перспективою подальших досліджень.

Список літератури:

1. Sekanina Z. Solar And Heliospheric Observatory sungrazing Comets With Prominent Tails: Evidence On Dust-Production Peculiarities // *Astroph. J.* – 2000. – V. 545. – №. 1. – P. L69 - L72.
2. Golubaev A.V. Sungrazing Dust Particles against the Sporadic Meteor Background // *Sol. Syst. Res.* – 2015. – V. 49. – №. 4. – P. 226 - 236.
3. Волощук Ю.И., Кашеев Б.Л., Кручиненко В.Г. Метеоры и метеорное вещество. – Киев: Наук. думка. – 1989. – 294 с.
4. Kasuga T., Yamamoto T., Kimura H., Watanabe J. Thermal desorption of Na in meteoroids Dependence on perihelion distance of meteor showers // *Astron. and Astrophys.* – 2006. – V. 453. – №. 2. – P. L17 - L20.
5. Borovička, J., Koten, P., Spurný, P., Boček, J., Štork, R. A survey of meteor spectra and orbits: evidence for three populations of Na-free meteoroids // *Icarus.* – 2005. – V. 174. – №. 1. – P. 15 - 30.

THE THERMAL DESORPTION OF METEOROID MATTER NEAR THE SUN

Golubaev A. V. ¹, Mozgova A. M. ²

¹ Institute of Astronomy of V.N. Karazin Kharkiv National University

² Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv

It is concluded that there is a region at the heliocentric distance at ~ 0.1 AU, where a significant evaporation substance of meteoroids begins with the approaching to the Sun.

Keywords: meteoroid, thermal desorption, Sun-grazing comets

MAGNETIC FIELDS IN POWERFUL SOLAR FLARES AT LEVELS OF PHOTOSPHERE AND CHROMOSPHERE

V.G. Lozitsky¹, E.A. Baranovsky², N.I. Lozitska¹ and V.P. Tarashchuk²

¹ Astronomical Observatory of the Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine, lozitsky@observ.univ.kiev.ua, nloz@observ.univ.kiev.ua

² Crimea Astrophysical Observatory, Nauchny, Crimea
edward@crao.crimea.ru, veratar4@gmail.com

We present briefly some results concerning magnetic fields in powerful solar flares according to spectral-polarized observations. The following main effects are considered: (1) indications of extremely strong magnetic fields ($\sim 10^4$ G); and (2) non-monotonous distribution of the magnetic field with height. The effect (1) was found in several solar flares on the basis of observations of splitting of flare emissions in FeI lines with very low Lande factors, about 0.01. The effect (2) follows both from the direct observation of the effective (averaged) magnetic field in the photospheric and chromospheric lines, and from the results of the construction of semi-empirical models by the inverse method.

Keywords: Sun, solar activity, magnetic fields, solar flares, spatially unresolved structures, extremely strong fields, semi-empirical models.

1. Introduction

Solar flares are violent and rapid processes in solar active regions connected with explosion-type transformation of magnetic energy in other forms of energy, which give heating of plasma, electromagnetic emission, acceleration of particles, shock waves and coronal mass ejections. Typical parameters of solar flares are following: energies $10^{27} - 10^{32}$ erg, lifetime from 5 min to 5 hours, sizes $10^9 - 10^{10}$ cm, basic energy release – chromosphere and corona, local magnetic fields from 10^2 to $10^3 - 10^4$ G.

Solar flares are very interesting and important objects for investigations due to:

- they present extremely rapid transformations of magnetic energy into other forms of energy, and there is no complete clarity in the physical mechanisms of this transformation,
- they can give extremely significant influence on the interplanetary medium and the Earth.

Solar flares cover a wide range of altitudes in the atmosphere, from the photosphere to the solar corona. That is why the magnetic field measurements at many levels of atmosphere (i.e. by many spectral lines, using Echelle spectra) is highly important for understanding the physical processes that take place in the areas of the flares. Such the data to get is not easy because solar flares (especially powerful) occur infrequently, suddenly, last a relatively short time and does not always provide enough intense emission in the cores of Fraunhofer lines to confident magnetic field measurements in wide range from upper photosphere to the chromosphere.

Let us formulate some scientific problems that have arisen in connection with the study of magnetic fields in flares by spectra of photosphere and the chromosphere.

First of all, it is a problem of the upper limit of the magnetic field strength in flares. There is no full clarity in the question, what exactly is this upper limit. Splitting of emission peaks in lines with effective Lande factors in range $g_{\text{eff}} = 1-1.7$ corresponds to 1-3 kG, whereas similar splitting in some lines with very low g_{eff} (for example, FeI 5434.5, $g_{\text{eff}} = 0.014$) corresponds to $\sim 10^4$ G sometimes [1–8]. The probable existence of such very strong fields in the flares presents a very important problem for modern solar physics.

Another interesting issue is the problem of high-rise distribution of the magnetic field in the flare. In the quiet atmosphere, magnetic field has steadily decreasing with height due to decreasing the gas pressure. As to reality, it was shown that the magnetic field distribution versus height may be non-monotonous, with narrow peak in the range of upper photosphere [1, 9]. In other flares such non-monotonous changes were not observed [10–12].

The aim of this paper is short review of some results to this topic obtained by spectral magnetosensitive lines formed at levels of photosphere and chromosphere.

2. Extremely strong fields

For magnetic field measurements by the Zeeman effect, spectral lines with large Lande factors are used traditionally. In particular, for magnetic field measurements in sunspots the following lines are used, as rule: FeI 5250.2 Å, FeI 6302.5 Å and FeI 6173.3 Å ($g_{\text{eff}} = 3.0, 2.5$ and 2.5 , respectively).

Such lines provide high accuracy of measurements and magnetic field measurements in sunspots independently from such instrumental and solar factors as instrumental polarization, scattering light, non-longitudinal magnetic field and filling factor.

Shortcoming of measurements by lines with large and middle Lande factors ($g_{\text{eff}} = 1-3$) is that these measurements are adopted beforehand on some limited magnetic field range. For lines like FeI 5250.2 with spectral half-width about 0.1 Å, spectral range under study is, as rule, about ± 0.2 Å. Is this value to equate with the Zeeman splitting $\Delta\lambda_H$, we have such registered field ranges: 5.18 kG for $g_{\text{eff}} = 3.0$, 15.54 kG for $g_{\text{eff}} = 1.0$ and 155.4 kG for $g_{\text{eff}} = 0.1$.

New results to the problem were obtained by one of such lines, namely Fe I 5434.5 ($g_{\text{eff}} = -0.014$). It is important to note that this line has Lande factor which was empirically determined in a laboratory. If magnetic fields on the Sun are of kilogauss range ($B \leq 5$ kG), for signal-to-noise ratio (S/N) of about 50-100 (which is typical for photographic observations) we can not expect any Zeeman-like effects in this spectral line.

As to reality, in X17.2/4B solar flare of 28 October 2003 an other case was observed (Fig. 1). Observations of this flare were carried out with the Echelle spectrograph of horizontal solar telescope of the Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv [13]. This instrument can record the solar spectrum simultaneously from 3800 to 6600 Å with a spectral resolution of 30 mÅ in the green region and space resolution 1-2 Mm.

As it follows from Fig. 1, a well visible spectral splitting of emissive peaks near the line core is observed. If this splitting to interpret as manifestation of the Zeeman effect then magnetic field strength in the flare could be about several tens of kilogauss (kG). Comparison of observations for different places and times of this flare allows to conclude, that such extremely strong magnetic field had the following parameters: $B = 30-60$ kG, N polarity (i.e. opposite to one by photospheric lines with large Lande factors), life-time at least 8 min, violet Doppler shift (lifting of plasma with $v_{\parallel} \approx 2$ km/s), very narrow emissive peaks (50-60 mÅ). Similar parameters were found earlier for other flares [2-8].

There the following very sharp problem arises: in which way is it possible to concentrate such 'superstrong' fields while bearing in mind the huge difference of gas and magnetic pressures ?

In fact, a magnetic field of 70-90 kG [3, 4] has magnetic pressure on the order of 10^8 dyn/cm². For comparison: in the upper photosphere gas pressure is about 10^4 dyn/cm², but in corona and chromosphere it is $10^{-1} \div 10^2$ dyn/cm² only. The differences between magnetic and gas pressures reach 4-9 orders! It is incredible that such fields occur in chromosphere and corona, they are likely to occur in the convective zone and lift in solar atmosphere before the flare.

But even in this case we can expect that the magnetic field structure in areas of such 'superstrong' fields is extremely peculiar for suppressing such huge difference of pressures even in a short time.

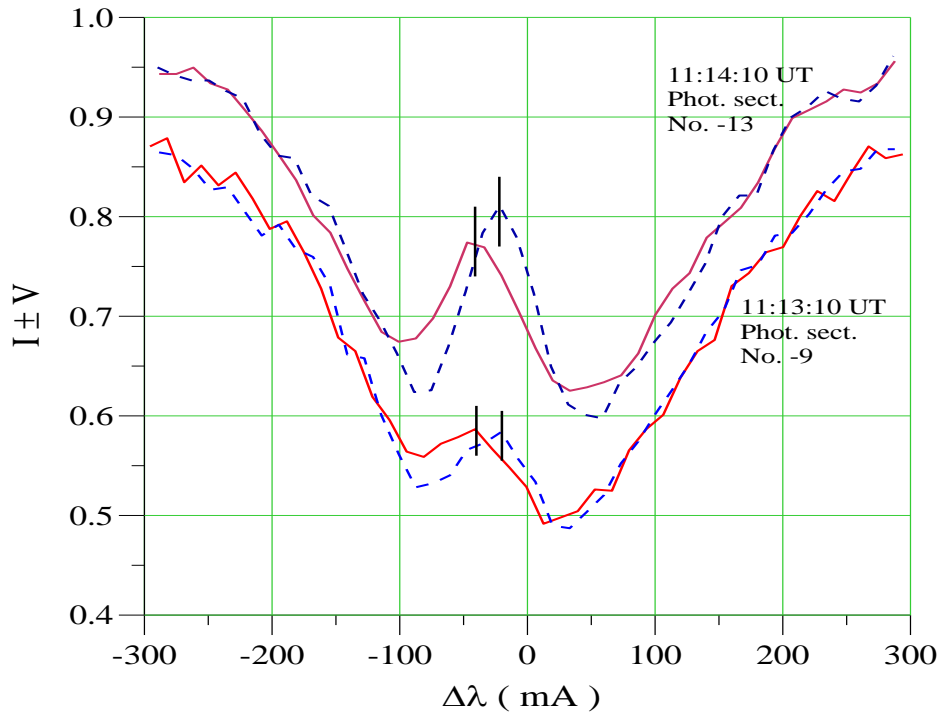


Figure 1: Comparison of $I \pm V$ profiles of Fe I 5434.5 line in X17.2/4B flare of 28 October 2003 for two times, 11:13:10 UT and 11:14:10 UT.

Obviously, such very strong fields cannot occur in the simplest case of the untwisted magnetic flux tube. Stronger fields should exist in twisted force-free magnetic structures. It was shown that a theoretical interpretation of ‘superstrong’ magnetic field phenomena can be offered within the framework of a linear force-free model [14]. This model is described by Bessel’s functions J_0 and J_1 of zero and first orders and has a multipolar periphery and magnetic field up to $\sim 10^4$ G with discrete values near the tube axis. For a field of 10^4 G, a large number of discrete layers with opposite magnetic polarity are needed inside one small-scale structure. Solov’ev [15] proposed also other theoretical model – spherical magnetic vortex in an external potential field.

Thus, in both cases, of linear force-free magnetic element or magnetic vortex, we can expect a unique peculiarity, namely, many-lamellar (many-layers) magnetic field structure with opposite magnetic polarity. For field of $\sim 10^4$ G, large number of discrete layers with opposite magnetic polarities is needed inside one small-scale structure.

Notice, such unusual multilayer structures are not observed in the Sun. Two alternatives are possible:

- (a) they don’t exist at all, or
- (b) they exist in very small, spatially unresolved scales.

In which ones ?

According to last indirect estimations of diameters of smallest spatially unresolved magnetic flux-tubes on the Sun, their size is in range 10-70 km [16] or 15-20 km [17]. So, when the spatial resolution of 15-20 km will be reached, we can expect a great surprise or ... a great disappointment. On the other hand, for full spatial resolution of the unique multilayer internal structure of the super-fine magnetic elements, higher resolution is needed, at level of 5-10 km, or even less.

And what modern and most powerful perspective solar telescopes can provide? At present, the largest solar ground-based telescopes are the New Solar Telescope with the 1.6-m aperture at Big Bear Solar Observatory and the German GREGOR telescope with the 1.5-m aperture. Under design the following telescopes are: the Indian 2-m telescope, the 4-m Advanced Technology Solar Telescope (ATST) in the USA, the 4-m European Solar Telescope (EST) and the 3-m Russian Large Telescope (LST).

These telescopes can provide the spatial resolution on level of ≈ 20 km in violet, in best case. This is not enough for full spatial resolution of smallest magnetic elements. Unfortunately, in the coming decades it will be necessary to use those diagnostic methods that are developed for cases of incomplete spatial resolution.

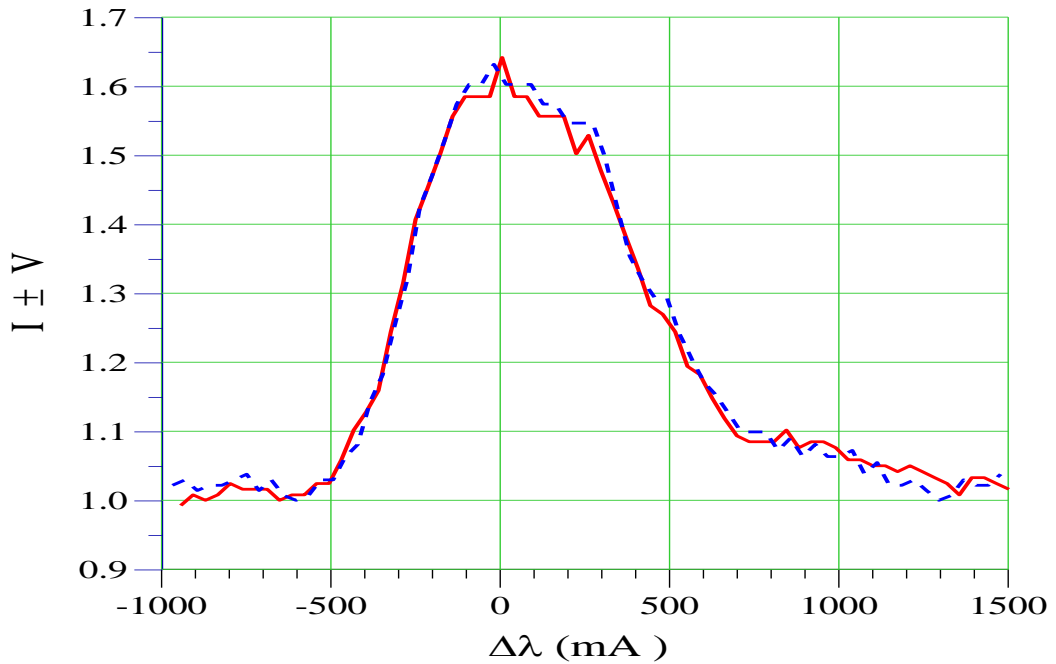


Figure 2: $I \pm V$ profiles of D3 line in X17.2/4B flare of 28 October 2003 for 11:16 UT which corresponds to the peak phase of flare.

3. Magnetic fields in the chromosphere

Because the basic energy release of solar flares are chromosphere and corona, direct observational data for named levels of atmosphere are very important for study of the flare physics. Such data can be obtained by Balmer's lines, by D3 HeI, D1 and D2 NaI, etc. In papers [1, 18] namely some of such lines were used.

Fig. 2 presents $I \pm V$ profiles of D3 line in X17.2/4B flare of 28 October 2003 for 11:06 UT. One can see strong emission which reaches of 1.6 in units of continuum level. The Zeeman splitting is very weak here and its maximum is observed near the top of profiles. Notice, similar effect was observed by Harvey [19] in CaII 854.2 nm in C1.8 flare. If magnetic field to measure by splitting of 'center of gravity' of whole $I \pm V$ profiles, then corresponding 'effective' magnetic field B_{eff} has following values for X17.2/4B flare of 28 October 2003: 150 ± 30 G by FeI 5250.2, 620 ± 60 G by FeII 4923.9, 370 ± 150 by D3 HeI. Thus, B_{eff} has a maximum near the upper photosphere and temperature minimum zone where emission in FeII 4923.9 line is formed. Similar effect was found by Lozitska et al (1991) for several other flares.

Non-monotonous distribution of the magnetic field strength with height follows also from semi-empirical modelling for some flares. Namely such distribution was found in paper [1, 9]. On the other hand, in paper by Abramenko and Baranovsky [10] and Andriets et al. [11] such non-monotonous changes were not observed.

Maybe, type of field distribution with height depends from the phase of a flare. In fact, Kurochka et al [20] found non-monotonous distribution for peak of a flare, which transformed to simple monotonous distribution during next 10 min of the flare evolution. This issue needs an additional study in the future.

Semi-empirical model of the X17.2/4B flare of 28 October 2003 was build with the PANDORA code which allows determine the magnetic field and thermodynamical conditions on both photospheric and chromospheric levels using non-LTE approximation. It was found that magnetic field in the middle photosphere was 1000-1200 G. Temperature in the flare had increasing up to 1000 K for $\lg \tau_5 \approx -3$. This result is similar to conclusions presented earlier in paper by Loz et al [1]. Also, in this flare very thin (3–5 km) and dense layer was found which placed on high about 700 km above the temperature minimum, or about 1200 km above $\tau_5 = 1$. Perhaps, this peculiarity reflects the existence of a current sheet due to magnetic reconnection of field lines, in accordance with contemporary theory [21] of solar flares.

4. Summary

New data related to the X17.2/4B flare of 28 October 2003 confirm reality the phenomenon of ‘extremely strong magnetic fields ($\sim 10^4$ G) in flares’ firstly discovered 24 years ago [2]. Such very strong fields cannot originate in the simplest case of the untwisted magnetic flux tube. In principle, such fields can originate in very specific many-lamellar (many-layers) magnetic field structures with opposite magnetic polarities [14, 15]. Notice, such unusual multilayer structures are not observed in the Sun in spatially resolved scales. Two alternatives are possible: (a) they don’t exist at all, or (b) they exist in very small, spatially unresolved scales, ≤ 15 -20 km. Unfortunately, modern solar telescopes cannot provide the necessary spatial resolution. This means that in the nearest years (and, perhaps, decades) it will be necessary to use those diagnostic methods that are developed for cases of incomplete spatial resolution. It should be taken into account that especially strong fields can occur for a relatively short time and at a certain altitude in the atmosphere. They are most easily observed in the temperature minimum region, where narrow emission peaks are formed in the metal lines. In broad chromospheric emissions, the method of analyzing bisectors is more appropriate. Specific local features (thin layers with high density) can also arise in the chromosphere.

Acknowledgements

This study was funded by the Taras Shevchenko National University of Kyiv, project No. 16БФ023-01, and by Crimea Astrophysical Observatory, project "Physical relationships of solar formations", grant РФФИ № 16-42-910467 p-аэ.

References

1. V.G. Lozitsky, E.A. Baranovsky, N.I. Lozitska, U.M. Leiko, Solar Phys., **191**, 171 (2000).
2. V.G. Lozitsky, Kinem. Phys. Celest. Bodies, **9**, 18 (1993).
3. V.G. Lozitsky, Kinem. Phys. Celest. Bodies, **14**, 401 (1998).
4. V.G. Lozitsky, Journ. of Phys. Studies, **13**, 2903-1 (2009).
5. V.G. Lozitsky, Astron. Letter, **35**, 136 (2009).

6. V.G. Lozitsky, J. Staude, Journal of Astrophys. and Astronomy, **29**, 387 (2008)
7. V.G. Lozitsky, Intern. Journ. of Astron. and Astrophys., **1**, 147 (2011).
8. V.G. Lozitsky, Adv. Space Res., **55**, 958 (2015).
9. E.V. Kurochka, V.G. Lozitsky, Kinem. Phys. Celest. Bodies, Suppl., № 5, 143 (2005).
10. V.I. [Abramenko, E.A. Baranovsky](#), Solar Phys., **220**, 81 (2004).
11. E.S. [Andriets, N.N. Kondrashova, E.V. Kurochka, V.G. Lozitsky](#), Bull. Crim. Astrophys. Obs., **108**, 1 (2012).
12. E.S. Andriets, N.N. Kondrashova, Adv. Space Res., **55**, 871 (2015).
13. V.G. Lozitsky, Adv. Space Res., **57**, 398 (2016).
14. A.A. Soloviev, V.G. Lozitsky, Kinem. Fiz. Neb. Tel, **2**, 80 (1986).
15. A.A. Solov'ev, Sol. Phys., **286**, 441 (2013).
16. J.O. Stenflo, Astron. & Astrophys., **529**, id.A42, 20 pp. (2011).
17. O. [Botygina, M. Gordovskyy, V. Lozitsky](#), Astrodynamics, Proc. IAU Symp., 2017, **325**, 59 (2017).
18. E.A. Baranovsky, V.G. Lozitsky, V.P. Tarashchuk, Kinem. Phys. Celest. Bodies, **25**, 373 (2009).
19. J.W. Harvey, Solar Phys., **280**, 69 (2012).
20. E.V. Kurochka, V.G. Lozitsky, O.B. Osyka, Kinem. Phys. Celest. Bodies, **24**, 308 (2008).
21. E.R. Priest, T.D. Forbes, The Astron. and Astrophys. Rev. **10**, 313 (2002).

МАГНІТНІ ПОЛЯ В ЕНЕРГЕТИЧНИХ СОНЯЧНИХ ФЛАРАХ НА РІВНЯХ ФОТОСФЕРИ І ХРОМОСФЕРИ

В.Г. Лозицький¹, Е.А. Барановський², Н.І. Лозицька¹ та В.П. Тарашук²

¹Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

Київ, Україна, lozitsky@observ.univ.kiev.ua, nloz@observ.univ.kiev.ua

²Кримська астрофізична обсерваторія, Научний, Крим

edward@craocrimea.ru, veratar4@gmail.com

У роботі коротко представлені деякі результати, що стосуються магнітних полів у потужних сонячних спалахах за даними спектрально-поляризаційних спостережень. Акцентується увага на таких основних ефектах: (1) вказівки на екстремально сильні магнітні поля ($\sim 10^4$ Гс) і (2) немонотонний розподіл магнітного поля з висотою. Ефект (1) був знайдений у кількох сонячних спалахах на основі спостережень розщеплення емісії у лініях FeI з дуже низькими факторами Ланде, близько 0.01. Ефект (2) впливає як з прямих спостережень ефективного (усередненого) магнітного поля по фотосферних і хромосферних лініях, так і з результатів побудови напівемпіричних моделей інверсним методом.

Ключові слова: Сонце, сонячна активність, магнітні поля, сонячні спалахи, просторово нероздільні структури, екстремально сильні поля, напівемпіричні моделі.

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ И ИОНИЗАЦИОННЫЕ МАССЫ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ ЯРКИХ ОПТИЧЕСКИХ И РАДИОЛОКАЦИОННЫХ МЕТЕОРОВ

М. Нарзиев, Х.Ф. Худжаназаров

Институт астрофизики АН Таджикистан, Душанбе, Бухоро 22.

mirhusseyn_narzi@mail.ru

На основании данных одновременных фото-радиолокационных наблюдений метеоров ярче -0^m исследованы зависимость отношения интенсивности свечения к линейной электронной плотности от скорости. Установлено, что отношения IgI/q не зависят от скорости и средние значения отношения IgI/q составляют 4.12 ± 0.12 . Результаты одновременно зарегистрированных оптико-радиолокационных наблюдений метеоров позволяли установить шкалы масс ярких радиометеоров.

Вычислены фотометрические и радиолокационные массы метеоров, зарегистрированных одновременно фотографическим и радиолокационным методом. Получено, что в пределах точности измерение фотографической и радиолокационной масс метеороидов находится в удовлетворительном согласии между собой.

Ключевые слова: Метеор, фотометрия, ионизация, масс.

Физические характеристики метеороидов важны как для решения астрономических и геофизических задач, так и изучения процессов взаимодействия метеороида с Земной атмосферой, для расчета необходимого уровня защиты орбитальных космических аппаратов при их конструировании, и этим обеспечить безопасность полета летательных аппаратов, находящихся на околоземной и космическом пространстве и т.д. Среди физических характеристик метеороидов особую ценность представляют данные об их массах. Следовательно, достоверная редукция данных наблюдений, повышение точность и надёжность результатов вычислений масс относятся к важнейшим задачам метеорной астрономии. Немаловажное значение представляют данные о массах ярких метеоров, зарегистрированных одновременно радио-оптическим методом, так как они позволяют калибровать полученные результаты радиолокационных наблюдений метеоров относительно результатов оптических, проверить точность и надёжность результатов наблюдений полученных разными методами.

В работе [Нарзиев, Худжаназаров, 2017] были изложены результаты вычисления фотометрической и радиолокационной массы одних и тех же совместных радио-телевизионных метеороидов, порождаемых метеорами слабее $0^m \div +8^m$ абсолютной звездной величины. Фотометрическая и радиолокационная массы были вычислены по результатам измерения таких исходных параметров как скорости, зенитное расстояние радианта, абсолютная звездная величина и линейная электронная плотность для высоты зеркальных радиоотражений, и другие параметры совместных метеоров. Было показано, что наилучшие согласия между массами, вычисленными фотографическим и радиолокационным методами, наблюдаются в случае использования шкалы масс, выявленная в [Narziev 2013] по результатам комбинированных оптико-радиолокационных наблюдений для метеоров слабее 0^m абсолютной звездной величины. Однако масса одного и того же метеороида, порождаемого метеоры ярче -0^m , по результатам одновременных оптических и радиолокационных наблюдений вообще не изучены.

Следовательно, представляют интерес изучение массы метеоров ярче -0^m , зарегистрированных одновременно оптико-радиолокационными методами. Однако, несколько сложнее задача расчета массы ярких совместных оптико-радиолокационных наблюдений метеоров и сопоставление полученных результатов между собой, чем аналогичные задачи в случае слабых метеоров. Прежде всего, это связано с использованием разных шкал масс для интерпретации данных фотографических метеоров: а) линейной зависимости коэффициента свечения τ от скорости V (для ярких метеоров), и б) экстремальная зависимость β от (V) . Причем границы применения этих моделей обозначены не корректно [Лебединец, 1980]. Для метеоров со скоростями в интервале $11 \div 20$ км/с обе модели дают примерно одинаковые результаты. Далее по мере увеличения скорости метеоров до 70 км/с разность отношение между массами увеличивается на порядок.

Такая непростая ситуация имеет место и в случае интерпретации данных радиолокационных наблюдений метеоров с продолжительной длительности радиоэхо. Как известно, в случае переуплотненных метеорных следов на сокращение длительность радиоэхо наряду с амбиполярной диффузией оказывает влияние прилипание электронов к нейтральным частицам, радиативной и диссоциативной рекомбинации, турбулентная диффузия и другие факторы деионизации. В реальных условиях одновременный учет влияния всех этих факторов на уменьшение концентрации электронов в метеорных следах оказывается довольно сложной задачей. Эти факты автоматически влияют на точность и надёжность результатов вычисления масс метеороидов радиометодом. Вместе с тем калибровка результатов радиолокационных наблюдений с данными, полученными оптическим методом и выявление шкалы масс ярких метеоров позволяет учитывать влияния этих процессов, в случае интерпретации данных радиолокационных наблюдений.

Ниже прилагаем перечень работ, посвященный результатам одновременных оптико-радиолокационных наблюдений ярких метеоров, как в Таджикистане, так и в зарубежных странах. Необходимо отметить, что одновременные фото-радиолокационные наблюдения метеоров впервые проводилось в Великобритании в 1955 и 1960 гг. на базе светосильной камеры Суппер Шмидта ($d = 30$ см, $f = 10$ см, диаметр поля зрения 56°) и радиолокационной станции Джодрелл Бэнк (Jodrell Bank). Камера Супер-Шмидт была снабжена 18 –лопастным обтюратором и установлена к западу от Джодрелл - Бэнк на расстояние 160 км. В результате одновременных фото-радиолокационных наблюдений были получены семь совместных метеоров, два из которых имели абсолютную звездную величину $-1.7^m \div -1.8^m$. Один из них принадлежал метеорному потоку Геминид, а второй - к спорадическому фону.

В метеорном отделе Института астрофизики АН РТ, с целью исследование физико-кинематических и динамических характеристики метеороидов и изучения свойства атмосферы в метеорной зоне, начиная с 60 годах двадцатого века, в периоды действия ежегодных метеорных потоков и спорадического фона, как по национальной, так и международной программе были организованы и проведены комплексные фотографические и радиолокационные наблюдений метеоров. В СССР первые параллельные радио-фотографические наблюдения были проведены в Таджикистане П.Б. Бабаджановым [Бабаджанов 1969]. В результате параллельных фотографических и радиолокационных наблюдений метеоров в 1968-1969 гг. было получено 7 ярких совместных метеоров, 5 из которых относились к метеорному

потоку Персеиды и два к потоку Леониды [Бабаджанов, 1969]. Данные атмосферной траектории этих метеоров по результатам фотографических наблюдений опубликованы в [Сводный каталог, 2006], а результаты изучения взаимосвязи процессов свечения и ионизации и некоторых характеристик атмосферы в метеорной зоне по результатам одновременных комбинированных наблюдений представлены в работах [Бабаджанов, 1969; Бабаджанов, Бибарсов 1969; Бабаджанов, Бибарсов 1971].

Начиная со второй половины семидесятых гг. в состав комплекс наблюдательной аппаратуры ГисАО была включена и телевизионная аппаратура, на базе которой в 1977-1980 гг. были организованы и проведены одновременные фотографические радиолокационные и телевизионные наблюдения метеоров. В результате комплексных наблюдений было зарегистрировано один совместный фотографический и телевизионный метеор, (где полученный результат позволял оценивать чувствительность и преимущество телевизионный наблюдений относительно фотографический) и 57 одновременно зарегистрированных телевизионный и радиолокационный метеоров [Нарзиев, Малышев 2009].

11 августа 1977 г. (в 22^h32^m58^s местное время) в период действия метеорного потока Персеиды был зарегистрирован болид с яркостью на высоте максимума свечения -7.2^m [Бабаджанов и др., 1982]. Этот болид фотографическим методом регистрировался одновременно из ГисАО и Кибчак. Комплексные фотографирования и спектрографирование болида проводились обычным методом и методом мгновенной экспозиции. Данные об атмосферной траектории болида были опубликованы в [Сводный каталог, 2006]. Кроме того по результатам комбинированных наблюдений этого болида была изучена структура атмосферного ветра на высотах 93-103 км (Бабаджанов Бибарсов в журнале Г и А) и оценена скорость диссипации турбулентной энергии ε и пульсационная скорость u , которые составляли соответственно:

$$\varepsilon = (1,5 \div 2) \cdot 10^4 \text{ см}^2/\text{с}^3, u = 8.3 \div 9.1 \text{ м/с.}$$

Очередной поиск одновременно зарегистрированных фото-радиолокационных метеоров по наблюдательным материалам, полученным за 1977-1980 гг. в Таджикистане, был проведен нами, где результаты поиска опубликованы в [М. Нарзиев. Радиотехника, 2016, Вып.184, с.49-52]. Следует отметить, что по результатам анализа опубликованных данных фотографических наблюдений метеоров в [Сводный каталог, 2006] и данных первичных радиолокационных наблюдений метеоров, полученных на радиоконтакте МИР-3 (на фотопленке), выявлены нами 7 общих зарегистрированных фото-радиолокационных метеоров [Нарзиев, 2016].

В результате 11 часовых одновременных наблюдений с радиоконтакте EISCAT UHF RCS (с тремя приёмными пунктами) и двумя усиленными видеокамеры за 5 ночей в Октябрь 2007 получены четыре совместных метеоров [Campbell-Brown et al., 2012]. В результате редукции данных наблюдений головное эхо и и данных базисных видео наблюдений, используя несколько значение коэффициент свечения и ионизации вычислены фотометрические и ионизационные массы каждого совместного метеора, где в пределах точности измерения методах все эти массы находились в удовлетворительном согласия между собою.

Одновременные оптико-радиолокационные наблюдения метеоров с использованием РЛС SMOR и несколько видео камеры Gen-III были организованы в 2012 в Канаде [Weryk et al., 2012]. В результате обработки данных комбинированных

наблюдений было получено порядка 100 совместных метеоров, где их средняя абсолютная звездная величина составляла $+2.8^m$. Полученные данные позволяли авторам исследовать зависимость между абсолютной звездной величиной и линейной электронной плотностью в виде:

$$M = (38.7 \pm 1.2) - 2.5 \lg q,$$

где q выражено в эл/метр. Однако эти данные в основном относились к метеорам слабее 0^m .

В сентябре 2009 г. в Канаде в результате комплексных оптических, радиолокационных и инфразвуковых наблюдений был зарегистрирован ярчайшей болид, завершившийся падением метеорит Гринсби [Brown et al 2011]. Абсолютная звездная величина болида на высоте максимума свечения составляла -14.8^m . Начальная скорость болида по данным четырех оптических камер наблюдений составляла 20.91 ± 0.19 км. Данные базисных оптических, радиолокационных, инфразвуковых наблюдений болида Гринсби позволяли независимо друг от друга оптическими и радиолокационными методами определять такие данные атмосферной траектории, как радианты, скорости, высоты, кривой блеска болида и т.д. Однако отсутствия данных о величине линейной электронной плотности для трех частот 17, 29 и 38 МГц не позволяли использовать болид для вычисления масс оптико-радиолокационным методом.

Таким образом, по результатам одновременных фото-радиолокационных и радио-телевизионных наблюдений метеоров мы имеем 27 совместных метеоров, звездная величина которых заключается в диапазоне $-0.15^m \div -7.2^m$ и скорости в диапазоне 14 км/с \div 72 км/с. Основные исходные данные об этих метеорах по соответствующим источникам приведены в Табл. 1., где в первом столбике дано N – номер метеора, во втором V - скорость, в третьем столбике приведена $H_{от}$ - высота радиоотражения, в четвертом и в пятом столбиках приведены $M_{от}$ и $q_{от}$ - абсолютная звездная величина и линейная электронная плотность для высоты радиоотражения, в шестом столбике приведено отношение $\lg I_{\phi}/q$ и в седьмом столбике приведены источник, из которых брали метеоры.

Таблица 1. Некоторые данные атмосферной траектории совместных радио-оптических метеоров

| N | км/с | $H_{от}$ от км | $M_{от}$ т | $g q_{от}$ | $\lg I_{\phi}/q$ | Источник |
|---------|------|-------------------|---------------|------------|------------------|------------------|
| 1 | 7.00 | 94.9 | - 1.7 | 4.99 | - 4.59 | [Devis and Holl] |
| 2 | 0.00 | 110.3 | - 1.80 | 4.88 | - 4.44 | --"--- |
| 661345a | 1.50 | 97.8 | - 6.30 | 5.93 | - 3.69 | [Бабаджанов] |
| 661345б | 1.60 | 97.3 | - 4.40 | 5.19 | - 3.71 | --"--- |
| 670805 | 0.10 | 98.2 | - 2.10 | 4.25 | - 3.87 | --"--- |
| 670821 | 0.50 | 99.0 | - 2.90 | 5.28 | - 4.40 | --"--- |
| 670866 | 1.70 | 107.5 | - 3.00 | 5.50 | - 4.58 | --"--- |
| 670931 | | 95.0 | - 5.80 | | - 4.69 | --"--- |

Comets Asteroids Meteors Meteorites Astroblemes Craters
VINNYTSIA, September 26 – 28, 2017

| | | | | | | |
|---------|------|-------|--------|------|--------|--------------------|
| | 1.00 | | | 6.73 | | |
| 670954 | 3.70 | 93.6 | - 4.80 | 4.96 | - 3.32 | --''-- |
| 770954 | 7.80 | 93.0 | -7.20 | 5.32 | -2.72 | [Бабаджанов и др.] |
| 7709533 | 0.80 | 89.0 | -1.90 | 3.56 | -3.08 | [Нарзиев] |
| 770981 | 8.80 | 96.5 | -2.10 | 3.21 | -2.65 | --''-- |
| 771033 | 1.40 | 107.5 | -1.50 | 4.85 | -4.53 | --''-- |
| 781285c | 1.90 | 105.0 | -2.00 | 4.66 | -4.14 | --''-- |
| 790846a | 2.70 | 93.8 | -0.50 | 3.82 | -3.9 | --''-- |
| 800992B | 1.70 | 94.0 | -3.40 | 4.32 | -3.24 | --''-- |
| 801061B | 0.40 | 100.0 | -1.00 | 4.78 | -4.66 | --''-- |
| 3 | 9.99 | 102.9 | - 0.30 | 3.96 | - 4.12 | [Нарзиев, Малышев] |
| 4 | | 98.0 | - 0.90 | 4.73 | - 4.55 | --''-- |
| 5 | 3.90 | 101.0 | - 1.50 | 4.60 | - 4.28 | --''-- |
| 12 | 9.10 | 90.0 | - 1.60 | 5.08 | - 4.72 | --''-- |
| 30 | 4.30 | 88.5 | - 1.00 | 4.21 | - 4.09 | --''-- |
| 31 | 9.40 | 110.5 | - 0.15 | 4.59 | - 4.81 | --''-- |
| 35 | 8.50 | 91.4 | - 1.00 | 4.75 | - 4.63 | --''-- |
| 44 | 3.60 | 99.0 | - 1.75 | 4.77 | - 4.35 | --''-- |
| 45 | 5.80 | 102.0 | - 1.20 | 4.84 | - 4.64 | --''-- |
| 54 | 5.70 | 99.0 | - 3.20 | 5.71 | - 4.71 | --''-- |

Данные, представленные в Табл.1., позволяют с использованием шкалы фотометрических и радиолокационных масс вычислить массы одних и тех же метеороидов по формулам:

$$M_{ph} = 3 H I_m / 2 \tau_{\phi} V^3 \cos Z, \quad (1)$$

$$M_r = 3 H \mu q_m / 4 \beta \cos Z, \quad (2)$$

Таблица 2. Массы одновременно зарегистрированных фотографических (τ_{ϕ} по Каталогу) и радиолокационных метеоров с использованием шкалы масс, полученных для случая слабых метеоров.

| N | Cos Z_R | V km/c | $H_{от}$ km | $M_{от}$ | q_r | m_{ph} | m_r |
|---------|-----------|-----------|----------------|----------|----------|------------|-------------|
| 3 | 0,826 | 59.99 | 102.9 | -0,3 | 9,12E+13 | 0,01161277 | 0,009489993 |
| 5 | 0,3535 | 43.90 | 101.0 | -1,5 | 3,98E+14 | 0,2857687 | 0,322675311 |
| 12 | 0,8903 | 29.10 | 90.0 | -1,6 | 1,20E+15 | 0,6443577 | 2,901695371 |
| 30 | 0,6668 | 14.30 | 88.5 | -1.0 | 1,62E+14 | 8,48977666 | 41,81044777 |
| 31 | 0,4597 | 69.40 | 110.5 | -0,15 | 3,89E+14 | 0,01014579 | 0,038281112 |
| 35 | 0,6093 | 38.50 | 91.4 | -1.0 | 5,62E+14 | 0,17682622 | 0,495774035 |
| 44 | 0,7804 | 63.60 | 99.0 | -1,75 | 5,89E+14 | 0,0369887 | 0,05639159 |
| 45 | 0,707 | 65.80 | 102.0 | -1,2 | 6,92E+14 | 0,02147378 | 0,06469685 |
| 54 | 0,707 | 65.70 | 99.0 | -3,2 | 5,13E+15 | 0,13631717 | 0,479603992 |
| *1 | 0,707 | 37.00 | 94.9 | -1,7 | 9,77E+14 | 0,34041222 | 0,880020118 |
| *2 | 0,707 | 40.00 | 110.3 | -1,8 | 7,59E+14 | 0,27325749 | 0,461101691 |
| 661345a | 0.486 | 71.50 | 97.8 | -1,9 | 3,66E+13 | 0,08165464 | 0,00616455 |
| 661345b | 0.884 | 71.60 | 97.3 | -2,1 | 1,61E+13 | 0,32542602 | 0,010420303 |
| 670805 | 0.908 | 60.10 | 98.2 | -1,5 | 7,07E+14 | 0,02907181 | 0,06373408 |
| 670821 | 0.844 | 60.50 | 99.0 | -2.0 | 4,59E+14 | 0,04798731 | 0,042509329 |
| 670866 | 0.573 | 61.70 | 107.5 | -0,5 | 6,57E+13 | 0,07840889 | 0,0394236 |
| 670931 | 0.756 | 61.00 | 95.0 | -3,4 | 2,11E+14 | 0,19704662 | 0,000228226 |
| 670954 | 0.806 | 63.70 | 93.6 | -1.0 | 6,03E+14 | 0,02206727 | 0,062756036 |
| 770954 | 0.857 | 57.80 | 93.0 | -7,2 | 2,08E+15 | 7,47376213 | 0,232231039 |
| 7709533 | 0.510 | 60.80 | 89.0 | -6,3 | 9,77E+14 | 2,34119239 | 0,080338135 |
| 770981 | 0.581 | 38.8 | 96.5 | -4,4 | 7,59E+14 | 0,35514297 | 0,054741429 |
| 771033 | 0.386 | 61.40 | 107.5 | -2,1 | 1,78E+14 | 0,12946318 | 0,039596675 |
| 781285c | 0.672 | 61.90 | 105.0 | -2,9 | 1,91E+15 | 0,15130061 | 0,237767548 |
| 790846a | 0.588 | 42.70 | 93.8 | -3.0 | 3,16E+15 | 0,17527237 | 0,440229942 |
| 800992b | 0.807 | 61.70 | 94.0 | -5,8 | 5,37E+16 | 1,76213255 | 5,447324057 |
| 801061b | 0.687 | 60.40 | 100.0 | -4,8 | 9,12E+14 | 0,69297406 | 0,099218208 |

где H – высота однородной атмосферы, I_m и q_m , интенсивность свечения и линейная электронная плотность на высоте радиотражения, τ_{ϕ} – коэффициент свечения и β – коэффициент ионизации, Z – зенитное расстояние радианта метеора и μ – средняя масса метеорного атома. Вначале для вычисления фотографической массы была использована шкала масс как в [Сводн.катал], а радиолокационная как в [Нарзиев 2013]. При расчетах масс всех метеоров использован одинаковая средняя масса метеорного атома $\mu = 3.82 \cdot 10^{-23}$ г. Результаты вычисления масс метеороидов приведены также в таблице 2.

При этом среднее значение масс метеороидов, вычисленное фотографическим методом, составляет $0,93 \pm 0,42$, а среднее значение масс, полученное радиолокационным методом, равно $2,09 \pm 1,6$. Данные о средних значениях масс совместных метеоров показывают, что среднее значение фотографической массы в два раза меньше чем масса, полученная радиолокационным методом. Это означает, что шкалы масс, использованные для расчета радиолокационной массы в последней попытке, не приемлемы для интерпретации данных ярких радиометеоров.

Следовательно, требуется разрабатывать шкалы масс, которые бы обеспечили согласие между массами одних и тех же метеоров, рассчитанных оптическим и радиолокационным методами.

Для этого нам необходимо изучить зависимость отношения $\lg I/q$ от скорости для случая метеоров ярче -0^m . При этом метеоры, приведенные в Табл.1, объединены в шесть групп по скоростям с интервалом 10 км/с и для каждой группе вычислены среднеарифметические значения $\lg I_p/q$ и их среднеквадратическое отклонение. Результаты вычисления приведены в Таблице.3. Здесь N количество метеоров входящей в каждой группе.

Табл. 3. Зависимости $\lg I_p/q$ от скорости по результатам комбинированных радио-оптических наблюдений метеоров ярче -0^m

| V, км/с | 1 | 2 | 30–40 | 40–50 | 50–60 | 60–70 | 70–80 |
|----------------------------|--------|--------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| | 0–20 | 0–30 | | | | | |
| $(\lg I/q)_{\text{ст.от}}$ | -4.090 | -4.720 | -3.957 ± 0.65 | -4.207 ± 0.16 | -3.42 ± 0.7 | -4.216 ± 0.16 | -3.7 ± 0.01 |
| N | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 14 | 2 |

Анализ данных, приведенных в таблице, показывает, что в диапазоне скоростей метеоров от 10 до 30 км.с⁻¹ данные статистически необеспечены. Анализ средних значений отношений $\lg I_p/q$ и вычисленные их стандартные отклонение для оставшейся группы метеоров свидетельствует о том, что оно в диапазоне скоростей $\lg I_p/q$ варьируется незначительно и практически остается постоянной. Средние значения отношения $\lg I/q$, вычисленных по всем массивам данных, составляют -4.12 ± 0.12 .

Из уравнения свечения и ионизации следует, что отношение интенсивности свечения I_p к линейной электронной плотности q определяется следующим выражением:

$$I_p/q = \mu \tau_p V^3 / 8 \beta \quad (1)$$

Согласно табл.1. усредненное значение $\lg I_p/q$ составляет -4.12 ± 0.12 . Полученное усредненное значение $\lg I_p/q$ для метеоров ярче -0^m по результатам комбинированных наблюдений, позволяет с использованием уравнение (1), и данных о коэффициенте свечения, используемых для вычисления фотографической массы метеороидов в [Сводн. катал.] по формуле

$$\tau_p = \tau_o \cdot V$$

где $\log \tau_o = -9,3$, вычислить коэффициент ионизации для заданного значения скорости метеора. Вычисленные значения β для различных значений скоростей приведены в Таблице 4.

Таблица 4. Зависимость коэффициента ионизации β от скорости при использовании численных значений отношения $\lg I/q = -4.12 \pm 0.12$ и $\log \tau_o = -9,3$.

| V км/с | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
|---------|---------|--------|-------|-------|--------|------|------|
| β | 0.00013 | 0.0020 | 0.010 | 0.032 | 0.0789 | 0.16 | 0.30 |

Данные, представленные в таблицах 1 и 3, позволяют вычислить массу одних и тех же метеоров двумя методами. Расчет фотографической и радиолокационной массы метеороидов осуществлялся по известным формулам (1) и (2) [Нарзиев, 2013].

Ввиду того, что в случае радиолокационных наблюдений ярких метеоров, точки зеркальных радиоотражений весьма разбросаны относительно высоты максимального свечения, мы для расчета фотометрической и радиолокационной массы метеороидов использовали данные абсолютной звездной величины и линейной электронной плотности на высоте радиоотражения. При этом по кривым блеска для высоты радиоотражения каждого метеора снималось значение абсолютной звездной величины метеора M_{ph} . Интенсивности свечения I_p вычислялось по известной формуле:

$$M_p = 24.3 - 2.5 \lg I_p$$

Табл.5. Результаты вычисления фотографической и радиолокационной массы с использованием шкалы масс метеоров слабее $+0^m$

| N | Cos Z_R | V n/c | $H_{от}$ n | $M_{от}$ | q_r | $m_{ph} * 10^3$ | $m_r * 10^3$ |
|---------|-----------|----------|---------------|----------|----------|-----------------|--------------|
| 3 | 0,826 | 59.99 | 102.9 | -0,3 | 9,12E+13 | 11.61277 | 11.612775 |
| 4 | - | - | 98.0 | -0,9 | 5,37E+14 | - | - |
| 5 | 0,3535 | 43.90 | 101.0 | -1,5 | 3,98E+14 | 285.7687 | 413.061271 |
| 12 | 0,8903 | 29.10 | 90.0 | -1,6 | 1,20E+15 | 644.3577 | 2565.224732 |
| 30 | 0,6668 | 14.30 | 88.5 | -1.0 | 1,62E+14 | 8489.77666 | 7923.120103 |
| 31 | 0,4597 | 69.40 | 110.5 | -0,15 | 3,89E+14 | 10.14579 | 49.691927 |
| 35 | 0,6093 | 38.50 | 91.4 | -1.0 | 5,62E+14 | 176.82622 | 572.198096 |
| 44 | 0,7804 | 63.60 | 99.0 | -1,75 | 5,89E+14 | 36.9887 | 62.81586 |
| 45 | 0,707 | 65.80 | 102.0 | -1,2 | 6,92E+14 | 21.47378 | 71.106365 |
| 54 | 0,707 | 65.70 | 99.0 | -3,2 | 5,13E+15 | 136.31717 | 530.334927 |
| *1 | 0,707 | 37.00 | 94.9 | -1,7 | 9,77E+14 | 340.41222 | 1004.627446 |
| *2 | 0,707 | 40.00 | 110.3 | -1,8 | 7,59E+14 | 273.25749 | 570.916127 |
| 661345a | 0.486 | 71.50 | 97.8 | -1,9 | 3,66E+13 | 81.65464 | 7.506923 |
| 661345b | 0.884 | 71.60 | 97.3 | -2,1 | 1,61E+13 | 325.42602 | 10.930255 |
| 670805 | 0.908 | 60.10 | 98.2 | -1,5 | 7,07E+14 | 29.07181 | 74.623068 |
| 670821 | 0.844 | 60.50 | 99.0 | -2.0 | 4,59E+14 | 47.98731 | 50.477741 |
| 670866 | 0.573 | 61.70 | 107.5 | -0,5 | 6,57E+13 | 78.40889 | 46.986203 |
| 670931 | 0.756 | 61.00 | 95.0 | -3,4 | 2,11E+14 | 197.04662 | 26.205859 |
| 670954 | 0.806 | 63.70 | 93.6 | -1.0 | 6,03E+14 | 22.06727 | 76.597956 |
| 770954 | 0.857 | 57.80 | 93.0 | -7,2 | 2,08E+15 | 7473.76213 | 201.18269 |
| 7709533 | 0.510 | 60.80 | 89.0 | -6,3 | 9,77E+14 | 2341.19239 | 233.856701 |
| 770981 | 0.581 | 38.80 | 96.5 | -4,4 | 7,59E+14 | 355.14297 | 68.050511 |
| 771033 | 0.386 | 61.40 | 107.5 | -2,1 | 1,78E+14 | 129.46318 | 23.877684 |
| 781285c | 0.672 | 61.90 | 105.0 | -2,9 | 1,91E+15 | 151.30061 | 296.049357 |
| 790846a | 0.588 | 42.70 | 93.8 | -3.0 | 3,16E+15 | 175.27237 | 546.805588 |
| 800992b | 0.807 | 61.70 | 94.0 | -5,8 | 5,37E+16 | 1762.13255 | 6254.857515 |
| 801061b | 0.687 | 60.40 | 100.0 | -4,8 | 9,12E+14 | 692.97406 | 130.60369 |

Наличие длительности радиоэхо на высоте радиоотражения позволяли вычислить значение линейной электронной плотности и следовательно массы метеороида. Данные о M_p и q наряду с другими данными атмосферной траектории метеоров (скорости и зенитное расстояние Z) позволяли по формулам (3) и (4)

вычислить фотометрическую и радиолокационную массы одних и тех же метеороидов.

Результаты сопоставления фотографических и радиолокационных масс одних и тех же метеороидов показывают, что в 6 случаях массы, вычисленные двумя способами, в пределах точности измерения хорошо согласуются между собою. У десяти метеороидов фотографическая масса больше чем радиолокационная, а у 11 метеороидов фотографическая масса меньше чем радиолокационная. Средние вычисленные значения масс метеороидов фотографическим методом составляют $0,93 \pm 0,42$, а среднее значение радиолокационной массы равны $0,84 \pm 0,38$, что в пределах ошибки обе массы хорошо согласуются между собою.

Выводы:

1. По результатам одновременных фото-радиолокационных наблюдений метеоров ярче -0^m исследованы отношения интенсивности свечения к линейной электронной плотности от скорости. Установлено, что отношения $\lg I/q$ не зависят от скорости и среднее значение отношения $\lg I/q$ для метеоров ярче -0^m составляют -4.12 ± 0.12 .

2. На основе результатов одновременных фото-радиолокационных и радиотелевизионных наблюдений метеоров ярче -0^m установлены шкалы масс ярких радиометеоров.

3. Для метеоров, зарегистрированных одновременно фотографическим и радиолокационным методом, вычислены их фотометрические и радиолокационные массы, которые в пределах точности измерения находятся в удовлетворительном согласии между собою.

Список литературы:

1. Нарзиев М. Худжаназаров Х. Ф. «Массы параллельных радио-оптических метеоров по величине интенсивности свечения и линейной электронной плотности». Материалы второй международной научно-практической конференции «Роль молодых ученых в развитии науки, инновации и технологии», 11-12 мая 2017 г. Душанбе, Таджикистан, с. 146-150.

2. M. Narziev. Meteoroids mass by results of the combined Radio-Television observations. 44 rd L&Pci. Conf. (2013), abstr. #1818.pdf.

3. Лебединец В.Н. Пыль в верхней атмосфере и космическом пространстве. Метеоры. Л.: Гидрометеиздат, 1980, 246 с.

4. Narziev M., Malyshev I.F. *Isvestiya AN RT.* № 4(137), 2009 p.36-45.

5. Davies J.G., Greenhow J.S., Hall J.E. *Proc. Roy. Soc.*, 1959, A 253, N 1272, P. 121-129.

6. Babadzhanov P.B. // *DAN USSR*, 1969, t.184, number 4, pp. 800-802.

7. Сводный каталог элементов орбит и кривых блеска метеоров, сфотографированных в Институте астрофизики АН Таджикистана (Душанбе). Ответственный редактор П.Б. Бабаджанов. Душанбе, 2006, Дониш, 208 с.

8. Babadzhanov P.B., Bibarsov R.SH. *DAN USSR*, 1969, t.189, № 1, p. 67 - 69.

9. Bibarsov R.SH., Babadzhanov P.B. Определение скорости прилипания электронов по комбинированным фотографическим и радиолокационным наблюдениям метеоров. *Геомагнетизм и аэрномия*, изд-во «Наука» 11, 52, 1971. с. 303-307.

10. Бабаджанов П.Б., Бибарсов Р.Ш., Гетман В.С., Чеботарев Р.П. Некоторые результаты параллельных фото-радиолокационных наблюдений болида 12 августа 1977 г. Тез. Докл.: Всесоюз. конф. по физике и динамике малых тел Солнечной системы (Душанбе, 1-6 окт. 1982 г.). Душанбе: Дониш, 1982, с 31-32.
11. Бабаджанов П.Б., Бибарсов Р.Ш., Гетман В.С., Чеботарев Р.П. Геоф и Аэрон
12. M. Narziev. Radiotekhnika: All Ukr. Sci. Interdep. Mag.-2016., № 184, p. 49-52. M.
13. Campbell-Brown, M. D., J. Kero, C. Szasz, A. Pellinen-Wannberg, R.J. Weryk, Photometric and ionization masses of meteors with simultaneous EISCAT UHF radar and intensified video observations, *J. Geophys. Res.*, 117, 9, A09323, DOI: 10.1029/2012JA017800, 2012.
14. Robert J. Weryk, Peter G. Brown. Simultaneous radar and video meteors—II: Photometry and ionization. *Planetary and Space Science* 81 (2013) 32–47.
15. P. Brown, P. J. A. McCausland, M. Fries, E. Silber, W. N. Edwards, D. K. Wong, R. J. Weryk, J. Fries, and Z. Krzeminski. The fall of the Grimsby meteorite—I: Fireball dynamics and orbit from radar, video, and infrasound records. *Meteoritics & Planetary Science* 1–25 (2011).

PHOTOMETRIC AND IONIZATION MASSES OF THE SAME BRIGHT OPTICAL AND RADAR METEORS

M. Narziev, H.F. Hujanazarov

Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of Tajikistan, 22 Bukhoro St., 734042, Dushanbe, Tajikistan. E-mail: mirhusseyn_narzi@mail.ru

On the bases of the simultaneous photo-radar observation of meteors are brighter -0^m , the dependence of the relation of a luminous intensity to linear electronic density from velocity are investigated. It is established that relations $\lg I/q$ do not depend on velocity and averages $\lg I/q$ make value of the relation -4.12 ± 0.12 . Results of simultaneous registered optico-radar observations of meteors allowed established scales of masses of bright radio meteors.

Photometric and radar masses of the meteors registered simultaneously by photographic and radar methods were found. It is received that within the estimated error in the methods photographic and radar masses meteoroids are in the satisfactory consent between itself.

Keyword: meteor, photometric, ionization, mass.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗБУДЖЕННЯ АЗИМУТАЛЬНОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ НЕОДНОРІДНИМ ОБЕРТАННЯМ СОНЦЯ

Логинов О.О.¹, Криводубский В.Н.², Сальников М.М.¹, Пруцко Ю.В.¹

¹Інститут космічних досліджень НАНУ-ДКАУ, пр. Глушкова 40/1, Київ, 03187,
Україна, lesha.loginov@gmail.com¹,

²Астрономічна обсерваторія Київського національного університету
імені Тараса Шевченка, вул. Обсерваторна 3, Київ, 04053, Україна², krivod2@ukr.net²

В рамках теорії кінематичного динамо ми побудували математичну модель

еволюцію азимутального магнітного поля Сонця, що збуджується диференційним обертанням конвективної зони за присутності полоїдального поля реліктового походження. Ми використали профіль кутової швидкості, отриманий в результаті розшифровки даних геліосейсмологічних експериментів. На основі отриманих нами результатів ми запропонували пояснення «неправильної полярності» магнітних біполярних груп плям в сонячних циклах.

Ключові слова: конвективна зона, глобальні гідродинамічні течії, магнітні поля, диференційне обертання, геліосейсмологічні дані, МГД-моделювання, сонячні плями.

У циклі наших робіт, виконаних в останні роки [1-5], було проведено моделювання впливу просторово-часових варіацій диференційного обертання Сонця на виникнення, структуру і динаміку глобальних гідродинамічних течій в сонячній конвективній зоні (СКЗ). В роботі [4] запропонована проста математична модель для розрахунку просторової структури і еволюції в часі глобальних течій, що враховує геліосейсмологічні дані про внутрішнє обертання СКЗ. Модель базується на гіпотезі про гідродинамічної природу виникнення глобальних течій. Згідно з нашою концепцією в основі цього явища лежить чисто гідродинамічна нестійкість рідини, що обертається. Ми провели аналогію між полоїдальною циркуляцією на Сонці і вихорами Тейлора – вихровими структурами, що виникають в сферичній течії Куетта [6] при втраті стійкості шаром рідини, який обертається диференційно. При цьому ми керувалися критерієм Релея-Тейлора [7, 8] стійкості обертального руху. Нами була досліджена стійкість диференційного обертання Сонця, просторова структура якого визначена геліосейсмологічними методами [9]. В результаті проведеного моделювання була виявлена область, в якій тороїдальна (широтна) течія втрачає стійкість. Внаслідок нестійкості, яка розвивається в СКЗ, збуджуються азимутальні коливання кутової швидкості і меридіональна циркуляція, для яких притаманні просторово-часові варіації. В рамках запропонованої нами моделі показано, що обидва ці процеси є тороїдальною і полоїдальною компонентами однієї тривимірної гідродинамічної течії [1-5]. Розрахована нами гідродинамічна модель полоїдальної течії якісно збігається з картиною циркуляції речовини в підфотосферних шарах, побудованої на основі розшифровки даних геліосейсмологічних експериментів [10]. Також були виявлені зони швидкого і повільного обертання, що чергуються по широті і мігрують від високих широт до низьких впродовж періоду коливань. Виявлені зміни форми коливань по радіусу аж до дна СКЗ (тахокліну) узгоджуються з геліосейсмічними даними про розподіл торсіонних коливань по глибині [11-13]. Таким чином, отримані результати моделювання підтвердили нашу гіпотезу про те, що глобальні течії з'являються внаслідок втрати стійкості диференційного обертання.

Тепер ми робимо наступний крок. В рамках теорії кінематичного динамо ми побудували математичну модель еволюції азимутального (тороїдального) магнітного поля Сонця, що збуджується в результаті дії неоднорідного (диференційного) обертання СКЗ на полоїдальне поле реліктового походження, з урахуванням отриманих нами раніше чисельних розрахунків глобальних течій на Сонці [1]. Для опису механізму генерації магнітного поля було використано систему рівнянь ідеальної магнітної гідродинаміки (МГД) [14], яка включає рівняння руху рідини з урахуванням сили Лоренца, рівняння індукції, рівняння неперервності для

стратифікованого середовища і закон Гауса про відсутність магнітного заряду.

В моделях сонячного гідромагнітного динамо важливу роль відіграє енергетично потужне диференційне обертання, яке перетворює слабе полоїдальне магнітне поле в сильне тороїдальне поле (Ω -ефект). Тому фундаментальне значення для розуміння цього процесу має знання, як просторові зміни кутової швидкості впливають на генерацію тороїдального поля. Протягом тривалого часу для дослідників були доступні дані лише про поверхневе обертання, отримані зі спостережень сонячних плям (див., напр., піонерську роботу [15]). Новий імпульс у дослідженні диференційного обертання був отриманий у зв'язку з швидким розвитком сучасного напряму спостережної геліофізики – геліосейсмології, яка дозволяє діагностувати внутрішню структуру Сонця на підставі даних про спектр коливань його поверхневих шарів. Геліосейсмологічні експерименти свідчать, що внутрішні шари Сонця обертаються сильно неоднорідно. Тому при розрахунках ми використали розподіл кутової швидкості за радіусом і широтою у внутрішніх шарах Сонця, отриманий в результаті розшифровки даних геліосейсмологічних експериментів [9].

Згідно з правилом Гневишева-Оля [16] спостережувану 22-річну модуляцію (варіацію) висот 11-річних циклів чисел Вольфа можна пояснити присутністю в надрах Сонця слабкого реліктового квазістаціонарного полоїдального магнітного поля. Аналіз магнітографічних спостережень поверхневих, зокрема, полярних, магнітних структур Сонця свідчить [17], що протягом більшої частини тривалості циклу полоїдальне поле можна описати диполем, антисиметричним за полярністю (орієнтацією) щодо екваторіальній площині. Тому для квазіпостійного за часом полоїдального поля нами було прийнято наближення диполя.

В результаті розв'язку системи рівнянь ідеальної МГД нами були розраховані широтні профілі тороїдального поля для різних глибин в сонячній конвективній зоні (Рис. 1). Знайдено, що в області диференційного обертання для збудженого тороїдального поля притаманні суттєві флуктуації його величини за широтою і глибиною. Важливо, що в широтній «королівській зоні» сонячних плям напрямки розрахованого тороїдального поля біля дна СКЗ ($R' = 0.8, 0.7, 0.69$) і в неглибоких приповерхневих шарах ($R' = 1.0, 0.99, 0.985$) виявилися протилежними.

Згідно концепції магнітного циклу Сонця спостережувані магнітні поля плям вважаються трасерами спливаючого тороїдального поля. З урахуванням отриманих нами результатів це означає, що біполярні групи плям, що породжуються спливанням азимутально спрямованих магнітних силових трубок з глибинних і приповерхневих шарів, повинні мати протилежні знаки (полярності) головної і хвостової плям.

Сильні глибинні тороїдальні поля у відповідності з класичними уявленнями визначають постійне співвідношення знаків біполярних груп плям в кожній півсфері Сонця впродовж циклу (закон магнітних полярностей Хейла [18]). Разом з тим в роботі [19] в результаті опрацювання спостережних даних за 1988-2004 рр. з каталогу Маунт-Вільсона в «королівській зоні» було виявлено невелику кількість мігруючих до екватора груп плям, які мали «неправильну полярність» біполярних груп. Автори дослідження [19] назвали їх «порушниками закону Хейла». Ми вважаємо, що отримані нами в результаті моделювання неглибокі підфотосферні тороїдальні поля (Рис. 1: $R' = 1.0, 0.99$ і 0.985), які мають протилежне спрямування по відношенню до глибинних полів, швидко спливають на поверхню Сонця і тим самим забезпечують «неправильну полярність» магнітних біполярних груп плям, що приводить до

порушення закону Хейла.

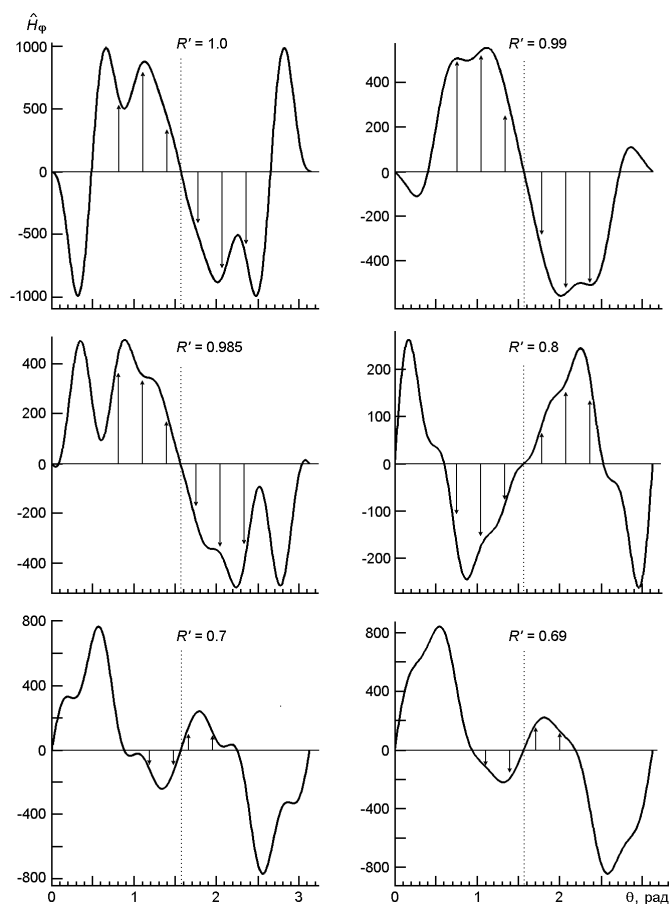


Рис. 1. Залежності відносної амплітуди азимутальної складової магнітного поля Сонця, яка збуджується диференційним обертанням, від полярного кута ϑ на різних глибинах в конвективній зоні (в діапазоні значень відносного радіуса Сонця $R' = R/R_\odot = 1.0 - 0.69$). Стрілками вказані напрямки магнітного поля в «королівській зоні» плям: $\vartheta = 0.8 - 2.4$ радіан. Вертикальна пунктирна лінія $\vartheta = 1.57$ радіан відповідає екватору.

Відзначимо підсумок циклу наших робіт останніх років, присвячених моделюванню чисто гідродинамічних процесів в СКЗ, який полягає в наступному. Для збудження глобальних течій необхідно, щоб просторова структура диференційного обертання в СКЗ задовольняла критерію Релея нестійкості рідини, що обертається (згідно з яким величина радіального градієнта кутової швидкості повинна бути більше деякого критичного значення).

Разом з тим, в даній роботі в результаті моделювання показано, що при наявності «затравочного магнетизму» генерація тороїдальних магнітних полів у відповідності з класичними уявленнями забезпечується диференційним обертанням *без урахування його нестійкості*. Однак, на відміну від класичних результатів, ми виявили, що в приповерхневих шарах Сонця можуть збуджуватися тороїдальні поля з «неправильним» напрямком, якщо взяти до уваги геліосейсмологічні дані про широтно-радіальний розподіл кутової швидкості в СКЗ. Врахування цих полів *дозволяє пояснити «неправильну полярність»* магнітних біполярних груп плям –

відхилення від класичного розподілу Хейла полярностей головного і хвостового плям.

Список літератури:

1. Логинов А.А., Сальников Н.Н., Черемных О.К., Криводубский В.Н., Маслова Н.В. Гидродинамическая модель генерации глобального полоидального течения Солнце // *Космічна наука і технологія*. – 2011. – 17, № 1. – С.29-35.
- 1 2. Loginov A.A., Salnikov N.N., Cheremnykh O.K., Zyelyk Ya.I., Maslova N.V. On the hydrodynamic mechanism of the generation of the global poloidal flux on the Sun // *Kinematics Phys. Celestial Bodies*. – 2011. – 27, No. 5. – P.217–223.
3. Логинов А.А., Черемных О.К., Криводубский В.Н., Сальников Н.Н. Гидродинамическая модель торсионных колебаний Солнца // *Космічна наука і технологія*. – 2012. – 18, № 1. – С.74-81.
4. Логинов А.А., Криводубский В.Н., Черемных О.К., Сальников Н.Н. О пространственно-временной структуре глобальных течений на Солнце // *Вісн. Київ. ун-ту. Астрономія*. – 2012. – 48. – С.54-57.
- 2 5. Loginov A. A., Cheremnykh O. K., Krivodubskij V. N., Salnikov N. N. Hydrodynamic model of spatial and temporal variations of poloidal and toroidal components of three-dimensional solar flows // *Bulletin of the Crimean Astrophysical Observatory*. – 2012. – 108, No 1. – P.58-63.
6. Couette M. Etudes sur le frottement des liquides // *Ann. Chem. Phys.* – 1890. – 21. – P. 433.
- 3 7. Rayleigh J.W. On the dynamics of revolving fluids // *Sci. Pap.* – 1916. – 6. – P. 447-453. – (Proc. Roy. Soc. London A. – 1916. – 93. – P.148).
- 4 8. Teylor G.I. Stability of a viscous liquid contained between two rotating cylinders // *Trans. Roy. Soc. London A.* – 1923. – 223. – P. 289.
9. Howe R., Christensen-Dalsgaard J., Hill F., Komm R.W., Larsen R.M., Schou J., Thompson M. J., Toomre J. Dynamic variations at the base of the solar convection zone // *Science*. – 2000. – 287. – P. 2456 – 2460.
10. Basu S., Antia H. M. Characteristics of solar meridional flows during solar cycle 23 // *Astrophys. J.* – 2010. – 717, No. 1. – P.488-495.
11. Howe R., Christensen-Dalsgaard J., Hill F., Komm R.W., Larsen R.M., Schou J., Thompson M.J., Toomre J. Deeply penetrating banded zonal flow in the solar convection zone // *Astrophys. J.* – 2000. – 533. – P. L163-166.
- 5 12. Howe R., Christensen-Dalsgaard J., Hill F., Komm R., Schou J., Thompson M. J. Solar convection-zone dynamics, 1995–2004 // *Astrophys. J.* – 2005. – 634. – P.1405-1415.
- 6 13. Kosovichev A. G. Probing solar and stellar interior dynamics and dynamo // *Advances in Space Research*. – 2008. – 41. – P.830-837.
14. Ладиков-Роев Ю. П., Черемных О. К. Математические модели сплошных сред. – Киев.: Наук. думка, 2010. – 552 с.
15. Newton H.W., Nunn M.J. The Sun's rotation derived from sunspots 1934-1944 and additional results // *MNRAS*. – 1951. – 111. – P.413.
16. Гневышев М.Н., Оль А.И. О 22-летнем цикле солнечной активности // *Астрон. журн.* – 1948. – 25, №1. –С.18-20.
17. Altschuler M.D., Trotter D.F., Newkirk G.Jr., Howard R. The large-scale solar magnetic field// *Solar Phys.* – 1974. – 39. – P. 3-17.

18. Hale G.E., Nicholson S.B. The low of Sun-spot polarity// *Astrophys. J.* – 1925. – 62. – P.270.

19. Хлыстова А.И., Соколов Д.Д. Тороидальное магнитное поле по данным о группах, нарушающих правило Хейла // Сб. «Солнечная и солнечно-земная физика – 2008». – Санкт-Петербург: Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, 2008. – С.373-374.

SIMULATION OF THE GENERATION OF THE AZIMUTHAL MAGNETIC FIELD OF THE SUN BY NON-UNIFORM ROTATION

Loginov O.O., Krivodubsky V.N., Salnikov M. M., Prutsko Y.V.

Simulation of the generation of the azimuthal magnetic field of the Sun by non-uniform rotation. Loginov A.A., Krivodubskij V.N., Salnikov N.N., Prutsko Yu.V. – Within the framework of the kinematic dynamo theory, we constructed a mathematical model for the evolution of the azimuthal magnetic field of the Sun, excited by the differential rotation of the convective zone in the presence of the poloidal field of relic origin. We used the velocity profile obtained as a result of decoding the data of helioseismological experiments. On the basis of obtained results, we proposed an explanation for the "incorrect polarity" of magnetic bipolar groups of spots in solar cycles.

Keywords: convection zone, global hydrodynamic currents, magnetic fields, differential rotation, helioseismological data, MHD-modeling, sunspots.

ПРОГНОЗУВАННЯ МАГНІТНИХ ЦИКЛІВ СОНЦЯ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ АЛЬФА-ОМЕГА ДИНАМО

Криводубський В.Н.

Астрономічна обсерваторія

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка
вул.Обсерваторна, 3, Київ, 04053, Україна, krivod2@ukr.net*

Проаналізовано проблему прогнозування параметрів магнітних циклів Сонця в рамках моделі $\alpha\Omega$ -динамо на підставі функціональної залежності між спостереженими магнітними індексами. Зроблено висновок, що модель динамо при залученні даних спостережень сонячних плям поточного циклу служить надійною основою прогнозів параметрів наступного циклу.

Ключові слова: Сонце, турбулентність, магнітні поля, сонячні плями, цикли активності, динамо-модель, прогнози активності.

Згідно моделі $\alpha\Omega$ -динамо радіальний градієнт кутової швидкості $\partial\Omega/\partial r$ діє на полоїдальне магнітне поле B_p , в результаті чого генерується тороїдальне магнітне поле B_t (Ω -ефект): $B_t \sim B_p \partial\Omega/\partial r$. Водночас спіральна турбулентність, діючи на тороїдальне поле B_t , регенерує нову полоїдальну магнітну компоненту протилежного знаку - B_p (α -ефект): $B_p \sim \alpha B_t$ (α – параметр спіральності) [1].

В роботі [2] на підставі даних спостережень вперше в рамках моделі $\alpha\Omega$ -динамо було теоретично обґрунтовано *функціональний зв'язок* між амплітудою полоїдального поля B_p , що спостерігається в полярних областях в мінімумі циклу, і

інтенсивністю плямоутворення (числами Вольфа W) наступаючого циклу, яка визначається величиною спливаючого тороїдального поля V_T . Виявлена кореляція зумовлена досить стабільною регулярністю диференційного обертання $\partial\Omega/\partial t$, якому властиві лише незначні зміни в часі [3]. Тому полоїдальне поле V_P в епоху мінімуму циклу зумовлює величину згенерованого тороїдального поля V_T , а значить і активність плямоутворення, в наступаючому циклі. Згодом на підставі спостережених даних останніх 9 циклів було встановлено залежності річних значень міжнародних чисел сонячних плям R_{\max} від дипольного моменту DM полярного магнітного поля визначеного в мінімумі циклу [4] (рис. 1). Виявлена тісна кореляція між спостереженим полоїдальним полем в мінімумі циклу і амплітудою наступного циклу свідчить, що Ω -ефект служить надійною складовою механізму сонячного $\alpha\Omega$ -динамо, а вимірювання полоїдального поля в мінімумі циклів можна залучати для прогнозів наступних максимумів циклів.

Оскільки α -ефект перетворює тороїдальне поле V_T в полоїдальне V_P , то у дослідників були наївні очікування функціональної залежності полоїдального поля V_P в епоху мінімуму нового циклу (коли поле V_P досягає свого максимального значення) від амплітуди (чисел Вольфа W) старого циклу, подібної до зумовленої Ω -ефектом функціональної залежності W від V_P [4], яка зображена на рис.1.

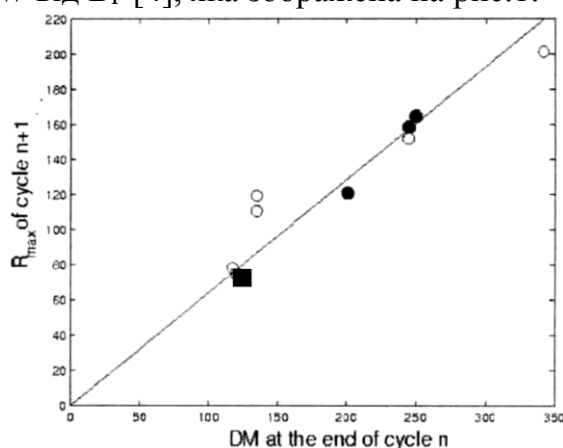


Рис. 1. Максимальна потужність сонячних циклів R_{\max} як функція дипольного моменту DM полярного магнітного поля попередніх сонячних мінімумів. Світлі кружки – DM , оцінений на підставі A -індексу крупномасштабного магнітного поля [5], темні кружки – DM , отриманий в результаті прямих вимірювань полярного магнітного поля в мінімумі 21-23 циклів [6]. Квадрат – прогноз максимуму 24-го циклу, розрахований в 2007 році [4] на підставі оцінок DM в мінімумі циклу і лінійної залежності, показаної на цьому графіку. Малюнок взято із роботи [4].

Однак, виявилось, що амплітуда поточних не корелює з дипольним полоїдальним полем V_P в кінці цих циклів [7, 8] (див. рис. 26). В термінах динамо-теорії це нібито свідчило про відсутність функціональної залежності полоїдального поля V_P в кінці циклів від тороїдального поля V_T в максимумі циклів.

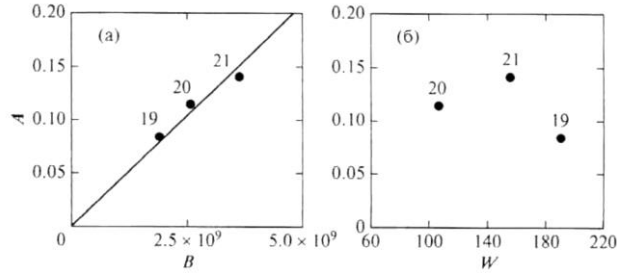


Рис. 2. (а) – Положення окремих сонячних циклів в координатах величин B , розрахованих за формулою (1) (площа найбільшої плями в певній групі була взята в мільйонних частиках сонячної півсфери, а відстань між зваженими центрами протилежних магнітних полярностей – в кілометрах), і значень індексу A крупномасштабного магнітного поля (магнітним моментом крупномасштабного полюїдального поля) [5] в наступні мінімуми активності. Біля розрахованих точок вказано номери циклів; спостережені дані для яких брались із Каталогу сонячної діяльності Пулковської астрономічної обсерваторії [9]. Отримана лінійна кореляція описується спів відношенням $A = 4,1 \times 10^{-11} B$. (б) – Те ж саме для амплітуди циклів W (максимальні усереднені за рік числа Вольфа) і індексу A в наступні мінімуми циклів. Малюнок взято із роботи [7].

Як згодом виявилось, це було зумовлено тим, що, на противагу майже стабільному в часі глибинному Ω -ефекту, поверхневому α -ефекту Бєбкока-Лейтона, який пов'язаний з правилом Джоя [10] (див. Рис. 3), і визначається кутами нахилу (англ. *tilt angle*) магнітних осей біполярних груп плям до широтного напрямку, турбулентною дифузією і меридіональною циркуляцією, властива значна хаотичність в часі і просторі [7, 11].

Ситуація, однак, кардинально змінилася після того, як було запроваджено параметр магнітної потужності сонячних плям циклу, який представляє собою сумарний добуток трьох величин: площі найбільшої плями у кожній групі S_i , спостереженій впродовж циклу, геометричної протяжності біполярних магнітних груп l_i і кутів нахилу осей біполярних груп до екватору $\sin \alpha_i$ [7, 11, 12]

$$B = \sum S_i l_i \sin \alpha_i, \quad (1)$$

Підсумовування ведеться за всіма активними областями, що спостерігаються в певний проміжок часу, індекс сумування i відповідає окремій групі плям, а зазначені параметри беруться для фази максимального розвитку кожної групи. Формула (1) надає можливість оцінити внесок механізму Бєбкока-Лейтона в генерацію полюїдального поля на підставі засвоєння (асиміляції) спостережених даних біполярних груп сонячних плям.

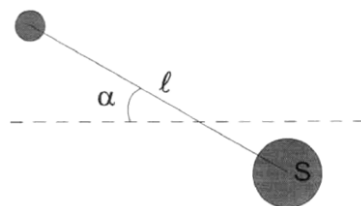


Рис. 3. Ілюстрація правила Джоя [10] біполярних магнітних груп плям: S – площа найбільшої плями в групі, l – відстань між центрами протилежних магнітних

полярностей, α – кут нахилу магнітних осей біполярних груп плям до широтного напрямку. Пунктирна лінія показує локальну сонячну паралель в північній півкулі, екватор знаходиться внизу, тому кут нахилу α – позитивний. Малюнок взято із роботи [7].

В роботі [7] на підставі спостережених даних 19 – 21-го циклів виявлено хорошу кореляцію між сумарним внеском всіх сонячних груп плям B (розрахованим з допомогою виразу (1) шляхом асиміляції площі найбільшої плями в біполярній магнітній області, протяжності і кута нахилу кожної біполярної групи плям) і крупномасштабним дипольним магнітним полем в кінці циклів A (Рис. 3а).

В роботах [11, 13] ці результати було підтверджено на підставі довшого ряду (за 14 – 21-й сонячні цикли) спостережених даних (див. Рис. 5). Це свідчить про те, що при спільному засвоєнні (асиміляції) кутів нахилу, площі плям і протяжності біполярних груп відновлюється функціональна залежність полярних магнітних потоків на початку нових циклів (коли полоїдальне поле B_P досягає свого максимального значення) від асимільованого параметру сонячних плям попереднього циклу.

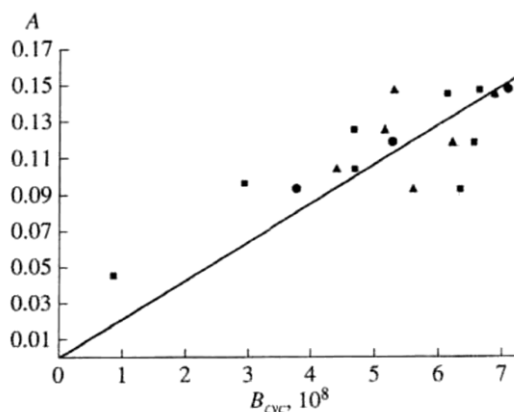


Рис. 5. Залежність значень індексу дипольного магнітного поля A [5] в мінімумах активності окремих циклів від магнітної потужності плям поточних циклів $B_{\text{сун.}}$. Кружками показано дані Каталогу Пулковської астрономічної обсерваторії (19 – 21-й цикли) [9], трикутниками – обсерваторія Маунт-Вілсон (16 – 21 цикли) [14], квадратами – обсерваторія Кодайканал (14 – 21-й цикли) [14]. Наведена лінійна кореляція описується співвідношенням $A = 2,16 \times 10^{-10} B_{\text{сун.}}$. Малюнок взято із роботи [13].

В рамках моделі турбулентного динамо це свідчить про те, що поверхневий α -ефект Беккока-Лейтона зумовлює регенерацію нового полоїдального магнітного поля B_P , а асимільований параметр магнітної потужності плям є невід'ємною компонентою майбутніх прогнозів активності сонячних циклів на основі моделей $\alpha\Omega$ -динамо.

Список літератури:

1. Krivodubskij V.N. Turbulent dynamo near tachocline and reconstruction of azimuthal magnetic field in the solar convection zone// *Astron. Nachrichten.* – 2005. – 326, No. 1. – P. 61-74.

2. Schatten K.H., Scherrer P.H., Svalgaard L., Wilcox J.M. Using dynamo theory to predict the sunspot number during cycle 21// *Geophys. Res. Lett.* – 1978. – 5. – P.411-414.
3. Kitchatinov L.L. The solar dynamo: Inferences from observations and modelling// *Geomagnetism. Aeronomy.* – 2014. – 54. – P. 867-876.
1. 4. Jiang J., Chatterjee P., Choudhuri A.R. Solar activity forecast with a dynamo model // *MNRAS.* – 2007. – 381, No. 4. – P.1527-1542.
5. Makarov V.I., Tlatov A.G., Callebaut D.K., Obridko V.N., Shelting B.D. Large-scale magnetic field and sunspot cycles// *Solar Phys.* – 2001. – 198, No. 2. – P.409-421.
6. Svalgaard L., Cliver E.W., Kamide Y. Sunspot cycle 24: Smallest cycle in 100 years?// *Geophys. Research Lett.* – 2005. – 32, No. 1. – CiteID L0110
7. Kitchatinov L.L., Olemskoy S.V. Does the Babcock-Leighton mechanism operate on the Sun?// *Astron. Lett.* – 2011. – 37. – P.656-658.
1. 8. Muñoz-Jaramillo A., Dasi-Espuig M., Balmaceda L.A., DeLuca E.E.// Solar cycle propagation, memory, and prediction: insights from a century of magnetic proxies// *Astroph. J. Lett.* – 2013. – 767, Is.2, article id. L25, 7 pp.
2. 9. http://www.gao.spb.ru/database/csa/groups_r.htm.
10. Hale G.E., Ellerman F., Nicholson S.B., Joy A.H. The magnetic polarity of sunspots// *Astrophys. J.* – 1919. – 49. – P. 153-186.
11. Kitchatinov L.L. The solar dynamo: Inferences from observations and modelling// *Geomagnetism. Aeronomy.* – 2014. – 54. – P. 867-876.
12. Dasi-Espuig M., Solanki S.K., Krivova N.A., Cameron R., Peñuela T. Sunspot group tilt angles and the strength of the solar cycle // *Astronomy. Astrophys.* – 2010. – 518, id.A7. – 10 pp.
13. Olemskoy S.V., Choudhuri A.R., Kitchatinov L.L. Fluctuations in the alpha-effect and grand solar minima// *Astron. Reports.* – 2013. – 57, No. 6. – P.458-?
14. ftp:ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUNSPOT_REGIONS.

FORECASTING OF MAGNETIC CYCLES OF THE SUN BASED ON THE ALPHA-OMEGA DYNAMO-MODEL

Krivodubsky V.N.

Forecasting of magnetic cycles of the Sun based on the alpha-omega dynamo-model, by Krivodubskij V.N. – The problem of prediction of the parameters of the magnetic cycles of the Sun within the framework of the $\alpha\Omega$ -dynamo model is analyzed on the basis of the functional dependence between the observed magnetic indices. It is concluded that the dynamo model with the use of observations of sunspots of the current cycle serves as a reliable basis for predictions of the parameters of the next cycle.

Keywords: Sun, turbulence, magnetic fields, sunspots, activity cycles, dynamo-model, activity predictions.

INVESTIGATION OF THE COMET 29P/SCHWASSMANN-WACHMANN 1 IN AUGUST 2016

¹Luk'yanyk I. V., ^{2,3}Ivanova O. V., ⁴Picazzio E., ⁵Cavichia de Moraes Oscar,
⁴Amaury Augusto de Almeida and ⁶Andrievsky S. M.

¹*Astronomical Observatory, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine (iluk@observ.univ.kiev.ua)*

²*Astronomical Institute of the Slovak Academy of Sciences, Slovak Republic*

³*Main Astronomical Observatory of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine*

⁴*Universidade de São Paulo, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Brasil*

⁵*Instituto de Física e Química, Universidade Federal de Itajubá, Brasil*

⁶*Astronomical Observatory, Odessa National University, Ukraine*

We carried out photometric and spectroscopic observations of comet 29P/Schwassmann–Wachmann 1 at the SOAR 4.1-meter telescope (Chile) on August 11, 2016. The spectra revealed the presence of CO^+ and N_2^+ emissions in the cometary coma at a distance of 5.9 AU from the Sun. The ratio $[N_2^+]/[CO^+]$ within the projected slit be of 0.01. The images obtained through BVRI filters showed a faint, dust coma. We estimated a color index and a color excess for the comet. The parameter $Af\rho$, which is used as an indicator of a cometary activity, was measured. We also investigated the morphology of the comet using digital filters and found two jets in the coma.

Keywords: comet, 29P/Schwassmann-Wachmann 1, photometry, spectroscopy

1. Introduction

Small bodies with orbits beyond that of Neptune are of interest because they must have undergone minimal changes since the Solar System formation. The equilibrium temperature (6140 K) at these distances is too low to ensure a significant level of physical activity caused by the sublimation of water ice. Investigations of centaurs or other distant comets may help us to solved many problems, for example:(1) can the comets which are active at large distances, as well as active centaurs, bereckoned as special ones, i.e. formed in the regions with local elementary compositions different from those ones in traditional comets and other centaurs?(2) Do the physical properties of the nuclei of active comets and active centaurs agree with each other? (3) Which gas drives the matter out-ow from the cometary nuclei? (4) What is the scenario for the lifetime of this gas in the cometary nucleus? (5) What are the mechanisms of the gas outflow? (6) What is the origin and what are the properties of dust particles which form tails and comas of the target objects? Therefore, as of today, the active centaur 29P/Schwassmann-Wachmann 1 (hereafter SW1) is still the most interesting and studied distant object. In this work we carried out investigation of comet SW1 at the SOAR 4.1-meter telescope. The comet was observed at the heliocentric distance of 5.9 AU, and showed low activity and faint coma.

2. Observations

Photometric and spectrophotometric observations were made at the SOAR 4.1 m telescope in Cerro Pachón - Chile during August 11, 2016. The Goodman imaging/spectrograph was used with a 600 l/mm grid, which provides for the spectroscopic mode a reciprocal dispersion of 0.065 nm/pixel and, using a 1.68 arcsec slit width, a spectral element resolution of 0.73 nm. The SOAR Goodman spectrograph blue camera features one 4096 x 4096 pixel Fairchild CCD and a 7.2 arcmin in diameter field of view in the imaging mode. The photometry was done with Bessel BVRI filters and the exposures were 3x200 + 60 s (B), 3x200 + 60 + 30 s (V), 3x100 + 30 + 10 s (R), 2x200 + 100 + 30 s (I). In order to increase the signal-to-noise ratio for image analysis, we co-added the images obtained for each filter. The integrated magnitude of the comet was obtained as a function of the aperture. The photometric standard-star fields TPHE A, D, C (Landolt, 1992) were observed

in order to provide absolute flux calibration. The seeing was stable during the night, with a mean value of 0.8 arcsec FWHM. The cometary spectra were acquired with 10 exposures of 1200 s each, which were also co-added to increase the final signal-to-noise ratio. The spectrophotometric standard stars LTT 9491 from Hamuy et al. (1992, 1994) was observed with a long slit of 3 arcsec width, allowing a more precise flux calibration. Cu-Ar arcs were taken immediately after each 3 exposures of science spectra in order to perform wavelength calibration. Data reduction was performed using the IRAF package, following the standard procedure for ccd reduction, i.e. correction of bias and flat-field. The spectral images were extracted and calibrated in wavelength and ux. Atmospheric extinction was corrected through mean coefficients derived for the CTIO observatory.

3. Results

From the spectral and photometrical data, it was possible to obtain the distribution of energy in wavelength, to identify the molecular emissions, and to estimate the dust color and dust production rate (like (Ivanova et al., 2016)). The comet SW1 shows long-term outburst activity in the form of dust jets, which can be considered typical for this comet. To select the weak contrast structures (jets) in the images of the dust coma, we used the special software Astroart, which is provided with a number of digital filters. To eliminate false details, each of the filters was separately applied to each image. After this filtering we selected jets structures (see Figure 1).

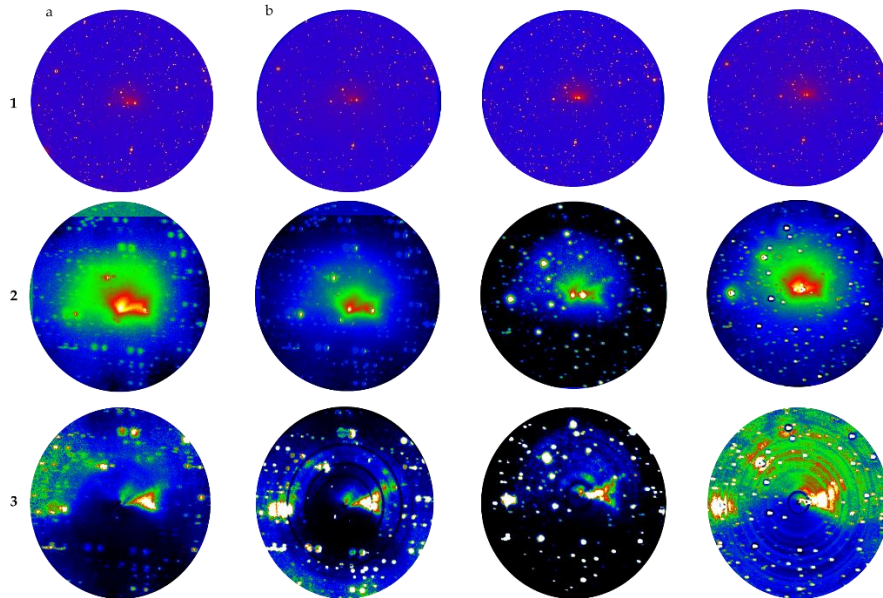


Figure 1: Filtering of the comet SW1 images

The panel 1 shows the comet SW1 image as observed through broadband filters of the Johnson-Cousins UBVRI system: a – B-filter; b – V-filter; c – R-filter; d – I-filter

The panel 2 shows the comet SW1 image after using total median image filter for the same images like on Panel 1. The panel 3 shows the comet SW1 image after using azimuth normalized filter for the same images like on Panel 1.

Using the median filter with wide window, we obtained a smoothed curve that reproduces spectral dependence of the solar radiation scatter efficiency caused by the cometary dust particles. The result is given in Figure 2, and one can see that there is a nonlinear increase with the wavelength of the scattering efficiency. For our observations the normalized reflection ability:

$$S'(\lambda_1, \lambda_2) = 11,31 \pm 0,04\% \text{ for the range } 4430\text{-}5260 \text{ \AA}$$

The strongest features seen along the whole observed spectral window are the CO^+ bands from the comet tail. The lines (2,0), (3,0), (2,0), (1,0), (5,1), (3,1), (2,1), (4,2), (3,2), (0,0), and (1, 1) of the vibrational transitions band system ($A^2\Pi-X^2\Sigma$) of the CO^+ are clearly seen in Figure 2. Two weak bands, (0,1) and (1,2) from the ($B^2\Sigma-A^2\Pi$) system (Baldet–Johnson) of the CO^+ ion, were detected as well. The N_2^+ of the ($B^2\Sigma-X^2\Sigma$) electronic system is shown also.

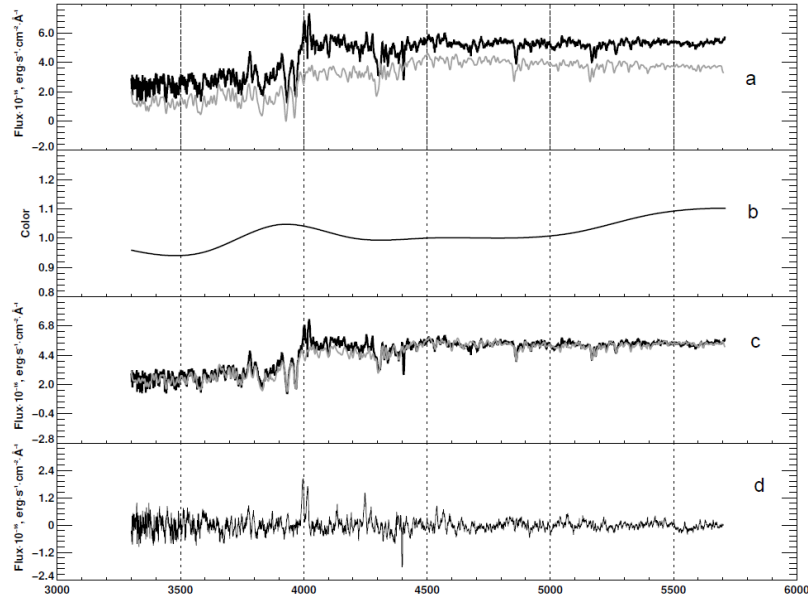


Figure 2: The results of processing the spectrum of comet 29P/Schwassmann-Wachmann 1: (a) the energy distribution in the comet's spectrum (black line) and the arbitrarily normalized spectrum of the Sun (gray line); (b) the normalized spectral dependence of the reflectivity of dust; (c) the spectrum of the comet (black line) and the calculated comet's continuum (gray line); (d) the emission component in the comet's spectrum.

The N_2^+ / CO^+ ratio is important in our understanding of the Solar System nebula formation. To estimate that ratio, we used integrated intensities of the CO^+ (2, 0) and N_2^+ (0, 0) bands. The column density (N) is defined by $N=Lg_{\nu\nu'}$, where L is the integrated band intensity and $g_{\nu\nu'}$ is the excitation factor.

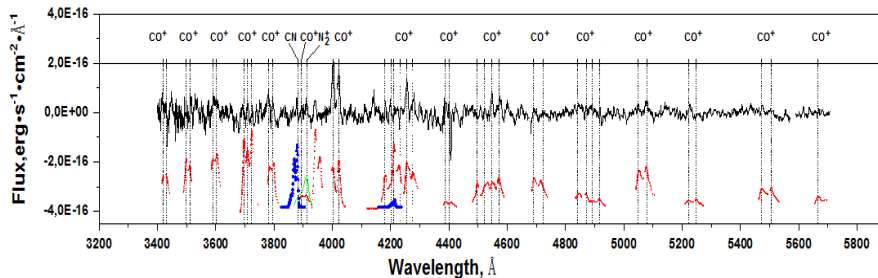


Figure 3: Linear spectrum and molecular emissions of the comet SW1. Color lines in bottom are the theoretical spectra predicted for the molecules CN (blue), N_2^+ (green) and CO^+ (red).

We used excitation factors of 7.0×10^{-2} photons \cdot s $^{-1}$ \cdot mol $^{-1}$ for the N_2^+ (0, 0) band and 3.55×10^{-3} photons \cdot s $^{-1}$ \cdot mol $^{-1}$ for the CO^+ (2, 0) band. Finally, the ratio can be derived using the following expression:

$$\frac{N_2^+}{CO^+} = \frac{g_{CO^+}}{g_{N_2^+}} \cdot \frac{L_{N_2^+}}{L_{CO^+}}$$

If only the (2,0) band column density of CO^+ is used, then $[N_2^+]/[CO^+]$ should be equal to 0.01. The sublimation temperatures of CO and N_2 are 25 K and 22 K, respectively. Recent laboratory experiments indicate that the ice grains, which accumulated to produce the comet nuclei, were formed by freezing of water vapour at about 25 K. So, the comets may have been formed either beyond Neptune orbit, or at an early stage of the Solar System formation.

Summary and Conclusions

Using digital filters, we succeeded to isolate some structures in cometary coma (2 jets). Spectral dependence of the light scattering by the cometary dust obtained from the spectral observations of comet SW1 is typical for earlier observed comets: the mean value of the normalized spectral gradient equals to $11,31 \pm 0,04\%$ for the range 4430–5260 Å. SW1 is a CO^+ and N_2^+ rich comet. The result suggests that the comets were possibly formed in a low temperature (about 25 K) environment. The value of $[N_2^+]/[CO^+]$ is equal to 0.01.

Acknowledgements

This research is based on observations obtained at the Southern Astrophysical Research (SOAR) telescope, which is a joint project of the Ministério da Ciência, Tecnologia, e Inovação (MCTI) da República Federativa do Brasil, the U.S. National Optical Astronomy Observatory (NOAO), the University of North Carolina at Chapel Hill (UNC), and Michigan State University (MSU).

References

- Ivanova O.V., Luk'yanyk, I.V., Kiselev, N.N., et al. Photometry and spectral analyzing of activity the comet 29P/Schwassmann-Wachmann1, Planetary and Space Science, Vol. 121, pp.10–17, 2016
- Landolt, A. U., 1992. UBVRI photometric standard stars in the magnitude range 11.5-16.0 around the celestial equator. Astron. J. 104, 340-371.
- Hamuy, M., Walker, A. R., Suntze_, N. B., et al., 1992, Southern spectrophotometric standards, PASP 104, 533.
- Hamuy, M., Suntze_, N. B., Heathcote, S. R., et al., 1994, Southern spectrophotometric standards, 2, PASP 106, 566.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОМЕТИ 29P/ШВАССМАНН-ВАХМАНН 1 У СЕРПНІ 2016 РОКУ

¹Лук'яник І.В., ^{2,3}Іванова О.В., ⁴Пікаціо Е., ⁵Мораес О., ⁴Альмейда А.,
⁶Андрієвський С.М.

¹ Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ

²Астрономічний інститут Академії наук Словачії, Словачія

³Головна астрономічна обсерваторія НАН України, Київ

⁴Інститут астрономії, геофізики та земної атмосфери університету Сан-Пауло, Бразилія

⁵Інститут фізики університет федерального округу Ітаюба, Бразилія

⁶Астрономічна обсерваторія Одеського національного університету імені І.І.

Мечникова

Ми провели фотометричні та спектроскопічні спостереження комети 29P/Швассманн-Вахманн 1 на 4.1-метровому телескопі SOAR (Чилі) 11 серпня 2016 року. Спектри виявили наявність іонів CO⁺ та N₂⁺ в кометній комі на відстані від 5.9 а.о. від Сонця. Співвідношення [N₂⁺]/[CO⁺] становило 0.01. Зображення, отримані через фільтри BVRI, показали слабку пилову кому. Ми оцінили колор-індекс і надлишок кольору для комети. Виміряно параметр A_{fr}, який використовується як індикатор кометної активності. Ми також дослідили морфологію комети за допомогою цифрових фільтрів і знайшли три струмені в комі.

Ключові слова: комети, 29P/Швассманн-Вахманн 1, фотометрія, спектроскопія

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ЗБУДЖЕННЯ АТОМІВ FeI ЗА СПЕКТРОМ МЕТЕОРА 2 СЕРПНЯ 2011 РОКУ

Мозгова А.М.¹, Боровічка І.², Клецонок В.В.¹, Голубаєв О.В.³

¹Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

²Астрономічна обсерваторія Астрономічного інституту Академії наук Чеської Республіки, Ондржейов, Чехія

³НДІ астрономії ХНУ імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна

В роботі представлено результати визначення температури збудження атомів FeI за даними досліджень метеорного спектра, отриманого 2 серпня 2011 року в місті Ондржейов на спостережувальній станції Астрономічної обсерваторії Астрономічного інституту Академії наук Чеської Республіки.

Ключові слова: температура збудження атомів, метеор, спектр, спектральні лінії, інтенсивності спектральних ліній.

Представлений у роботі метеорний спектр отримано 2 серпня 2011 року о 21:56:11 UT (Рис.1).

Початок явища був зафіксований над пунктом з координатами:

$$\lambda_{\text{пд}}=15^{\circ},76993, \varphi_{\text{пн}}=49^{\circ},38140,$$

а кінець

$$\lambda_{\text{пд}}=15^{\circ},61661, \varphi_{\text{пн}}=49^{\circ},13797.$$

Висота появи та затухання метеора h=115,712 км та h=80,628 км відповідно. Середня швидкість руху метеорного тіла в атмосфері Землі становила 48 км/с. Це був спорадичний метеор, що мав дуже ексцентричну орбіту з перигелійною відстанню 0,969 а.о. і кутом нахилу 79,7° [1].

Спектр отримано за допомогою фіксованої ширококутної камери Tessar (1:4,5; f=360 мм), оснащеної дифракційною ґраткою 600 штр./мм. Початок і кінець експозиції – 20:10:06 UT 2011-08-02 та 2:00:26 UT 2011-08-03 відповідно.

Метеорний спектр зафіксовано на скляній пластиці розміром 24×18 см з використанням емульсії FOMAPAN 200. Зображення метеора поділено на 5 фрагментів за допомогою обтюратора з частотою обертання 15 с⁻¹, що розташовувався перед об'єктивом фотокамери (Рис.1).

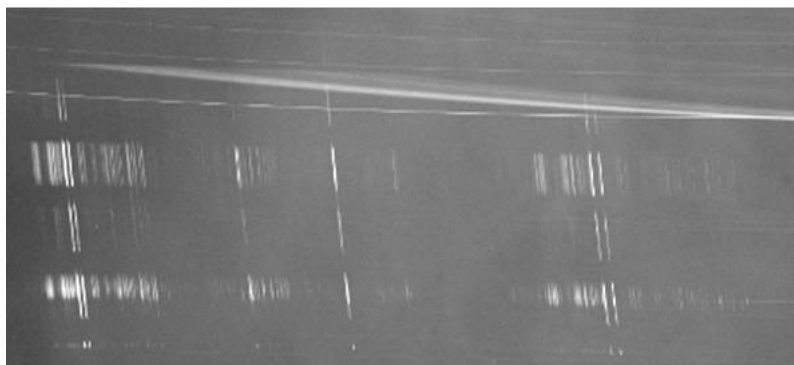


Рис.1. Спектр метеора 2 серпня 2011 року. Напрямок польоту – згори донизу. Спектр поділений на фрагменти за допомогою обтюратора. Ліворуч – перший спектральний порядок, посередині – частина другого спектрального порядку. Горизонтальні смуги – зображення нульових спектральних порядків зір. У центрі знімка зоря α Oph (Orphiuchus – Змієносець)

На знімку спостерігаються місця підвищеної інтенсивності спектральних ліній. Чітко видно лінії першого та другого спектральних порядків. Можна помітити ледь видні лінії CaII третього спектрального порядку. Дисперсія у першому спектральному порядку становить 45 Å/мм. Охоплено спектральний діапазон 3500 – 7000 Å. Між фрагментами можна помітити залишки випромінювання кожного попереднього фрагмента.

Здійснено спектрофотометричну обробку представленого спектра та проаналізовано якісний склад метеора за результатами досліджень [1].

Спектри метеорів – це переважно спектри випромінювання атомів, з яких складається метеорне тіло. У метеорних спектрах спостерігається велика кількість спектральних ліній атомів різних хімічних елементів, проте не всіх.

У представленому спектрі метеора було виявлено 125 емісійних спектральних ліній, що належать атомам CrI, FeI, MgI, SiI, AlI, MnI, CaI, TiI, NaI та FeII, CaII, MgII, TiII, SiII.

Одним із завдань кількісного аналізу метеорних спектрів є визначення температури збудження атомів в метеорній комі. Головною проблемою цього завдання є те, що метеорна плазма не перебуває в стані термодинамічної рівноваги [1, 2]. Більш того, кожна лінія певного елемента має різну оптичну товщину. У кількісному дослідженні цих ліній необхідно враховувати ефект самопоглинання в спектральних лініях. Дослідники розвивали і застосовували різні методи кількісного аналізу. Найбільш відомим і розвиненим є метод емісійних кривих росту (ЕКР), який ґрунтується на припущенні локальної термодинамічної рівноваги в об'ємі випромінювання і враховує ефект самопоглинання в спектральних лініях [2].

Використовуючи метод емісійних кривих росту, було визначено температуру збудження атомів FeI, ліній якого спостерігається найбільше в розглядуваному спектрі метеора. Для визначення температури збудження було взято дані про 57

окремих спектральних ліній FeI. Простежується зміна температури збудження атомів FeI з висотою. Результати представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати визначення температури збудження атомів FeI за спектром метеора 2 серпня 2011 року

| Висота, км | Температура, К |
|------------|----------------|
| 91,6-91,1 | 4600± 440 |
| 90,2-89,7 | 3870± 250 |
| 89,7-89,2 | 3770± 230 |
| 89,2-88,7 | 3830± 240 |
| 88,7-88,2 | 4080± 320 |
| 87,4-86,9 | 4300± 380 |
| 86,9-86,4 | 4160± 400 |
| 86,4-85,9 | 4170± 380 |
| 85,9-85,4 | 4470± 410 |
| 84,6-84,1 | 3930± 190 |
| 84,1-83,6 | 3480± 150 |
| 83,6-83,1 | 3710± 260 |
| 83,1-82,6 | 4460± 450 |
| 81,8-81,3 | 4090± 290 |

Список літератури:

1. Mozgova A.M. Identification of emission lines in a meteor spectrum obtained on August 2, 2011 / A.M. Mozgova, J. Borovichka, P. Spurny, K.I. Churyumov // *Odessa Astronomical Publications*. – 2015. – 28/2. – С. 289-291.
2. Бронштэн В.А. Физика метеорных явлений / В.А. Бронштэн. – М.: Наука, Главная редакция физ.-мат. литературы, 1981. – 416 с.
3. Cepelcha Z. Study of a bright meteor flare by means of emission curve of growth / Z. Cepelcha // *ВАС*. – 1964. – Vol.15. – №3. – P. 102-112.

DETERMINATION OF THE TEMPERATURE OF EXTREME OF FEI ATOMS AFTER METER SPECTRUM 2 AUGUST 2011

Mozgova AM., Borovichka I., Kleszhnok V.V., Golubayev O.V.

This paper presents the results of the determination of the excitation temperature of the FeI atoms according to the data of the meteor spectra obtained on August 2, 2011 in Ondrejov, at the observation station of the Astronomical Institute Observatory of the Academy of Sciences of the Czech Republic.

Keywords: atomic excitation temperature, meteor, spectrum, spectral lines, intensity of spectral lines.

О КАТАЛОГЕ РАДИАНТОВ, СКОРОСТЕЙ, ОРБИТ И АТМОСФЕРНЫХ ТРАЕКТОРИЙ 4500 РАДИОМЕТЕОРОВ, НАБЛЮДАЕМЫХ В ТАДЖИКИСТАНЕ

М. Нарзиев, Р.П. Чеботарев

Институт астрофизики АН Таджикистан, Душанбе, Бухоро 22.

mirhusseyn_narzi@mail.ru

Введение

Исследования распределения метеорного вещества в Солнечной системе и изучение таких кинематических и физических характеристики метеоров как радианты, скоростей, элементов орбит и данные атмосферной траектории метеороидов имеют важные научные и прикладные значения. Совокупность физико-кинематических характеристик метеороидов представляют большой интерес не только в области метеорной астрономии, геофизики и области распространения радиоволн, но и представляют большую ценность в области космонавтики и космогонии Солнечной системы. В частности, данные о физических свойствах метеороидов необходимы для исследования параметров распределения метеорных тел по массам, оценке плотности падающего потока и притока метеорного вещества в околоземном и межпланетном пространстве и т.д.

Один из наиболее достоверных и надёжных способов получения информации о кинематических и физических характеристик метеоров основан на результатах наземных круглосуточных базисных радиолокационных наблюдений метеоров, так как оптические наблюдений проводятся только лишь в ночное и безоблачное время суток. Следовательно, начиная со второй половины прошлого века в связи с повседневных возросшим интересом в исследовании космического пространства, исследователи метеорной астрономии уделяли особое внимание в развитии и внедрении радиолокационных методов, которые позволяют получить, информацию о метеорах круглосуточно не зависимо от времени суток и погодных условий.

Для изучения совокупных физико-кинематических и динамических характеристик метеоров и свойства атмосферы в Земной атмосфере еще в прошлом веке были созданы специальные комплексы радиоаппаратуры различной чувствительности. В частности, такие комплексы радиоаппаратуры были созданы за рубежом в Англии (Джодрэл Бэнк), Канаде (Оттаве), США (Гарварде), Японии (Сигараки), Чехии (Ондржееве), Словении, Новой Зеландии, Австралии (Аделаиде) и т.д., а в СССР – в Украине (Харькове), РСФСР (Казани, Обнинске, Томске) и в Таджикистане (ГисАО) и т.д. С помощью этих комплексов радиоаппаратур по ряду международных и национальных программ был организован и проведен ряд циклов годичных базисных радиолокационных наблюдений метеоров, результаты которых обобщены и отражены в десятках научных статей и частично опубликованы в виде каталогов [Kashcheev et. All., 1967; Kashcheev, Tkachuk, 1980; Korpusov, 1971; Lebedinetc et all., 1981; Nilsson, 1967; Sekanina, 1976; Brown, 2007].

Значительные успехи были достигнуты и в методическом плане измерения радиантов, скоростей и элементов орбит индивидуальных метеоров, таких как импульсно-дифракционный, дальномерно-дифракционный, дальномерный, пеленгационно-временный, метод наклонного отражения радиоволн от следа и методы наблюдений головного эхо, сущность, преимущества и недостатки каждого

изложены в [Кашеев и др., 1967]. Однако высокоточный метод измерения радиантов и скоростей метеоров, основанный на наблюдениях головного эхо, разработанный еще в 50 гг., фактически до 90 гг. не нашёл широкого применения. Только в 90 годах двадцатого века в Японии, Канаде и т.д. возобновили метод измерения скоростей и радиантов метеоров по отраженным сигналам от головного эхо.

Необходимо отметить, что измерения радиантов, скоростей метеоров по результатам радиолокационных наблюдений в большинстве вышеперечисленных станций были основаны на импульсно-дифракционном методе. Результаты, полученные на этих станциях, позволяли проследить за метеорной активностью, исследовать радианты скоростей и орбит метеорных потоков и ассоциаций, расположенных на северной части небесной полусферы. Единственная метеорная станция, которая проследила за активностью метеорной обстановки на южном полушарии и по методам непрерывной радиолокации проводила измерения радиантов и скоростей индивидуальных метеоров до +6 звездной величины, была расположена в Австралии. Исходя из этого, в конце шестидесятых и начале семидесятых гг. особый интерес представляло изучение метеорной обстановки в районе экватора и южной части земного полушария.

В 1968-1970 гг. для исследования метеорной обстановки на экваторе в Африке в районе города Могадисо (Сомали) была организована Советская экваториальная метеорная экспедиция. В период действия этой программы одновременно и в Гиссарской астрономической обсерватории (ГисАО) Института астрофизики АН РТ были организованы и проведены радиолокационные наблюдения метеоров с четырех пунктов. Результаты измерения радиантов, скоростей и элементов орбит индивидуальных метеоров на экваторе на основе импульсно-дифракционного метода опубликованы в виде каталога [Ответственный редактор Фединский, 1975]. Но каталог содержать результаты радиолокационных наблюдение метеоров только в ночное время суток.

Однако импульсно-дифракционный метод измерения скоростей и радиантов применим для обработки 15-25% наблюдаемых метеоров [Кашеев и др.1967], что приводит к потере большей части наблюдательного материала. Кроме того, погрешность в определении зенитного угла радианта σZ_r этим методом возрастает в 2-3 раза при зенитных углах $60^\circ \div 70^\circ$, а при дальнейшем увеличении зенитный угол растет еще быстрее, так что измерения теряют смысл, что следует из формулы $\sigma Z = N / \cos Z_r$, где $N = 1^\circ.5 \div 3^\circ$. Поэтому южные радианты, имеющие в момент верхней кульминация зенитные углы более 70° практически импульсно-дифракционным методом измерять нельзя. Из этого следует, что при измерениях методом Дэвиса в Душанбе ($\varphi = 38^\circ$ с.ш.) доступны радианты со склонениями до -32° , в Оттаве ($\varphi = 45^\circ 3$ с.ш.) до -24° , в Харькове ($\varphi = 48^\circ$ с.ш.) до -22° ; в Обнинске ($\varphi = 52^\circ$ с.ш.) до -18° , т.е. Круглогодичные наблюдения в Харькове и Оттаве могут охватывать только северное полушарие в эклиптических координатах, а в Душанбе охватывать эклиптические широты до -10° .

Как уже было отмечено нами в [Chebotaryev, 1976] было предложено пеленгационно-временной радиометод измерения скоростей и радиантов индивидуальных метеоров, у которого погрешность σZ практически не зависит от величины зенитного угла, что позволяет из Душанбе измерять радианты со склонениями до -45° , т.е. охватывать круглогодичными наблюдениями эклиптические широты до -23° . Иными словами, применение пеленгационно-временного радиометода позволяет при

наблюдениях в Душанбе охватывать круглогодичными измерениями область неба с эклиптическими широтами от $+90^{\circ}$ до -23° , где расположена основная масса метеорных радиантов.

Однако еще в книге “Метеорной явление в атмосфере Земли” было отмечено, что “До настоящего времени этот метод еще не проверен экспериментально. Для того, чтобы метод по точности мог конкурировать с импульсно-дифракционным, необходимо все дальности измерять с ошибками не более ± 50 м”. Комплекс МИР-2 позволял, измерят дальностей с четырех приемных станциях с ошибками ± 20 м.

Одновременно с радиантами и скоростями в этом каталоге впервые приводятся и высоты метеоров, где измеряя значение длительности радиоэхо для центрального пункта, можно определять значения линейной электронной плотности и следовательно радио величины (магнитуды) и массы и метеорных тел.

Исходя из этих соображений, измерение скоростей и радиантов метеорных тел в радиолокационной лаборатории Института астрофизики АН Таджикистан в 1968-1970 гг. проводилось ежемесячно пеленгационно - временным радиометодом, а точнее его - дальномерным вариантом.

Суть метода заключается в следующем. Если имеется 3÷4 разнесенных на несколько километров приемных пункта, в одном из которых обычно расположен импульсный передатчик радиолокатора, то, измеряя в каждом пункте точную дальность до метеорного следа и время пролета метеором зеркальной точки данного пункта, по разности дальностей и времен пролета триангуляционными методами можно вычислить координаты зеркальных отражающих точек, направление полета (радиант) и скорость метеора. На практике обычно в качестве времени пролета зеркальных точек берут время образования экстремумов на амплитудно-временной картине в каждом приемном пункте. Разность времен пролета между разными пунктами при этом остается практически такой же, как и разность времен пролета - зеркальных точек. При расстояниях между центральным и тремя вынесенными пунктами приема порядка 4 км, среднеквадратичной ошибкой измерения дальностей порядка ± 20 м, среднеквадратичной ошибкой в измерение времени порядка ± 1 мс, дальномерный вариант пеленгационно-временного метода обеспечивает среднеквадратичные погрешности измерений азимута радианта $\sigma A = 1^{\circ},8 / \sin Z_R$, зенитного угла радианта $\sigma Z_R = 1^{\circ},2$, скорости метеора $\sigma V = \pm 5\%$ относительная погрешность, азимута зеркальной точки $\sigma A = 0,9 / \sin Z$, зенитного угла зеркальной точки $\sigma Z = 0,9 / \cos Z$, среднеквадратичная погрешность определения высоты отражающей точки основного вынесенного пункта $h = 2,5$ км.

Следует отметить, что при этом методе могут использоваться амплитудно-временные картины худшего качества с 1-2 экстремумами, вместо 3-4, какие необходимы при импульсно-дифракционном методе. Это примерно вдвое увеличивает чувствительность метода (по числу измеренных радиантов и скоростей), но в 1,5 раза увеличивает ошибку σA . Скорость метеора при пеленгационно-временном методе определяется как по времени пролета метеором отдельных участков пути, так и по дифракционной картине. По сходимости этих скоростей оценивается точность измерений. За окончательную измеренную скорость принимается либо средняя из двух, либо та, по которой меньше ошибки измерений.

Таким образом, пеленгационно-временной метод измерения радиантов и скоростей метеоров, разработанный и применяемый впервые в Таджикистане, как по чувствительности, так и по точности измерения зенитного расстояния радианта

превосходит импульсно-фракционный метод. Полученные результаты базисных радиолокационных наблюдений метеоров с четырёх пунктов в Таджикистане в период действия Советской экваториальной метеорной экспедиции (1968-1970 гг.) позволяют существенным образом дополнить данные о метеорном веществе. Прежде всего, это связано с тем, что данные, полученные в Таджикистане, отличаются от аналогичных данных других станции. Эти различия заключаются в следующем:

1. Данные полученные в ГисАО относятся к метеорам ярче +5 звездной величины, в то время как в Оттаве, Гарварде, Обнинске и Харькове измерены более слабые метеоры ($+6.5^M \div +13^M$).

2. Погрешности измерения зенитного угла радианта при импульсно-дифракционном методе по мере увеличения угла до 60° - 70° возрастают в 2-3 раза, а при дальнейшем увеличении зенитного угла резко возрастают, что теряет смысл измерения. Погрешность измерения зенитного расстояния радианта σZ при использовании пеленгационно - временного радиометода не зависит от величины зенитного угла.

3. Радианты и скорость метеора на других станциях в основном определялись только дифракционным методом. Но дифракционные картины, как известно, образует только часть метеоров, что приводит к потере ценной информации. Пеленгационно - временной радиометод [108], примененный в Душанбе, позволяет исключить этот недостаток.

4. В настоящей каталог, наряду с радиантами, скоростями и элементами орбит, впервые приводятся высота, величина линейной электронной плотности, звездной величине и массы частиц.

5. Географическое положение ГисАО (Душанбе) способствует изучению спорадических и поточных метеоров с более южными радиантами, которые не доступны некоторым другим станциям.

1. Аппаратура для измерений

Для измерений радиантов и скоростей метеоров пеленгационно-временным радиометодом в 1964-68 гг. был создан специальной комплекс радиолокационной аппаратуры МИР-2 (метеорный импульсный радиолокатор второго поколения). Его устройство, принцип действия и подробные характеристики приведены в работах [Чеботарев и др.1970; Чеботарев, Иссамутдинов,1970;]. Основные характеристики радиолокатора были следующие:

Длина волны $\lambda = 8$ м.

Мощность передатчика в импульсе - 80 кВт.

Длительность импульса - 6,5 мкс.

Частота повторения - 500 импульсов в секунду.

Полоса пропускания основного и вынесенного приемников - 600 кГц.

Пороговая чувствительность приемников (при $U_c / U_{ш} = 1$) - $8 \cdot 10^{-14}$ Вт или 2,5 мкВ.

Чувствительность при измерении радиантов и скоростей - $17 \div 34$ мкВ.

Полоса пропускания трактов ретрансляции сигналов с вынесенных пунктов - 2 МГц, на частотах около 100 МГц.

Вынесенные пункты расположены (удалены) от центрального на расстояния 4,05 км (астрономический азимут 314°), 3,90 км (азимут 94°) и 3,85 км (азимут 202°).

Антенны в режиме измерения радиантов и скоростей - полуволновые вибраторы, расположенные на высоте $\lambda/3$ над землей, имеющие максимальный коэффициент усиления по мощности ~ 5.3 под углом места около 45° в направлениях восток и запад.

Предельная звездная величина метеоров при измерении радиантов и скоростей $+5.7^m \div +5.0^m$, что при скорости 40 кмс^{-1} соответствует минимальной массе регистрируемых метеорных тел $(0.5-1) 10^{-3} \text{ г}$.

Регистрация радиолокационных данных метеоров проводилась на 35 мм киноплёнку с экранов 12 лучевого фотоиндикатора [Чеботарев, Иссамутдинов, 1970], а также с экранов 7 лучевого - индикатора с ждущей - непрерывной протяжкой пленки [Чеботарев, Гартман, 1979; Чеботарев, Сидорин, 1970].

МИР-2 позволял измерять следующие параметры сигналов, отраженных от метеорных следов:

Время появления метеора с точностью $\pm (0.2 - 0.5 \text{ с})$.

Грубую дальность от центрального пункта до следа с ошибкой $\pm 1.5 \text{ км}$.

Точные (но неоднозначные) дальности от каждого из 4 приемных пунктов с ошибкой $\pm 20 \text{ м}$.

Амплитуду каждого отдельного импульса по 4 каналам (относительное значение, без точной количественной привязки).

Покадровой многолучевой индикатор позволял одновременно регистрировать следующие такие данные метеора как: наклонная дальность до метеора с ошибкой $\pm 100 \text{ м}$, четыре амплитудно-временных картины на медленной развертке, четыре дальности до выносных пунктов с точностью $\pm 20 \text{ м}$ (от центрального и трех выносных пунктов), скорость дрейфа метеорных следов от 0 до 500 м/сек , радианты метеоров с точностью до 2° , скорости метеорных тел двумя методами – дифракционным и пеленгационно-временным, угловые координаты отражающих точек с точностью до 1° .

2. Наблюдение и методика обработки результатов измерений.

Для исследования физико-динамических и кинематических характеристик метеоров по результатам радиолокационных наблюдений в ГисАО Института астрофизики АН РТ мы из отдельных циклов наблюдений за декабрь 1968 и декабрь 1969 гг. использовали результаты круглосуточных базисных наблюдений с 4-ёх пунктов. Наблюдательный материал был получен на комплексе радиоаппаратуры МИР-2 [Chebotaryev, 1970]. Комплексе радиолокационная аппаратура, применяемая для наблюдения метеоров состояла из передатчика, синхроблока, блока защиты от помех на магнитном барабане, приемника, фазового угломера, многолучевого индикатора с покадровой съемкой [Чеботарев Р.П., Иссамутдинов, 1970], специального индикатора с непрерывной протяжкой фотоплёнки во время существования отраженного сигнала [Чеботарев Р.П., Гартман Н.А., 1979].

3. Обработка наблюдательного материала для определения горизонтальных координат зеркально-отражающей точки и высоты метеора

Обработка наблюдательного материала для определения горизонтальных координат (азимут и зенитное расстояние) зеркально-отражающей точки на следе метеора и высоты центральной точки следа метеора осуществлялась следующим методом:

Для определения азимута и зенитного расстояния зеркально-отражающей точки на следе метеора необходимо:

1. Для каждого метеора с пленки снимать: № метеора, дата и время полета (часы, минуты и секунды); грубую дальность до следа для центрального пункта D_r , точную дальность для каждого пункта D_1, D_2, D_3, D_4 и D_5 ;

2. Вычислить разность значение дальностей $d_2 = D_2 - D_1$; $d_3 = D_3 - D_1$; $d_4 = D_4 - D_1$;

3. Вычислить точные значения d_i :

$d_2'' = d_2 - 0.02 - \Delta d_2$ контрольный метеор. Где d_2 контрольный метеор прибавляется с обратного знака.

$d_3'' = d_3 - 0.02 - \Delta d_3$ контрольный метеор.

$d_4'' = d_4 - 0.02 - \Delta d_4$ контрольный метеор.

4. По значениям d_2'', d_3'', d_4'' графическим путем по круговой номограмме, описанной в работе Р.П.Чеботаревым, находить A (азимут), синус зенитного расстояния зеркальной точки ($\sin Z$) и ошибки $\pm \Delta$.

5. По $\sin Z$ и точному значению дальности D_r по графику находить высота для центрального пункта на следе метеора H_1 .

4. Обработки наблюдательного материала для определения скорости и горизонтальные координаты радианта метеора.

Горизонтальные координаты радианта (азимут A_r и зенитного расстояния радианта Z_r) и скорость V метеора при пеленгационно-временном методе вычисляются по формулам:

$$\begin{aligned} A_r &= A_1 + \arctg(t_2 b_1 / t_1 b_2 \cdot \operatorname{cosec} A_{21} - \operatorname{ctg} A_{12}) \\ Z_r &= \arctg[-\operatorname{ctg} Z / \operatorname{Cos}(A - A_r)] \\ V_{сд} &= -b_i \cos \alpha_{ri} \cdot \sin Z_r / t_{i \max}, \end{aligned} \quad (2)$$

где A_1 – азимут первого пункта, b_2, b_3, b_i – длина база второго, третьего и i -го пункта относительно центрального пункта, $A_{12} = A_2 - A_1$ – разность азимут соответствующих пунктов, α_{ri} – углы между азимутом отражающей точки и азимутом соответствующих пунктов.

Для измерения скорости метеора в настоящей работе использованы как импульсно-дифракционный так и пеленгационно-временной методы. А радиант метеора измерялся пеленгационно-временным методом. Для реализации вышеупомянутыми методами нами с пленки, полученной на ждущее-непрерывном индикаторе по АВХ каждого канала метеора, снимали следующие данные:

1. Положение начала в импульсах, положение максимумов для каждого i -го канала N_i , положение полочки n_i , и значение длительности радиоотражения T_i .

2. Для каждого канала вычислялась разность между положениями максимумов $n_2 = N_2 - N_1$; $n_3 = N_3 - N_2$; $n_4 = N_4 - N_2$;

3. Для всех каналов находится среднее значение между указанными максимумами n_2, n_3 и n_4 .

4. Полученные средние значения n приводятся к n_3 по формулам:

$$\begin{aligned} n_{3'} &= n_2 / 1.5; \quad n_{3''} = n_4 / 1.8 \text{ и находится среднее} \\ n_{3ср} &= n_3 + n_{3'} + n_{3''} / 3 \end{aligned}$$

5. По точному значению дальности D_r и $n_{3ср}$ по номограмме находят дифракционную скорость метеора V_d .

По измеренным значениям дифракционной скорости V_d и скорости, определяемой по сдвигам $V_{сд}$, определяется среднее значение скорости $V_{ср}$ и вычисляется ΔV по формулам:

$$V_{ср} = V_d + V_{сд}, \quad \text{и} \quad \Delta V = (V_d + V_{сд}) \cdot 2 / V_d + V_{сд}$$

Временные сдвиги t_2 , t_3 , t_4 находят как разность времени полёта метеора между одноимёнными максимумами дифракционных картин вынесенных и центрального пункта в виде

$$t_2 = (A_0 - A_A) + (B_0 - B_A) + \dots (D_0 - D_A) / n_{0A} \quad (3)$$

Здесь n_{0A} – число пар одноимённых максимумов (или экстремумов), положение которых измерено. Величины t_3 и t_4 определяются по аналогии с формулы (3).

По круговой номограмме с центром O и базами t_2 , t_3 , t_4 находят азимут радианта A_r и Δr . При необходимости пользуется умножением и делением и делается временных сдвигов в $n = 2, 3, 4$ раз.

5. ВЫЧИСЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ОРБИТ

Вычисление радиантов, скоростей и элементов орбит метеоров осуществлялось на базе программы, составленной на основе компьютерного языка Fortran. В качестве исходных данных для вычисления радиантов скоростей и элементов орбит метеоров введены: номер метеора, номер пункта, год месяц и дата, номер варианта, время (всемирное) наблюдений - часы, минуты и секунды, дальность до метеора, синус отражающей точки на следе метеора ($\sin Z$), дифракционная скорость, азимут отражающей точки на следе $A_{от}$, азимут радианта A_r и значение временного сдвига t_i , необходимые для измерения скорости и зенитного расстояния радианта метеора пеленгационно-временным методом и длительности радиоэхо для центрального пункта.

Кроме того в программе вычисления заведомо введено расстояние и азимут каждого вынесенного пункта относительно центрального пункта. Остальные данные, такие как расстояние, от Земли до Солнца, орбитальная скорость Земли, долгота Солнца и звездное время которые обычно берутся для вычисления орбиты из “Астрономического ежегодника” представлены в виде аналитических функции времени.

Постоянно в ЭВМ были заложены данные о расположении вынесенных и центрального пунктов, элементы орбиты и скорость Земли, и зависимость поправки к наблюдаемой скорости за торможение метеора. Программой учитывалась поправка за вращение и притяжение Земли, учет прецессии в координатах радианта и угловых элементах орбиты за приведение к эпохе 2000 г.

Вычисление элементов орбит метеоров осуществлялось по следующей последовательности:

- 1) Измерение видимой и внеатмосферной скорости;
- 2) Измерение горизонтальных координат зеркально-отражающей точки на следе метеора;
- 3) Определение азимут и зенитное расстояния радианта;
- 4) Определение горизонтальных координат видимого радианта;
- 5) Вычисление экваториальных координат радианта;
- 6) Определение геоцентрической скорости метеора;
- 7) Вычисление эклиптических координат исправленного радианта;
- 8) Вычисление гелиоцентрической скорости метеора;
- 9) Вычисление координаты истинного радианта и его элонгация от апекса;
- 10) Вычисление элементов орбит метеороида;
- 11) Вычисление эклиптических координат перигелия.

Постоянно в ЭВМ были заложены данные о расположении вынесенных и центрального пунктов, элементы орбиты и скорость Земли, и зависимость поправки к наблюдаемой скорости за торможение метеора. Программой учитывалась поправка за вращение и притяжение Земли и за приведение к эпохе 2000 г. По каждому метеору ЭВМ вычисляла: время появления метеора в долях суток, долготу Солнца, высоту отражающей точки, зенитный угол радианта, скорость метеора по сдвигу. Результаты вычисления элементов орбит радио метеоров представлены в следующем порядке: n – номер метеора, год, месяц, день (время полета выражена в доли суток), RA и DEC – экваториальные координаты радианта, q – перигелийное расстояние, e – эксцентриситет, a – большая полуось в а.е., i – наклон орбиты к эклиптике, ω – аргумент перигелия, Ω_{nod} – долгота восходящего узла, V_g , V_h и V_{nat} – геоцентрическая, гелиоцентрическая и внеатмосферная скорость, H – высота центрального пункта на следе метеора, Z_r – зенитное расстояние радианта, $\cos Z_r$ – косинус зенитного расстояния радианта, Q_a – афелийное расстояние, M – радиовеличина метеора, $I_{g\alpha}$ – логарифма линейная электронная плотность и в последней столбике $I_{g m}$ – логарифма масса метеора.

6. Вычисление данные атмосферной траектории метеоров

Как известно, во всех ранее опубликованных каталогах радио метеоров, составленных на базе данных базисных радионаблюдений, приводятся лишь предельное значение регистрируемой звездной величины или масс метеороидов. В данном каталоге нами принято решение наряду с радиантами, скоростями и орбитами для каждого метеора приводить значение их физических характеристик.

В настоящей работе для обработки физико-кинематических характеристик метеороидов были использованы метеоры, имеющие формы амплитудно-временных характеристик (АВХ), похожие на промежуточные или переуплотненные типы следа метеоров. К основным данным атмосферной траектории метеора отнесены: а) высота точки зеркального радиоотражения центрального пункта (примерно высота максимальной ионизации), б) величина линейной электронной плотности q , в) радио величина метеора M и г) его масса m_0 .

Основными исходными параметрами, которые необходимы для вычисления физических характеристик метеоров, являются высоты и измеренные величины длительности радиоэхо. Для вычисления значения линейной электронной плотности q следов промежуточного и переуплотненного типа обычно используют известную формулу:

$$q = [(\tau + r^2/4D) D] / A \lambda^2 \quad (1)$$

здесь τ – длительность радиоэхо, $A = e^2/4\pi^2 mc^2$, λ – длина волны; e , m – заряд и масса электрона, c – скорость света, r – начальный радиус следа и D – коэффициент амбиполярной диффузии.

Уравнение (1) справедливо тогда, когда уменьшение электронной концентрации в следе происходит только вследствие амбиполярной диффузии. Однако в реальных условиях на уменьшение электронной концентрации наряду с амбиполярной диффузией в метеорном следе переуплотненного типа оказывают влияние следующие виды деионизации, такие как радиативная и диссоциативная рекомбинация, прилипание электронов к нейтральным частицам, турбулентная диффузия и фотоотлипание. Учет влияния этих процессов на уменьшение длительности радиоэхо проводился рядом исследователей, в частности, в Институте астрофизики АН Республики Таджикистан Р.Ш. Бибарсовым [Бибарсов, 1970].

Для метеоров, длительность τ которых меньше, чем постоянная времени мелкомасштабных вихрей t (т. е. метеоров, у которых $\tau \leq t \leq 10$ с), выражение для вычисления величины линейной электронной плотности с учетом прилипания и амбиполярной диффузии имеет вид [Бибарсов, 1970]:

$$q = (\tau e^{-k\tau} + r^2/4 D) D / A \lambda^2, \quad (2)$$

где $A = 7.1 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-1}$. Для применения формул (1 и 2) при вычислении величины линейной электронной плотности кроме измеренного значения длительности радиоотражения τ , необходимы данные о величине начального радиуса r , коэффициента амбиполярной диффузии D и скорости прилипания электронов к нейтральным частицам k . Для вычисления значения r , D и k использованы известные формулы [Narziev M. 2013]:

$$\begin{aligned} r &= 1.47 \cdot 10^{-10} V^{0.65} \rho^{-1}, \\ \lg D &= 0.079 h_i - 6.6, \\ \lg k &= 4.99 - 0.07 h_i, \end{aligned} \quad (3)$$

где ρ - плотность атмосферы на высоте h_i . Высота точки зеркального отражения для центрального пункта наблюдения определяется по известной формуле

$$h = R \cos Z + \Delta h \quad (4)$$

Здесь R – дальность отражающей точки, Z – зенитное расстояние отражающей точки на центральном пункте, Δh – поправка по высоте, учитывающая кривизну Земли и превышение пункта наблюдения над уровнем моря. Значения высот отражающих точек Δh_i на следе метеора относительно высоты точки центрального пункта для каждого метеора находятся из выражения

$$\Delta h_i = V \Delta t \cos Z_R \quad (5)$$

где V – скорость метеора и Z_R – зенитное расстояние радианта.

Данные о величине линейной электронной плотности позволяет вычислить радиовеличину метеора и его массу. Обычно для расчета радиовеличины используется известная формула:

$$M = 35 - 2.5 \lg q$$

где q значение линейной электронной плотности в эл/см. Однако, мнение исследователей относительно зависимости радиовеличины метеора от скорости существенно расходятся.

В частности, в работе [Weryk, Браун, 2013] по результатам одновременных видео-радарных наблюдений определили отношения между радио-величиной и величиной линейной электронной плотности формулой:

$$M = (33.72 \pm 1.2) - 2.5 \lg q \quad (6)$$

где q - ценность линейной электронной плотности в эл / см.

Авторы в [Pecina и др., 2001] использовали одновременные результаты видео из двух станций и радарные наблюдения за Персеидами в 1998 и 1999 гг. в Чешской Республике, где для 18 метеоров с звездной величиной $+0.4m$ и $+6.0m$ и получили отношение

$$M = 37, 5 - 2, 5 \lg q \quad (7)$$

Численные значения, полученные с помощью уравнения (5), представляет собой средние значения, вычисленные по уравнениям (6) и (7). Поэтому мы для перехода от линейной электронной плотности к звездной величине использовали уравнение (5).

Comets Asteroids Meteors Meteorites Astroblemes Craters
VINNYTSIA, September 26 – 28, 2017

| IC | Year | Month | Day | $\lambda \square$ | RA | DEC | q | e | a |
|-------|------|-------|---------|-------------------|--------|-------|------|------|------|
| 00001 | 1968 | 12 | 12,7353 | 260,34 | 109,23 | 33,79 | 0,15 | 0,91 | 1,76 |
| 00002 | 1968 | 12 | 12,7358 | 260,34 | 105,03 | 30,10 | 0,16 | 0,92 | 2,15 |
| 00003 | 1968 | 12 | 12,7367 | 260,34 | 110,37 | 33,58 | 0,16 | 0,88 | 1,32 |
| 00004 | 1968 | 12 | 12,7370 | 260,34 | 112,64 | 27,21 | 0,08 | 0,94 | 1,44 |
| 00005 | 1968 | 12 | 12,7377 | 260,34 | 113,29 | 33,27 | 0,13 | 0,91 | 1,34 |
| 00006 | 1968 | 12 | 12,7383 | 259,96 | 106,63 | 31,03 | 0,19 | 0,86 | 1,31 |
| 00007 | 1968 | 12 | 12,7385 | 260,34 | 110,13 | 34,41 | 0,15 | 0,90 | 1,60 |
| 00008 | 1968 | 12 | 12,7396 | 260,34 | 108,47 | 32,88 | 0,17 | 0,89 | 1,49 |
| 00009 | 1968 | 12 | 12,7404 | 260,34 | 153,18 | 70,67 | 0,74 | 0,71 | 2,56 |
| 00010 | 1968 | 12 | 12,7405 | 260,34 | 111,16 | 32,01 | 0,12 | 0,93 | 1,65 |
| 00011 | 1968 | 12 | 12,7429 | 260,34 | 107,97 | 35,72 | 0,20 | 0,86 | 1,46 |
| 00012 | 1968 | 12 | 12,7433 | 260,34 | 111,89 | 32,97 | 0,17 | 0,84 | 1,08 |
| 00013 | 1968 | 12 | 12,7442 | 260,35 | 109,77 | 32,93 | 0,14 | 0,91 | 1,66 |
| 00014 | 1968 | 12 | 12,7459 | 259,97 | 128,20 | 46,05 | 0,22 | 0,82 | 1,24 |
| 00015 | 1968 | 12 | 12,7464 | 259,97 | 113,28 | 32,81 | 0,13 | 0,89 | 1,19 |
| 00016 | 1968 | 12 | 12,7465 | 259,97 | 100,76 | 24,91 | 0,25 | 0,83 | 1,41 |
| 00017 | 1968 | 12 | 12,7470 | 259,97 | 108,89 | 33,69 | 0,16 | 0,90 | 1,57 |
| 00018 | 1968 | 12 | 12,7478 | 259,97 | 219,45 | 58,89 | 0,98 | 0,43 | 1,72 |
| 00019 | 1968 | 12 | 12,7490 | 260,35 | 111,31 | 31,08 | 0,16 | 0,85 | 1,10 |
| 00020 | 1968 | 12 | 12,7494 | 260,35 | 109,67 | 32,06 | 0,13 | 0,93 | 1,80 |
| 00021 | 1968 | 12 | 12,7516 | 260,35 | 104,64 | 26,25 | 0,14 | 0,94 | 2,40 |
| 00022 | 1968 | 12 | 12,7520 | 260,36 | 94,95 | 10,19 | 0,35 | 0,80 | 1,77 |
| 00023 | 1968 | 12 | 12,7527 | 260,36 | 110,98 | 31,36 | 0,11 | 0,94 | 1,84 |
| 00024 | 1968 | 12 | 12,7533 | 260,36 | 112,09 | 32,79 | 0,17 | 0,85 | 1,10 |
| 00025 | 1968 | 12 | 12,7534 | 260,36 | 110,93 | 33,19 | 0,12 | 0,94 | 2,12 |
| 00026 | 1968 | 12 | 12,7540 | 260,36 | 114,12 | 33,64 | 0,18 | 0,82 | 0,97 |
| 00027 | 1968 | 12 | 12,7548 | 260,36 | 108,98 | 32,99 | 0,15 | 0,91 | 1,65 |
| 00028 | 1968 | 12 | 12,7553 | 260,36 | 112,12 | 31,21 | 0,14 | 0,88 | 1,15 |

Продолжение таблицы

| i | ω arg | nod | Vg | Vh | Vnat | H | $\cos Z_R$ | Qa | M | log Ne | log m |
|------|--------------|-------|------|------|------|-------|------------|-----|-----|--------|-------|
| 26,3 | 320,7 | 260,8 | 36,3 | 36,0 | 38,1 | 100,0 | 0,7307 | 3,4 | 2,6 | 13,0 | -2,22 |
| 15,9 | 317,7 | 260,8 | 36,2 | 37,3 | 38,1 | 97,8 | 0,7522 | 4,1 | 1,3 | 13,5 | -1,73 |
| 23,0 | 321,8 | 260,8 | 33,2 | 33,6 | 35,2 | 88,8 | 0,7258 | 2,5 | 3,0 | 12,8 | -2,29 |
| 16,3 | 332,3 | 260,8 | 37,1 | 34,4 | 38,9 | 94,1 | 0,6697 | 2,8 | 2,1 | 13,2 | -2,04 |
| 28,1 | 326,5 | 260,8 | 35,4 | 33,8 | 37,3 | 90,5 | 0,6998 | 2,6 | 3,7 | 12,5 | -2,65 |
| 14,9 | 318,8 | 260,4 | 31,4 | 33,6 | 33,5 | 84,8 | 0,7502 | 2,4 | 5,1 | 11,9 | -3,03 |
| 27,4 | 321,1 | 260,8 | 35,7 | 35,3 | 37,6 | 94,1 | 0,7358 | 3,1 | 4,1 | 12,4 | -2,84 |
| 21,3 | 320,0 | 260,8 | 34,0 | 34,8 | 36,0 | 90,4 | 0,7480 | 2,8 | 4,7 | 12,1 | -2,99 |
| 61,8 | 245,8 | 260,8 | 37,3 | 38,2 | 38,9 | 89,0 | 0,5725 | 4,4 | 4,9 | 12,1 | -3,13 |
| 26,0 | 325,6 | 260,8 | 37,1 | 35,6 | 38,9 | 93,4 | 0,7217 | 3,2 | 2,2 | 13,2 | -2,13 |
| 24,1 | 316,2 | 260,8 | 32,9 | 34,6 | 34,9 | 87,9 | 0,7742 | 2,7 | 5,6 | 11,7 | -3,36 |
| 19,7 | 323,6 | 260,8 | 30,3 | 31,4 | 32,4 | 86,5 | 0,7326 | 2,0 | 3,3 | 12,6 | -2,28 |
| 25,1 | 322,4 | 260,8 | 36,2 | 35,6 | 38,0 | 94,7 | 0,7502 | 3,2 | 3,6 | 12,6 | -2,68 |
| 62,9 | 316,3 | 260,4 | 38,3 | 33,0 | 40,0 | 88,9 | 0,6434 | 2,3 | 5,1 | 12,0 | -3,29 |

Comets Asteroids Meteors Meteorites Astroblemes Craters
VINNYTSIA, September 26 – 28, 2017

| | | | | | | | | | | | |
|------|-------|-------|------|------|------|------|--------|-----|-----|------|-------|
| 25,1 | 327,1 | 260,4 | 33,7 | 32,5 | 35,6 | 88,2 | 0,7240 | 2,3 | 4,8 | 12,1 | -3,02 |
| 2,6 | 311,1 | 260,5 | 29,2 | 34,2 | 31,5 | 83,8 | 0,7947 | 2,6 | 3,8 | 12,4 | -2,43 |
| 24,6 | 320,7 | 260,4 | 35,1 | 35,2 | 37,0 | 94,9 | 0,7670 | 3,0 | 3,9 | 12,4 | -2,75 |
| 62,9 | 175,0 | 260,4 | 34,9 | 35,9 | 36,4 | 91,3 | 0,1889 | 2,5 | 4,8 | 12,1 | -2,48 |
| 16,7 | 324,4 | 260,8 | 30,6 | 31,5 | 32,7 | 83,6 | 0,7470 | 2,0 | 3,9 | 12,4 | -2,50 |
| 24,5 | 323,4 | 260,8 | 37,1 | 36,2 | 38,9 | 96,2 | 0,7632 | 3,5 | 3,3 | 12,7 | -2,58 |
| 8,2 | 319,9 | 260,8 | 37,2 | 37,9 | 39,1 | 91,3 | 0,7843 | 4,7 | 4,5 | 12,2 | -3,10 |
| 15,6 | 116,6 | 80,8 | 28,4 | 36,1 | 30,8 | 89,2 | 0,7595 | 3,2 | 2,8 | 12,8 | -1,99 |
| 26,0 | 326,4 | 260,8 | 38,2 | 36,3 | 40,0 | 93,6 | 0,7586 | 3,6 | 2,2 | 13,2 | -2,19 |
| 20,2 | 324,2 | 260,8 | 30,9 | 31,6 | 33,0 | 82,5 | 0,7611 | 2,0 | 4,9 | 12,0 | -2,94 |
| 31,1 | 324,3 | 260,8 | 39,2 | 37,2 | 40,9 | 92,8 | 0,7687 | 4,1 | 2,4 | 13,1 | -2,31 |
| 20,1 | 325,3 | 260,8 | 28,7 | 29,9 | 30,9 | 88,3 | 0,7511 | 1,8 | 4,5 | 12,1 | -2,68 |
| 23,7 | 321,0 | 260,8 | 35,6 | 35,6 | 37,5 | 90,7 | 0,7895 | 3,2 | 4,6 | 12,2 | -3,07 |
| 19,2 | 326,0 | 260,8 | 32,2 | 32,1 | 34,3 | 95,5 | 0,7590 | 2,2 | 1,7 | 13,3 | -1,71 |
| 19,2 | 326,0 | 260,8 | 32,2 | 32,1 | 34,3 | 95,5 | 0,7590 | 2,2 | 1,7 | 13,3 | -1,71 |

Расчетная формула для вычисления массы метеорных тел радиометодом имеет следующий вид [6,7]:

$$m_r = 3N^* \mu q_m / 4\beta \cos Z \quad (10)$$

m_0 - начальная масса метеорного тела, β - коэффициент ионизации, Z_r - зенитное расстояние радианта, μ - масса атома метеорного вещества, N^* - высота однородной атмосферы, Q_n - энергия, необходимая для нагревания 1 г метеорного вещества до температуры испарения, Q - энергия, необходимая для нагревания и испарения 1 г метеорного вещества.

Формулы (10) позволяют на основе измеренных значений длительности радиоэхо с учетом дробления и процессов деионизации вычислить массу метеоров. При расчетах высоты однородной атмосферы N^* в точке зеркального радиоотражения использованы следующие два полиномиальные ряда:

- 1) $N^* = 0.0015 \cdot h^2 - 0.2978 \cdot h + 19.76$ при диапазоне высот $60 < h < 89$ км.
- 2) $N^* = 0.0015 \cdot h^2 - 0.2978 \cdot h + 19.76$ при диапазоне высот $90 < h < 125$ км.

Для вычисления масса радиометеора использованы данные о коэффициенте ионизации, рассчитанные по результатам комбинированных радио-оптических измерений для широкого диапазона скоростей [Narziev, 2013]. Зависимость коэффициента ионизации от скорости на основании данных комбинированных оптических и радиолокационных наблюдений получена в виде

$$\beta = 10^{-7.73} \cdot V^{3.88} \quad (11)$$

где V выражено в км/с.

Результаты вычисления логарифмов линейной электронной плотности, радиовеличины и логарифмов массы метеороидов также представлены в двадцатом, двадцать первом и двадцать втором столбике каталога. Образец отрывок Каталога радиантов, скоростей, орбит и атмосферных траектории 4500 радиометеоров, наблюдаемых в Таджикистане предоставлено в Таблице 1.

Значения этих параметров для наглядной иллюстрации представлены в виде распределения на рис.1-3. Согласно рис.1, диапазон регистрации логарифмов величины линейной электронной плотности находится в интервале 12.00 – 15.00 эл./см. Максимум в распределении приходится в интервале 13.00 эл./см.

Таким образом на основании результатов базисных радиолокационных наблюдений метеоров с четырех пунктов в Таджикистане составлен каталог орбит и атмосферной траектории 4500 метеоров.

Авторы весьма признательны бывшим старшим научным сотрудникам радиолокационной лаборатории метеорного отдела: Бибарсову Р.Ш., Колмакову В.М., Иссомутдинову Ш.О., Иркаевой Ш.Н., Филину В.Н., Гартману Н., Пушкаревой Т., Чеботаревой Р.И., Наботову Х.Н., принимавшим участие в наблюдениях, и сотрудникам института Минукулову Н.Х., Шоёкубову Ш.Ш., Худжаназарову Х.Ф., Сафарову Х. А., в выполнении обработки наблюдательного материала и счетных работ, в расчете радиантов, орбит и данных атмосферной траектории и выполнении счетных работ, вычислении орбит и параметров атмосферной траектории метеоров.

Каталог составлен при поддержке Международного научно-технического центра Т-2113.

References:

1. Kashcheev, B.L., Lebedinets, V.N., Lagutin, M.F. Meteor phenomena in the Earth's atmosphere. Moscow: Nauka, 1967, 260 p.
2. Kashcheev B.L., Tkachuk A.A. Results of radar observations of meteors. Catalog of orbits of meteors of up to +12^m. M., Materials of the World Data Center B, 1980, 232 p.
3. Korpusov V.N. Measurement of velocities and radiant of meteors at a wave of 12 meters // Proceedings of the IEM, 1970, issue 16, p. 88-99.
4. Lebedinets V.N., Korpusov V.N., Monokhina A.V. Radar studies of meteors in Obninsk. The catalog of orbits, September-December 1967. Moscow, 1981, 197 p.
5. Nilsson C.S. Orbital distribution of meteors of limiting magnitude +6 observed from the Southern Hemisphere // Spec. Rept. Smithson. Astrophys. Observ. 1967, No. 239, 99 p.
6. Peter G. Brown (Univ. Of Western Ontario, Canada) et al. "The Canadian Meteor Orbit Radar (CMOR) Meteor Shower Catalog" (invited). Meteoroids-2007.
7. Orbits and the number of meteors from observations in the Equator. Catalog December 1968-July 1970, Moscow 1975, 168 p. The responsible editor-in-chief of the USSR Academy of Sciences, V.V. Fedinsky.
8. Бибарсов Р.Ш. Влияние процессов деионизации на длительность метеорного радиоэхо // Бюл. Ин-та астрофизики АН Тадж. ССР, 1970, № 55, 1970, с. 3-9.
9. Narziev M. Physical and kinematic characteristics of meteoroids producing bright radio meteors. Meteor showers and associations. Meteoroids 2013, Proceedings of the Astronomical Conference, held at A.M. University, Poznan', Poland, Aug. 26-30, 2013, eds Jopec T.J et al., University Press, pp 163-176.
10. Sekanina Z. Statistical model of meteor streams. IV. A study of radio streams from the Synoptic Year // Icarus, 1976, v. 27, N 2, p. 265-321.
11. Campbell-Brown, M. D., J. Kero, C. Szasz, A. Pellinen-Wannberg, R.J. Weryk, Photometric
12. and ionization masses of meteors with simultaneous EISCAT UHF radar and intensified video observations, *J. Geophys. Res.*, 117, 9, A09323, DOI: 10.1029/2012JA017800, 2012.

13. M. Narziev. Meteoroids mass by results of the combined Radio-Television observations. 44 rd L&Pci. Conf. (2013), abstr.#1818.pdf.

ABOUT THE CATALOG OF RADIANTS, SPEEDS, ORBIT AND ATMOSPHERIC TRAJECTORIES 4500 RADIOMETEORS OBSERVED IN TAJIKISTAN

M. Narziev, R.P. Chebotarev

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ БОЛІДА EN171101 «ТУР'І РЕМЕТИ» В ЗАКАРПАТТІ

Белєвцев Р.Я.¹, Чурюмов К.І.², Мозгова А.М.², Собонович Є.В.¹,
Співак С.Д.¹, Блажко В.І.¹, Лазаренко Е.Е.¹, Кузенко С.В.¹,
Бондаренко А.С.¹

¹ Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України

² Астрономічна обсерваторія КНУ імені Тараса Шевченка

В роботі представлені результати пошукових шліфувальних, мінерало-петрографічних і фізико-хімічних досліджень речовини яскравого боліда EN171101 («Тур'ї Ремети») в Закарпатті.

Ключові слова: термодинаміка боліда, фізичні параметри, швидкість, кінетична енергія, сила опору середовища, об'єм, тиск і температура газу, ізотопи, склад залістистих космічних кульок із шліхів, кометна природа боліда.

У 2007-2013 рр. за участю Київського національного університету імені Тараса Шевченка (член-кор. НАНУ, проф. К.І.Чурюмов) і Інституту геохімії навколишнього середовища НАН України (член-кор. НАНУ, проф. Р.Ф.Белєвцев зі співробітниками) були проведено кілька експедицій з метою пошуку речовини від яскравого боліда EN171101, що вибухнув над селищем Тур'ї Ремети в Закарпатті, і його мінерало-геохімічні дослідження. Болід EN171101 (Тур'ї Ремети) був сфотографований за допомогою словацьких і чеських камер Європейської болідної мережі (ЄС) 17 листопада 2001 року в 16:52:44 UT [1].

Були знайдені свіжі магнітні залістисті фаяліт-віюститові космічні кульки, розміри яких збільшуються з заходу на схід вздовж сліду польоту боліда. Проаналізовані зміни фізичних параметрів боліда, що пролітає зі швидкістю від 18,5 км/с, долаючи шлях в 106 км по орбіті за 7 секунд, з висоти від 81 км. При цьому суттєво зростає кінетична енергія і сила опору середовища, що проявляється в різкому розширенні світного сліду боліда на висоті 30 км в його максимумі зі збільшенням об'єму його високотемпературного газу в 10^6 разів. Потім спостерігається швидке звуження сліду боліда і виклинювання його на висоті 13,5 км при зменшенні швидкості і маси в 10 разів. Болід «Тур'ї Ремети» мав не метеоритну, а метеорну природу. Перед початком світіння боліда його первинне ще холодне льодяне тіло являло собою мікрокомету, з обертанням навколо Сонця по еліптичній орбіті близькій до орбіти Венери. Визначені термодинамічні параметри реакцій в речовині боліда. Тиск і температура газу в боліді спочатку швидко ростуть, а потім зі збільшенням об'єму різко зменшуються до рівноважного значення. Ці процеси в боліді пов'язані із входженням його у все більш густі шари атмосфери Землі, що передбачає його виклинювання і згасання. Визначені термодинамічні умови описаних

процесів і хімічних реакцій перетворення переважно водяного високотемпературного газу в падаючому боліді. Природа боліда пов'язана з термодинамічною природою комет – як самовільним і незворотнім процесом зі зменшенням внутрішньої енергії і збільшенням ентропії системи до досягнення стану рівноваги. Первинне джерело речовини комет пов'язане з еволюцією речовини сонячних протуберанців, в яких відбувається охолодження сонячної розсіяної газової плазми з віддаленням легких газів в результаті дифузії і конденсації водяного газу з утворенням кометного льоду, в якому вміст дейтерію збільшується порівняно з протієм. В кометах виявлений вільний кисень, який виникає внаслідок реакції між рідкою водою і газоподібним хлором при підвищенні температури в перигелії комет. Обґрунтована кометна природа боліда «Тур'ї Ремети» як мікрокомети з первинним льодяним ядром, що важливо для космоекології [2].

Основні висновки:

1. Болід Тур'ї Ремети мав не метеоритну, а метеорну природу і при відносно невеликій початковій масі (4300 кг) займав величезний об'єм (близько 10^{12} м³), що можливо лише при високотемпературному газовому стані його речовини. Цей висновок підтверджує відсутність метеоритного кратера і наявність численних свіжих залізистих фаяліт-вюститових космічних кульок, (розміром від 0,1 до 2,0 мм), простежених по сліду боліда.

2. Перед початком світіння боліда Тур'ї Ремети його первинне ще холодне і тверде тіло оберталось навколо Сонця по подібній до кометної еліптичній орбіті в перигелії близькій до орбіти Венери і швидкістю $V_p = 33,5$ км/сек, і в афелії дещо далі орбіти Марса з $V_a = 14,46$ км/сек і ексцентриситетом $e = 0,4844$. За цими даними болід Тур'ї Ремети до зустрічі з Землею швидше за все являв собою мікрокротету.

3. Процес еволюції боліда протікав всього 7 секунд. За цей час болід пролітає відстань 106 км, проникаючи в усі більш щільні шари земної атмосфери з висоти 81,4 км зі швидкістю 18,5 км/сек, утворюючи світне тіло боліда, радіус (R) якого збільшується від початку боліда і в максимумі становить $R = 13$ км на висоті 30 км, а потім внаслідок опору середовища швидко звужується і виклинюється на висоті 13,5 км при швидкості всього 3,8 км/сек. Зміна основних параметрів боліда при його еволюції така: швидкість, маса і кінетична енергія боліда постійно зменшуються. Сила опору, поперечний переріз, об'єм і температура збільшуються від початку боліда до його максимуму, а потім різко падають. Найбільш складно відбувається зміна тиску газу в боліді при його еволюції. Ці процеси пов'язані з входженням боліда в більш щільні шари атмосфери Землі, де збільшуються опір руху боліда, поперечний переріз боліда і його об'єм. При цьому відбувається зменшення маси боліда в 10 разів, що зумовлює його виклинювання і згасання. Ці зміни параметрів боліда мали вибуховий характер, оскільки весь процес еволюції боліда протікав всього 7 секунд.

4. Середня густина повітря атмосфери, витісненого болідом близько 0,01 кг/м³, а густина високотемпературної газової плазми боліда в 10^7 разів менша за густину витісненого болідом повітря атмосфери. Тобто формування боліда можна охарактеризувати як газовий вибух, при якому при нагріванні крижаного кометного ядра з нього швидко виділяється значний обсяг високотемпературної газової плазми з $T=2000-10000$ К і відповідним збільшенням газового тиску. Це явище подібне до вибуху або утворення газової плазми в каналі блискавки, тиск якої змінюється в логарифмічному масштабі щодо температури і часу процесу. Температура цієї плазми розраховується з мольної ентальпії реакцій розкладання водяного газу до

одноатомних газів: $\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + 0,5\text{O}_2 = 2\text{H} + \text{O}$, ентальпія яких близько 200 кДж/моль. Кінетичної енергії боліда може вистачити для нагріву газової водяної плазми до температур 4000-10000 К.

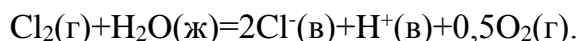
5. Оцінити кінетику боліда можна, виходячи з алгебраїчного рівняння, де пов'язуються швидкість зміни його об'єму з константою швидкості: $k = 3,2$. Ця величина відповідає величезній вибуховій швидкості формування боліда, об'єм якого збільшується кожну секунду в 25 разів, що насамперед викликано дуже високою температурою в боліді.

6. Перетворення речовини боліда Тур'ї Ремети з твердого стану в газ можливо лише при його водяній природі, коли тіло боліда при низьких температурах космосу мало крижане ядро, як у комет, оскільки водяний лід є найпоширенішим твердим мінералом в космосі при низьких температурах, а при високих температурах утворюється водяний газ, який займає великий об'єм і світиться в боліді. Таким чином, цей болід мав кометну природу і був мікрокометою, що, зокрема, підтверджується наявністю еліптичної навколосонячної орбіти цієї комети з перигелієм, близьким до орбіти Венери. Як відомо, що кометний лід як клатрат містить включення інших газів і близько одного відсотка силікатно-оксидних залізистих мінералів. Такі боліди разом з метеорами і кометами постачають на Землю з космосу до 1 млрд. т речовини в рік, в якому переважає вода [3]. Частина цієї води використовується для утворення хмар на великих висотах в атмосфері Землі, а велика частина кометної води разом з залізистими космічними кульками випадає на земну поверхню істотно поповнюючи гідросферу Землі. Це свідчить про велику роль таких явищ для космоекології.

7. Окремою проблемою є встановлення природи первинного джерела речовини комет, яке пов'язане з еволюцією речовини сонячних протуберанців. В них відбувається охолодження сонячної розсіяної газової плазми з віддаленням легких газів (водню, гелію) і, в результаті дифузії, концентрація важких газів в центрі протуберанця зі збільшенням його густини. Коефіцієнт дифузії (D) особливо значний для водню, як найлегшого газу в сонячній матерії: для протію $D_{\text{H}_2}=0,70$ і для дейтерію $D_{\text{D}_2}=0,30$ cm^2/s за нормальних умов. Крім того, в перигелії комет з підвищенням температури в водяному газі їхнього хвоста відбувається фракціонування ізотопів з віддаленням частини легких ізотопів і збагачення остаточного льоду комет дейтерієм, якого в кометній воді, порівняно з океанічною водою Землі, більше в 2-3 рази.

8. Еволюція кометного протуберанця, з початковою товщиною в кілька тисяч кілометрів (до 1-5 % діаметра Сонця) полягає в розсіянні 90 % своєї маси (в основному Н і He), зменшуючись до товщини в кілька десятків кілометрів. При охолодженні протуберанця утворюється переважно вода, дещо збагачена дейтерієм у вигляді твердих гідратів водяного льоду з включеннями газів і кристалів – оксидів, силікатів, карбонатів, сульфатів важких елементів С, О, Mg, Fe, Si, S, Ca, Ni та інших. Таким чином формуються льодяні ядра комет, можливо з гелієм.

9. В кометах виявлено вільний кисень, який виникає внаслідок реакції між рідкою водою і газоподібним хлором при підвищенні температури в перигелії комет. При температурі, нижчій за критичну для води (374°C) рівновага реакції рідкої води з хлором зміщується вправо:



Цій реакції утворення вільного кисню сприяє зниження температури, зміна кислото-відновлювальних умов водного розчину. При цьому утворюється кислий водний розчин соляної кислоти.

10. Еволюція комет полягає також в тому, що їх орбіта переходить від первинної колової до еліптичної, що проявляється в досить швидкому збільшенні ексцентриситету комети від нуля до одиниці, після чого її орбіта стає гіперболічною і комета зовсім виходить за межі Сонячної системи. Це свідчить про генетичний зв'язок комет із Сонцем і сонячними протуберанцями. Таким чином, термодинамічна еволюція комет є самовільним і незворотнім процесом зі зменшенням їх внутрішньої енергії і збільшенням ентропії системи аж до розсіяння речовини комет і досягнення стану рівноваги.

Список літератури:

1. Spurny P. EN171101 Bolide - The deepest ever photographed Fireball / P. Spurny, V. Polubchan // Proceedings of Asteroid, Comets, Meteors (ACM 2002), 29 July - 2 August, Technical University Berlin, Germany, (ESA-SP-500), November 2002, p. 269-272.
2. Белевцев Р.Я. О физических параметрах и кометной природе яркого болида EN171101 «Турьи Реметы» в Закарпатье / Р.Я. Белевцев, К.И. Чурюмов, А.М. Мозговая, Э.В. Собонович, С.Д. Спивак, В.И. Блажко, Е.Е. Лазаренко, С.В. Кузенко, А.С. Бондаренко // Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища НАН України. – 2015. – № 24. – С. 4-23.
3. Собонович Э.В. Космическое вещество в земной коре / Э.В. Собонович // М.: Атомизда. – 1976 – 159 с.

MAIN RESULTS OF EN171101 BOLID RESEARCH "REMOTE TOURS" IN TRUCKPATHY

**Bel'evtsev R. I., Churyumov K.I., Mozgova A.M, Sobotovich Ye.V.,
Spivak S.D., Blazhko V.I., Lazarenko E.E., Kuzenko S.V.,
Bondarenko A.S.**

This work presents the results of the bright bolide EN171101 ("Turji-Remety" in Zakarpattya) substance searching.

Keywords: bolide thermodynamics, physical parameters, velocity, kinetic energy, strength of the environment resistance, volume, pressure and temperature of the gas, isotopes, composition of gaseous cosmic balls from slices, comet nature of the bolide.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ БОЛИДОВ В АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ (1994 – 2016 ГГ.)

Черногор Л. Ф., Шевелев Н. Б.

*Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина,
пл. Свободы, 4, г. Харьков, 61022, Украина
E-mail: Leonid.F.Chernogor@univer.kharkov.ua*

Получены и проанализированы распределения числа падений метеороидов (миниастероидов) по их энергиям свечения, скорости, высоте области максимального

свечения и географическому месту расположения. С использованием спутниковой базы данных о свечении тормозившихся в атмосфере Земли 693 миниастероидов получены основные статистические характеристики их параметров. Подтверждено, что число падений миниастероидов быстро убывает при увеличении их энергии свечения. Средняя скорость космических тел была около 17.9 км/с. Высота максимального свечения чаще всего составляла 28–40 км. Закон распределения числа вторгающихся в атмосферу Земли космических тел по долготе и широте после исключения широтной зависимости, обусловленный геометрией, близок к равномерному. С использованием достаточно большого массива данных наблюдений оценены основные статистические характеристики метеороидов (миниастероидов).

Ключевые слова: болиды, параметры миниастероидов, статистические распределения

Введение. Исследование падений достаточно крупных космических тел (миниастероидов) на Землю является актуальной задачей, представляющей значительный научный и практический интерес.

Научный интерес заключается в изучении большого количества эффектов и процессов, сопровождающих вторжение космических тел в атмосферу Земли (1–4). Как известно, при этом возмущаются все подсистемы, входящие в систему Земля – атмосфера – ионосфера – магнитосфера (см. [4–7]). Следовательно, появляется возможность выявить недостаточно изученные прямые и обратные, положительные и отрицательные связи между подсистемами. Немалую роль играет также величина массы космического вещества, приносимого миниастероидами.

Практический интерес заключается в оценке частоты падений космических тел и возможных последствий таких событий. Важнейшим является своевременное предсказание столкновений метеороидов с нашей планетой. К сожалению, в настоящее время эта проблема находится в состоянии, далеком от ее решения. Так, падение Челябинского метеороида 15 февраля 2013 г. для жителей Челябинской области оказалось полной неожиданностью, в результате чего пострадало более 1600 человек, частично были разрушены постройки. Нанесенный ущерб превысил 30 млн долларов США. Начальная кинетическая энергия Челябинского метеороида составляла около $1.44 \cdot 10^{15}$ Дж, а энергия свечения – $3.75 \cdot 10^{14}$ Дж, начальная масса – около 11 кт, а размер – около 18 м [8–10]. Оказывается, ощутимый ущерб землям могут наносить и менее крупные космические тела. Например, взрыв Витимского метеороида на высоте около 30 км над сибирской тайгой 24 сентября 2004 г. привел к частичному повреждению леса на площади около 300 км^2 [12]. Если бы подобное событие произошло над городом, травмирования и даже смертей его жителям вряд ли удалось бы избежать. А ведь начальная кинетическая энергия миниастероида была всего лишь около 10^{13} Дж, энергия свечения – около 10^{12} Дж, начальная масса – около 50 т и размер – около 3 м. Более того, при определенных условиях возможно достижение поверхности Земли космическими телами размером $d \geq 2$ м [12]. При этом возможны образование кратера диаметром $(5 - 10)d$ и глубиной около $2d$, а также частичные разрушения в радиусе до 10 км и более. Большой интерес представляют также физико-химический и геохимический анализы найденных метеоритов. Они позволяют не только уточнить процессы взаимодействия космического телас атмосферой Земли, но и пролить свет на процессы, относящиеся к моментам образования вещества в Солнечной системе.

Целью настоящей работы является получение и анализ распределения числа падений крупных метеороидов (миниастероидов) по их энергиям свечения, начальной скорости, высоте области максимального свечения и географическому месту расположения.

Общие сведения о космических телах

Для статистического анализа использовалась база наблюдательных данных НАСА [<http://neo.jpl.nasa.gov/fireballs/>]. Она получена при помощи глобальной спутниковой системы контроля космического пространства, разработанной в США [13]. При помощи инфракрасных датчиков система позволяет обнаруживать свечение миниастероидов с энергией свечения E_r не менее $2 \cdot 10^{10}$ Дж и удельной мощностью источника излучения не менее 10^9 Вт/ср. Этим параметрам свечения соответствуют минимальные размеры космических тел около 0.3–1 м в зависимости от их состава и объемной плотности. В базе данных за 1994–2016 гг. имеется 693 случая регистрации ярких болидов. Энергия E_r в этих регистрациях изменяется от $2 \cdot 10^{10}$ Дж (всего 18 случаев) до $3.75 \cdot 10^{14}$ Дж (1 случай – вторжение Челябинского космического тела). Как оказалось, плотность распределения падающих космических тел существенно зависит от географических координат [14]. Наибольшая плотность имеет место вблизи экватора. По мере удаления от экватора плотность заметно уменьшается. Долготное распределение близко к равномерному.

В интервале времени, равном 23 годам, наблюдалось вторжение в атмосферу Земли не менее 693 космических тел. (Некоторые обнаруживаемые с помощью спутников метеороиды по заявлению НАСА в базе данных отсутствуют.) Среднее ежегодное число событий при такой статистике близко к 30, реально оно было, по видимому, несколько больше. Если исключить широтную зависимость, то оказывается, что плотность распределения падающих тел в среднем будет неизменной – около 0.06 год^{-1} на площади 1 млн км^2 , т. е. на площади, близкой к площади Украины. С учетом широтной зависимости плотность, например, на широте 60° , вдвое меньше, чем на экваторе.

Зависимость числа событий от энергии свечения космических тел

Поскольку энергия свечения различных космических тел изменялась более чем на четыре порядка (от $2 \cdot 10^{10}$ до $3.75 \cdot 10^{14}$ Дж), а число их падений – более чем на два порядка, зависимость числа событий от их энергии свечения целесообразно представить в логарифмическом масштабе (рис. 1). Из рис. 1, а видно, что зависимость логарифма числа событий от логарифма энергии свечения космических тел в первом приближении может быть аппроксимирована прямой линией. Аппроксимирующее уравнение имеет вид $\lg n = -0.6875 \lg E_r + 1.1153$. При этом коэффициент достоверности $R \approx 0.9588$. Значения E_r даются в тераджоулях. Зависимость $\lg n$ от $\lg E_r$ также можно аппроксимировать или нормальным законом (рис. 1, б). Соответствующие аппроксимации имеют вид:

$$\lg n = 2.0684 \exp(-0.5((\lg E_r + 1.4972)/1.3417)^2), \quad R \approx 0.9747.$$

Здесь E_r также измеряется в тераджоулях.

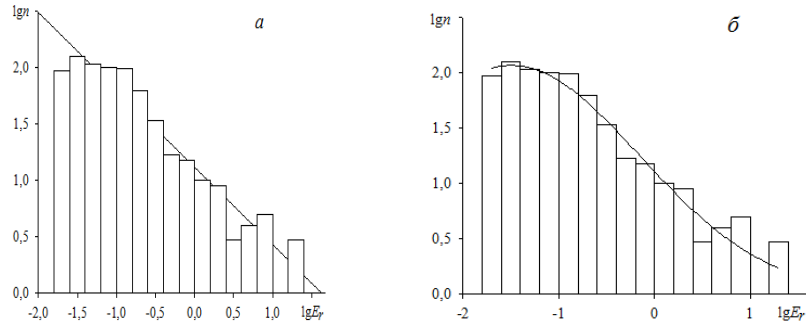


Рис. 1. Распределение логарифма числа событий в зависимости от логарифма энергии излучения космического тела (общее число событий – 693): *a* – аппроксимация степенной зависимостью

$$\lg n = -0.6875 \lg E_r + 1.1153, R \approx 0.9588, \sigma \approx 0.2007; \text{б} \text{ – аппроксимация}$$

нормальным законом $\lg n = 2.0684 \exp(-0.5((\lg E_r + 1.4972)/1.3417)^2)$, $R \approx 0.9747, \sigma \approx 0.1639$.

Зависимость числа событий от модуля скорости

Спутниковая система измеряла три проекции начальной скорости (до вхождения в атмосферу) космического тела в 145 случаях. Зависимость числа событий от модуля скорости v показана на рис. 2. Из рисунка видно, что значения v чаще всего изменяются в пределах 12 – 20 км/с, но в двух случаях достигают 44.8 и 49.0 км/с. Зависимость $n(v)$ можно аппроксимировать следующим соотношением:

$$n(v) = 7.5073(v - 9.193)^2 e^{-0.3766(v - 9.193)}. \quad (1)$$

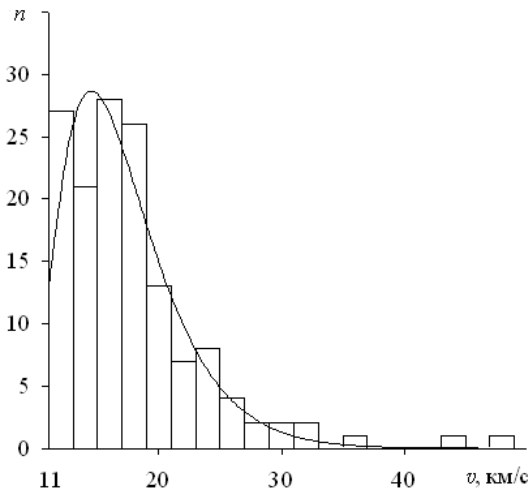


Рис. 2. Распределение числа событий по компонентам скорости и модулю скорости космического тела (145 событий):

сплошная линия – аппроксимация законом, (1), $R = 0.9588, \sigma = 3.0169$

Зависимость числа событий от высоты области максимального свечения

Высота области максимального свечения болида z_r близка к высоте почти полного разрушения космического тела и его наиболее интенсивного торможения. Зависимость n от z_r показана на рис. 3. Видно, что высота области максимального

свечения изменяется примерно от 15.2 до 74 км, ночью всего – от 28 до 40 км. Для последнего диапазона высот общее число событий составляет 150, или 52 %.

Зависимость $n(z_r)$ можно аппроксимировать нормальным законом: $n = 52.4410 \exp\left(-0.5\left(\frac{z_r - 33.8964}{8.1143}\right)^2\right)$. Значения z_r даются в километрах. Наиболее вероятная высота близка к 34 км, а ее стандартное отклонение – к 8 км. Добавим, что нормальный закон заметно занижает значения n при $z_r > 48$ км. Скорее всего, это связано с отличием в структуре разрушающихся космических тел. При $z_r < 48$ км

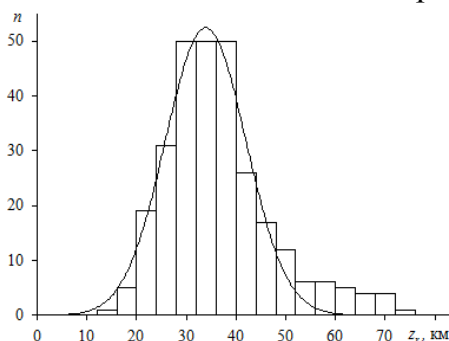


Рис. 3. Распределение числа случаев по высоте области максимального свечения космического тела ($N = 288$) (сплошная линия – аппроксимация нормальным законом). Вид закона: $n = 52.4410 \exp\left(-0.5\left(\frac{z_r - 33.8964}{8.1143}\right)^2\right)$, $R \approx 0.9796$, $\sigma \approx 3.9168$

тела, по-видимому, были каменными, а при $z_r > 48 - 50$ км – ледяными. Прочность последних существенно меньше прочности каменных тел, а высота их разрушения и свечения заметно больше.

Зависимость высоты области максимального свечения космического тела от энергии свечения

Корреляционное поле “высота области максимального свечения – энергия свечения” изображено на рис. 4. Из этого рисунка можно видеть, что корреляция между z_r и E_r несколько больше в интервале значений $\lg E_{rot}$ -1.7 до -0.6 и z_{rot} 26 до 42 км. Наибольшее число событий регистрировалось в диапазоне высот 26 – 42 км, им соответствует энергия свечения примерно от 30 до 500 ГДж.

Зависимость квадрата начальной скорости космического тела от энергии свечения

Квадрат начальной скорости v^2 космического тела пропорционален его начальной кинетической энергии.

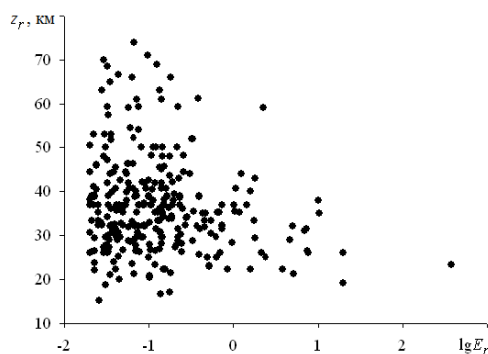


Рис. 4. Корреляционное поле высота области максимального свечения (в км) – логарифм энергии свечения космического тела (в ТДж) ($N = 288$)

Корреляционное поле “квадрат скорости – энергия свечения” приведено на рис. 5. Из рис. 5 видно, что значительная корреляция имеет место при $v^2 \approx 150 - 400$ (км/с)² и $Er \approx 30 - 500$ ГДж.

Обсуждение результатов статистического анализа

Анализ показал, что закон распределения числа падений космических тел по долготе близок к равномерному. Этого и следовало ожидать, так как нет выделенного участка поверхности Земли. В то же время закон распределения числа событий по широте не является равномерным. По мере удаления от экватора число событий уменьшается, что обусловлено не астрономическими, а чисто геометрическими причинами. Такое поведение связано с уменьшением площади поверхности, подверженной падениям космических тел. Геометрические соображения показывают, что эта площадь пропорциональна $\cos\varphi$, где φ – широта наблюдения болида, которая в процессе полета тела изменяется незначительно. Действительно, число событий n пропорционально элементу площади $dS = 2\pi R_E^2 \cos\varphi d\varphi$, где R_E – радиус Земли. Зависимость числа событий от логарифма энергии свечения может быть аппроксимирована рядом функций (рис. 1). Коэффициент достоверности $R \approx 0.9747$ имеет аппроксимация нормальным

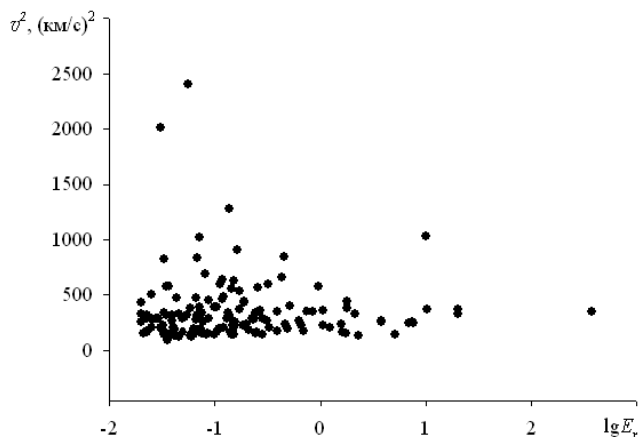


Рис. 5. Корреляционное поле квадрат начальной скорости (в км/с) – логарифм энергии свечения космического тела (в ТДж) ($N = 145$).

законом (рис. 1, б). Из-за большого стандартного отклонения ($\sigma n \approx 1.34$), сравнимого с $\lg Er \approx 1.50$, этому закону трудно дать физическое объяснение, хотя для него значение $\sigma \approx 0.1639$ оказалось минимальным. Наиболее простое истолкование имеет степенной закон $n \sim E_r^{-0.6875}$ (рис. 1, а). Чем больше энергия свечения, тем меньше число тел с такой энергией, вторгающихся в атмосферу Земли. В то же время число тел с энергией $Er \approx 0.02 - 0.13$ ТДж при дискретне $\lg Er = 0.2$ остается практически неизменным в этом диапазоне энергий ($n \approx 100$ при $\lg Er \approx (-1.7) - (-0.9)$). Относительная доля таких тел составляет около 67 %. Степенная аппроксимация является удовлетворительной при $\lg Er \approx (-1) - (+1)$, т. е. при $Er \approx 0.1 - 10$ ТДж. Если же дискрету уменьшить до 0.08, то можно заметить некоторое уменьшение $\lg n$ при увеличении $\lg Er$. Аппроксимация зависимости числа событий от модуля скорости нормальным законом не является вполне удовлетворительной, поскольку этот закон плохо описывает наблюдаемое распределение по скоростям при $v < 12$ км/с и особенно при $v > 25$ км/с. Закон в виде соотношения (1), не имеет простого физического истолкования. Сглаживание эмпирической зависимости $n(zr)$ нормальным законом

является вполне удовлетворительным для $zr \approx 20 - 48$ км. Заметные расхождения наблюдаются как при $zr < 20$ км, так и при $zr > 48$ км. Как уже отмечалось, это связано с значительным изменением объемной плотности вещества космических тел. На высоты $zr < 20$ км проникают тела повышенной прочности. Наименее прочные объекты, скорее всего, состоящие из льда, разрушаются на высотах более 50 – 60 км. Корреляционное поле, приведенное на рис. 4, свидетельствует о присутствии заметной связи между zr и $\lg Er$. Существует большая связь между v^2 и $\lg Er$, т. е. между кинетической энергией тела и энергией его свечения (рис. 5).

Основные результаты

1. С использованием спутниковой базы данных США о свечении 693 мини астероидов получены основные статистические характеристики их параметров. Закон распределения числа падений космических тел. метрового размера по долготе близок к равномерному. Закон распределения числа падений по широте пропорционален косинусу соответствующей широты.

2. Число космических тел, вторгающихся в атмосферу Земли с энергиями свечения в диапазоне 20 – 150 ГДж, остается практически неизменным. Доля таких тел близка к 72 %. При увеличении энергии от 125 до 3000 ГДж предпочтителен степенной закон распределения падения космических тел.

3. Большинство (70.13 %) космических тел имеет начальную скорость примерно от 12.5 до 20 км/с. Значения скорости от 45 до 49 км/с наблюдались лишь в двух случаях.

4. Зависимость числа вторгающихся в атмосферу космических тел от высоты области их максимального свечения хорошо аппроксимируется нормальным законом в диапазоне высот 20 – 48 км. Заметное отклонение от этого закона на высотах менее 20 и более 48 км объясняется сильным отличием прочности тел от типичной прочности, свойственной каменным космическим телам.

5. Корреляционное поле “высота области максимального свечения – логарифм энергии свечения” свидетельствует о некотором увеличении связи между этими параметрами в диапазоне высот 26 – 24 км и интервале значений $\lg Er \approx -(1.7 - 0.6)$.

6. Наблюдается достаточно высокая статистическая связь между квадратом начальной скорости космического тела и логарифмом энергии свечения.

Список литературы:

1. Стулов С. П., Мирский В. Н., Вислый А. Н. Аэродинамика болидов. – М.: Наука. Физматлит, 1995. – 240 с.
2. Катастрофические воздействия космических тел /Под ред. В. В. Адушкина, И. В. Немчинова. – М.: ИКЦ “Академкнига”, 2005. – 310 с.
3. Астероидно-кометная опасность: вчера, сегодня, завтра /Под. ред. Б. М. Шустова, Л. В. Рыхловой. – М.: Физматлит, 2010. – 384 с.
4. Черногор Л. Ф. Физика и экология катастроф. – Харьков: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2012. – 556 с.
5. Черногор Л. Ф. Физика Земли, атмосферы и геокосмоса в свете системной парадигмы // Радиофизика и радиоастрономия. – 2003. – Т. 8, № 1. – С. 59–106.
6. Chernogor L. F., Rozumenko V. T. Earth – Atmosphere – Geospace as an Open Nonlinear Dynamical System // RadioPhys. Radio Astron. – 2008. – Vol. 13, No. 2. – P. 120–137.
7. Chernogor L. F. The Earth – Atmosphere – Geospace system: main properties and processes // Int. J. Remote Sens. – 2011. – Vol. 32, Is. 11. – P. 3199–3218.

8. Popova O. P., Jenniskens P., Emelyanenko V. et al. Chelyabinsk airburst, damage assessment, meteorite recovery, and characterization // *Science*. – 2013. – Vol. 342, Is. 6162. – P. 1069–1073.

9. Черногор Л. Ф. Плазменные, электромагнитные и акустические эффекты метеорита “Челябинск” // *Инженерная физика*. – 2013. – № 8. – С. 23–40.

10. Черногор Л. Ф. Физические эффекты пролета Челябинского метеорита // *Доповіді Національної академії наук України*. – 2013. – № 10. – С. 97–104.

11. Язев С. А., Антипин В. Г. По следам Витимского болида // *Земля и Вселенная*. – 2004. – № 5. – С. 59–72.

12. Brown P., ReVelle D. O., Silber E. A. et al. Analysis of a crater-forming meteorite impact in Peru // *J. Geophys. Res.* – 2008. – Vol. 113, Is. E9. – id. E09007.

13. Tagliaferri E., Spalding R., Jacobs C. et al. Detection of meteoroid impacts by optical sensors in Earth orbit / *Hazards due to Comets and Asteroids* / T. Gehrels, ed. – Tucson: Univ. Arizona Press, 1994. – P. 199–220.

14. Черногор Л. Ф., Шевелев Н. Б. Глобальная статистика болидов в атмосфере Земли. – *Радиофизика и радиоастрономия*. – Т. 22, № 2. – С. 138–145.

STATISTICAL PARAMETERS OF BOLIDES IN THE TERRESTRIAL ATMOSPHERE (1994–2016)

L. F. Chernogor, Shevelev M. B.

*V. N. Kazarin Kharkiv National University, 4,
Svoboda Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine*

The distributions of the number of meteoroid (mini asteroid) falls as a function of glow energy, velocity, the region of maximum glow altitude, and geographic coordinates are evaluated and analysed.

The satellite database on the glow of 693 mini asteroids, which were decelerated in the terrestrial atmosphere, has been used for evaluating basic meteoroid statistics. A rapid decrease in the number of asteroids with increasing of their glow energy is confirmed. The average speed of the celestial bodies is equal to about 17.9 km/s. The altitude of maximum glow most often equals to 30–40 km. The distribution law for a number of meteoroids entering the terrestrial atmosphere in longitude and latitude (after excluding the component in latitudinal dependence due to the geometry) is approximately uniform.

Keywords: bolides, mini asteroid parameters, statistics distributions.

СТАТИСТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БОЛІДІВ В АТМОСФЕРІ ЗЕМЛІ (1994–2016 рр.)

Л. Ф. Черногор, Шевелев М. Б.

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
м. Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна*

Отримано та проаналізовано розподіли числа падінь метеороїдів (мініастероїдів) за їх енергіями світіння, швидкістю, висотою області максимального світіння та географічним місцем розташування.

З використанням супутникової бази даних про світіння 693 мініастероїдів, що гальмувалися атмосферою Землі, отримано основні статистичні характеристики їхніх

параметрів. Підтверджено, що число падінь мініастероїдів швидко спадає зі збільшенням їх енергії світіння. Середня швидкість космічних тіл була близькою до 17.9 км/с. Висота максимального світіння найчастіше складала 30 – 40 км. Закон розподілу числа космічних тіл, що вторгаються до атмосфери Землі, за довготою та широтою (після виключення широтної залежності), обумовлений геометрією, є близьким до рівномірного.

Ключові слова: боліди, параметри мініастероїдів, статистичні розподіли

RETROSPECTIVE LOOK ON METEOR RESEARCH IN KHARKIV

Kolomiyets S.V., Voloshchuk Yu.I.

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

E-mail: svitlana.kolomiyets@nure.ua

The first successful Ukrainian radar research of meteors was begun in Kharkiv. In the paper some fragments of retrospective look on meteor research in Kharkiv: data, events etc. are showed. There are important instrumental, observational and theoretical results.

Astronomical interpretation of the results of meteor investigations includes the identification of the connections of meteor bodies with asteroids and comets. Some connections of meteor streams, in particular with the comet 67P / Churyumov-Gerasimenko, were studied. Scientific cooperation between researchers is being discussed.

Keywords: meteors, comets, asteroids, 67P/Churyumov–Gerasimenko

Among the results of the study of the gas-dust component of the Solar system in the early 1970s, it is necessary to refer to the following achievements: "The powerful universal measuring system commissioned at the Kharkiv Institute of Radio Electronics allows recording meteors up to magnitude +(12-14). ... Until now, optical and radar means have been able to study predominantly the orbits of the motion of large meteor bodies, but when powerful radar installations were put into operation it became possible to study the orbits of small meteoroids ... So at the Kharkiv Institute of Radio Electronics several hundred thousand orbits of meteoroids, including small ones, which correspond to meteors up to magnitude +(12-14) were registered. ... In studies of comets in recent years, we can note a number of achievements. K.I. Churyumov, together with S.I. Gerasimenko (Kiev University) opened a new short-period comet of the family of Jupiter - 1969 h" (Vsekhsyatsky et al., 1973).

Today, it should be emphasized that the above quote indicates some important initial results of the study of small bodies of the Solar system: unique radar observations of meteors in Kharkiv and the discovery of the famous comet 67P / Churyumov-Gerasimenko in Kiev. These achievements, among other things, become the basis of the future cycle of works titled "Physics, Dynamics and Statistics of Comets, Minor Planets and Meteors: Observations, Discoveries and New Models" of researchers in this scientific field for the period of 1969-2014 Yu.I. Voloshchuk (Kharkiv, KhNURE), Yu.M. Ivashchenko (Kiev, GAO NASU/Andrushivka Astronomical Observatory), V.G. Kruchinenko and K.I. Churyumov (Kiev, Shevchenko National University). In memory of the famous Ukrainian researcher of comets, our colleague and friend K.I. Churyumov (19/02/1937 - 14/10/2016), here it is appropriate to emphasize once again that among the authors of this cycle one can find his name (Corresponding Member of NASU, Prof., Dr.Sc. K.I. Churyumov) with an indication that he is one of the discoverer of the comet 67R / Churyumov-Gerasimenko, i.e. the comet that became famous due to the successful space mission of Rosetta (2004 - 2016). This cycle of Ukrainian works took part in the competition of State Prizes of Ukraine in the field of science and technology in 2015. The award was not awarded, but the competition was at the same time (i.e. after 2014 in 2015), when together with Philae, its landing module, Rosetta conducted a

detailed study of the 67P / Churyumov-Gerasimenko comet "in situ". Thanks to the scientific research and organizational energy of K.I.Churyumov, the scientists of KhNURE and other co-authors of this cycle of scientific research, carried out a useful work on the summation of the results obtained by them within the indicated period 1969-2014, and K.I. Churyumov, with his inherent love to this comet, widely presented the results of this cycle of works to the Ukrainian scientific community, together with the popularization of knowledge about the Rosetta space mission. K.I. Churyumov highly appreciated the results of meteor research obtained in Kharkiv in KhNURE and this was one of the motives today for us to make a retrospective analysis of meteor research of the astronomical direction in KhNURE for the entire period of the formation and development of this trend in Kharkiv, from 1957 to the present day (1957-2017).

The development of activities in the field of solar-terrestrial physics among all countries started during the International Geophysical Year 1957 program (IGY1957). Meteor research was included in section 5 of this program 'Ionosphere and Meteors'. The geophysical direction of meteor research gave an impetus to the development of their astronomical direction. A meteor is a phenomenon in the Earth atmosphere at altitudes of about 70-120 km. Meteor bodies (by definition are smaller than asteroids and larger than atoms or molecules) that entered into the Earth atmosphere are studied as astronomical objects (small bodies) of the Solar system, starting from the moment of determining their heliocentric orbits. During the entry of a meteoroid (a meteor body) into the upper atmosphere, an ionization trail is created. Reflection of radio waves from meteor trails allows to research meteors by radar methods. The first successful Ukrainian radar research of meteors was begun in Kharkiv. In the Table some fragments of retrospective look on meteor research in Kharkiv: data, events etc. are showed. There are important instrumental, observational and theoretical results of meteor research in Kharkiv. Astronomical interpretation of the results of meteor investigations includes the identification of the connections of meteor bodies with asteroids and comets.

In the early 2000s an electronic database (~250,000 meteor orbits) were created by Kharkiv scientists in KhNURE using the results of radar observations in Kharkiv in 1972-1978. This database became a tool of KhNURE researchers to study meteor matter in the Solar system. In this database, 5,160 meteor streams and associations MSAs (Meteor streams and associations) with a membership number of at least 5 were identified. It was assumed that MSAs can be considered as traces of matter left by their parental bodies approaching to the Earth, that is, the nuclei of the NEC comets (Near Earth Comets) and some asteroids NEA (Near Earth Asteroids). Thanks to special methods it became possible to identify 39 MSAs of a cometary origin, for which the potential parent bodies (PBs) are comets, including comet 67P / Churyumov-Gerasimenko. For 541 MSAs of an asteroid origin, their potential parent bodies (PBs) were found. This together with another results allowed the scientists of KhNURE to make original conclusions about the connections and dynamics in the cometary-asteroid-meteoroid orbital complex of the Solar system.

References

(No.2-5, 13 are at <http://openarchive.nure.ua/handle/document/8>)

1. Cherkas Yu., Voloshchuk Yu., Kolomiets S. Frequency Analysis of Distributions of Near Earth Asteroids Semi-Major Axes // The Advanced Science Journal 2014 Volume 2014 Issue 10 - P. 79-82. DOI: 10.15550/ASJ.2014.10.079

2. Kashcheyev B.L., Lebedinets V.N., Lagutin M.F. Radiolocation definitions of the orbits of individual meteors // Astronomer. Journal. - 1961. - Vol. 38, 4. - P. 681-691.

Table. Short Retrospective Look on Meteor Research in Kharkiv

| Periods (KhPI/ KhNURE) | Meteor radar system s | Some Global International Projects etc. | Some dissertations, catalogues etc. | Registere d meteor orbits (N) |
|------------------------------|---|--|--|-------------------------------------|
| 1954 | Registration of the first radiometeors in Ukraine | | | |

Comets Asteroids Meteors Meteorites Astroblemes Craters
VINNYTSIA, September 26 – 28, 2017

| | | | | |
|-----------|---|-----------------------------|---|-----------------|
| 1954-1957 | Creation of the Kharkiv meteor observation base: the Balakleya scientific and research polygon (BSRP) | | | |
| 1957-1959 | MRS ¹ | IGY ² 1957/9 | (Kashcheyev et al., 1961)** | 368 |
| 1967-1971 | MARS I ³ | | (Kashcheyev et al., 1967) | 90,000* |
| 1968-1970 | | Equatorial expedition | (Catalog I ^{4,5} 1975, 1977) | 5330 |
| 1971-1978 | MARS II ⁶ | | (Catalog II ⁷ , 1980) | 250,000* (5317) |
| 1981-1991 | MARS III ⁸ | | (Voloshchuk, 1984) | |
| 1985-90 | | GLOBMET ⁹ | | |
| 1985-87 | | IHW ¹⁰ | (Kolomiyets et.al., 2002) | |
| 1996-2000 | | | (Voloshchuk et al., 1996) | |
| 2000-2007 | | | (Voloshchuk Gorelov, 2011) | 5160 (showers) |
| 2004 | Kharkiv meteor observation base (KhNURE BSRP) ¹¹ was assigned the status of the National property of Ukraine | | | |
| 2007/9 | | IHY ¹² 2007/2009 | (Kolomiyets, 2011) | |
| 2007 | KhNURE Kashcheyev SRL RA SRD ¹³ was created | | | |
| 2007-2017 | | | (Cherkas et al., 2014) (Kolomiyets, 2015) | |

Explanations to the Table, callouts:

(KhPI/KhNURE)¹ -affiliation: grey - KhPI: Kharkiv Politechnic Institute, rest - KhNURE: Kharkiv National University of Radio Electronics; KhIRE (Kharkiv Institute of Radio Electronics) was the name of the establishment in 1966—1993, KhTURE (Kharkiv Technical University of Radio Electronics) - in 1993-2001, KhNURE - starting in 2001 till now)

MRS¹ - Meteor radar system

IGY² - International Geophysical Year Project

MARS I³, MARS II⁶, MARS III⁸ - Meteor Automated Radio Location System

Catalog I⁴ - Catalogue (December 1968 - July 1970. Meteor orbits and rates from Equatorial survey, 1975) [Electronic resource]: <http://openarchive.nure.ua/handle/document/3641>

Catalog I⁵ – Catalogue (April- June 1970. Meteor orbits from Equatorial survey, 1977) [Electronic resource]: <http://openarchive.nure.ua/handle/document/3607>

Catalog II⁷ - Catalogue (Kashcheyev, Tkachuk, 1980) [Electronic resource]: <http://openarchive.nure.ua/handle/document/3598>

GLOBMET⁹ -Global meteor observation System Project (Kashcheyev, Bronshten, 1984)

IHW¹⁰ - International Halley Watch Project (Halley's Comet Research Program, 1P/Halley last perihelion: 9 February 1986, next perihelion: 28 July 2061)

Kharkiv meteor observation base (KhNURE BSCP)¹¹ - Multipurpose geophysical complex for researching the atmosphere and meteor substance inflow of the Kharkiv National University of Radio Electronics includes MARS and an automatic goniometer (currently it is mothballed and temporarily not working).

IHY¹² - International Heliophysical Year Project

KhNURE Kashcheyev SRL RA SRD¹³ - Scientific Research Laboratory of Radio Astronomy named BL Kashcheyev (SRD) of Kharkiv National University of Radio Electronics, the Order of the rector of KhNURE No. 138 dated 05.06.2007

*- the unpublished database

** <http://openarchive.nure.ua/handle/document/367> The article in the Open Electronics Archive of KhNURE (Elar)

3. Kashcheyev BL, Lebedinets V.N., Lagutin MF. Meteor phenomena in the Earth's atmosphere - M.: Science, 1967. - 260p.

4. Fedynsky V.V., Kashcheev B.L., Voloshchuk Yu. I., Dyakov A.A. Radio monitoring of meteors using automated systems // Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR. - 1976. - No. 10. - P. 89-94.

5. Kashcheyev B.L., Bronshten V.A. Radiometeor investigations performed according to International Geophysical Projects // Meteor investigations. - 1984. - No. 9. - P. 7-13.

6. Kolomiyets S. V., Voloshchuk Yu. I., Kashcheyev B. L., Milutchenko I. A. Meteors streams associated with the P/Halley comet: the structure from the Kharkiv radar observations // ESA Publications Division, 2002. – P.241–244.

7. Kolomiyets S. V. Distribution of orbital elements for meteoroids on near parabolic orbits according radar observation data / S. V. Kolomiyets //NASA/CP–2011–216469 – Huntsville, Alabama, 2011. – P. 88 –105.

8. Kolomiyets S. V. Uncertainties in MARS Meteor Orbit Radar Data // Journal Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. – 2015. – Vol. 124, March. – P. 21–29.

9. Voloshchuk Yu.I., Kashcheev B.L. Distribution of meteoric bodies near the orbit of the Earth. - Moscow: "Publishing house of the USSR Academy of Sciences", 1961. - 123 p.

10. Voloshchuk Yu.I. Automated system of gathering and processing of radio meteor information: diss. ... Dr. Tech. Sciences: 05.13.01 "Technical Cybernetics and Information Theory" / Yu.I. Voloshchuk; Kharkiv Institute of Radio Electronics. --Kh : KhIRE, 1984. - 525 pp.

11. Voloshchuk Yu.I., Kashcheev B.L., Kruchinenko V.G. Meteors and meteoric substance. - Kyiv: "Scientific thought", 1989 - 293p.

12. Voloshchuk Yu.I., Gorelov D.Yu. Meteor streams and associations, revealed by the results of long-term radar observations of meteors in Kharkiv. - Kharkiv: "NTMT", 2011. - 383 p.

13. Vsekhsvyatsky S.K., Kashcheyev B.L., Fedynsky V.V. Gas-dust environment of the Solar system // Vestnik AS USSR. - 1973. - No. 6. - P. 75-79.

РЕТРОСПЕКТИВНИЙ РОЗГЛЯД НА МЕТЕОРОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ В ХАРКІВІ Коломієць С.В., Волощук Ю.І.

*Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна
E-mail: svitlana.kolomiyets@nure.ua*

Перше успішне українське радіолокаційне дослідження метеорів було розпочато у Харкові. В роботі показані деякі фрагменти ретроспективного вигляду метеорних досліджень у Харкові: дані, події тощо. Існують важливі інструментальні, спостережні та теоретичні результати.

Астрономічна інтерпретація результатів метеорних досліджень включає виявлення зв'язків метеорних тіл з астероїдами та кометами. Вивчено деякі зв'язки метеорних потоків, зокрема з кометою 67П / Чурюмов-Герасименко. Обговорюється наукове співробітництво між дослідниками.

Ключові слова: метеорити, комети, астероїди, 67П / Чурюмов-Герасименко

ХОЛОДНИЙ ЯДЕРНИЙ СИНТЕЗ І УТВОРЕННЯ ВСЕСВІТУ

Кульматицький Валерій

Нездатність існуючих гіпотез відповісти на багато питань про походження зірок, Сонячної системи, планет і навіть хімічних елементів, спонукають спробувати дати пояснення на основі абсолютно нової теорії холодного протон – протонного синтезу (ХЯС).

Першим, хто зробив спробу дати наукове пояснення виникнення Сонячної системи, був П'єр Сімон Лаплас. Він припустив, що спочатку скупчення газів і пилу було розпеченим, а потім з нього утворилась Сонячна система з усіма планетами. Противником даної гіпотези був академік Отто Юлійович Шмідт, який стверджував, що спочатку вся маса газопилового скупчення була холодною, а потім почала поступово розігріватись від стискання. Обидві ці гіпотези в чомусь суперечили одна одній, а в чомусь доповнювали, але жодна з них не давала відповідь на питання:

- як з'явилися в цьому скупченні всі хімічні елементи таблиці Менделєєва;
- звідки взялась та колосальна енергія, що розіграла всі планети до рідкого

стану;

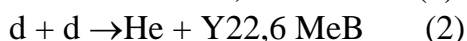
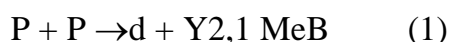
(Це підтверджує вигляд Місяця, вся поверхня якого покрита величезними кратерами явно вулканічного походження.)

- чому геологічні породи Землі мають різний вік, якщо згідно цих гіпотез, вони мали б утворитися одночасно та багато інших.

На наш погляд і Лаплас, і Шмідт були правими в своїх припущеннях.

Спочатку величезне скупчення водню було холодним, а потім почало розігріватись в результаті синтезу нових елементів. При утворенні нового елемента з атомів водню виділяється енергія ядерного зв'язку у вигляді електромагнітного випромінювання, що і перетворило скупчення водню у зірку, яку люди назвали Сонцем.

Реакція протонного синтезу теоретично обґрунтована і доведена при випробуванні водневих бомб.



де P – протон, d – дейтрон, γ – гамма квант 0,42 MeV, He – ядро гелію.

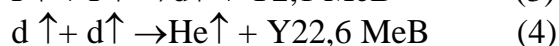
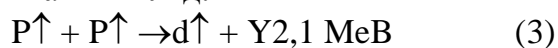
Астрономи і астрофізики впевнені, що термоядерний синтез є джерелом енергії Сонця і зірок, але останні відкриття космічних досліджень ставлять запитання, на які не має відповіді.

Першим, хто помітив ефект ХЯС був радянський вчений І.С. Філімоненко, але прихильники термоядерного синтезу його роботу заблокували. Потім була сенсаційна заява американців Флейшмана і Понса, які не маючи відповідної теорії, під тиском авторитетів, відмовились від свого відкриття. Далі були аналогічні заяви російського академіка Нігматуліна, японського професора Арата з міста Осака та італійця Андреа Россі про експерименти з воднем та перетворенню нікелю 58 в нікель 62 з виділенням енергії вдвічі більше, ніж затрачено. Всі ці заяви були сприйняті більшістю вчених світу з великою долею скептицизму, оскільки не були підкріплені відповідною теорією. 8 жовтня 2014 року були опубліковані результати незалежного дослідження генератора НТ E-Cat, що проходив у Лугано (Швейцарія) протягом 32 діб починаючи

з 24 лютого 2014 за участю групи незалежних авторитетних експертів зі Швеції - Бо Хоїстад, Роланд Петтерсон, Ларс Тегнер, Ханно Ессен та Італії - Джузеппе Леві, Евелін Фоши, але без участі в них Росії. За 32 доби експерименту було вироблено 1,5 МВт.ч енергії при температурі 1200-1400 градусів. Після закінчення експерименту, склад літію-6 (8,6%) і літію -7 (91,4%) змінився до 92,1% для літію-6 і 7,9% для літію-7. Ще більші зміни зафіксовано в ізотопному складі нікелю. Кількість нікелю-58 зменшилась з 67% до 0,8%, а кількість нікелю-62 зросла з 3,9% до 98,7%, що викликало сенсацію і підтвердило ядерно-фізичну природу виділення енергії. На мою думку тут працює реакція К-захвата, що перетворює атом водню в нейтрон і той безперешкодно приєднується до ядра.

В той же час ми вже з 2007 року маємо теоретичну базу холодного ядерного синтезу розроблену Л.П. Скібінським і доктором технічних наук професором В.Г. Петруком опубліковану в монографії «Моделювання альтернативних джерел енергії ядерного синтезу». Ця робота є новою в розумінні побудови матерії і пояснює невдачі термоядерників, які, образно висловлюючись, розганяють в Токамаках та магнітних пастках до світлових швидкостей «гайку з болтом», намагаючись їх з'єднати. Природа ж це робить геніально просто і протон-протонний синтез здатен йти навіть при космічному холоді.

Все залежить від відповідної просторової орієнтації магнітних моментів протонів і тому формули 1, 2 повинні мати вигляд:



Символ

практично неможливо. Але, коли вони попадають в постійне магнітне поле, то вектори їхніх магнітних моментів стають паралельними і протони об'єднуються без надвисоких температур, утворюючи дейтерій. Це і є головний секрет Природи. Так народжуються галактики, зірки, планети, а також всі хімічні елементи.

Підтвердженням цього є останні відкриття астрофізиків і космічних експедицій НАСА. Найближчим до Землі космічним об'єктом є Місяць. (Рис. №1) Вся поверхня його вкрита кратерами діаметром до 200 км явно вулканічного походження, а місячні «моря» - це рівнини з застиглою базальту. Виникає питання: звідки взялась енергія здатна розтопити до рідкого стану таку масу кристалічних порід? Опоненти стверджують, що місячні кратери метеоритного походження, але в центрі деяких кратерів видні застигли лавові «гейзери», що спростовує ці твердження.

Поверхня ж супутника Сатурна Гіперіона, що покрита безліччю газових кратерів і схожа на губку вже не залишає жодних сумнівів в їх вулканічному походженні (Рис. 2). Яка ж енергія розіграла його до такого стану?

Останнім сенсаційним відкриттям стали результати американської космічної експедиції «Стардаст» до комети сімейства Юпітера 81P Вільда 2, яка виявилась космічним чорним тілом з альbedo 0,05, покритим величезними кратерами з чисельними джетами (Рис. 3). Капсула з кометною речовиною була успішно доставлена на Землю. Аналіз показав, що в кожній четвертій присутні «високотемпературні» мінерали форстерит та кальцієво-алюмінієві компоненти, що формуються при температурі більше 1000 градусів. Комета Вільда 2 виявилась літаючим космічним вулканом. Звідки ж в надрах комети такий високий тиск і температура, коли на поверхні космічний холод? Відповідь може бути лише одна -

там йде холодний ядерний синтез водню і лише він може бути причиною такого феномену на протязі мільярдів років.



Рис. 1. Поверхня Місяця

Рис. 2. Супутник Сатурна Гіперіон

Остання аварія на ядерній електростанції «Фокусіма 2» і величезна кількість викинутих в довкілля радіонуклідів довели безперспективність ядерної енергетики на розпаді урану. Тому альтернативи керованому ядерному синтезу протонів для людства не існує. У нас є теоретичне обґрунтування і розуміння умов реакції холодного ядерного синтезу, але лише експериментальне підтвердження дасть можливість для побудови технологічних реакторів нового покоління, невичерпного джерела енергії та зменшення забруднення довкілля.



Рис. 3. Ядро комети Вільда 2

Висновок: теорія походження галактик, зірок, планет і комет, як скупчення замерзлих газів має бути переглянута шляхом широкого обговорення в наукових колах.

Голова ВОО УЕА «Зелений світ» Керівник Вінницького філіалу Української Міжнародної академії оригінальних ідей В.І. Кульматицький

Список літератури:

1. Скібінський Л.П. Квантова динаміка. «Універсум –Вінниця, 2000 52с ISBN 966-7199-82-7
2. Кульматицький В.І Планета Земля – продукт ядерного синтезу. Газета «Подільська зоря» №48 (7789) 21.11.2002р.
3. Є.М Філіпов Всесвіт, Земля, життя. Наукова думка, Київ, 1977р.
4. Скібінський Л.П. Петрук В.Г. Мацюк Д.В. Моделювання альтернативних джерел енергії ядерного синтезу. Монографія. Вінниця: «Універсум-Вінниця» 2007 110с ISBN 978-966-641-232-7
5. Журнал «Наше небо» №1, 2009. Слово головного редактора член-кореспондента НАН України, професора, доктора фізико-математичних наук К. І. Чурюмов.
6. Кульматицький В.І. Виникнення Землі, Сонця, Галактики. 2009 р.
7. Висоцький В.І. Вырастет ли белый лебедь из гадкого утенка? gazeta.zn.ua/science/vyrastet-li-belyy-lebed-iz-gadkogo-utenka_.html

**COOL NUCLEAR SYNTHESIS AND THE DEVELOPMENT OF THE
UNIVERSE**

Kulmatical Valery

ЧАСТИНКИ-КАНДИДАТИ У ТЕМНУ МАТЕРІЮ

Приц В.Ю.

НПУ імені Драгоманова, Київ, Україна

Статтю присвячено проблемі пошуку частинок загадкової субстанції – темної матерії. Дослідження її частинок на сьогодні носить досить актуальний характер у спостережуваній астрономії та теоретичній астрофізиці. На основі спостережуваних даних та знань в області фізики частинок, було розглянуто гіпотетичні претенденти складової темної матерії. У публікації здійснена спроба виявлення властивостей цих частинок. Ідеї статті можуть бути використані під час теоретичних розробок моделей темної матерії та практичних її пошуків.

Ключові слова: частинки, темна матерія, маса, енергія, Всесвіт, взаємодія.

На сьогоднішній день ми знаємо, що видима матерія (яка взаємодіє з електромагнітним випромінюванням), яку ще називають «баріонною», складає всього близько 4,9% від сукупної енергетичної компоненти Всесвіту. Решта припадає на так звані гіпотетичні «темну енергію» та «темну матерію», згідно сучасної космологічної моделі Лямбда-CDM. Темними вони називаються тому, що їх не можна спостерігати в електромагнітному діапазоні. Далі тема піде про темну матерію, бо про темну енергію ми знаємо досить мало (тільки те, що ця компонента відповідає за прискорене розширення Всесвіту і є, можливо, модифікацією космологічної константи, яку ввів Айнштайн у рівняння загальної теорії відносності).

Загальна маса-енергія темної матерії на 2013 рік, згідно спостереження космічної обсерваторії «Планк», складає 26,8% від загальної маси-енергії спостережуваного Всесвіту. Її неможливо спостерігати прямим методом, а можна тільки бачити її

гравітаційний вплив на баріонну матерію. Вона проявляється у великомасштабності Всесвіту.

Згідно квантової теорії поля, частинки в полі взаємодіють між собою за допомогою частинок-переносників взаємодії, – бозонів – які підпорядковуються статистиці Бозе-Айнштайна. Тому, якщо темна матерія взаємодіє з видимою матерією тільки шляхом гравітаційної взаємодії, вона повинна складатись з частинок, які мають конкретні характеристики. Є декілька кандидатів на роль частинок темної матерії:

• **Гаряча темна матерія – HDM.** Тут кандидатами є легкі частинки типу нейтрино (наприклад аксіони). Але космологічні дані виключають можливість того, що останні складають достатню долю темної матерії.

• **Холодна темна матерія – CDM.** Частинки цієї моделі є так звані «Вімпи» (**WIMP** – weakly interacting massive particle). Їхня маса він декілька десятків ГеВ до декількох ТеВ. Їхня концентрація дає потрібний вклад в баланс енергії «сучасного Всесвіту», а величина взаємодій з частинками баріонної матерії робить можливим їх пряме знаходження. Але для цих частинок повинна бути правильною модель суперсиметрії у фізиці частинок. Наприклад нейтраліно – найлегша частинка суперсиметричного розширення Стандартної моделі, яка являється суперпозицією суперпартнерів калібрувальних і хігсівських бозонів. Вімпи являються найбільш імовірними частинками темної матерії.

• **Тепла темна матерія – WDM.** Ця матерія складається з частинок масою більше або порядку 1 еВ. Кандидати – важкі (стерильні) нейтрино.

Спостереження цих частинок, спостерігаючи саму темну матерію, на сьогодні неможливе. Тому знаходження цих часток потребує інших методів. Основна трудність при пошуку частинок темної матерії полягає в тому, що всі вони електрично нейтральні. Є два варіанти пошуку: прямий і непрямий. При прямому пошуку вивчаються наслідки взаємодії цих частинок з електронами або атомними ядрами за допомогою наземної апаратури. Непрямі методи основані на спробах знаходження потоків вторинних частинок, які виникають, наприклад, завдяки анігіляції сонячної або галактичної темної матерії.

Перелічені вище кандидати частинок у темну матерію повинні володіти наступними властивостями:

• **Бездисипативність** – темна матерія не випромінює (і не поглинає);

• **Беззіштовхувальність**, так як форма темних гало навколо галактик несферична. Якщо би частинки були зіштовхувальними, то гало повинні були сферизуватись;

• **Матерія повинна бути холодною.** Найкращим чином властивості галактик, починаючи від процесу їх утворення, пояснює саме холодна темна матерія (CDM – Cold Dark Matter). Тільки CDM пояснює маломасштабні спостережувані структури (галактики);

• **Текучість.** Частинки повинні бути достатньо мізерними щоб утримувати вкупі гравітаційні об'єкти (напр. кулясті скупчення).

Експерименти для пошуку частинок темної матерії проводяться в шахтах і тунелях глибоко під землею. Чому під землею? Тому що на поверхні землі нас часто бомбардують космічні промені – і від Сонця, і від більш далеких об'єктів. Навіть якщо нас щодня бомбардує мільйон частинок темної матерії, більшість з них проходять крізь землю і фіксувати їх поки що неможливо. Можливо частинки будуть зареєстровані на Великому адронному колайдері, адже там зіштовхують частинки на

дуже великих енергіях. І це зіштовхування може відтворити умови первинних митей існування Всесвіту, навіть в мікроскопічних об'ємах, коли частинки темної матерії починали утворювались. В цих об'ємах ті самі взаємодії, які колись породили частинки темної матерії, можуть породити такі ж частинки в лабораторії! Тобто іде велика гонка: хто першим виявить частинки темної матерії – експерименти глибоко під землею чи адронний колайдер? Хто б не виграв, ніхто не програє. Виграємо ми всі – адже уявимо, з чого насправді складається ця матерія.

На початкових стадіях еволюції Всесвіту, перевага була на боці темної матерії. Тоді саме і визначилась доля пропорцій баріонної і темної матерій. З часом ця відмінність досить збільшилась. Причина цього явища невідома. Але якби темна матерія не домінувала, то Всесвіт розсипався б на куски. Тому що баріонної матерії не вистачає щоб гравітаційно утримувати галактики вкупі.

Отже, частинки темної матерії повинні володіти певними властивостями які накладає Стандартна модель елементарних частинок. Експерименти щодо пошуку цих частинок досить складні і потребують ретельних теоретичних розрахунків та удосконалення технічного обладнання.

CANDIDATE PARTICLES TO DARK MATTER

Prits V.J.

Dragomanov National Pedagogical University of Kyiv

The article is devoted to the problem of finding particles of mysterious substance - dark matter. The study of its particles today is very relevant in observed astronomy and theoretical astrophysics. On the basis of observable data and knowledge in the field of particle physics, hypothetical constituents of the dark matter component were considered. The publication attempts to detect the properties of these particles. Ideas of the article can be used during theoretical developments of dark matter models and practical searches.

Keywords: particles, dark matter, mass, energy, Universe, interaction.

Короткі повідомлення

ДО ІСТОРІЇ НАУКОВИХ КОНФЕРЕНЦІЙ САММАС

Вальтер А.А.

*Інститут прикладної фізики НАН України, м. Суми, Україна,
avalter@iop.kiev.ua*

Ключові слова: конференція САММАС, Іллінецька астроблема

На початку 1970 років в усьому світі зростає увага до взаємодії малих космічних тіл з планетами, в першу чергу, - із Землею. Наукові інтереси астрономів і геологів зустрілися на проблемі утворення метеоритних кратерів Землі. Однією з перших країн, де розгорнулися дослідження кратерів, стала Україна. Зокрема, тут були встановлені 7 астроблем, в гірських породах яких вивчалися ознаки ударного метаморфізму мінералів, зокрема були відкриті імпактні алмази.

Земні метеоритні кратери, повинні розподілятися за розмірами за залежністю, що є близькою до оберненої $\sim 1/2,5$. Проте серед спостережених метеоритних кратерів невеликі структури є відносно рідкісними, через незначний вік існування і брак виразних ознак ударного метаморфізму оточуючих порід.

Отже, повідомлення київських астрономів К.І. Чурюмова і В.В. Тельнюка про спостереження невеликої кратерної структури в районі Тіксі викликало інтерес українських геологів, що займалися метеоритними кратерами.

В результаті 1982 року була здійснена експедиція цих астрономів і автора доповіді в район Тіксі. Нажаль наявність метеоритного кратеру тут не була підтверджена, але тісні контакти астрономів і геологів призвели до взаємного інтересу до викопних кратерів Українського щиту. Були розпочаті наукові зібрання і подорожі до району відслонень Іллінецької астроблеми, в яких приймали участь в різні часи відомі українські астрономи Микола Косаренко, Леонід Шульман, Володимир Тельнюк-Адамчук, Клім Чурюмов.

Ці зустрічі через ініціативу і наполегливість К.І. Чурюмова згодом набули статус постійних конференцій у Вінницькому педагогічному університеті імені Михайла Коцюбинського з обов'язковими науковими екскурсіями до відслонень Іллінецької астроблеми, що є, на наш погляд, одними з найкращих в Європі.

В доповіді розповідається про експедицію до Тіксі і ранні наукові поїздки до Іллінецької астроблеми. Наведені враження автора від відвідання в 2015 році класичного метеоритного кратеру Баррінджер (США).

Key words: SAMMAC conference, Illinetsky astrobleme

About the history of SAMMAC scientific conference The history of early scientific contacts between astronomers and geologists of Ukraine in the study of meteorite craters was done/

ОБ ОТКРЫТИИ ПЛАНЕТ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ. КЛАССИЧЕСКИЕ ГИПОТЕЗЫ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕОРИИ

Гулиев Р.А. Гулиев А.С.
rustamdb@gmail.com

В работе рассматриваются отдельные аспекты гипотезы Гулиева о возможности существования крупного планетного тела на расстоянии 250 – 400 а.е. и его трансфера наблюдаемых комет. Анализ охватывает 1249 комет, наблюдавшихся до 2017 года и имеющих перигелийные и афелийные расстояния больше 0.1 и 30 а.е. соответственно. Показано, что гипотеза о существовании точки, вблизи концентрируются перигелии этих комет, не состоятельна. В вопросе распределения кометных перигелиев приоритет должен быть отдан предположению существования плоскости или плоскостей вблизи которых имеет место концентрация. Выявлено существование двух типов плоскостей или зон: один из них очень близок к плоскости эклиптики, а второй почти перпендикулярен к ней и имеет параметры - $i_p = 86^\circ$; $\Omega_p = 271^\circ$. Существование первой зоны во видимому связано с влиянием планет-гигантов. Гипотеза Гулиева гласит о существовании крупного планетного тела во второй зоне на расстоянии 250-400 а.е. Показано, что в этом интервале количество афелиев и далеких узлов кометных орбит заметно (в пределах статистических достоверностей) превышает ожидаемый фон. Анализ угловых параметров рассматриваемых комет, вычисленных относительно второй плоскости (точкой отсчета является восходящий узел большого круга), показывает ярко выраженные закономерности: дефицит комет вблизи $i'=180^\circ$, избыток вблизи $B'=0^\circ$ и дефицит вблизи $B'=-90^\circ$, неравномерность далеких узлов, перенаселенность долгот перигелиев в интервале $350^\circ-20^\circ$. Построенные распределения афелиев $N(Q)$ и далеких узлов кометных орбит четко указывают на нарушение естественного хода вблизи 300 а.е. На базе собранного кометного материала вычислены оценочные элементы гипотетического планетного тела:

$$a = 337 \text{ а.е.}; \quad e = 0.14; \quad \omega = 570^\circ; \quad \Omega = 272.7^\circ; \quad i = 86^\circ$$

BROADBAND OBSERVATIONS OF SELECTED QUASI-HILDA COMETS IN 2017

Serhii Borysenko¹, Alexander Baransky², Elena Musiichuk²

¹Main Astronomical Observatory NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²Taras Shevchenko Kyiv University, Kyiv, Ukraine

borisenk@mao.kiev.ua

We present broadband photometry of comets with orbits close to quasi-Hilda group (47P/Ashbrook-Jackson, 65P/Gunn, 2008 GO98).

A quasi-Hilda comet (QHC) is a Jupiter-family comet that interacts strongly with Jupiter and undergoes extended temporary capture by it. These comets are associated with the Hilda asteroid zone in the 3:2 inner mean-motion resonance with Jupiter. Typically, asteroids in this zone have a semimajor axis between 3.70 and 4.20 AU, eccentricities below 0.30, and inclinations of no more than 20° . Comets can be temporarily perturbed into this

group and then perturbed back out again. Eight percent of the comets that leave the 3:2 resonance end up impacting Jupiter.

All observations were made in 2017 at Kyiv Comet Station (MPC code – 585), Lisnyky, Ukraine. Broadband filters R and V were used with a CCD camera of type FLI PL 47-10 at the prime focus ($F = 2800$ mm) of the 0.7 – m reflector. The detector consists of a 1024x1024 pixel matrix, with pitch of $13 \mu\text{m}$, which corresponds to a scale of $0.96''$ per pixel. The typical readout noise is about $10 \bar{e}$ and the conversion gain $1.22 \bar{e}/\text{ADU}$. The APASS-9 star catalog was used as a photometric reference. About 6 – 10 reference stars of 14th – 17th magnitude were used for each night. R band observations were used for $Af\rho$ calculations. Color index $V - R$ was equal 0.54 for 65P and varied from 0.35 to 0.56 for 2008 GO98 by observations in July 2017. Variations of $Af\rho$ index were from 350 cm to 139 cm for comet 65P in April – July 2017. For comet 2008 GO98 $Af\rho$ was about 56 – 63 cm and comet 47P showed $Af\rho$ about 50 cm in July 2017.

RT-22: MASER LINES IN COMETS OBSERVATIONS

L.N. Volvach¹, A.A. Berezhnoi², A.E. Volvach¹, C.V. Malashevich¹

¹*Laboratory of Radioastronomy, Crimean Astrophysical Observatory,
RT-22, Katsiveli, Crimea*

²*Sternberg Astronomical Institute, Moscow State University, Russia*

The composition of a comet nucleus is of interest when clarifying the origin of the comet. Since the field of gravity of a comet nucleus is weak, its atmosphere spreads freely in the interplanetary medium. The rate of spread of the atmosphere is a parameter that is important for interpreting comet observations and simulating comet-related phenomena.

Comet observation in the OH line at the radiofrequency band makes it possible to obtain several physical parameters that characterize the gas and dust components of comet atmospheres and to investigate their evolution over time and space, which is topical for comet observation, determining comet lifetimes, origins, and the risk of comet collisions with the Earth.

Using the RT-22 (Crimean Astronomical Observatory, Ukraine) for decimeter and centimeter wavebands we developed receiving equipment for observing maser radiation sources in OH, H₂O and NH₃ lines. The radiotelescope–radiometer with the mentioned parameters and with the RT-22 is able to confidently detect comet radiation in OH lines if the comet brightness is higher than 6^{m} . On average, using the RT-22 it is possible to observe one comet in OH lines within 1–2 years.

The observation results for comets C/2009 R1 (McNaught) (June 14–28, 2010) and 17P/Holmes (November 25–December 3, 2007) performed in the line of the OH molecule and at a wavelength of 18 cm are presented. The gas productivity of the OH molecule for comet C/2009 R1 (McNaught) (June 14–28, 2010) as a function of the heliocentric distance (0.42–0.62 au) is determined.

Observations of comet C/2011 L4 (PANSTARRS) performed at RT-22 CrAO during March 7-12, 2013 are presented. This comet was observed at OH lines at $\lambda=18$ cm, at NH₃ lines (1,1), (2, 2), and (3, 3) at $\lambda=1.26$ cm, and at H₂O line at $\lambda=1.35$ cm. NH₃ gas production rate was estimated as 5×10^{29} molecules s⁻¹, while $T_{\text{rot}} = 70$ K. H₂O line at $\lambda=1.35$ cm was not detected.

Keywords: comets, masers, radio telescope

PT-22: СПОСТЕРЕЖЕННЯ МАЗЕРНИХ ЛІНІЙ У КОМЕТАХ

Л.М. Вольвач¹, О.О. Бережний², О.Є. Вольвач¹, С.В. Малашевич¹

*Лабораторія радіоастрономії, Кримська астрофізична обсерваторія, PT-22,
Кацивели, Ялта, Крим*

Державний астрономічний інститут ім. Штейнберга, МДУ, Москва, Росія

Склад кометних ядер становить великий інтерес для розуміння походження комет. Через слабе гравітаційне поле кометних ядер їх атмосфери вільно розширюються в міжпланетному середовищі. Швидкість розширення атмосфери - параметр, який має вирішальне значення для інтерпретації спостережень комет і моделювання кометних явищ.

Дані спостережень комет в лінії ОН в радіо діапазоні дозволяють отримати значення ряду фізичних параметрів, що характеризують газову і пилову компоненти кометних атмосфер, а також простежити їх часову і просторову еволюцію, що актуально для визначення часу життя комет, їх походження та визначення масштабів рівня небезпеки при зіткненнях кометних ядер із Землею.

За допомогою PT-22 КраО для дециметрового і сантиметрового діапазонів довжин хвиль розроблена приймальна апаратура для спостережень джерел мазерного випромінювання на молекулах ОН, H₂O і NH₃. З наявними параметрами системи радіотелескоп-радіометр за допомогою PT-22 можна впевнено зареєструвати випромінювання комети в лініях ОН, якщо блиск комети перевищує 6^m. В середньому, на PT-22 можна спостерігати одну комету в лініях ОН протягом 1-2 років.

Представлені результати спостережень комет C/2009 R1 (МакНота) 14 - 28 червень 2010 року і 17P/Холмса 6 - 10 листопада і 25 листопада - 3 грудня 2007 року в лінії молекули гідроксилу ОН на довжині хвилі 18 см. Визначено газопродуктивність молекул ОН в кометі C/2009 R1 (МакНота) в залежності від геліоцентричної відстані (0.42 - 0.62 астр. одиниць).

Представлені результати спостережень комети C/2011 L4 (PANSTARRS), проведених на радіотелескопі PT-22 7-12 березня 2013 року. Комета спостерігалася в лініях ОН на $\lambda = 18$ см, в лініях NH₃ (1,1), (2, 2) і (3, 3) на $\lambda = 1.26$ см і в лінії H₂O на $\lambda = 1.35$ см. Газопродуктивність комети по NH₃ оцінена як 5×10^{29} молекул сек⁻¹, причому T_{rot} = 70 К. Лінія H₂O на $\lambda = 1.35$ см не була виявлена.

Ключові слова: комети, мазерні джерела, радіотелескоп

CHEMISTRY OF IMPACT EVENTS ON MERCURY

Berezhnoy A.A.

Sternberg Astronomical Institute, Moscow State University, Moscow, Russia

Based on studies of the equilibrium chemical composition and parameters of quenching of condensation and main chemical reactions during impact events, column densities of atoms of main elements delivered to the Hermean exosphere by impacts of meteoroids are

estimated. Impacts are considered as a main source of Mn, Fe, and Mg atoms in the exosphere of Mercury while Na and K atoms mainly are delivered to the exosphere by other mechanisms. Impacts can be considered as a main source of Ca and Al atoms in the exosphere of Mercury if we assume that quenching of condensation of Ca- and Al-containing species occurs at higher temperatures than quenching of condensation of less refractory elements. The observed low upper limit of the O content in the Hermean exosphere is explained by condensation of O-containing species into dust grains upon impacts and formation of low-photolyzed O-containing molecules.

Measurements of the temperature of Mg atoms in the Hermean exosphere agree with the hypothesis of photolysis of Mg-containing molecules as a main source of exospheric Mg atoms while the observed temperatures of Ca, Al, and Fe atoms disagree with results of the simple model of photolysis of impact-produced molecules.

This research is supported by joint RFBR-DFG grant No. 15-52-12369.

ШИРОКОСМУГОВІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ВИБРАНИХ КОМЕТ ГРУПИ КВАЗІ-ГІЛЬД У 2017 РОЦІ

Сергій Борисенко¹, Олександр Баранський², Олена Мусійчук²

¹Головна астрономічна обсерваторія НАН України, Київ, Україна

²Київський університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

borisenk@mao.kiev.ua

Представлено результати широкосмугової фотометрії комет з орбітами близькими до орбіт групи квазі-Гільд (47P/Ашбрук – Джексон, 65P/Ганн, (457175) 2008 GO98).

Комети групи квазі-Гільд – це комети сімейства Юпітера, які перебувають у значній гравітаційній взаємодії з Юпітером і, час від часу, захоплюються його гравітаційним полем. Такі комети рухаються в резонансі з Юпітером $3:2$ – це означає, що за два оберти Юпітера навколо Сонця, вони встигають здійснити три таких оберти. Як правило, астероїди цієї зони мають велику піввісь орбіти в межах $3.7 - 4.2$ а.о., ексцентриситет менше 0.3 та нахил орбіти не більше 20° . Комети цієї групи зазнають частих гравітаційних збурень. Близько восьми відсотків комет залишають цю зону і падають на Юпітер.

Спостереження були проведені в 2017 році на Київській кометній станції (код MPC – 585), Лісники, Україна. Широкосмугові фільтри B і V було застосовано для отримання зображень з ПЗЗ-камерою FLI PL 47-10 у прямому фокусі 0.7 -м рефлектора ($F = 2800$ мм). Камера має формат 1024×1024 піксели розміром 13 мкм кожний з масштабом $0.96''/\text{піксел}$. Шум зчитування матриці порядку $10 \bar{\epsilon}$ з коефіцієнтом перетворення $1.22 \bar{\epsilon}/\text{ADU}$. Зоряний каталог APASS-9 було використано в якості джерела зір- стандартів. З поля зору щоразу обиралося $6 - 10$ зір спектрального класу близького до сонячного із зоряними величинами в межах $14^m - 17^m$. Спостереження з R фільтром були використані для розрахунку параметра пилопродуктивності $Af\rho$ для комет. Колор-індекс $V - R$ для комети 65P становив 0.54 та змінювався в межах $0.35 - 0.56$ для комети (457175) 2008 GO98 у липні 2017 року. Величина $Af\rho$ змінювалась від 350 см до 139 см для комети 65P у квітні – липні 2017

року. Для комети (457175) 2008 GO98 параметр $Af\rho$ був в межах 56 – 63 см, а для комети 47P – порядку 50 см у липні 2017 р.

НОВИЙ МЕТОД РЕЄСТРАЦІЇ ЯСКРАВИХ МЕТЕОРІВ І БОЛІДІВ

Горбаньов Ю.М.

НДІ «Астрономічна обсерваторія»
Одеського національного університету імені І.І.Мечникова
Одеса, Україна
<skydust@onu.edu.ua>

Обговорюється новий метод реєстрації яскравих метеорів та болідів на тлі повного Місяця. Як приклад розглядається обробка спостережень рідкісного явища - проліт яскравого метеора на тлі Місяця. Наводяться умови і обставини реєстрації яскравого метеора, а також аналізуються отримані зображення і робиться часова та позиційна прив'язка траєкторії метеора по зображеннях кратерів на Місяці.

На підставі статистичної обробки спостережного матеріалу телевізійного патрулювання метеорних явищ зареєстрованих на станції Крижанівка (A085) робляться оцінки часу патрулювання для реєстрації метеора або боліда на тлі Місяця. У обробку входять дані електронної бази даних, яка включає понад 13000 метеорів зареєстрованих протягом 2003-2017 рр. При обчисленнях часу патрулювання враховуються яскравості метеорних явищ, кутові площі областей патрулювання на небесній сфері, а також умови видимості Місяця.

Представлені результати обробки зображення яскравого метеора для вивчення його тонкої структури і процесу дроблення на два фрагмента.

Обговорюються перспективи і можливості запропонованого методу спостережень яскравих метеорів та болідів.

NEW METHOD OF THE BRIGHT METEOR AND BOLIDES REGISTRATION

Gorbanev Yu.M.

*Astronomical Observatory of I.I. Mechnikov Odessa National University
Odessa, Ukraine <skydust@onu.edu.ua>*

New method of the bright meteor and bolides registration on the background of the full Moon is discussed. As an example we considered the rare event – the flight of the bright meteor on the full Moon background. Conditions and circumstances of the bright meteor registration are given, as well as obtained images are analyzed. Time and positional snap of the meteor trajectory was made using the images of the Moon craters.

On a base of the statistical reduction of the observational material on TV meteor event patrolling performed at the Kryzhanovka observational station, an estimation of the patrolling time which is necessary to register meteor or bolide on the Moon background is made.

Reduction is made using the e-database which contains more than 13000 meteor events registered during 2003-2017. While calculating the necessary patrolling time the meteor event brightness, the angular area of the patrolled field on celestial sphere, as well as the Moon visibility conditions are taken into account.

Results of reduction of the bright meteor event are presented which are necessary to study of its fine structure and a process of meteor body splitting up into two fragments.

Some perspectives and abilities of the method proposed for observations of the bright meteor events and bolides are discussed.

OBSERVATION OF METEORS IN MYKOLAIV IN 2011-2016

Kulichenko M.O., Shulga O.V.

Research Institute “Mykolaiv Astronomical Observatory”

<niiko4kulichenko@gmail.com>, <shulga-av@ukr.net>

Meteor research using TV CCD unintensified techniques was started in 2011 in Mykolaiv astronomical observatory (RI MAO). The observations were conducted in completely automatic mode. The method of meteor registration is based on combined observation method developed at RI MAO. The main accent of the research is made on precise astrometry and meteoroid orbits calculation. In 2011-2016 11768 single station meteors were registered. In 2013 first double station meteors with low baseline (5 and 11.8 km) were observed. The average accuracy of visible radiant estimation is 0.7° with baseline 5 km, and less 0.5° with baseline 11.8 km. The accuracy of geocentric velocity estimation is 0.5 km/s. Several meteor showers both major (Perseid, Geminid etc) and minor were matched. More than 80% of meteors are sporadic. Catalog containing orbital elements and kinematic parameters for 1148 meteoroids has been obtained.

ПОДВІЙНІ І КРАТНІ МЕТЕОРИ ПО ТЕЛЕВІЗІЙНИМ СПОСТЕРЕЖЕННЯМ ТЕЛЕСКОПІЧНИХ МЕТЕОРИВ

Кімаковська І.І., Горбаньов Ю.М., Кімаковський С.Р.

НДІ «Астрономічна обсерваторія»

при Одеському Національному університеті ім.І.І.Мечникова

м.Одеса, Україна

Спостережний матеріал, використаний у даній роботі, отримано на метеорному патрулі спостережної станції Крижанівка, на якому застосовується комбінація телескопічного та телевізійного методу.

Для вивчення найдрібніших деталей метеорного явища і повної кривої блиску використовувалися синхронно телескоп системи Шмідта і короткофокусні камери КО-140 та КР-35. Роздільна здатність для телескопа Шмідта порядку 1.5 кутової секунди і для астрокамер близько 3-4 кутових секунд.

За період спостереження з червня 2003 року і до теперішнього часу було зафіксовано більше 12 000 метеорів, з яких подвійних і кратних 76 явищ, що становить 0.62%.

Вивчення подвійних і кратних метеорів є актуальним через складність спостереження цих об'єктів. Нові технічні спостережні можливості телевізійного методу дозволяють зафіксувати і детально вивчити подвійні і кратні метеори.

Обробка проводилася за допомогою програмного забезпечення Odessa Meteor, яке було поповнено програмами, розробленими і створеними для роботи з

подвійними і кратними метеорами. Комп'ютерна обробка телевізійних зображень подвійних метеорів показала достовірність такого метеорного явища.

Проведено класифікацію зображень подвійних і кратних метеорів. Описані випадки дроблення метеорних частинок. Показано переваги довгофокусних систем для реєстрації фрагментів метеорних частинок. Розглядаються дві альтернативні гіпотези утворення подвійних і кратних метеорів. Виявлене збільшення кутової відстані між компонентами під час польоту подвійного метеора слугують доказом атмосферного походження.

DOUBLE AND MULTIPLE METEORS FROM TV OBSERVATIONS OF TELESCOPIC METEORS

Kimakovskaya, I. I.; Gorbanev, Yu. M.; Kimakovsky, S. R.

¹*Astronomical observatory of Odessa I.I. Mechnikov university, Ukraine, skydust@rambler.ru*

Observational material that was used in this work has been obtained at the Kryzhanovka station meteor patrol where the combination of TV and telescopic methods was applied.

For the study of small details of meteor events and the whole light curve we used simultaneously Schmidt telescope and short-focus cameras KO-140 и KP-35. Resolution of the Schmidt telescope is 1.5'' and for cameras this parameter is about 3-4''.

During the whole period of observations (from June 2003 up to present time) we detected more than 12 000 meteor events. The number of the double and multiple meteors is 76, that is 0.62% of the total number of observed events.

It should be noted that investigation of such phenomenon is important since its observation is quite complicated task. New technical possibilities of TV method allow one to fix such an events and then investigate it in details.

Processing was made using the Odessa Meteor code that was supplemented with special programs working with images of double and multiple meteors. Computer processing confirmed the reliability of the discussed meteor events.

Classification of the double and multiple meteor images was performed. Rare cases of the meteor particles fragmentation are described. Some advantages of the long-focus systems in registration of the meteor particle fragments are showed.

Two alternative hypotheses explaining formation of the double and multiple meteors are considered. Detected increase of the angular distance between components of the double meteor testifies to its atmosphere origin.

Сторінки на допомогу викладачам, вчителям, студентам та школярам

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТЕОРНИХ ЯВИЩ В ЛАБОРАТОРІЇ ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ

¹Мозгова А.М., ²Мозговий О.В.

¹КНУ імені Тараса Шевченка, НПУ імені М.П.Драгоманова

²Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Розроблено проект лабораторної роботи з курсу астрономії для студентів вищих навчальних закладів, яка дозволить більш детально ознайомити студентів з метеорними явищами з метою формування у студентів знань, умінь і навичок в області дослідження метеорних явищ загалом та метеорних спектрів зокрема.

Ключові слова: лабораторна робота, метеори, спектри метеорів

Метеори являють собою світлові явища, які є наслідками згорання метеорних тіл у верхніх шарах атмосфери Землі. Джерелами метеорних тіл, або метеороїдів, можуть бути залишки кометних хвостів, уламки астероїдів чи космічний пил. Розміри частинок, що здатні спричинити явище метеора становлять $10^{-6} - 10^2$ м [1], а маси таких тіл можуть бути в межах $10^{-6} - 10^7$ г [2]. Влітаючи в атмосферу Землі зі швидкістю кілька десятків кілометрів за секунду, космічна частинка починає взаємодіяти з шарами атмосфери. Взаємодіючи із зустрічними частинками повітря, метеорне тіло підвищує їх теплові швидкості, спричиняє руйнування молекул та іонізує атоми; стискаючи перед собою повітря, воно передає йому значну частину своєї кінетичної енергії. Розділяючи і переміщуючи електричні заряди, метеор породжує магнітні і електричні явища, іонізує земну атмосферу, впливаючи на поширення радіохвиль [1]. Метеорне тіло в свою чергу теж зазнає впливу з боку повітряного середовища: відбувається його руйнація з виділенням енергії, яку ми спостерігаємо як метеорне явище. Його тривалість може становити доли секунди, більш яскраві метеори – боліди – можуть спостерігатися протягом кількох секунд.

Метеорні явища зазвичай відбуваються на висотах 120 – 80 км, хоча іноді вони спостерігаються на висотах вище 120 км і нижче 80 км.

Дослідження метеорних явищ тривалий час є окремим напрямом в астрономії. Спочатку метеори спостерігали візуально. З появою фотографії розвитку набули фотографічні спостереження метеорних явищ. Останнім часом переважають відео спостереження. Головними особливостями метеорів є їх короткотривалість та непередбачуваність місця прольоту на небі.

Спостерігаючи метеори фотографічно в інтегральному світлі, радіолокаційними, фотоелектричними або телевізійними методами ми можемо отримати інформацію про кінематичні характеристики метеорного тіла: його орбіту, тривалість та швидкість польоту, висоту початку і кінця явища, а також інтенсивність випромінювання та її зміну з висотою, спостерігати наявність або відсутність спалахів тощо.

Детальніше вивчити метеорні явища дозволяє метеорна спектроскопія, тобто дослідження метеорних спектрів. Цей напрям в метеорній астрономії бере свій початок з 1864 року, коли вперше візуально спостерігався спектр метеора. Саме

дослідження метеорних спектрів може дати відповідь на питання про природу випромінювання метеорного явища.

Метеорні явища – своєрідний мікропроцес, що відбувається у Всесвіті. Детальні дослідження таких процесів дозволять більш повно уявити зміни в масштабах Всесвіту [3].

Порівняно з іншими об'єктами досліджень в астрономії сьогодні недостатньо уваги приділяється вивченню спектрів метеорних явищ, а також інших космічних вторгнень. Кожен метеорний спектр являє собою велику наукову цінність. Оскільки метеор – непередбачуване і короткотривале явище, зафіксувати його не просто, а отримати хороший метеорний спектр ще складніше. Потрібні високочутливі камери, якісні дисперсійні елементи та тривалий час спостережень за якомога більшими ділянками неба.

Дослідження метеорних спектрів дає нам інформацію про якісний та кількісний хімічний склад метеорного тіла, температуру, процеси абляції, фізико-хімічні процеси, що відбуваються під час метеорних явищ в атмосфері Землі та маси метеороїдів, механізм випромінювання метеорів, причини і протікання спалахів. Досліджуючи метеорні спектри, ми вивчаємо фізичне явище, яке в фізичних експериментальних лабораторіях відтворити повністю поки неможливо. Подібний дослід провести дуже складно. Відомі спроби проведення експериментів по відтворенню метеорних явищ, однак результатів таких експериментів не вистачає для побудови теорії випромінювання метеора, яка цілком не завершена.

Метеорна спектроскопія традиційний, але все ще перспективний метод вивчення хімічного складу та інших властивостей метеороїдів та їхніх батьківських тіл (астероїдів, комет). Багато теоретичних робіт і результатів спостережень потребують використання всіх переваг цього методу досліджень. Тому дослідження метеорних спектрів є актуальною науковою задачею.

В курсі астрономії у вищих навчальних закладах, де астрономія є однією зі спеціальностей, не достатньо уваги приділяється розгляду питань стосовно метеорних явищ. Це в основному можуть бути короткі спецкурси. Практичних, семінарських чи лабораторних робіт не передбачено.

Нами розроблено проект лабораторної роботи з курсу астрономії для студентів вищих навчальних закладів, яка дозволить більш детально ознайомити студентів з метеорними явищами. Лабораторна робота спрямована на формування у студентів знань, умінь і навичок в області дослідження метеорних явищ загалом та метеорних спектрів зокрема. Лабораторна робота передбачає виконання студентами основних кроків первинної обробки метеорних спектрів: побудови характеристичної кривої, кривої спектральної чутливості оптичної системи, дисперсійної кривої, визначення довжин хвиль спектральних ліній та їх ототожнення. Для виконання завдань лабораторної роботи відібрано спектри метеорів, отримані різними способами: за допомогою оптичної призми та дифракційної ґратки.

Лабораторна робота з даної теми передбачає наявність детального протоколу роботи з усіма необхідними теоретичними відомостями та детальними вказівками щодо виконання, технічного обладнання і програмного забезпечення, переліку необхідних літературних джерел.

Для детального ознайомлення з поняттям метеорних явищ та методиками роботи з метеорними спектрами в лабораторній роботі запропоновані літературні

джерела [1-5]. Для ототожнення спектральних ліній в метеорних спектрах пропонуються каталоги [6-8] і роботи [5,9].

Тестове впровадження розробленої лабораторної роботи передбачається на кафедрі експериментальної і теоретичної фізики та астрономії Національного педагогічного університету імені М.П.Драгоманова в курсі лабораторних робіт з астрономії для студентів, що навчаються за спеціальностями «Астрономія» та «Фізика і астрономія» та кафедрі фізики і методики навчання фізики, астрономії Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського в курсі лабораторних робіт з астрономії для студентів, що навчаються за спеціальністю «Фізика»

Список літератури:

1. Астапович И.С. Метеорные явления в атмосфере Земли / И.С. Астапович. – М.: Государственное изд-во физ.-мат. литературы, 1958. – 640 с.
2. Бронштэн В.А. Физика метеорных явлений / В.А. Бронштэн. – М.: Наука, Главная редакция физ.-мат. литературы, 1981. – 416 с.
3. Смирнов В.А. Спектры кратковременных световых явлений: Метеоры / В.А. Смирнов. – М.: Физматлит, 1994. – 208 с. ISBN 5-02-015135-1
4. Мартынов Д.Я. Курс практической астрофизики / Д.Я. Мартинов. – М.: Наука, Главная редакция физ.-мат. литературы, 1977. – 544 с.
5. Borovicka J. Line identifications in a fireball spectrum / J. Borovicka // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* – 1994. – 103. – P.83–96.
6. Moore C.E. A Multiplet Table of Astrophys. Interest / C.E. Moore // *Contrib. Princeton Univ. Obs.* 20. – 1945. – P.270.
7. Зайдель А. Н. Таблицы спектральных линий. 4-е изд. / Зайдель, В. К. Прокофьев, С. М. Райский, В. А. Славны, Е. Я. Шрейдер. – М. : Наука, 1977. – 803 с.
8. Електронний ресурс // Режим доступу до ресурсу: http://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/lines_form.html.
9. Mozgova A.M. Identification of emission lines in a meteor spectrum obtained on August 2, 2011 / A.M. Mozgova, J. Borovicka, P. Spurny, K.I. Churyumov // *Odessa Astronomical Publications.* – 2015. – 28/2. – С. 289-291.

STUDY OF METEORAL CHARACTERS IN THE LABORATORY OF THE HIGHER EDUCATIONAL AGENCY

Mozgova AM, Mozgovy O.V.

The project of laboratory work on the course of astronomy for students of higher educational institutions is developed, which will allow students to learn more about meteor phenomena in more detail in order to form students knowledge, skills and abilities in the field of study of meteor phenomena in general and meteor spectra in particular.

Keywords: laboratory work, meteors, meteor spectra

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ОСВІТНІХ РЕСУРСІВ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ШКІЛЬНИХ АСТРОНОМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Олександр КУЗЬМИНСЬКИЙ

У статті розглянуто особливості навчальних астрономічних спостережень. Визначено основні підходи організації спостережень. Запропоновано методику проведення спостережень із використанням сучасних електронних ресурсів.

Ключові слова: астрономічні спостереження, електронні освітні ресурси, Stellarium, лазерна указка.

Основним методом дослідження в астрономії є спостереження. Астрономічні спостереження пасивні, тобто в астрономів практично немає можливості впливати на спостережувані об'єкти [1].

У навчальних програмах з астрономії країн СНД поступово зникають навчальні астрономічні спостереження як вид навчальної роботи учнів. Причиною цього є ряд факторів, таких як:

- фактично спостереження належать до позакласної роботи та вимагають спеціальних умов, які не залежать від учасників;
- у школах відсутні, або застарілі прилади для проведення спостережень;
- підготовка вчителів астрономії часто проводиться не на достатньому рівні або взагалі відсутня;
- відсутність окремого лабораторного практикуму з астрономії у школі;
- відсутність кабінету астрономії та астрономічного майданчика.

Враховуючи необхідність проведення спостережень для навчання астрономії, нами розроблена методика проведення астрономічних спостережень із використанням електронних освітніх ресурсів (ЕОР).

Часто електронними ресурсами замінюють реальні спостереження та проводять симуляцію навчання. Ми пропонуємо методику використання засобів які витісняють спостереження, спрямовану навпаки на підтримку та поширення їх.

Класичні спостереження за рекомендаціями провідних астрономів, вчених-методистів: Ю.В. Александрова, М.П. Пришляка, К.І. Чурюмова, Н.О. Гладушина, І.А. Климишина, В.Г. Лозицького, І.П. Крячко, О.В. Хоменко, В.Г. Кручиненко та інших, вимагають високого рівня попередньої теоретичної підготовки учнів. На жаль за малої кількості навчальних годин це важке завдання для вчителя.

Тому, ми пропонуємо комбіноване використання прикладних засобів наочності та ЕОР для проведення спостережень. Ми виділяємо два типи шкільних спостережень: неозброєним оком та з використанням телескопів.

Для підтримки процесу спостережень, підвищення ефективності та зацікавленості учнів, використовуємо ЕОР, а саме віртуальний планетарій Stellarium. Детальний опис можливостей даного ЕОР наведено у роботах [3], [4] та на офіційному сайті Stellarium.org.

Вчитель разом з учнями готує Stellarium (рис.1) до роботи вказуючи місце та час спостережень. У програмі є можливість вибору панорами місцевості.

Розглянемо два види апаратних засобів для користування віртуальним планетарієм. Перший, з використанням ноутбука або нетбука. Для таких спостережень необхідно додатково визначити сторони світу, щоб правильно

ототожнювати картину зоряного неба та зображення на екрані. Другий, дещо ефективніший варіант використання сучасного планшета або смартфона із датчиками компаса та гіроскопа. Для таких пристроїв є версія Stellarium Mobile. Дана програма розроблена для операційної системи Android та відтворює майже усі можливості основної версії програми і додатково обладнана режимом мобільного пристрою (рис.2,3). Даний режим «оживляє» програму.



Рис. 1. Програма Stellarium на дисплеї планшета

В результаті планетарій займає місце відповідно до сторін світу та положення пристрою в просторі. Тобто з'являється можливість спрямувати планшет або смартфон на будь-яку ділянку неба та спостерігати реальні астрономічні об'єкти і одночасно ототожнювати їх з об'єктами на дисплеї де знаходиться уся потрібна інформація. Учні мають можливість: увімкнути назви, зображення, границі та лінії сузір'їв; екваторіальну та азимутальну сітки; екліптику та орбіти планет, Місяця; вибрати будь-який об'єкт та отримати детальну інформацію про нього; навіть спостерігати об'єкти іншої півкулі.



Рис.2. Ввімк./вимк. режиму мобільного пристрою

Якщо на озброєнні є телескоп, за допомогою ЕОР досить зручно робити його наведення, часто навіть не потрібно користуватись гідом.

Такий спосіб буде повноцінний, якщо електронними засобами забезпечені усі учні. Якщо ж пристроїв мало, або він один, – учитель може проводити спостереження на зразок уроку вивчення нового матеріалу, використовуючи небо як дошку у класі. Для цього необхідно застосовувати додатковий сучасний апаратний засіб, – лазерну указку (рис.4). Щоб указку добре було видно у темний час потужність її випромінювання має бути від 20мВт. Застосування такого приладу вимагає виконання правил техніки безпеки, оскільки потужне випромінювання може пошкодити зір.



Рис.3. Програма Stellarium для пристроїв з датчиком «компас» та «гіроскоп»



Рис.4. Застосування лазерної указки підчас спостережень

Видимий промінь від такої указки поширюється на відстань 8-10км, створюється ефект дотику до зірок.

Список літератури:

1. Б.А. Воронцов-Вельяминов / Методика преподавания астрономии в средней школе: Пособие для учителей / Б.А. Воронцов-Вельяминов, М.М. Дагаев и др. – М.: Просвещение, 1973.
2. Erik Gregersen / Astronomical Observations: Astronomy and the Study of Deep Space: An Explorer's Guide to the Universe / Erik Gregersen / Rosen Education Service. December 20, 2009 / 214 p.
3. Крячко І.П. Моделювання навчальних астрономічних спостережень // газета «Фізика». – 2011. – № 23, 1–8 с.
4. Крячко І.П. Як працювати з електронним планетарієм «Stellarium». [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.astrosvita.kiev.ua/infoteka/articles/Yak-pratsiuvaty-z-Stellarium-1.php>

**THE USE OF ELECTRONIC EDUCATIONAL RESOURCES TO SUPPORT
SCHOOL ASTRONOMICAL OBSERVATIONS**

Oleksandr Kuzmynskyi

The article reviews the features of educational astronomical observations. Described the main organization approaches observations. Offered to use the method of observations using modern electronic resources.

Keywords: astronomical observation, electronic educational resources, Stellarium, laser pointer.

Планетарії України

ПРО КИЇВСЬКИЙ ПЛАНЕТАРІЙ

Наталія Коваленко

м.н.с. сектору астрометрії та малих тіл Сонячної системи АО КНУ,
лектор Київського планетарію



Цікавість до таємниць Всесвіту знайома всім розумним землянам. Адже як багато питань, дотепер не розв'язаних! Спостерігати зоряне небо в центрі міста складно: заважає освітлення вулиць, смог міського транспорту. Та й не завжди вдається просто зупинитися в щоденній метушні й поглянути на небо. Але в Києві є унікальне місце, де фантастика стає реальністю, а зоряне небо ділиться своїми скарбами в будь-який час доби, за будь-якої погоди. Це унікальне місце – Київський

планетарій, один з найбільших на території СНД і Європи. Він зустрічає своїх відвідувачів уже понад 65 років.

Оптико-механічний проєктор «планетарій» винайдений у 1924 році професором Вальтером Бауерсфельдом і побудований у Німеччині на заводі Цейса (нині – «Карл Цейс, народне підприємство»). Бауерсфельд висунув ідею створення апарата ще в 1922 році. Перша його модель демонструвала небо на куполі діаметром лише 10 метрів.

«Планетарій» будувалися й багато років тому, в давньому Китаї та Греції. Але, звичайно, за своєю будовою вони не були схожі на апарат Бауерсфельда. Крім того, вони показували рух планет навколо Землі. Перший «планетарій» у Росії з'явився при Петрі Першому. Згодом його вдосконалив Михайло Ломоносов. Це був величезний глобус, на зовнішній стороні якого була зображена поверхня Землі. В середині глобуса вмішувалося 10–12 глядачів. Вони спостерігали зображення зоряного неба. Глобус обертася – зірки сходили й заходили.

Протягом 5 років після винаходу Бауерсфельда у світі з'явилося ще 11 планетаріїв. Десять з них знаходилися в містах Німеччини, один – у Римі й один – у Відні. Наступний планетарій, тринадцятий, був створений у Москві в 1929 році. У наші дні в усьому світі налічується понад 3000 планетаріїв.

Сучасні планетарії – це мультимедійні центри, що дають змогу відчувати стрімкість польоту серед зірок, побувати на інших планетах і в інших світах, відтворити запуск космічного корабля і відчувати себе відважним дослідником Всесвіту. Саме такі фантастичні можливості має один з найкращих і найбільших планетаріїв СНД – Київський планетарій. Зоряний зал, що знаходиться в центрі міста, має купол діаметром 23 метри й вміщує 300 допитливих глядачів.

Планетарій у Києві було засновано у 1952 році всесвітньо відомим астрономом Сергієм Костянтинівичем Всехсвятським, спочатку в приміщенні Олександрівського костюлу, а з середини 1980х рр. – у спеціально зведеній будівлі зі сферичним куполом на м. Олімпійська.

Засновник планетарію, С.К. Всехсвятський, мав основні наукові роботи в області фізики комет, Сонця і сонячної активності, проблем космогонії. Наприкінці 50-х рр. він дійшов висновку про існування вулканічної активності в системі Юпітера і наявності у планети кільця, подібного до кільця Сатурна. Вчений показав, що в системах великих планет відбуваються активні вулканічні процеси, які наповнюють речовиною існуючі навколопланетні кільця. Слушність відкриття С.К. Всехсвятського, що багатьом довгі роки здавалася неймовірною, згодом була підтверджена безпосередніми космічними спостереженнями, проведеними наприкінці 1978 р. американськими міжпланетними станціями "Вояжер-1" і "Вояжер-2", які впродовж кількох місяців досліджували систему Юпітера. Передані на Землю панорамні знімки зафіксували наявність у Юпітера кільця, подібних до кільця Сатурна, велику кількість кратерів різного розміру на поверхні планети та її супутниках і активно діючі вулкани на супутнику Іо.

У 2004-2016 рр. Планетарій очолював Клим Іванович Чурюмов, видатний та всесвітньо відомий український астроном, професор Київського національного університету, член-кореспондент НАН України. Кандидатська дисертація Кліма Чурюмова була присвячена дослідженням комет (в тому числі й комети 67P) за наземними спостереженнями, а докторська – на основі спостережень комети Галлея.

Клим Іванович відкрив разом із колегами дві комети – Чурюмова-Герасименка та Чурюмова-Солодовнікова. Перша з них, за номером 67P, відкрита 1969 р., стала ціллю для космічної місії “Розетта”, запущеної 2004 р. Європейською Космічною Агенцією. Апарат “Розетта” наблизився до ядра комети “Чурюмова-Герасименко у 2014 р., 12 листопада на поверхню сів посадковий модуль “Філі”, що проводив виміри безпосередньо на ядрі, в той час як “Розетта” залишалась на навколоядерній орбіті. 30 вересня 2016 р. місія “Розетта” успішно завершилася, а її результати як ніколи збагатили людство і наукову спільноту знаннями про комети, їх природу та походження – адже це цеглинки тієї первинної речовини, з якої мільярди років тому формувалася наша Сонячна система та, ймовірно, зародилося життя на Землі.

Київський планетарій пропонує вашій увазі різноманітні науково-популярні, освітні й художні програми про Небо і Землю. Ми розповімо вам про астрономію, географію, розкриті таємниці природи і численні загадки Всесвіту.

У вихідні дні й на канікулах ми пропонуємо різноманітні програми для широкої глядацької аудиторії. У будні дні ми приймаємо школярів за системою абонементів. Протягом навчального року київські школярі, з 1-го по 11-й клас, під супроводом учителів можуть відвідати цикли з 5 програм, розроблених спеціально на підтримку шкільного курсу астрономії та природознавства. Вартість одного відвідування за абонементом пільгова – 50 % від вартості дитячого квитка на разове відвідування. Учитель відвідує сеанс безкоштовно. Відвідування цікавих програм у планетарії допомагає краще засвоїти шкільний матеріал.

Під час сеансів демонструється зоряне небо та інші ефекти планетарію, слайди, відеофрагменти, звучить космічна музика. Перелік абонементів і докладну тематику лекцій ви знайдете на сайті Київського планетарію.

Для іноземних гостей, школярів і дорослих, які вивчають іноземні мови, ми пропонуємо програми англійською, німецькою, французькою та іншими мовами. У планетарії працює Школа астрономії. Її учні – діти 7-10 років – вивчають світобудову, грають у космічні ігри, розгадують астрономічні ребуси.

Планетарій видає науково-популярний часопис “Наше Небо”, що виходить раз у квартал. Журнал орієнтований на широке коло аматорів астрономії, переважно старшого шкільного віку.

ВІННИЦЬКИЙ ПЛАНЕТАРІЙ

Оксана Творун

Лектор Вінницького Планетарію

Вінницький Планетарій – це науково-просвітницький заклад, в якому демонструється небесна сфера із зорями, планетами і супутниками, кометами, метеорами та іншими космічними тілами, сонячні та місячні затемнення, панорами Місяця, Вінниці, тропіків та Арктики.



В Україні існує лише 6 планетаріїв (в Києві, Донецьку, Харкові, Херсоні, Дніпропетровську і Вінниці).

Вінницький Планетарій був побудований у центральному міському парку в 1965 році. Він будувався за нетиповим для того часу проектом. Це куполоподібна залізобетонна споруда діаметром 12 метрів з підсобними приміщеннями і просторим фойє з великою прозорою скляною стіною. В середині купола був змонтований восьмиметровий в діаметрі підвісний купол-екран, на який здійснюється оптична проекція. В центрі знаходиться оптико-механічний проектор зір і планет, виготовлений фімою Цейс в Німеччині – «Малий Цейс». До його складу входять 39 об'єктивів, що проектують з металевих пластинок з отворами діаметром від 0,023 до 0,33 мм (в залежності від яскравості зорі) зображення 5000 зірок. В залі також змонтовано багато інших проекторів: «схід Сонця», «ранкова і вечірня зоря», «сонячне і місячне затемнення», «полярне сяйво», «метеорний дощ», «блискавка», «подвійні зорі» та інші. Окрему групу утворюють 8 проекторів, які дають зображення кругових панорам Місяця, тропіків, Арктики і міста Вінниці.

Протягом кількох десятків років після відкриття Планетарій справно працював. Але з плином часу відбувалося моральне і технічне старіння як приміщень, так і обладнання. З поширенням комп'ютерів, Інтернету, мультимедійних проекторів та інших електронних пристроїв якість зображення в Планетарії уже не задовольняла

глядачів. Серце Планетарію – апарат «Малий Цейс» - створював порівняно тъмяну проекцію зір. Планетарій потребував реконструкції і переобладнання. Для цього потрібні були кошти і досвідчені спеціалісти, які змогли б відремонтувати та удосконалити стару апаратуру і добре розумілися в нових сучасних технологіях. Попередні власники Планетарію до його проблем були байдужі. Фойє було передано в оренду під кафе. Бізнесмени наполегливо домагалися закриття Планетарію і відкриття в його приміщенні ресторану з назвою «Під зорями».

Кілька років тому Центральний міський парк з Планетарієм, що знаходиться на його території, було передано з відділу культури міському комунальному підприємству «Вінницязеленбуд». Його керівник Любовський І. Є. з ентузіазмом перейнявся проблемами Планетарію. Підтримав ідею відродження важливого науково-просвітницького закладу і колишній міський голова Гройсман В. Б. Саме завдяки їх сприянню було розірвано контракт про оренду фойє. Міська рада прийняла рішення про капітальний ремонт та поновлення обладнання Планетарію, виділивши на це один мільйон гривень. Від МКП «Вінницязеленбуд» Ігор Любовський виділив 584 тисячі гривень. Але і цих немалих грошей через інфляцію і подорожчання усіх товарів ледве вистачало на капітальний ремонт і придбання сучасного обладнання. Ремонт тривав майже пів року. У листопаді 2014 року оновлений та реконструйований Планетарій знову відкрив свої двері відвідувачам. Коли потрапляєш в приміщення, одразу розумієш, що у ньому навіть стіни говорять про зорі, планети, галактики, сузір'я та ключових персон космонавтики. Тут можна доторкнутися до Моря ясності, Малого Лева, «побувати» на Марсі, побачити супутники Землі та обійняти Гагаріна.

Протягом короткого часу директор Планетарію Віктор Творун власноруч провів модернізацію усього обладнання Планетарію. В проекційному апараті «Малий Цейс» електрична лампа розжарення була замінена на сучасне металогалогенне джерело світла, що збільшило яскравість зір у 30 разів. Зображення зоряного неба, яке проектував наш «Малий Цейс», зрівнялось із зображенням, яке дає проектор зір «Великий Цейс». В проекторах планет лампи розжарення були замінені світлодіодами і це дало змогу значно збільшити яскравість зображення. Була розроблена, виготовлена і змонтована унікальна система автоматичного узгодженого перемикання проекторів, здійснена модернізація оптичних систем панорамних проекторів, виготовлених ще в 60-х роках минулого століття. В них були замінені джерела світла і оптичні системи. Це дозволило збільшити світловий потік в 10 разів і значно покращити чіткість зображення. Плівкові діапозитиви панорам Місяця, тропіків, Арктики і міста Вінниці за пів вікову експлуатацію стали непридатними для використання. Завдяки складному процесу із залученням цифрових технологій оновлений Планетарій отримав нові гарні якісні панорами.

У Планетарії наявна велика кількість діапозитивів різних форматів. Значна частина з них була оцифрована, що дозволило лекторам використовувати їх при створенні нових програм.

Технічний прогрес не стоїть на місці і звичайною презентацією PowerPoint вже нікого не здивуєш. У 2015 році було прийнято рішення про придбання повнокупольної системи. У день 50-річного ювілею Вінницький Планетарій вперше продемонстрував відвідувачам нову повнокупольну систему з використанням проектора та сферичного дзеркала для демонстрацій шоу-програм. Для купола,

діаметр якого складає 8 метрів – це була оптимальна система з урахуванням фактору ціна-якість.

Розвиток та модернізація Планетарію не припинялися ні на мить. Продовжується удосконалення і покращення обладнання, виготовляються нові пристрої, які полегшують роботу лекторів і покращують якість лекцій.

Починаючи з 2015 року автор почала розробку унікальних повнокупольних програм, створених спеціально з урахуванням особливостей апаратури Вінницького Планетарію. На 2017 рік нею створено багато таких програм для різних вікових категорій і цей список постійно поповнюється новими. До речі, жодна з існуючих сьогодні цифрових проекційних систем не може досягнути такої якості зображення зоряного неба, яку дає оптико-механічний проекційний апарат «Планетарій». Тому для досягнення високого ефекту, у сценарій кожної програми обов'язково включено зоряне небо, спроектоване апаратом «Малий Цейс», а також демонстрації панорам та можливостей апаратури Планетарію. Це дуже подобається нашим відвідувачам, але вимагає значних умінь, навичок і знань від наших лекторів-астрономів.

У Планетарії проводяться також різні заходи, пов'язані з астрономічними спостереженнями. 20 березня 2015 року біля Планетарію було організовано майданчик для спостереження часткового затемнення Сонця. Відвідувачі підходили до телескопа із захисним світлофільтром. Групи відвідувачів могли спостерігати це дивовижне астрономічне явище, спроектоване телескопом, на екрані. Кожному бажаному ми роздавали захисні світлофільтри, виготовлені за спеціальною технологією так, щоб навіть тривале спостереження не псувало очі. Коли небо захмарювалося, відвідувачі переходили до зоряної зали, де на куполі продовжували спостерігати затемнення Сонця за допомогою трансляції з астрономічної обсерваторії. Святкування першого Міжнародного дня астероїда одночасно відбулося у Англії та США, долучився до цього дійства і Вінницький Планетарій. Відтоді традиційно ми відзначаємо щорічно цей день цікавими іграми, конкурсами та тематичними програмами для дітей і дорослих. У Планетарії у 2016-2017 рр. автором була організована, розроблена та проведена низка заходів та тематичних програм до різних свят: Хелловін, Новий рік та Різдво, День Валентина, Пасхонавтика, День Парку, День астероїда, Серпневі зорепади, День міста тощо. За замовленням ми організуємо індивідуальні астрономічні програми «Іменини для дитини», «Романтичне зізнання», «Пропозиція руки та серця». Молодята роблять у фойє Планетарію та під куполом романтичні фотосесії. У проведенні свят участь бере весь наш маленький, але дуже дружній колектив.

Ми проводимо просвітницьку роботу не лише із школярами, студентами та дорослими. На базі Планетарію працює астрономічний гурток із маленькими дітками з дитячого садочку. До речі, найменші відвідувачі – дітки від двох років – також із задоволенням у зоряній залі слухають та беруть активну участь у 45-хвилинних програмах для дітей.

Планетарій тісно співпрацює із Вінницьким державним педагогічним університетом імені Михайла Коцюбинського. До Вінниці їдуть вчені усього світу. Це вже стало доброю традицією, що кожних три роки учасники Міжнародної астрономічної конференції САММАС відвідують Вінницький Планетарій. Цього року ми підготували спеціальну повнокупольну програму про різні тіла Сонячної системи. У ній згадуємо нашого давнього друга, шановного Кліма Івановича Чурюмова, космічну місію до його комети Чурюмова-Герасименко і Міжнародні астрономічні

конференції САММАС попередніх років. До речі, ця програма є однією із найулюбленіших серед студентів коледжів та університетів міста Вінниці, а також серед наших дорослих відвідувачів.

На 50-ту річницю Вінницький Планетарій відвідав мер міста Вінниці Моргунов С. А. та перший космонавт незалежної України Каденюк Л. К. У 2016 році у нас проводила зйомки телекомпанія «1+1» для програми «Голос країни» із учасницею конкурсу Інгрет. Вінницький Планетарій став одним із найулюбленіших місць Вінниці не лише жителів нашого міста й області, але і туристів із усієї України та різних куточків світу. У нас були відвідувачі із Польщі, Німеччини, Білорусії, Росії, Іспанії, Анголи, Камеруну, Еквадору, Англії, Казахстану, Ізраїлю, США, Китаю, Бангладешу, Сирії, Палестини та інших. Ми спілкуємося із планетаріями інших країн, а саме: Англії, Іспанії, Бангладешу, Польщі. Плануємо у цьому році налагодити спілкування із планетарієм Еквадору. Спираючись на відгуки наших відвідувачів, можна стверджувати, що повільно, але впевнено ми виходимо на світовий рівень.

ХЕРСОНСКИЙ ПЛАНЕТАРИЙ

Храмцова О.Ю., директор Херсонського планетарію
Шибасва Ю.В., лектор Херсонського планетарію



15 мая 1960 года стало датой открытия в городе Херсоне планетария. Хочется отдать должное усилиям тех, кто стоял за этим событием. О некоторых из действующих лиц до сего времени ничего не сохранилось; нет ни фотографий, ни воспоминаний о том времени. Но архивные документы доподлинно свидетельствуют о том, что главной движущей силой процесса создания и строительства Херсонского планетария был секретарь Херсонского областного общества по распространению политических и научных знаний Каличенко Сергей Михайлович. Он был той самой движущей и преодолевающей все преграды силой, благодаря которой в городе до

сего времени существует уникальное учреждение. Это его неуёмная энергия зажгла звезды на куполе Херсонского планетария. А благодаря совету пенсионеров при планетарии, в особенности активным действиям Якименко Веры Павловны, при содействии исполнительной власти города было отправлено письмо на имя первого летчика-космонавта. В нем излагалась просьба инициативной группы о присвоении планетарию имени Ю.А. Гагарина. С личного согласия самого космонавта, о чем свидетельствует полученное и бережно хранящееся ответное письмо, Херсонский планетарий стал носить имя первого героя-космонавта. В 1965 году на фронтоне здания появляется надпись «Херсонский планетарий им. Ю.А. Гагарина». Первому директору планетария Луценко Сергею Михайловичу пришлось возглавить коллектив из 62 человек. Из числа молодых лекторов впоследствии вырос и директор планетария Емакова Людмила Ивановна, которая восемнадцать лет возглавляла учреждение. Славная плеяда лекторов планетария, голоса которых хорошо были известны всем жителям и детям города: Емакова Людмила Ивановна, Рыжков Сергей Сергеевич, Тверезовская Лариса Семёновна и особенно голос Майнзюк Оксаны Митрофановны, 33 года своей творческой жизни посвятившей работе звёздном зале, творя таинство восхода Солнца под звуки музыки Грига. Желающих заполучить себе лектора планетария было такое невероятное количество, что штатные сотрудники не справлялись с этим потоком, и тогда на помощь им пришли внештатные лектора – преподаватели педагогического института – профессора Марковский, Бабаева Нина Антоновна, Шаганян Борис Леонидович, Одинцов Валентин Владимирович. Чего только не читалось под звёздным куполом: география и история, литература и биология и уж совсем экзотические науки, как бионика и голография. И всякий раз неизменно зажигались звёзды, а после – восходило Солнце. И казалось, что этому таинству, как и звёздному небу, не будет конца. Но тут наступили смутные 90-е годы. Упал покров таинственности знаний, которые считались длительный период антинаучными, и всплыло то, что было спрятано под грифом «Секретно». Херсонцы теперь смогли услышать лекции о подготовке американской программы «Апполон-13» из достоверных источников, самих американских космонавтов, посетивших Херсонский планетарий. Не только в космонавтике открылись неизвестные ранее страницы; хиромантия, астрология, эзотерика, гипноз, сексология ринулись завоевывать своё лекционное пространство, своих слушателей. Агрессивно отвоёвывая его у астрономии. И Херсонскому планетарию было не избежать этого шквала. Требовался кардинальный пересмотр идеологической направленности его работы. Политика терпимости ко всем религиозным движениям и течениям стала главенствующей. Лекторская трибуна предоставлялась каждому, кто пожелает, с любой интересной слушателям информацией, за исключением пропаганды насилия и ненависти. Начало этому было положено постановкой рождественского спектакля «Звезда Вифлеема» херсонского режиссера Игоря Рыкова. Некоторые из членов той необычной творческой группы, такие как актриса и лектор планетария Ирина Сергина, режиссер Игорь Рыков покинули наш бранный мир очень молодыми, и перешли в мир иной, но больше никогда стены планетария не видели такого наплыва желающих услышать новогоднюю библейскую притчу. Зрители соглашались сидеть прямо на полу или между рядами. Справедливости ради, хочется сказать, что и столь масштабное театрализованное представление, где были задействованы все эффекты планетария, больше не повторилось. С того же 1990 года в планетарии стали практиковаться и новогодние лекции-шоу. Сказка под звёздным небом обрела

реальность, перенося маленьких зрителей в мир, где можно встретить пришельца с планеты Проксима, Домовенка Кузю, Дюдюку, Лису Алису, Пиратов, Большого Уха, Комету и других сказочных героев в реальном воплощении. Так начиналась эпоха нетрадиционных мероприятий в планетарии. Это были и курсы английского языка, и курсы Ушу, выставки «НЛО - проблема контакта», « Тебе, о женщина !...», бодипарта, самодеятельных поэтических вечеров, фоторабот художников-любителей – всего того, что помогло бы учреждению выстоять и сохранить свою дееспособность. Это лишь небольшой перечень того огромного количества мероприятий, названия которых ушли в небытие, но они оставили о себе память в виде приобретенных друзей и почитателей планетария. Через десятилетие в звёздный зал вернулась астрономия. Херсонский планетарий был принят коллективным членом в IPS (всемирный Совет планетариев). Предприятию опять пришлось пересмотреть стратегию своего существования, развития и действия. И здесь руку помощи протянул Горисполком в виде отдела экологии. Вместе с ним был разработан многофункциональный проект по актуальным вопросам экологии в Херсоне и Херсонской области для школьников. В то время никто из городов подобного проекта не повторил. Новый виток в развитии предприятия начался с приобретения мультимедийного проектора. Видеопродукцией помогли и коллеги из других городов. Суровые годы объединили усилия немногих сохранившихся планетариев Украины: Киевский, Харьковский, Днепропетровский, Донецкий, Винницкий, Херсонский. Планетарии разных форм собственности. Это помогло выстоять и сохраниться. Совместные усилия и здоровая конкуренция помогли создать проекты, популярные и в планетариях стран бывшего Советского союза. Работа профессионального режиссёра – Шулешко Светланы Павловны, автора уникальных музыкальных программ, известна во многих планетариях постсоветского пространства. Возобновилась работа с детскими лагерями – это лекции и наблюдения в телескоп. Со временем на помощь астрономии пришло телевидение. Проект местного телеканала «ВТВ плюс» «Мовою зорь», авторами и ведущими которого стали сотрудники планетария, открыл двери астрономии во многие семьи жителей города и стал одним из самых рейтинговых проектов эфира. Невероятно, но факт – от домашних телевизоров зрители оторвались и пошли в планетарий! Некоторые программы учителя школ записывали прямо с эфира, чтобы использовать их в учебном процессе. За активную работу в области популяризации астрономии Херсонский планетарий принимают коллективным членом в Украинскую астрономическую ассоциацию, возглавляемую Академиком Яцкивом Я.С. Провинциальный Херсонский планетарий, открывший двери первым его посетителям ещё в Советском Союзе, выстоял и отметил свой 50-летний юбилей уже в новом государстве – Украина, сумев сохранить и не растерять традиций предшествующих поколений.

Стараясь идти в ногу со временем, Херсонский планетарий по возможности совершенствует и методы информирования людей в области астрономии, применяя новые технологии. На сегодняшний день зрители звёздного зала имеют возможность смотреть программы в 3-D формате. Новейшим проектом стала система сферического видео. В планах на будущее – организация интерактивного центра сверхсовременных технологий и занимательной механики. Сказка превращается в реальность благодаря труду людей - коллективу планетария под руководством О. Ю. Храмцовой, в течение 27 лет бессменному директору и автору большинства идей развития дома Урании в Херсоне. С недавнего времени очень популярны мероприятия в звёздном зале

романтической направленности: признания в любви под звездным небом, предложение руки и сердца, дни рождения для детей и взрослых. И даже свадьба. К тайнам Вселенной тянется и ум и душа человека. В их гармонии – целостность личности. Херсонский планетарий живет и работает 57 лет согласно этому принципу.

PECULIARITIES OF THE COMETS 8P/TUTTLE, 46P/WIRTANEN ON SPECTRAL OBSERVATIONS OF THEIR COMAE IN JANUARY 2008

¹Churyumov K.I., ¹Ponomarenko V.A., ¹Zhdanov A.I., ²Hraniak V.F.

¹Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

²Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

vasiliyponomarenko@gmail.com

Abstract. The observations and research of the short periodic comets 8P/Tuttle and 46P/Wirtanen by optical spectra with an average resolution ($\lambda/\Delta\lambda \approx 1500$) are presented. The spectra were obtained in January 2008 on the mountain observatory «Peak Terskol» (Russia, the North Caucasus) with the help of reflecting telescope Zeiss-2000 ($F_1 = 6.3$ m; $F_2 = 16$ m). On the basis of obtained spectral material was carried the identification of spectral emission bands. Calculated some physical parameters of neutral gas cometary atmosphere and dusty cometary atmosphere. Built distribution of general and reflected energy along the slit of the spectrograph. Calculated flows, the number of molecules and gas productivity for basic molecular emissions, relative dust productivity.

Keywords. Comet, optical spectra, emissions, gas and dust productivity.

ОСОБЛИВОСТІ КОМЕТ 8P/TUTTLE, 46P/WIRTANEN ЗА СПЕКТРАЛЬНИМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯМИ ЇХ КОМ У СІЧНІ 2008 РОКУ

¹Чурюмов К.І., ¹Пономаренко В.О., ¹Жданов А.І., ²Граняк В.Ф.

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

²Вінницький національний технічний університет, Вінниця

vasiliyponomarenko@gmail.com

Анотація. Представлено результати спостережень і досліджень короткоперіодичних комет 8P/Tuttle і 46P/Wirtanen на основі оптичних спектрів з середньою роздільною здатністю ($\lambda/\Delta\lambda \approx 1500$). Спектри були отримані у січні 2008 року на високогірній обсерваторії «Пік Терскол» за допомогою телескопа Zeiss-2000 ($F_1 = 6.3$ м; $F_2 = 16$ м). На основі отриманого спектрального матеріалу була проведена ідентифікація спектральних емісійних смуг. Знайдено деякі фізичні параметри нейтральної газової та пилової кометних атмосфер. Побудовано розподіл загального і відбитого потоку енергії вздовж щілини спектрографа. Обчислено потоки, кількість молекул та газопродуктивність для основних молекулярних емісій. Також оцінено відносну пилопродуктивність.

Ключові слова. Комета, оптичні спектри, емісії, газопродуктивність, пилопродуктивність.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| 1. Єфіменко В.М. КОСМІЧНІ ЗЛЕТИ КЛИМА ІВАНОВИЧА ЧУРЮМОВА | 4 |
| 2. Клецонок В. В. НАУКОВИЙ СПАДОК КЛИМА ЧУРЮМОВА | 13 |
| 3. Стеклов А. Ф., Видьмаченко А. П., Жилияев Б. Е., Дашкиев Г. Н., Святогоров О. А. ПАРАДОКСЫ И АКСИОМЫ НАУКИ В ТВОРЧЕСТВЕ КЛИМА ИВАНОВИЧА ЧУРЮМОВА | 17 |
| 4. Efimenko V. M. & Lozitsky V.G. NEW DATA ABOUT LONG-TERM CHANGES OF SOLAR ACTIVITY | 26 |
| 5. Криводубський В.Н. МОДЕЛЬ ПОДВІЙНОГО МАКСИМУМУ СОНЯЧНОГО ЦИКЛУ | 35 |
| 6. Стеклов А.Ф., Кручиненко В.Г., Видьмаченко А.П., Дашкиев Г.Н., Стеклов Е. А. НЕКОТОРЫЕ ВЫВОДЫ ИЗ РЕГИСТРАЦИИ СЛЕДОВ ЭЛЕКТРОФОН- НЫХ БОЛИДОВ В «ЕДИНОЙ СЕТИ ЧУРЮМОВА» В 2013-2017 ГОДАХ | 39 |
| 7. Стеклов А.Ф., Видьмаченко А.П., Жилияев Б.Е., Дашкиев Г.Н., Святогоров О.А. О СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ОБСЕРВАТОРИЙ И ВООРУЖЕННЫХ СИЛ УКРАИНЫ | 46 |
| 8. Голубаев О. В., Мозгова А. М. ТЕРМІЧНА ДЕСОРБЦІЯ РЕЧОВИНИ МЕТЕОРОЇДІВ В БЛИЗЬКОСОНЯЧ- НОМУ ПРОСТОРІ | 54 |
| 9. Lozitsky V.G., Baranovsky E.A., Lozitska N.I. and Tarashchuk V.P. MAGNETIC FIELDS IN POWERFUL SOLAR FLARES AT LEVELS OF PHOTOSPHERE AND CHROMOSPHERE | 58 |
| 10. Нарзиев М., Худжаназаров Х. Ф. ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ И ИОНИЗАЦИОННЫЕ МАССЫ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ ЯРКИХ ОПТИЧЕСКИХ И РАДИОЛОКАЦИОННЫХ МЕТЕОРОВ | 65 |
| 11. Логинов О.О., Криводубский В.Н., Сальников М.М., Пруцко Ю.В. МОДЕЛЮВАННЯ ЗБУДЖЕННЯ АЗИМУТАЛЬНОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ НЕОДНОРІДНИМ ОБЕРТАННЯМ СОНЦЯ | 74 |
| 12. Криводубський В. Н. ПРОГНОЗУВАННЯ МАГНІТНИХ ЦИКЛІВ СОНЦЯ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ АЛЬФА-ОМЕГА ДИНАМО | 79 |
| 13. Luk'yanyk I. V., Ivanova O. V., Picazzio E., Cavichia de Moraes Oscar, Amaury Augusto de Almeida and Andrievsky S. M. INVESTIGATION OF THE COMET 29P/SCHWASSMANN-WACHMANN 1 IN AUGUST 2016 | 83 |
| 14. Мозгова А.М., Боровічка І., Клецонок В.В., Голубаев О.В. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ЗБУДЖЕННЯ АТОМІВ FeI ЗА СПЕКТРОМ МЕТЕОРА 2 СЕРПНЯ 2011 РОКУ | 88 |
| 15. Нарзиев М., Чеботарев Р.П. О КАТАЛОГЕ РАДИАНТОВ, СКОРОСТЕЙ, ОРБИТ И АТМОСФЕРНЫХ ТРАЕКТОРИЙ 4500 РАДИОМЕТЕОРОВ, НАБЛЮДАЕМЫХ В ТАД- | 91 |

ЖИКИСТАНЕ

16. Белєвцев Р.Я., Чурюмов К.І., Мозгова А.М., Соботович Є.В.,
Співак С.Д., Блажко В.І., Лазаренко Е.Е., Кузенко С.В., Бондаренко А.С. 103
ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ БОЛІДА EN171101
«ТУР'І РЕМЕТИ» В ЗАКАРПАТТІ
17. Черногор Л. Ф., Шевелев Н. Б. 106
СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ БОЛИДОВ В АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ
(1994 – 2016 ГГ.)
18. Kolomiyets S.V., Voloshchuk Yu.I. 114
RETROSPECTIVE LOOK ON METEOR RESEARCH IN KHARKIV
19. Кульматицький Валерій 118
ХОЛОДНИЙ ЯДЕРНИЙ СИНТЕЗ І УТВОРЕННЯ ВСЕСВІТУ
20. Приц В.Ю. 121
ЧАСТИНКИ-КАНДИДАТИ У ТЕМНУ МАТЕРІЮ
Короткі повідомлення
21. Вальтер А.А. 124
ДО ІСТОРІЇ НАУКОВИХ КОНФЕРЕНЦІЙ САММАС
22. Гулиев Р.А. Гулиев А.С. 125
ОБ ОТКРЫТИИ ПЛАНЕТ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ. КЛАССИЧЕСКИЕ
ГИПОТЕЗЫ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕОРИИ
23. Serhii Borysenko, Alexander Baransky, Elena Musiichuk 125
BROADBAND OBSERVATIONS OF SELECTED QUASI-HILDA COMETS
IN 2017
24. Volvach L.N., Berezhnoi A.A., Volvach A.E., Malashevich S.V. 126
RT-22: MASER LINES IN COMETS OBSERVATIONS
25. Berezhnoy A.A. 127
CHEMISTRY OF IMPACT EVENTS ON MERCURY
26. Сергій Борисенко, Олександр Баранський, Олена Мусійчук 128
ШИРОКОСМУГОВІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ВИБРАНИХ КОМЕТ ГРУПИ
КВАЗІ-ПІЛЬД У 2017 РОЦІ
27. Gorbanev Yu.M. 129
NEW METHOD OF THE BRIGHT METEOR AND BOLIDES
REGISTRATION
28. Kulichenko M.O., Shulga O.V. 130
OBSERVATION OF METEORS IN MYKOLAIV IN 2011-2016
29. Кімаковська І.І., Горбаньов Ю.М., Кімаковський С.Р. 130
ПОДВІЙНІ І КРАТНІ МЕТЕОРИ ПО
ТЕЛЕВІЗІЙНИМ СПОСТЕРЕЖЕННЯМ ТЕЛЕСКОПІЧНИХ МЕТЕОРІВ
Сторінки на допомогу викладачам, вчителям, студентам та школярам
30. Мозгова А.М., Мозговий О.В. 132
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТЕОРНИХ ЯВИЩ В ЛАБОРАТОРІЇ ВИЩОГО
НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ
31. Кузьминський Олександр 135
ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ОСВІТНИХ РЕСУРСІВ ДЛЯ
ПІДТРИМКИ ШКІЛЬНИХ АСТРОНОМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Планетарії України

- | | |
|--|-----|
| 32. Наталія Коваленко ПРО КИЇВСЬКИЙ ПЛАНЕТАРИЙ | 139 |
| 33. Оксана Творун ВІННИЦЬКИЙ ПЛАНЕТАРИЙ | 142 |
| 34. Храмцова О.Ю., Шибасєва Ю.В. ХЕРСОНСКИЙ ПЛАНЕТАРИЙ | 145 |
| 35. <u>Churyumov K.I.</u> , Ponomarenko V.A., Zhdanov A.I., Hraniak V.F. <i>PECULIARITIES OF THE COMETS 8P/TUTTLE, 46P/WIRTANEN ON SPECTRAL OBSERVATIONS OF THEIR COMAE IN JANUARY 2008</i> | 148 |

Меморіальна VII міжнародна конференція з астрономії SAMMAS-2017
Вінниця, 26 – 28 вересня 2017 р.
Збірник наукових праць

Збережено особливості мовного стилю авторів

Організатори

Міністерство освіти і науки України
Вінницький державний педагогічний університет
імені Михайла Коцюбинського
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Головна астрономічна обсерваторія НАН України
Українська астрономічна асоціація
Інститут прикладної фізики НАН України
Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України
Київський планетарій Товариства “Знання” України

Відповідальний за випуск: Мозговий О.В.
Дизайн обкладинки: Кузьминський О.В.

Здано до складання 11.09.2017
Підписано до друку 14.09.2017
Формат 64x90 1/16. Папір офсетний

Гарнітура Times New Roman. Друк цифровий.
Умовн. Друк арк. 10
Наклад 50 прим.