

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА КОЦЮБИНСЬКОГО

НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ М. П. ДРАГОМАНОВА

АСТРОНОМІЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ КНУ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ВІННИЦЬКИЙ ОБЛАСНИЙ ЦЕНТР  
ТЕХНІЧНОЇ ТВОРЧОСТІ УЧНІВСЬКОЇ МОЛОДІ

**VI Міжрегіональна науково-практична конференція**

# **«АСТРОНОМІЯ І СЬОГОДЕННЯ»**

**12 квітня 2017 року**

**Вінниця 2017**

Рекомендовано до друку вченою радою Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського (протокол № 17 від 26 квітня 2017 р.)

**АСТРОНОМІЯ І СЬОГОДЕННЯ:** зб. праць VI Міжрегіональної науково-практичної конференції, 12 квітня 2017 р., Вінниця / під. ред. Заболотного В. Ф., Мозгового О. В. – Вінниця : ФОП Пишний О.А., 2017. – 284 с.

### **РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**

Заболотний В.Ф. – *д.пед.н., проф., академік АН ВО України, Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського (голова)*

Мозговий О.В. – *к.т.н., доц., Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського (заступник голови)*

Думенко В.П. – *к.т.н., старший викладач, Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського*

Кузьмінський О.В. – *асистент, Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського*

Адреса редакційної колегії: 21100, м. Вінниця, вул. Острозького, 32,

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського. Факультет математики, фізики і технологій

Кафедра фізики і методики навчання фізики, астрономії

У збірнику наукових праць представлені сучасні підходи до актуальних проблем астрономії, методики її вивчення у середніх загальноосвітніх навчальних закладах, ПТНЗ і ВНЗ.

Збірник буде корисним науковцям, викладачам, аспірантам, студентам педагогічних ВНЗ, учителям, учням середніх загальноосвітніх навчальних закладів.

Статті подані в авторській редакції.

## ПЕРЕДМОВА

Міжрегіональна науково-практична конференція «Астрономія і сьогодення» проводиться з 21 квітня 2012 року щорічно у квітні до дня Космонавтики. У 2012 була присвячена 100-річчю Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського.

Шоста конференція у 2017 році проводилась 12 квітня і присвячена пам'яті видатного українського астронома, члена-кореспондента НАН України, доктора фізико-математичних наук, професора Кліма Івановича Чурюмова (1937 – 2016).

У 2017 році Вінницькому педуніверситету виповнюється 105 років.

Організаторами у проведенні конференції є Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського (зокрема, кафедра фізики і методики навчання фізики, астрономії факультету математики, фізики і технологій), Вінницький обласний центр технічної творчості учнівської молоді (з 2013 року), Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова і Астрономічна обсерваторія КНУ імені Тараса Шевченка (з 2015 року).

Число учасників конференції щорічно збільшувалося і для участі у нинішній конференції надіслано 31 доповідь. Автори представляють 18 навчальних та наукових закладів України, які розташовані у містах: Вінниця, Київ, Харків, Глухів та інші. Серед учасників знані науковці – в.о. зав. лабораторією Фізики планетних систем, д.ф.-м.н., професор Відьмаченко А. П., працівники Головної астрономічної обсерваторії НАН України, Астрономічної обсерваторії КНУ імені Тараса Шевченка, Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова.

Основні питання, які обговорювались на конференції це – наукова спадщина професора К. І. Чурюмова, динамічні, хімічні і фізичні характеристики Сонця, комет, планет і їх супутників, проблеми освоєння інших планет, астероїдно-кометно-метеороїдна загроза для Землі, космічні вторгнення природного і штучного походження, моніторинг та захист планети Земля, інструменти та історичні аспекти розвитку астрономії, методичні питання астрономії.

## НАУКОВА СПАДЩИНА ПРОФЕСОРА КЛИМА ІВАНОВИЧА ЧУРЮМОВА

КЛИМ ЧУРЮМОВ – УКРАЇНСЬКИЙ АСТРОНОМ З КИСВА ЗІ  
СВІТОВИМ ІМ'ЯМ

**Інна Птіцина**

Україна, завдячуючи внеску українських вчених, займає одне з провідних місць серед космічних держав світу. У плеяді науковців найяскравіше виділяється постать видатного астронома Кліма Чурюмова, першовідкривача космічних об'єктів, члена-кореспондента НАН України, невтомного популяризатора наукових досягнень, автора визначних наукових праць, громадського діяча та поета. Дослідження особистості астронома, якому в 2017 р. виповнилося б 80 років, та його наукового доробку є актуальним для сучасної науки та українського суспільства.

**Метою роботи** є комплексне дослідження діяльності К. Чурюмова в науковій, громадській, культурній, просвітницькій площинах для визначення внеску вченого в українську та світову науку, його життєвої позиції.

Для реалізації цієї мети нами були визначені такі **завдання дослідження**:

- 1) з'ясувати рівень наукового розроблення теми та джерельну базу її дослідження;
- 2) розглянути життєвий шлях астронома, дослідити формування суспільно-культурного та наукового світогляду К. Чурюмова;
- 3) проаналізувати діяльність К. Чурюмова, як першовідкривача небесних тіл, члена-кореспондента НАН України та популяризатора наукових досягнень;
- 4) показати здобутки видатного вченого в просвітницькій, громадсько-організаційній та творчій діяльності.

**Об'єктом дослідження** є особистість видатного вченого К. Чурюмова, його життєвий та професійний шлях.

**Предметом дослідження** є наукова, просвітницька й громадська діяльність астронома К. Чурюмова та його внесок в українську та світову науку.

**Історіографія.** Вивченням біографії видатного астронома займалися українські дослідники Л. Гузар, С. Зражевський, І. Осипчук

та інші. У своїх статтях Л. Гузар та С. Зражевський зосередили увагу на науковому доробку вченого та його життєвій позиції, а І. Осипчук показує особистість науковця на основі інтерв'ювання його родичів. Наприкінці минулого року японські журналісти почали знімати фільм про Кліма Івановича, його біографія друкувалася в різних вітчизняних та іноземних виданнях. Нещодавно статтю присвячену пам'яті вченого було надруковано в американському журналі «The Astronomer».

Внесок К. Чурюмова в науку, його популяризаторську діяльність та життєвий шлях досліджували такі українські вчені: О. Базалук та О. Шкира, Н. Головіна та І. Панасюк, А. Коваленко, О. Петрук, В. Шаронова та інші. Більшість дослідників цікавилися переважно науковими здобутками вченого. Ми вирішили розкрити особистість Кліма Івановича як науковця, громадсько-просвітницького діяча, поета і сім'янина.

***Родина у формуванні життєвих цінностей астронома.*** 19 лютого 1937 р. в приморському місті Миколаєві народився видатний український астроном, член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук, директор Київського планетарію Клім Іванович Чурюмов. Можна сказати, що науковець народився «під кометою Вілка (C/1937 D1 Wilk)», яка в цей день перебувала у сузір'ї Риб і через два дні пройшла перигелій [1, с. 74]. Мати майбутнього астронома назвала сина на честь головного героя роману «Життя Кліма Самгіна», яким зачитувалася інтелігенція тридцятих років минулого століття.

Мати вченого, Антоніна Михайлівна Чурюмова (1907–2003 рр.), дівоче прізвище Александрова, була поетесою та активним громадським діячем, влучно стріляла й завзято скакала на коні, за що отримала золотий годинник із рук самого Климента Ворошилова. Пізніше її було нагороджено двома орденами «Материнська слава» II і III ступенів, адже Клім Іванович – четвертий із восьми дітей у сім'ї (рис. 1). Знаменита дослідниця комет і астероїдів, американський професор Елеанор Хелін назвала на її честь одну з малих планет – астероїд № 6646 «Чуранта» [2, с. 89–90]. Батько Кліма Івановича – Іван Іванович Чурюмов (1907–1942 рр.) – кадровий офіцер Радянської Армії. У роки Другої світової війни він був комісаром батальйону й загинув у травні 1942 р. під час бою біля села Веселе Харківської області. Згодом видатний український астроном Микола Черних назвав відкритий ним астероїд № 3942 ім'ям «Чурівання» на честь двох Іванів Івановичів Чурюмових – батька і сина. До речі, І. Чурюмов

(1929–1988 рр.) – старший брат К. Чурюмова – зіграв значну роль в його інтелектуальному вихованні. Старший брат, за освітою філософ, був першим учителем для майбутнього астронома [2, с. 90]. Іван Іванович дуже багато читав, у тому числі й наукову літературу. Саме він зміг зацікавити маленького Кліма у спогляданні зоряного неба.



Рис. 1. Родина Чурюмових, Клим на руках у мами. 1937 рік. Взято з особистого архіву родини Чурюмових

У дитинстві Клим Іванович мріяв стати полковником на прикордонній заставі або капітаном далекого плавання, щоб мандрувати по земній кулі. Але став знаменитим астрономом, мисливцем за кометами та їх дослідником. Бажання подорожувати в К. Чурюмова теж з'явилося не випадково. Вдома в Чурюмових на стіні висіла величезна політична карта світу, яку чотирирічний хлопчик досконало вивчив – знав назви всіх населених пунктів, гірських хребтів і вершин, річок, озер, морів, океанів, островів. Оскільки батько Кліма Івановича був військовослужбовцем, то сім'ї доводилося часто переїжджати з місця на місце.

Війна застала їх у Коростені Житомирської області, там вони пережили перше бомбардування, ховаючись в окопах. Звідти Чурюмови переїхали до Києва, згодом сім'ю було евакуйовано. Вчений згадував події війни так: «Я пам'ятаю, як летіли літаки, скидали бомби і стріляли з кулеметів. Дуже злякався тоді, і через це деякий час заїкався. А старші брати не боялися, навіть ходили збирати гільзи.» [3]. У Київ сім'я Чурюмових переїхала лише у 1949 р. Тут Клим пішов у шостий клас 11-ї чоловічої школи на Ярославовому

Валу. Після сьомого класу він вступив до Київського залізничного технікуму, який закінчив із відзнакою в 1955 р. (рис. 2). Його, з-поміж 5% випускників, рекомендували до вступу до вищого навчального закладу. Згодом К. Чурюмов вступив на фізичний факультет (спеціальність «фізика-астрономія») Київського державного університету ім. Т. Г. Шевченка.

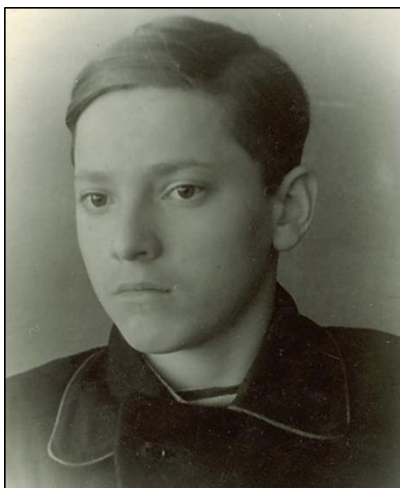


Рис. 2. Студент залізно-дорожнього технікуму. 1953 рік.  
Взято з особистого архіву родини Чурюмових

Після його закінчення, у 1960 р., був направлений на полярну геофізичну станцію в бухті Тіксі Якутської АРСР. Через два роки Клим Іванович повернувся до Києва й пішов працювати на завод «Арсенал», де брав участь у розробці астронавігаційної апаратури для космічних апаратів. У 1964 р. йому було присвоєно звання «Ударник комуністичної праці» та нагороджено срібною медаллю [4]. Одночасно з роботою на заводі Клим Іванович викладав теоретичну й технічну механіку в Київському електромеханічному технікумі залізничного транспорту. Спостерігав за кометами на замській станції Київського університету в селі Лісниках і під час астрономічних експедицій у високогірні райони Середньої Азії, Кавказу, до Сибіру, у Приморський край, на Чукотку і Камчатку. У 1972 р. астроном захистив кандидатську дисертацію «Дослідження комет Ікейя-Секі (1967n), Хонда (1968с), Таго-Саго-Косака (1969IX) і нової

короткоперіодичної комети Чурюмова-Герасименко на основі фотографічних спостережень». У 1993 р. в Інституті космічних досліджень РАН (Москва) захистив докторську дисертацію на тему «Еволюційні фізичні процеси в кометах». Вчений присвятив життя астрономії.

***Сім'я вченого як джерело творчого натхнення.*** З своєю майбутньою дружиною Клим Іванович познайомився під час перебування на практиці після закінчення Київського державного університету в бухті Тіксі Якутської АРСР. Вони разом проходили практику на полярній метеостанції, обробляли спектри північного саява, це було дуже красиво та незвичайно. Після року роботи Клим Іванович повернувся в Київ вже з нареченою. Весілля відсвяткували великою родиною прямо в квартирі на вулиці Освіти [5] (рис. 3).



Рис. 3. Весільна фотографія Кліма і Ніни Чурюмових. 1962 рік. Взято з особистого архіву родини Чурюмових

Через деякий час подружжя переїхало в нову квартиру, в них народилися дві доньки: Олена, а згодом Тетяна. Квартира була кооперативна й родині було дуже важко виплачувати її. Дітей виховувала переважно мама, Н. Чурюмова, а тата вони бачили зрідка. (рис. 4).



Клим Іванович багато працював і лише двічі йому довелося «стати мамою», коли в 1973 і 1976 роках його дружина Ніна Феофанівна їздила двічі працювати на рік на Кубу. І діти залишилися самі з татом. Найяскравішим спогадом для старшої доньки науковця був її лист (рис. 5), який Клим Іванович зберігав протягом усього життя. Вона написала його татові, коли той перебував в черговому відрядженні. Саме про цей лист він розповідав в наукових статтях, що він його надихав і допомагав відкривати нові космічні об'єкти [3].



Рис. 4. Клим Іванович з донькою Оленою. 1968 рік.  
Взято з особистого архіву родини Чурюмових

У своїх спогадах про батька молодша донька астронома Тетяна виділяє святкування Нового року, особливо, коли 31 грудня він приносив ялинку, яку десь купував, прикрашали її всі разом, щоб встигнути. Новорічні подарунки він підписував дуже цікаво: «Карлсон, которий живет на крыше», знаючи що в дитинстві Тетяна дуже любила читати цю казку Астрід Ліндгрєн. Яскравими для молодшої доньки були спогади про собаку, яку він купив у якогось п'яниці за 3 карбованці. То був маленький пінчер-метис, але астроном був впевнений, що виросте вівчарка [3].

Коли астроном був у відрядженнях, він постійно згадував сім'ю, тому на честь своїх доньок та дружини він назвав відкриту ним у 1978 році малу планету № 4141 «Нінтанлена» [2, с. 94]. Більше вченому довелося бувати вдома після того, як важко захворіла Ніна

Феофанівна. Він став менше працювати, зрідка відвідував лекції та конференції, самостійно доглядав дружину. Доньки пропонували йому найняти помічницю, аби йому було легше, але він наполягав на тому, що буде робити все самостійно. Більшу частину роботи виконував вдома, їздив тільки на деякі лекції, важливі засідання і конференції. А коли він їздив у різні країни та інші міста, то його підстраховували доньки [3]. Для нього це було навантаження і його знайомі вже жартували, що досить їздити скрізь й аби він дав дорогу молодим. Але це було його життя, він навіть не міг уявити як це: його запросили на лекцію чи конференцію, а він не приїхав.

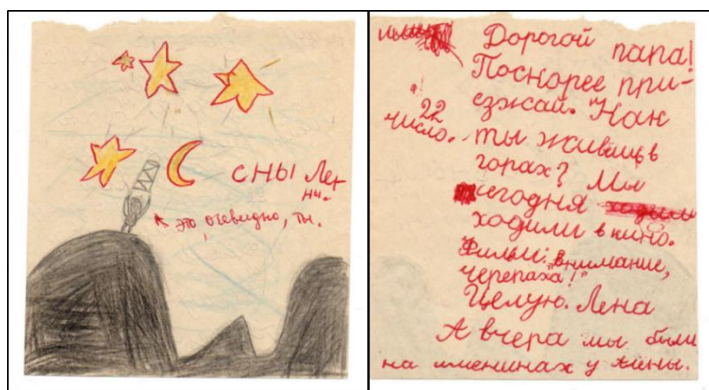


Рис. 5. Лист Олени до тата. Взято з особистого архіву родини Чурюмових

У Кліма Івановича троє онуків: Анна, Марія та Олександр (рис. 6). Як сказала старша донька астронома: «Онуки – це окрема пісня». Тому що з усіх відряджень, а їздив він дуже багато, завжди привозив для них різні іграшки. Онуки дуже любили гратися з дідусем. Він навчав їх, переважно, пізнавальним іграм, найбільше їм подобалася гра «око розвідника». Найяскравіші спогади онука Олександра про дідуся пов'язані з дитинством, а саме те, скільки уваги він приділяв онукам. Незважаючи на те, що вчений багато часу проводив на роботі, конференціях або у відрядженнях, для них він завжди знаходив вільну хвилинку. Водив онуків на прогулянку, або проводив цікаві конкурси з обов'язковими винагородами – подарунками, які він привозив із своїх подорожей [3].

Продовжувати справу К. Чурюмова його діти не стали, хоча поділяли захоплення астронома й з великим задоволенням слухали його розповіді про зоряне небо. Намагався продовжити шлях дідуся онук Олександр, який три місяці проводив спостереження в Шемахінській астрономічній обсерваторії, та згодом обрав комп'ютерні технології. Клим Іванович ніколи не наполягав, щоб хтось із рідних пішов його стопами, адже розумів, що у кожного з них є власні вподобання щодо сфери, в якій вони бачать своє майбутнє.



Рис. 6. Клим Іванович з онуками (зправа Марія, Олександр, Анна). 1990 рік. Взято з особистого архіву родини Чурюмових

Бажання займатися астрономічними дослідженнями в онуки Марії з'явилося після того, як вона побувала разом з дідусем в німецькому містечку Дармштадт, штаб-квартирі Європейської космічної агенції. Саме поїздка до Німеччини надихнула дівчину займатися наукою і досліджувати космос, продовжуючи справу дідуся. Зараз вона працює над науковою роботою, так само, як дідусь, займається дослідженням комет [5].

**Клим Іванович – національно-свідома особистість.** Клим Чурюмов є не лише видатним науковцем, а національно свідомою особистістю, що жила не для себе, а для людей, творила лише через бажання і натхнення звеличити рідну землю, державу, народ. Він був справжнім патріотом своєї держави. Про відкриття комети казав так: «Я завжди повторюю, що я українець. Для мене це принципове питання. Я народився в Миколаєві, Світлана Герасименко, разом з

якою ми відкрили комету, – в Баришівці на Київщині. Це абсолютно українська комета і досягнення України. Мені дуже образливо, коли мене називають російським чи радянським ученим. Під час посадки модуля всі іноземні мас-медіа – США, Канади, Європи – називали комету українською, а нас, звичайно, – українськими відкривачами» [6, с. 182].

Клим Іванович Чурюмов ініціював присвоєння малим планетам імен українських письменників і вчених. Ще в 80-х роках минулого століття малі планети, що були відкриті вітчизняними й американськими астрономами, Міжнародний астрономічний союз національними іменами-символами назвав малі планети «2427 Кобзар» – на честь Т. Шевченка, «2428 Каменярь» – на честь І. Франка, «2431 Сковорода» – на честь українського філософа XVIII ст. Г. Сковороди, «4868 Кнушевія» – на честь Київського національного університету імені Тараса Шевченка, «22616 Боголюбов» – на честь радянського фізика і математика М. Боголюбова. Космос, який вібує українськими іменами, відкривається не всім, таке право заслуговують тільки великою наполегливою працею.

Науковець вболівав за долю своєї держави та її народу. У 2013 році Клим Іванович не відступив від своєї громадянської позиції, він був щирим прихильником Революції Гідності та склав гімн учасників протестів [3, 7]. Уривок Гімну учасників Євромайдану:

*Європа кличе нас до себе –  
Готує влада зашморг нам.  
З колін піднятись, браття, треба,  
Щоб дати відсіч ворогам!*

Він був дуже щирою та дружелюбною людиною, про що свідчить величезна кількість знайомих та друзів вченого в різних країнах [3]. Онук Кліма Івановича Олександр розповів цікавий факт, що астроном завжди намагався «іти в ногу з часом», мав інтерес до новинок в галузі техніки. Наприклад, коли онук купував собі якийсь новий гаджет: ноутбук, смартфон або електронну книгу, він завжди цікавився, що це таке, які технічні характеристики воно має, і через деякий час купував собі таку саму техніку. Також нам вдалося знайти статтю онуків К. Чурюмова в газеті «Молодь України», в якій розкрито його внесок в науку.

Послідовник астронома В. Пономаренко розказав, що Клим Іванович вмів приємно дивувати й, навіть, вражати. Захоплювала його працелюбність та вміння долати різні труднощі, його пам'ять, що була

близькою до феноменальної. Він мав глибокі енциклопедичні знання з різних дисциплін, знав декілька мов. Клим Іванович був сміливою і вдячною людиною. І при всіх своїх досягненнях залишався досить скромним. Він змушував світ говорити про Україну, прославляв її своїми досягненнями нічого не вимагаючи взамін.

**Першовідкривач космічних об'єктів.** Найбільше Клим Чурюмов прославився завдяки відкриттю двох комет – короткоперіодичної Чурюмова-Герасименко (1969 р.), до якої було направлено місію «Розетта», і довгоперіодичної Чурюмова-Солодовникова (1986 р.). Астрономією він цікавився з дитинства, а от дослідженням комет захопився після вступу до аспірантури Київського державного університету (рис. 7). В 1969 р. університет спорядив експедицію в складі трьох осіб, зокрема Кліма Чурюмова й Світлани Герасименко, для спостереження періодичних комет в Алма-Ату (тепер Алмати) в астрофізичний інститут, згодом названий ім'ям академіка АН СРСР В. Фесенкова.

Спостереження кількох короткоперіодичних комет сімейства Юпітера проводили за допомогою 0,5-метрового телескопа системи Максутова. У вересні 1969 року разом з аспіранткою С. Герасименко під час спостереження за кометою Комаса-Сола зробили фото, на якому виявилася ще одна комета. Об'єкт спочатку прийняли за періодичну комету Комас Сола (32P/Comas Solà), але потім з'ясувалося, що за координатами він на 2° відхиляється від обчисленого положення цієї комети. Маючи три положення небесного тіла, вдалося точно вирахувати його орбіту, яка виявилась еліптичною і такою, що належить короткоперіодичній кометі з періодом 6,5 років [4].

Повідомлення про відкриття було відправлено в Центральне бюро астрономічних телеграм (Кембридж, США), де через декілька днів його підтвердили й присвоїли їй назву «комета Чурюмова-Герасименко» (67P/Churyumov-Gerasimenko). За відкриття комети Чурюмова-Герасименко він був нагороджений медаллю Астроради АН СРСР «За виявлення нових астрономічних об'єктів».

У березні 2004 р. Європейське космічне агентство відправило до неї космічну місію «Розетта» з метою дослідити первинну протопланетну речовину, що міститься в крижаному ядрі комети. «Розетта» – апарат, який складається з двох частин: власне зонду «Розетта» (Rosetta space probe), що вийшов на орбіту комети, та спускового модуля «Філі» (Philae lander), який здійснив посадку на

комету [8]. Назва зонда походить від Розеттського каменю, за допомогою якого вчені змогли розшифрувати давньоєгипетські ієрогліфи. Символізм назви місії полягає в тому, що ці дослідження, дадуть змогу нарешті зрозуміти древню історію розвитку Сонячної системи, пролити світло на процеси формування планет із протопланетної речовини і, можливо, виникнення життя на Землі.



Рис. 7. С. Всехсвятський та К. Чурюмов в астрономічній обсерваторії Київського університету ведуть спостереження комети Веста. 1976 рік. Взято з особистого архіву родини Чурюмових

У серпні 2014 року апарат вперше в історії підійшов упритул до комети та супроводжуватиме її до Сонця, а 12 листопада 2014 року на поверхню її ядра здійснив м'яку посадку спусковий апарат «Філі». Місію апарата було завершено 30 вересня 2016 року [8]. Дослідження комети Чурюмова-Герасименко дає стільки матеріалів, що розшифрувати їх доведеться ще багато років. Ім'я Кліма Чурюмова і раніше добре знали у міжнародній науковій спільноті, але із запуском космічного апарата «Розетта» вчений став відомим широкому загалу по всьому світу (рис. 8). А комету – дивний світ, що як маленьку цяточку на краю фотопластинки вперше побачили київські астрономи 1969 р., у найдрібніших деталях роздивлявся в 2014–2016 рр. весь світ.

Другу, довгоперіодичну, комету Клим Іванович відкрив разом із В. Солодовниковим у 1986 р. у Міжнародний рік комети Галлея. Орбіта комети Чурюмова–Солодовникова (C/1986 N1 Churyumov-

Solodovnikov) являє собою сильно витягнутий еліпс із ексцентриситетом, близьким до 1, перигелієм у головному поясі астероїдів і нахилом площини орбіти понад  $90^\circ$  (з оберненим рухом). У комети виявлено «гаряче» крижане ядро, що випромінювало надзвичайно багато енергії в інфрачервоному діапазоні, перебуваючи на відстані понад 17 астрономічних одиниць від Сонця [4].

Вченого було нагороджено двома медалями «За обнаружение новых астрономических объектов», золотою (1986 р.) і двома срібними (1975 і 1987 рр.), медалями «1500 років Києву» (1982 р.) і «Ветеран праці» (1987 р.), орденами «За заслуги» II і III ступеня (2003 р.), дипломом-сертифікатом Міжнародної варти комети Галлея (1986 р.), премією імені Тараса Шевченка Київського національного університету імені Тараса Шевченка (2004 р.).



Рис. 8. К. Чурюмов у центрі керування польотами місії «Розетта», Дармштадт, Німеччина. 2014 рік. Взято з особистого архіву родини Чурюмових

Клим Іванович був науковим консультантом з астрономії під час другого видання Української радянської енциклопедії. З 2002 р. він головний редактор науково-популярного астрономічного журналу «Наше небо». У травні 2006 р. його обрано членом-кореспондентом Національної академії наук України. Науковець – член експертної комісії Вищої атестаційної комісії України з астрономії, редколегії наукових журналів «Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка». Український астроном – член Міжнародного

астрономічного союзу (з 1979 р.), Європейського астрономічного союзу (з 1992 р.), Української астрономічної асоціації (з 1992 р.); заслужений працівник народної освіти України (з 1998 р.). У 1984 р. видатний український астроном М. Черних назвав відкритий ним астероїд № 2627 ім'ям К. Чурюмова.

***Невтомний популяризатор досягнень науки.*** За 57 років творчої праці в галузі астрономії в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка – спочатку на кафедрі астрономії, а потім в Астрономічній обсерваторії КНУ К. Чурюмов опублікував понад 1000 наукових робіт, зокрема 5 монографій та 5 навчальних посібників [1]. Також його було нагороджено орденом Ярослава Мудрого за просвітницьку діяльність.

К. Чурюмов, як голова наукових оргкомітетів, організував і провів п'ятнадцять міжнародних астрономічних конференцій: Всехсвятські читання (1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 рр.), Міжнародний семінар пам'яті професорів О. Богородського і С. Всехсвятського (1994 р.), Міжнародні конференції пам'яті І. Астаповича «АІСТ» (1998, 2003, 2008 рр.), Міжнародні конференції КАММАК (1999, 2002, 2005, 2008, 2011, 2014 рр.) [7]. Його наукові дослідження друкували у престижних закордонних журналах, як-от: «Astrophysical Journal», «Astronomischen Nachrichten», «Planetary and Space Science», «The Earth, Moon and Planets», «Астрономический журнал», «Письма в Астрономический журнал», «Астрономический вестник», «Астрометрія та астрофізика» та інших [2, с. 89]. З 2002 р. він був редактором астрономічного журналу на українських теренах «Наше небо». Нещодавно про Кліма Івановича опублікували статтю в американському журналі «Astronomer» [8], яка присвячена шануванню пам'яті вченого.

Клим Іванович вболівав за розвиток української науки, тому багато часу він приділяв популяризації наукових досягнень (у тому числі космічної місії «Розетта»). Це також дуже важливо, оскільки здебільшого суспільство відірване від наукових реалій і не завжди розуміє, чим займаються науковці й чому ця діяльність потрібна. Науковець завжди надавав посильну допомогу і підтримку любителям астрономії. Його захоплюючі та пізнавальні наукові та науково-популярні лекції переконали багатьох пов'язати долю з астрономією. В нього є чимало вдячних учнів, які продовжують його справу. Окремо слід відзначити відділ малих тіл Сонячної системи Астрономічної обсерваторії КНУ імені Тараса Шевченка.



Знання Кліма Івановича цінують не лише в Україні, а й за кордоном. Свідченням цього є уже легендарна карта світу, що висить у кабінеті професора Чурюмова, всяїна жирними чорними кружечками, – це відзначено точки планети, де вчений побував у наукових експедиціях і на міжнародних конференціях [4]. Він був учасником більше ніж 30 експедицій зі спостереження комет, сонячних затемнень і вивчення полярних сьайв; шукав метеоритні кратери на поверхні Землі; спостерігав сотні комет у різних обсерваторіях світу; брав безпосередню участь у запуску ракет на космодромах Байконур, Плесецьк.

**Директор науково-просвітницького центру «Київський планетарій».** Клим Іванович Чурюмов був не лише видатним вченим, а й людиною з різними захопленнями та талантами. Не злічити популярних лекцій, зустрічей, виступів на наукових конференціях і зборах аматорів, передач по радіо й телебаченню, які дали натхнення його аудиторії до пізнання Всесвіту. Тому у січні 2004 р., за рішенням Президії Товариства «Знання», астронома призначено директором науково-просвітницького центру «Київський планетарій» [1]. У вченого розпочався новий етап у житті, і своєму дітищу він присвячує всю свою енергію та можливості.

«Київський планетарій» – це унікальний просвітницький проект Університету сучасних знань Товариства «Знання» України. Це найстаріший та найбільший планетарій в Україні, який був заснований 2 січня 1952 р. Цікавим є те, що ініціатором створення цього планетарію був учений-астроном, який все життя присвятив вивченню Космосу, вчитель і наставник Кліма Чурюмова – Сергій Всехсвятський. За розміром куполу він посідає друге місце в Європі з площею екрану 830 м<sup>2</sup>. Щорічно його відвідує понад 150 тис. гостей [1].

Сьогодні столичний планетарій перетворюється на унікальний науковий, просвітницький, культурний і розважальний простір для розвитку та відпочинку. В програмі планетарію – сучасні повнокупольні фільми у форматі 360, пізнавальні відео лекції та студії з природних наук і космічної творчості. Оновлений Київський Планетарій не має аналогів серед планетаріїв та сферичних кінотеатрів України і більшості країн світу. Вчений є ініціатором впровадження новітніх технологій та методик донесення наукових досягнень у роботу науково-просвітницького центру. Також він проводив активну співпрацю з планетаріями інших міст нашої держави.

У науковця К. Чурюмова було багато різноманітних проєктів: і наукових, і популяризаторських. Він був таким наставником, що захочує власним прикладом, а не спонуканням. Як розповіла його співробітниця Н. Коваленко про роботу разом з видатним вченим в планетарії: «Під час нашої співпраці було багато цікавих зустрічей, наукових і популярних лекцій, конференцій, спілкування за чаєм чи святковим столом, гумору, подорожей. Мені подобалося, як Клим Іванович співає, приходячи на роботу. Він завжди розповідав про все цікаво і захопливо» [1]. Клим Іванович проводив активну просвітницьку діяльність: один раз на 4 місяці читав лекції в планетарії, організував тут Міжнародний форум з іморталізму. Він зазначав: «Планетарій має велике значення для просвітництва. Людина живе на Землі і її хвилює, що із себе представляють інші планети, як побудований Всесвіт, чи є життя на інших планетах. Особливо це важливо для маленьких, у них виникає інтерес до природничих наук». Але більше, ніж планетарію, вчений приділяв час науковій роботі в обсерваторії.

#### ***Співпраця науковця з молоддю та його поетична творчість.***

Астроном із задоволенням не лише займався науково-дослідницькою та викладацькою діяльністю, а й писав для дітей, брав участь у наукових зустрічах і заходах для молоді. Він вболівав за те, щоб українська молодь цікавилася досягненнями науки, тому науковець розпочав активну співпрацю з Міжнародною зеленою школою, передаючи свої знання та досвід молодому поколінню.

Міжнародна зелена школа була заснована у 2012 р. в рамках проєкту «Від екології душі – до екології Всесвіту». Метою цієї організації є: формування екологічної відповідальності, популяризація наукових знань в суспільстві, виховання особистості, в якій гармонійно поєднується потяг до знань з готовністю до взаємопідтримки і взаємодопомоги, до волонтерської роботи [6]. Серед її організаторів і волонтерів були люди, які активно співпрацювали з Климом Івановичем: О. Баранський, його учень, керівник секції «Астрономія» в Міжнародній зеленій школі; А. Жданов – юний науковець, дослідник комет. Тому було природньо, що їхня співпраця з Климом Івановичем продовжилась і в рамках Міжнародної зеленої школи.

Засновниця Міжнародної зеленої школи Ірина Жданова розповіла про співпрацю з К. Чурюмовим, зокрема про «Науковий вікенд» від Міжнародної зеленої школи в рамках Фестивалю науки

2015 р. На цей захід з'їхалося багато талановитих учнів з різних куточків України. Всі учні були просто зачаровані лекцією К. Чурюмова про комети. Як вона зазначила: «Він говорив дуже тихо, але неможливо було відірватися від цієї лекції, тому що вона була дуже цікавою та змістовною не тільки з боку астрономії та астрофізики, а й з боку історії».

Клим Іванович вболівав за популяризацію наукових досягнень, зокрема астрономії, не лише серед науковців. Тому він возив всіх бажаючих на спостереження зоряного неба до обсерваторії. Одного разу, він був у обсерваторії в Лісниках разом з учнями Міжнародної зеленої школи, студентами з фізичного факультету Київського національного університету ім. Т. Шевченка, які були там вперше. Всі помітили, що коли з'явилися зорі, у його очах була «дитяча радість». Він був дуже задоволений тим, що вдалося подивитися на зорі та комети. Професор дуже багато спілкувався з студентами на різні глибоко наукові теми. Це були просто дискусії за чаєм, він уважно слухав всі їхні запитання та думки. Всі присутні були здивовані скромністю Кліма Івановича, його здатністю дуже швидко сходитися з людьми. В ньому майстерно поєднувалась професійність науковця з інтелігентністю.

Науковець востаннє відвідав Міжнародну зелену школу влітку 2016 р. Тоді, в рамках цього проекту, він з учнями та викладачами школи пішов на екскурсію до народного музиканта, майстра з виготовлення музичних інструментів. І виявилось, що для Кліма Івановича музика є такою ж близькою як і небо. Вони провели у цього музиканта близько двох годин і астроном з захопленням роздивлявся всі музичні інструменти. Він спробував заграги на трембіті, йому дуже сподобався цей музичний інструмент, і він придбав собі його. Коли вони вийшли на вулицю аби дослідник заграги на трембіті, він сказав колезі, що можна вставити в неї два скельця, і тоді вона буде схожа на телескоп, може тому йому вона так сподобалась [6] (рис. 9). Клим Іванович придбав собі трембіту, але, на жаль, коли від'їжджав, забув її на вокзалі. Та повернулася вона до астронома лише після його смерті.

Дослідник мав багато різних захоплень та талантів, одним з яких була поетика. У родині майбутнього астронома була дуже популярною гра «буріме» (віршування, частіше жартівливе, на задані рими або теми), тому всі восьмеро дітей вміли і любили складати вірші. К. Чурюмов не полишав складання віршів впродовж всього життя. Нещодавно його доньки знайшли зошит з віршами,

присвяченими його дружині [6]. Більшість його поезій присвячені астрономії та думкам про майбутнє.



Рис. 9. К. Чурюмов грає на трембіті, разом з І. Ждановою в Міжнародній зеленій школі. 2016 рік. Взято з особистого архіву родини Чурюмових

Клима Івановича у світі художньої літератури знають і як автора науково-популярних книжок, і як поета, і як дитячого письменника – автора декількох збірок поезій для малят «Математика для малят» (у співавторстві), «Малятам про тварин», «Малятам про фахи», «Малятам про човни», «Пригоди динозаврика Дино». Переважаючу частину віршів та прозованих творів для дітей Клим Іванович написав для своїх онуків [4, с. 89] (рис. 10).

**Висновки.** Внесок К. Чурюмова у розвиток української науки та світової астрономії вивчали українські та іноземні дослідники. Статті, присвячені біографії та науковій діяльності астронома, опубліковані в різних вітчизняних та іноземних виданнях. Більшість дослідників цікавилися переважно науковими здобутками вченого, його внеском у розвиток астрономії, недостатньо в публікаціях висвітлено особистість Клима Івановича. Представлене дослідження поряд з науковим доробком професора розкриває його як багатогранну постать.

Важливий вплив на формування суспільно-культурного та наукового світогляду професора мала його родина, яка спрямувала

його до пізнання Всесвіту та привила інтерес до астрономії. Сім'я стала джерелом натхнення та підтримки вченого, поділяла його захоплення астрономією. Через активну наукову діяльність Клим Іванович не мав змоги приділяти багато часу родині, проте він був уважним чоловіком, люблячим батьком і турботливим дідусем. Свою любов до рідних астроном увіковічив у назвах космічних тіл. Нині онуки наслідують його справу в дослідженні комет.



Рис. 10. Дитячі книжечки Кліма Івановича «Малятам про тварин» і «Математика для малят». Взято з особистого архіву родини Чурюмових

Внесок К. Чурюмова в розвиток астрономії є неоціненним. Найбільше член-кореспондент НАН України прославився завдяки відкриттю двох комет – короткоперіодичної Чурюмова-Герасименко (1969 р.), до якої було направлено місію «Розетта», і довгоперіодичної Чурюмова-Солодовникова (1986 р.). Він був учасником більше ніж 30 експедицій зі спостережень космічних тіл. Як голова наукових оргкомітетів, він організував і провів п'ятнадцять міжнародних астрономічних конференцій. Клим Іванович вболівав за розвиток української науки, тому багато часу він приділяв популяризації наукових досягнень. В нього є чимало вдячних учнів, які продовжують його справу.

К. Чурюмов – багатогранна особистість, окрім науки він мав багато різних захоплень, знав декілька мов, був дуже життєрадісним та працелюбним. Із задоволенням писав для дітей, брав участь у наукових заходах та зустрічах з молоддю, співпрацював з

Міжнародною зеленою школою. Як директор науково-просвітницького центру «Київський планетарій» він широко популяризував знання з астрономії. Вчений організував і провів багато популярних лекцій, зустрічей, виступів на наукових конференціях і зборах аматорів, які дали натхнення його аудиторії пізнавати Всесвіт. Адже наука про космос має захоплювати, бути цікавою, зрозумілою й доступною сучасному молодому поколінню.

Ім'я Кліма Івановича увіковічене в Сонячній системі й пам'яті людства. Проте суспільство і держава повинні пам'ятати не лише ім'я, але й неповторну особистість та її досягнення. Адже своїм відкриттям, як і всім своїм життям, вчений відкрив двері в новий напрям науки, започаткував цілий комплекс нових космічних технологій, розвивати які будуть вже нові вчені в майбутньому. Хотілося б, щоб держава звертала більше уваги на українську науку і, звичайно, вона повинна прийняти участь в популяризації досягнень астронома.

### Список літератури

1. Головіна Н. О. Його любов чолом сягає неба. Клим Іванович Чурюмов [Текст] / Н. О. Головіна, І. І. Панасюк // Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. – 2013. – № 26. – С. 74–80.

2. Мельник О. К. Свій серед зірок / О. К. Мельник, Т. К. Чурюмова // Вісник НАН України. – 2013. – № 3. – С. 89–94.

3. Особистий архів Кліма Чурюмова.

4. Архів Астрономічної обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

5. Осипчук І. В. Чтобы помнили [Текст] / [ред. А.Н. Швець] // Факты. – 2016. – № 177. – С. 22;

6. Зражевський С. Ф. Клим Чурюмов: «Я завжди повторюю, що я – українець. Для мене це принципове питання» [Текст] / С. Ф. Зражевський // Вісник НАН України. – 2015. – № 2. – С. 179–185.

7. Статті і тези VI Міжнародної астрономічної конференції САММАС-2014 (за редакцією члена-кореспондента НАН України, професора К.І.Чурюмова) – Вінниця: ФОП «Костюк Н.П.», 2014. –160 с.

8. Baransky A. Obituary: Klim Ianovich Churyumov (1937-2016) [Text] / A. Baransky, G. Hurst // The Astronomer. – 2016. – № 631. – P. 189–191.

Представлено життєвий і творчий шлях відомого всьому світу українського астронома Кліма Чурюмова

**Ключові слова:** Клім Чурюмов, комети, зірки

KLIM CHURYUMOV – KIEV UKRAINIAN ASTRONOMER AT THE  
WORLD FAMOUS

**Inna Ptysina**

Presents the life and career of the orld famous astronomer Klim Churyumov Ukrainian

**Keywords:** Klim Churyumov, comet, star

АСТРОФИЗИК КЛИМ ИВАНОВИЧ ЧУРЮМОВ: ТЕЗИСЫ ЖИЗНИ И  
ТВОРЧЕСТВА

**Віталій Кручиненко, Анатолій Видьмаченко,  
Алексей Стеклов, Григорий Дашкиев, Лариса Чубко, Ирина  
Степахно, Егор Стеклов, Петр Неводовский,  
Ярослав Романюк, Григорий Бескин**

**Введение.** Наша конференция посвящена памяти всемирно известного астрофизика, руководителя нашего творческого коллектива, первооткрывателя и исследователя комет Кліма Ивановича Чурюмова. Много лет совместной работы и десятки научных публикаций объединяют нас с ним в один творческий коллектив. Клім Иванович творчески работал во многих коллективах, сотрудничал со многими учеными и просто интересными людьми в разных уголках нашей планеты. Надеемся, что и все они, как и мы, будут ещё долго вспоминать его, и творчески подойдут к развитию его идей, советов и рекомендаций. В данной небольшой заметке мы излагаем некоторые из интереснейших концепций, прогнозов, подходов, гипотез, теорий, планов и надежд, которые в процессе работы с нами развивал Клім Иванович Чурюмов.

**Что же такое «астрономия» и кто такие «астрономы»?**

Клім Иванович в общении с коллегами не один раз подчёркивал, что сложные определения из учебников утомляют и отталкивают «юных натуралистов» от нашей науки. Поэтому он красиво и просто однажды сказал: «Астрономия – это пронзительная любовь к звёздам, и очень удивительно, что всё ещё есть такие люди, которые сквозь всю свою жизнь способны пронести эти чувства». Мы,

тогда ещё удивлялись, ведь он почти всю жизнь занимался кометами, а не звёздами. Отвечая на подобные реплики, Клим Иванович показывал нам снимок кометы Лавджоя на фоне звёзд.

– Смотрите, – говорил он, – вот «вестница звёзд», и что она несёт нам – мы пока до конца не знаем.

Этот снимок мы приводим как иллюстрацию его слов.



И про астрономов он тоже говорил необычно:

– Астрономы – это те люди, которые умеют общаться с Небом.

И нам главное не потерять этот дар – уметь слышать, видеть, ощущать и понимать Небо, самые разные небесные явления, как в больших, так и в скромных, малых и даже в очень малых масштабах.

### **Особая роль наблюдений и обсерваторий**

Клим Иванович Чурюмов частенько напоминал своим ученикам и нам – своим коллегам о том, что жрецы – астрономы народов инки, майя, ацтеки – всегда снимали обувь и, даже, мыли ноги, когда входили в подкупольные пространства своих обсерваторий. Верховный Инка был одновременно и Верховным Астрономом. Наблюдения, календари и измерения времени – это ведь ещё и процессы общения с Небом, это диалог с ним, это поиск новых личных откровений, в которых только достойные из астрономов смогут осознать нечто новое, и принести это в дар людям. Любовь к наблюдениям Климу Ивановичу привил его и наш общий Учитель – Сергей Константинович Всехсвятский. А его талантливый Ученик,



тогда ещё молодой Клим Чурюмов, вполне и неоднократно мог непрерывно до семи часов держать ядро кометы на кресте нитей в поле зрения своего телескопа. А в зимние ночи работа у Клима могла продолжаться даже семнадцать часов. Вот почему мы намерены учредить в память про астрофизика Клима Ивановича Чурюмова особый астрокосмический «ФОНД, ФАН КЛУБ 7/17» имени Клима Чурюмова. Причём, кратко это записывается так «АСТРОКОСМИЧЕСКИЙ КЛУБ ФФК 7/17», а мы сами, шутя, считаем «ЭТО» особым именно АСТРОКОСМИЧЕСКИМ «Футбольным Фан Клубом 7/17» имени Клима Чурюмова для наших будущих космических «чемпионатов» по новым наблюдениям и открытиям. Такие клубы необходимы нам всем, чтобы вновь и вновь появлялись у нас такие же, как Клим, очень талантливые астрономы - наблюдатели, способные и в будущем открывать новые кометы, астероиды, особые звёзды и галактики.

### **Астрономические обсерватории и наши города**

Да, всем нам понятно, что астрономические обсерватории уже навсегда ушли из наших городов. Однако, удивительно и то, что одновременно, и именно сейчас, они снова возвращаются в наши большие и малые города в совершенно другом качестве и для совершенно других целей. Именно эти идеи, и эти откровения в духе и в стиле парадоксальной логики «и да, и нет, причём именно одновременно и да, и нет...» оставил нам в наследство, в итоге своих последних научных работ, астрофизик Клим Иванович Чурюмов. Астрономические обсерватории ныне действительно стремятся работать высоко в горах, да ещё и на особых островах в океанах, в высокогорных пустынях типа «Атакама», а также летать на орбитах в космосе вокруг нашей планеты Земля, работать на Луне или на орбитах других тел в Солнечной системе. Устремлённость к дальним мирам – это путь сужденный, – говорили Мудрецы многих народов.

Но именно сегодня всё острее встают проблемы планетарной безопасности в условиях осознания реальных астероидно - кометных и иных угроз. Во весь рост перед нами, людьми, встали проблемы планетарной защиты биоресурсов нашей собственной планеты Земля. Меняется климат, увеличивается число локальных и, даже, глобальных пылевых бурь. Это заставляет нас всё больше внимания уделять прикладной планетологии, сравнительному изучению пылевых бурь на Земле и Марсе, сравнительному изучению динамики, энергетики и химии атмосфер планет.

Землю нельзя погубить, Землю надо защитить. И очень важно для этого создать и обеспечить постоянную работу нашего особого астрономического «спецназа» Чурюмова. Об этом он нам всем и говорил в свои последние годы.

У астрономов просто нет выбора, мы обязаны работать и со «сверхдальними пограничными полями» (СДПП) во Вселенной и, одновременно, контролировать «сверхблизкие латентные вторжения» (СБЛВ) в небо над нашими городами и странами. Причём речь идёт о вторжениях всего, чего – угодно. Т.е. того, что может навредить нам, нашим детям, нашим внукам и всей биосфере планеты Земля в целом. Именно к равнодостоинному решению и «супремума СДПП» и «инфинума СБЛВ» задач в современной астрофизике и призывал нас Клим Иванович Чурюмов в своих последних прижизненных научных трудах. И не только «призывал», но и создал, и обеспечил работу особой «Единой сети Чурюмова» по фоторегистрации сумеречных и дневных следов аэрокосмических вторжений, а также и иных, ныне называемых «всех видов опасных вторжений» (ВВОВ) в небо над нами. Именно такие задачи и цели он определил как приоритетные. Именно к этому мы, его коллеги и соавторы, призываем и на этой конференции посвящённой его Памяти.

Делом, делом и ещё раз делом помянем нашего Друга, Коллегу и старшего Брата по Духу. Семь/Семнадцать – вот наш девиз! Клим Чурюмов – это образец для подражания, это Державный стандарт Украины для настоящих Личностей в нашей родной и любимой науке – астрономии.

### **Возрождение «обсерваторности» всех астрономических обсерваторий Украины**

Чурюмов К.И. выделял семь совершенно разных, иерархически взаимосвязанных уровней сложности в подготовке высококлассных астрономов – наблюдателей. Вот они:

прежде всего, в беседах с нами Клим Иванович часто вспоминал Осипова Александра Кузьмича, который всех нас, совсем юных астрономов, приучал изучать небо невооружёнными глазами. Наблюдения без телескопов, изучение созвездий, так называемый конфигурационный анализ звёздной ситуации над нами. Умение быстро и безошибочно отличать звёзды от планет и от необычных как движущихся, так и неподвижных объектов. Работа со звёздными картами и атласами днём и ночью. Умение отождествлять отдельные звёзды и группы звёзд.

А вот Дрофа Василий Кириллович, который в войну был артиллеристом, обучал нас тому, как с помощью ладоней на вытянутой руке произвести достаточно точные измерения углов между объектами, определять их угловые скорости без секундомеров, по покрытиям ногтем большого пальца вытянутой руки измерять угловые диаметры любых неточечных и подозрительных объектов. Развивая методики наблюдения этих наших Учителей в области прикладной астрономии, Клим Иванович Чурюмов высказал в ряде последних своих работ с соавторами идею-аксиому сооружения в каждой астрономической обсерватории Украины особой «Башни Чурюмова», которую тогда в наших совместных работах мы называли – башня «Альмукантарат», или более прозаично – башня «службы контроля математического горизонта» (СКМГ).

Из этой Его идеи затем возникли особые стандарты сооружений для наших будущих астро-космических центров, т.е. скелетон-пирамидальных систем, в том числе и особых пирамидальных зданий из контейнерных элементов. Умение наблюдать небо невооруженными глазами очень помогло нам в работе.

В сумерки и днём, при наличии у каждого из нас современных смартфонов с камерами, сначала на три, а затем и на 8 – 12 Мегапикселей, мы – «сумеречные астрономы Чурюмова», фотоохотники на следы аэрокосмических, аэротехнических и суборбитальных вторжений, много лет бесплатно выполняли очень большой объём работ по линии служб наземного аэрокосмического мониторинга (НАКМ);

Клим Иванович Чурюмов активно поддерживал развитие любительского телескопостроения, уважал, и в меру сил, поддерживал всех астрономов – любителей. Любительские телескопы рефракторы и рефлекторы с диаметрами 0.1, 0.2 и 0.3 метра, которые принято считать «любительскими», он считал базовыми инструментами в деле воспитания новых поколений астрономов. В каждом кабинете-лаборатории физики и астрономии во всех школах Украины должны быть такие телескопы. Всеобщую доступность любительских телескопов он считал важнейшей нашей задачей. Без любительской астрономии нет и не может быть астрономии профессиональной, - вот девиз и принцип Чурюмова К.И. Именно на успехи любителей фотоохоты на сумеречные следы вех видов опасных вторжений опирались мы при создании наших баз данных для служб НАКМ;

культ и культура подготовки астрономов-наблюдателей опирается ещё и на обязательное освоение «военных бинокляров» - трубы зенитной командирской (ТЗК) и биноклярной морской трубы (БМТ), а также всех подобных светосильных широкоугольных систем. Именно так «по-военному», как это делал Осипов А.К. в нашей Киевской станции наблюдений искусственных спутников Земли № 1023, предлагал обучать молодых астрономов Клим Иванович Чурюмов. Эту школу прошли и мы вместе с ним;

кроме того, важнейшим делом и принципом в делах и по возрождению «обсерваторности астрономических обсерваторий» Клим Иванович Чурюмов считал само наличие, модернизацию и упорное совершенствование автоматизированных кометоискателей и специализированных телескопов для обнаружения новых неизвестных астероидов, которые могут угрожать нам и всей биосфере. Без кометоискателей нет, и не может быть современных обсерваторий в Украине – это основной принцип Чурюмова;

особым проектом К.И. Чурюмова было создание холдинга и опытных научно-технических производств (ОНТП) во всех астрономических обсерваториях Украины с особым названием «ТОПАЗ информ ТУР». Именно холдинг «ТОПАЗ информ ТУР», т.е. «творческое объединение прикладных астрономических задач, информация телескопов умеренных размеров», должно обеспечить наличие, модернизацию и использование профессиональных телескопов с диаметрами зеркал от 0.4 до 1.0 метра.

Клим Иванович Чурюмов отмечал, что в Одессе уже научились делать свои, наши украинские телескопы с диаметром зеркала в 1.0 метра. Один такой телескоп уже продан зарубежным астрономам (в Словакию ?). Но теперь надо, используя этот успех, создать такие же и даже лучшие телескопы для всех астрономических обсерваторий Украины. Перейти рубеж в 1.0 метра в телескопостроении – это важнейшая задача для оптико-механической индустрии Украины. Пора нам возрождать эту сферу, считал Клим Иванович Чурюмов. А помочь в этом деле нам сможет именно холдинг «ТОПАЗ информ ТУР» и все ОНТП при обсерваториях;

следующим уровнем, который надо бы нам освоить в телескопостроении и в оснащении наших обсерваторий, есть уровень «специализированных телескопов достаточно большого диаметра» (СТ ДБД) от 1.0 и до 4.0 метра включительно. Да, мы пока об этом можем только мечтать. Однако один из лидеров нашей украинской

астрономии академик Яцкив Я.С. на конференциях в Одессе в 2013 – 2016 годах подчёркивал, что очень скоро в Мире телескопы с диаметрами до 4 метра перейдут в разряд «учебных». Нам пора делать практические выводы и создавать холдинги типа «ТОПАЗ информ ТУР» с расширением диапазона диаметров до 4 и более метров. Ведь именно этим занимаются сейчас наши зарубежные коллеги;

ну и особые разработки в мире телескопов – это многоэлементные, многокомпонентные телескопы сверхбольших диаметров 6 – 8 – 10 и, даже, 30 метров. Чтобы выйти на подобный уровень нам в Украине надо создать жизнеспособные специальные конструкторские отделения и достойно финансировать всю оптико-механическую производственную базу Украины. Многие из нас, в том числе и Клим Иванович Чурюмов, работали в ЦКБ Киевского «Арсенала» и прекрасно знаем, что это всё вполне возможно и необходимо нашей стране. Да и доходы в итоге тоже принесёт немалые.

### **Астро-космические бизнес центры при всех астрономических обсерваториях Украины**

Особой «стратегической» задачей в развитии астрономического «хозяйства» Украины Клим Иванович Чурюмов считал создание, формирование и модернизацию региональных астро-космических центров, которые, в частности, могли бы обеспечить надёжный контроль и регистрацию следов (и последствий!) всех видов опасных вторжений в небо над нашими городами. Чурюмов К.И. предложил, по сути, реализовать вполне естественное развитие уже фактически существующих астрономических объединений на базе крупнейших обсерваторий Украины.

Именно созданием и развитием Киевского регионального астро-космического центра он планировал заняться в ближайшее время. Четыре таких центра – Киевский, Харьковский, Одесско-Николаевский и Львовско-Ужгородский полностью способны перекрыть всё небо Украины и могут достойно выполнять задачи служб НАКМ Чурюмова в условиях современных гибридных войн. Это и является истинной целью создания астрономического «спецназа» Чурюмова. Теперь же наша задача в том, чтобы конкретными делами утверждать и воплощать идеи нашего руководителя. А финансирование этих работ смогут обеспечить только бизнес-«дополнения» и бизнес-«расширения» всех наших структур. Но эти проблемы надо решать особо.

## Список литературы

1. Churyumov K.I., Guliev A.S., Kruchynenko V.G., Churyumova T. K. Comet - Asteroid Hazard: reality and fiction. Kiev-Baku, Azerbaijan. 2012. Azerbaijan Academy of Sciences. – P. 175.
2. Churyumov K.I., Kruchynenko V.G., Churyumova T.K. Problem of comet-asteroid threat to humanity: reality and myths - 2 // Physics and astronomy in the modern school. 2012. No. 2, p. 20-26.
3. Churyumov K.I., Kruchynenko V.G., Churyumova T.K. Problem of comet-asteroid threat to humanity: reality and myths - 3 // Physics and astronomy in the modern school. 2012. No. 3, p. 17-25.
4. Churyumov K.I., Kruchynenko V.G., Churyumova T.K. Problem of comet-asteroid threat to humanity: reality and myths - 1 // Physics and astronomy in the modern school. 2012. No. 1, p. 16-24.
5. Churyumov K.I., Kruchynenko V.G., Churyumova T.K. Problem of comet-asteroid threat to humanity: reality and myths - 4 // Physics and astronomy in the modern school. 2012. No. 4, p. 15-23.
6. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. 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, May, 20–22, 2015. The program and abstracts. Kyiv – Zhytomyr, Ukraine. P. 84-85.
7. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. Observations of fragment of cometary nuclei in the atmosphere over Kiev // Astronomical School's Report. 2015. Vol. 11, no. 2, p. 99-102.
8. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. Observations of twilight fireballs over Kiev in 2013-2015 // 5 Interregional Scientific Conference, Astronomy and present. April 12 2016. Institute of Mathematics, Physics and Technology Education, Vinnitsa, Ukraine. P. 2.
9. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. 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.
10. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. 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.

11. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. 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.

12. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev N.G., Steklov E.A. Traces on sky. Unexpected results of regular observations // 16-th Gamow Summer School "Astronomy and beyond: Astrophysics, Cosmology and Gravitation, Cosmomicrophysics, Radio-astronomy and Astrobiology". Odessa, Ukraine. Agenda. 17 August 2016. Section session Solar system. Poster presentation 4. P. 16.

13. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev N.G., Steklov E.A. 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.

14. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Dashkiev G.N. 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.

15. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. 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.

16. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A., Dashkiev G.N. 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. 2015. 128 p. P. 22.

17. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Activity of aviation at falling of bolides at 2014 // Materials of the

International Scientific Conference "Astronomy and Space Physics at the Kyiv University ", which was held as part of VIII Ukrainian Science Festival 27 - 30 May 2014. Kyiv, Ukraine. P. 86-87.

18. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Activity Aviation in the fall of fireballs in 2014 // 16 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, May, 29–31, 2014. The program and abstracts. Kirovohrad, Ukraine. P. 77.

19. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Some of the results of regular observations of twilight bolides // Memorial International Conference dedicated to 100th anniversary of birth of Oleg Vasylyovych Dobrovolsky and 110th anniversary of death of Fedor Oleksandrovich Bredikhin – the famous explorers of comets and meteor matter of the Solar system. Programme. Vinnytsia. September 29 – October 2, 2014. P. 8.

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

21. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Traces in the sky: Classification and unexpected results of regular observations // 16 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, May, 29–31, 2014. The program and abstracts. Kirovohrad, Ukraine. P. 75-76.

22. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F. 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. 2015. 128 p. P. 30-31.

23. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepahno I.V. "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 // 5 Interregional Scientific and Practical Conference "Astronomy and present." 12 April 2016. Institute of Mathematics, Physics and Technology Education, Vinnitsa, Ukraine. P. 2-3.

24. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepahno I.V. "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" 2016. 241 p. P. 37-43.

25. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepanho I.V. 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.

26. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Steklov E.A. On possible search of cometary material on the Earth surface // «Near - Earth Astronomy – 2015». Proceedings of the International conference. 31 August – 5 September 2015 r. Terskol – M.: Yanus-K, 2015, – 324 p. P. 153-155.

27. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Steklov E.A. 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.

28. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N., Beskin G.M. Monitoring of twilight bolides in the sky // International Conference “Astronomy and Space Physics in Kyiv University”. May 24-27 2016. Book of abstracts. Kyiv, Ukraine. P. 90-91.

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

30. Kruchynenko V.G. The collision of the comet Shoemaker-Levy 9 with Jupiter // Astron. and Astrophys. Transactions. 1997. Vol. 13, p. 191-197.

31. Kruchynenko V.G. The Explosion in the Jupiter Atmosphere // Proc. of European SL/Jupiter Workshop / Eds.: by R. West and H. Bohnhard. 1995. P. 287- 292.

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

33. Spurny P., Porubčan V. The EN171101 – the deepest ever photographed fireball // Proc. of Asteroids, Comets, Meteors (ACM 2002). 29 July – 2 August 2002. Technical University Berlin. Germany (ESA – 500). P. 269-272.

34. Vid'Machenko A.P. Settling of dust in Jupiter's atmosphere after the impact of fragments of comet Shoemaker-Levy 9 // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. 1995. Vol. 11, no. 4, p. 14 - 16.

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

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

37. Григорян С.С. О движении и разрушении метеоритов в атмосферах планет // *Космические исследования*. – 1979. – Т. 17, № 6. – С. 875-893.

38. Кручиненко В.Г. Анализ изменения физических характеристик метеорито-образующего тела Стерлитамак вдоль пути // *Астрономический вестник*. – 1993. – Т. 27, № 6. – С. 87-94.

39. Кручиненко В.Г. Определение физических характеристик метеорито-образующего тела Стерлитамак // *Астрономический вестник*. – 1992. – Т. 26, № 4. – С. 104-112.

40. Кручиненко В.Г. Приток космических тел на Землю в широком интервале масс // *Кинематика и физика небесных тел*. – 2002. – Т. 18, № 2. – С. 114-127.

41. Чурюмов К.И., Видьмаченко А.П., Стеклов А.Ф., Кручиненко В.Г., Стеклов Е.А. Явление трех ярких болидов над Киевом 29 марта 2013 года? // *Azerbaijani astronomical journal*. – 2013. – V. 3, No 3. – P. 85-86.

Представлено наше видение и понимание основных этапов жизни и творчества последних лет жизни Клим Ивановича Чурюмова.

**Ключевые слова:** астрономия, звёзды, кометы, болиды, вторжения, следы, сумеречные наблюдения.

АСТРОФІЗИК КЛИМ ІВАНОВИЧ ЧУРЮМОВ: ТЕЗИ ЖИТТЯ ТА ТВОРЧОСТІ

<sup>1</sup>Кручиненко Віталій, <sup>2,3</sup>Відьмаченко Анатолій, <sup>2,4</sup>Стеклов Олексій, <sup>4</sup>Дашків Григорій, <sup>5</sup>Чубко Лариса, <sup>3,4</sup>Степахно Ірина, <sup>4</sup>Стеклов Егор, <sup>2</sup>Неводовский Петр, <sup>2</sup>Романюк Ярослав, <sup>6</sup>Бескін Григорій

<sup>1</sup>АО КНУ ім. Т. Шевченко, <sup>2</sup>ГАО НАНУ, <sup>3</sup>НУБтаП, <sup>4</sup>МАУП, <sup>5</sup>НАУ, <sup>6</sup>САО РАН

Представлено наше бачення та розуміння основних етапів життя та творчості останніх років життя Кліма Івановича Чурюмова.

**Ключові слова:** астрономія, зірки, комети, боліди, вторгнення, сліди, сутінкові спостереження.

ASTROPHYSICIST KLIM IVANOVICH CHURYUMOV: ESSAYS  
OF LIFE AND CREATIVITY

<sup>1</sup>Kruchynenko Vitaliy, <sup>2,3</sup>Vidmachenko Anatoliy, <sup>2,4</sup>Steklov Alexei,  
<sup>4</sup>Dashkiev Grigiriy, <sup>5</sup>Chubko Larisa, <sup>3,4</sup>Stepakhno Iryna, <sup>4</sup>Steklov Egor,  
<sup>2</sup>Nevodovskyi Petro, <sup>2</sup>Romaniuk Yaroslav, <sup>6</sup>Beskin Grigiriy

<sup>1</sup>AO KNU T. Shevchenko, <sup>2</sup>MAO of NASU, <sup>3</sup>NULESU, <sup>4</sup>IAPM, <sup>5</sup>NAU,  
<sup>6</sup>SAO RAS

Our vision and understanding of the basic stages of life and creativity of the last years of age of Klim Ivanovich Churyumov are presented.

**Keywords:** astronomy, stars, comets, fireballs, invasion, traces twilight observation.

ЕДИНАЯ СЕТЬ ЧУРЮМОВА. ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ.  
СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИИ

**Виталий Кручиненко, Анатолий Видьмаченко,  
Алексей Стеклов, Григорий Дашкиев, Лариса Чубко, Ирина  
Степахно, Егор Стеклов, Петр Неводовский,  
Ярослав Романюк, Григорий Бескин**

**Введение.** В декабре 1999 г. Степахно И.В. сфотографировала большое аэрокосмическое вторжение в небо над Броварами, причём его фрагменты достигли земной поверхности. Явление было воспринято как «странное» и единичное. Оно остались в категории «неясных».

На рассвете 15 февраля 2013 г. произошло общеизвестное Челябинское (Чебаркульское) вторжение крупного болида. При этом, более тысячи зданий было повреждено в самом Челябинске: в основном были выбиты окна с рамами. Тогда около тысячи людей получили повреждения от разбитых стекол. Из озера Чебаркуль позже достали большой метеорит, а сотни людей прямо из-под снега собирали очень много фрагментов объекта. Начался «бум» интернет-продаж фрагментов метеоритов в РФ. Правительство РФ разъяснило, что за продажу «не метеоритов» под видом метеоритов, людей будут судить за мошенничество; а за продажу реальных метеоритов тоже

будут судить, но уже за присвоение «национального достояния». Метеоритные «супермаркеты» ушли в тень...

Во второй половине февраля 2013 г. астрономы Крымской астрофизической обсерватории в сети заявили, что следующее подобное вторжение будет только через 50, или более лет. Однако правительство РФ выделило 50 миллионов долларов на разработки методов планетарной защиты в условиях астероидно кометной опасности. К работам привлечены ИНАСАН, институт им. Штернберга, Уральский университет и другие учреждения.

В конце марта 2013 г. 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. На четвертом снимке удачно зафиксированы сразу все три следа ярких сумеречных болидов, что стало своеобразным рекордом Украины по фотографированию следов аэрокосмических вторжений на одном снимке.

В конце июля 2013 г. яркий след сумеречного болида над Киевом сфотографировал Чурюмов К.И. После этого, Чурюмов К.И., Кручиненко В.Г., Видьмаченко А.П., Стеклов А.Ф. пришли к выводу, о необходимости создания службы наземного аэрокосмического мониторинга (НАКМ).

Осенью 2013 г. в Украинском молодёжном аэрокосмическом объединении «Созвездие», при участии и под руководством Стеклова Е.А. была создана первая молодёжная группа фотоохотников на сумеречные болиды из пяти лицеистов Киева. Революционные потрясения в Украине сильно затормозили этот процесс. Хотя группа смогла в итоге сделать более тысячи снимков «странных» следов в небе над Киевом, часть из которых были явно аэрокосмической природы.

В конце октября 2013 г. Стеклов А.Ф. сделал два фотоснимка вторжения яркого сумеречного болида над южной окраиной Киева. Эти снимки были очень похожи на фотоснимки сумеречных следов яркого болида над Австралией с падением в океан.

### **Возникновение сериалов фотоснимков следов вторжений**

В декабре 2013 г., в январе и феврале 2014 г. началась трагедия революционных событий в Киеве. В конце января 2014 г. Видьмаченко А.П. сделал первый большой «сериал» из 86 снимков сразу трёх следов дневных аэрокосмических вторжений над ГАО

НАНУ. Особо подробно фотографировались следы третьего вторжения.

С этого момента всем фотоохотникам на сумеречные и дневные следы аэрокосмических вторжений Чурюмовым К.И. было рекомендовано впредь осуществлять только большие сериалы снимков, после удачного опыта Видьмаченко А.П.

В итоге, с первых чисел февраля 2014 г. начала возникать и укрепляться «Единая сеть Чурюмова» по фотографированию следов всех видов опасных вторжений (ВВОВ) в небо над Киевом и областью. В работу было привлечено более десятка наблюдателей в Киеве и около него. Количество снимков уже в конце февраля превысило несколько тысяч...

С марта 2014 г. группа Чурюмова К.И. приступила к созданию «баз данных» с дублированием результатов в ГАО НАНУ, в АО КНУ им. Т.Г. Шевченко и в МАУП. Отметим, что к концу 2014 г. число фотоснимков в базе данных «ВТК Чурюмова», т.е. в архивах временного творческого коллектива Чурюмова, превысило десять тысяч фотографий с регистрациями вторжений.

В июне 2014 г. Дашкиев Г.Н. и Стеклов А.Ф. одновременно сфотографировали яркое вторжение фрагмента ядра кометы над Академгородком Киева. Расстояние между точками съёмки было более восьми километров.

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

### **Возникновение «Единой сети Чурюмова»**

Более двух тысяч снимков разнообразных следов сумеречных и дневных вторжений сделал Главный учёный секретарь Международного Академического Сената Дашкиев Г.Н. Причём большинство снимков он сделал с яхты на середине Днепра и из заливов возле Триполья, с территории базового яхт-клуба.

Нашим фотоохотникам удалось сфотографировать даже «особые массивированные активные действия авиации» перед рассветом в сумерки за сутки до заключения перемирия на Донбассе в начале сентября 2014 г. Сериал составил более трёхсот снимков. Активные

предрассветные (боевые?) действия авиации имели место практически прямо над Борисполем. Материалы заархивированы и задублированы.

Полностью задокументированы взрывы на нефтебазе под Васильковом. Сериал охватывает все основные дни пожаров. От взрывов нескольких цистерн в первый день и до взрывов более десятка цистерн утром следующего дня, и так далее. Гриб большого взрыва превысил два километра в высоту. Сериал составил более пятисот снимков.

Задокументированы и обрабатываются следы пылевых аэрозольных шлейфов (СПАШ), выбрасываемые из ТЭЦ как Киева, так и Одессы. Выбросы над левобережьем Киева имели странный вид классического «взрывного квази-ядерного гриба». Сериалы составили более тысячи фотоснимков.

Более десяти тысяч снимков составили наши особые сериалы самых разнообразных следов активных, непонятных 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.

#### **Начало тематических работ по проекту «АО СААОН»**

Изучая наши сериалы фотоснимков активных действий авиации, Чурюмов К.И. предложил создать специализированную астрономическую авиацию особого назначения (СААОН). Он наметил планы создания специальных гелевых или иных ловушек для набора, отбора, сбора, накопления частиц из следов сумеречных и дневных аэрокосмических вторжений, а также из следов всех видов опасных вторжений (ВВОВ) вообще. Это позволило бы нам выявить наличие (или отсутствие) опасных вирусов в следах вторжений и непосредственно проверить теорию панспермии при вполне умеренных финансовых затратах на эти эксперименты. Именно так возникли планы проведения критериальных экспериментов в активных операциях специализированной астрономической авиации особого назначения (АО СААОН).

К концу 2015 г. базы данных «Единой сети Чурюмова» содержали уже более двадцати тысяч снимков сумеречных и дневных следов всех видов опасных вторжений в небе над Киевом и областью. В обеспечении работ «Единой сети Чурюмова» участвовало уже более десяти фотоохотников. Основные опорные точки съёмки находились на левом берегу Днепра на базе «Волна», на правом берегу – в ГАО

НАНУ, а также на крыше высотного здания прямо на площади Космонавтов Киева, откуда съёмку вёл лично Чурюмов К.И. Четвертая зона постоянных съёмок была или на Борщаговке возле окружной дороги Киева, или с яхт на Днепре возле Триполья. Стороны треугольника регистрации сумеречных и дневных следов опасных вторжений составляли от десяти до тридцати километров.

К осени 2016 г. в «первой» базе данных было уже более 36000 снимков, которые сданы в архивы. Мы тут же начали создавать и «вторую базу данных». Снимки особо красивых следов сумеречного вторжения (возможно космического мусора ?) сумел получить возле города Остёр Неводовский П.В., который, по сути, впервые реализовал идею Климата Чурюмова о создании мобильных астрономических обсерваторий (МАО) служб НАКМ. Ведь Неводовский П.В. зафиксировал вторжение по ходу поездки в автомобиле. Он дважды останавливался и, подобрав места съёмки, удачно создал свой небольшой, но очень важный сериал. Активно начали использовать фотокамеры с автоматическим дискретом съёмки от трёх и до тридцати секунд, Слипченко А.С. и Романок Я.О. К работе подключилась ученица Чурюмова К.И., его бывшая аспирантка Чубко Л.С. Поэтому, на октябрь 2016 г., к моменту смерти нашего руководителя, только во второй части баз данных было уже более десяти тысяч снимков. А весь архив содержит ныне более 50000 снимков.

Мы отметили одну яркую и особую статистическую закономерность: если наблюдения в 2013, 2014 и в 2015 гг. давали нам непрерывный рост числа зарегистрированных сумеречных и дневных следов аэрокосмических и иных вторжений, то в 2016 г. был достаточно большой спад. И только в январе 2017 г. в отчетах НАСА была однозначно подтверждена именно эта странная закономерность. Пока, по нашим данным, спад в 2017 г. продолжается, а ведь уже близок апрель, и совсем скоро будут Лириды...

### **Планы создания специализированных астрокосмических центров и формирование астрономического «спецназа» Чурюмова**

В последних прижизненных статьях, в выступлениях Климата Ивановича Чурюмова и его соавторов были поставлены задачи по переходу к автоматизированным системам и средствам фото-видео-регистрации сумеречных и дневных следов ВВОВ. Был намечен большой объём работ по переходу от традиционной «Единой сети Чурюмова» к сети особых специализированных астро-космических

центров, которые бы не только возрождали, но и укрепляли статус Украины как космической Державы. Структуры, функции и логику работы астро-космических центров активно разрабатывали Чурюмов К.И., Кручиненко В.Г., Видьмаченко А.П., Стеклов А.Ф. и ещё ряд наших сотрудников и соавторов.

Но об этом мы поговорим особо. А вот астрономический спецназ должен постоянно и надёжно укреплять и обеспечивать защиту народа и государства от всех видов опасных вторжений в небо над нами. Особенно это важно именно в эпоху гибридных войн.

### **Список литературы**

1. Berezhnoi A.A., Shevchenko V.V., Klumov B.A., Fortov V.E. Collision of a comet with Jupiter: Determination of fragment penetration depths the molecular spectra // *Pis'ma Zh. Eksp. Teor. Fiz.* 1996. Vol. 63, No. 6, p. 387- 391.

2. Brown P., Spalding R.E., ReVelle D.O. et al. The flux of small near-Earth objects colliding with the Earth // *Nature.* 2002. No. 420, p. 314-316.

3. Churyumov K.I., Guliev A.S., Kruchynenko V.G., Churyumova T. K. Comet - Asteroid Hazard: reality and fiction. Kiev-Baku, Azerbaijan. 2012. Azerbaijan Academy of Sciences. P. 175.

4. Churyumov K.I., Kruchynenko V.G., Churyumova T.K. Problem of comet-asteroid threat to humanity: reality and myths - 2 // *Physics and astronomy in the modern school.* 2012. No. 2, p. 20-26.

5. Churyumov K.I., Kruchynenko V.G., Churyumova T.K. Problem of comet-asteroid threat to humanity: reality and myths - 3 // *Physics and astronomy in the modern school.* 2012. No. 3, p. 17-25.

6. Churyumov K.I., Kruchynenko V.G., Churyumova T.K. Problem of comet-asteroid threat to humanity: reality and myths - 1 // *Physics and astronomy in the modern school.* 2012. No. 1, p. 16-24.

7. Churyumov K.I., Kruchynenko V.G., Churyumova T.K. Problem of comet-asteroid threat to humanity: reality and myths - 4 // *Physics and astronomy in the modern school.* 2012. No. 4, p. 15-23.

8. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. 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*, May, 20–22, 2015. The program and abstracts. Kyiv – Zhytomyr, Ukraine. P. 84-85.



9. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. Observations of fragment of cometary nuclei in the atmosphere over Kiev // Astronomical School's Report. 2015. Vol. 11, no. 2, p. 99-102.

10. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. Observations of twilight fireballs over Kiev in 2013-2015 // 5 Interregional Scientific Conference, Astronomy and present. April 12 2016. Institute of Mathematics, Physics and Technology Education, Vinnitsa, Ukraine. P. 2.

11. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. 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.

12. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. 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.

13. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. Observations of twilight fireballs over Kiev in 2013-2015 // 5 Interregional Scientific and Practical Conference "Astronomy and present." 12 April 2016. Institute of Mathematics, Physics and Technology Education, Vinnitsa, Ukraine, p. 2.

14. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. 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.

15. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev N.G., Steklov E.A. Traces on sky. Unexpected results of regular observations // 16-th Gamow Summer School "Astronomy and beyond: Astrophysics, Cosmology and Gravitation, Cosmomicrophysics, Radio-astronomy and Astrobiology". Odessa, Ukraine. Agenda. 17 August 2016. Section session Solar system. Poster presentation 4. P. 16.

16. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev N.G., Steklov E.A. «Churyumov Unified Network»: new tasks for astronomical observatories to protect society in the era of modern hybrid wars // 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.

17. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev N.G., Steklov E.A. 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.

18. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Dashkiev G.N. 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 – M.: Yanus-K, 2015, –324 p. P. 156-159.

19. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. 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.

20. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A., Dashkiev G.N. 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. 2015. 128 p. P. 22.

21. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Activity of aviation at falling of bolides at 2014 // Materials of the International Scientific Conference "Astronomy and Space Physics at the Kyiv University ", which was held as part of VIII Ukrainian Science Festival 27 - 30 May 2014. Kyiv, Ukraine. P. 86-87.

22. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Activity Aviation in the fall of fireballs in 2014 // 16 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, May, 29–31, 2014. The program and abstracts. Kirovohrad, Ukraine. P. 77.

23. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Some of the results of regular observations of twilight bolides // Memorial International Conference dedicated to 100th anniversary of birth of Oleg Vasylyovych Dobrovolsky and 110th anniversary of death of Fedor

Oleksandrovich Bredikhin – the famous explorers of comets and meteor matter of the Solar system. Programme. Vinnytsia. September 29 – October 2, 2014. P. 8.

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

25. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Traces in the sky: Classification and unexpected results of regular observations // 16 International scientific conference *Astronomical School of Young Scientists*, May, 29–31, 2014. The program and abstracts. Kirovohrad, Ukraine. P. 75-76.

26. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Traces in the sky: Classification and unexpected results of regular observations // *Materials of the International Scientific Conference "Astronomy and Space Physics at the Kyiv University"*, which was held as part of VIII Ukrainian Science Festival 27 - 30 May 2014. Kyiv, Ukraine. P. 86.

27. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F. 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. 2015. 128 p. P. 30-31.

28. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepahno I.V. "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 // 5 Interregional Scientific and Practical Conference "*Astronomy and present*." 12 April 2016. Institute of Mathematics, Physics and Technology Education, Vinnitsa, Ukraine. P. 2-3.

29. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepahno I.V. "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" 2016. 241 p. P. 37-43.

30. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepahno I.V. 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.

31. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Steklov E.A. On possible search of cometary material on the Earth surface // «Near - Earth Astronomy – 2015». Proceedings of the International conference. 31 August – 5 September 2015 г. Terskol – M.: Yanus-K, 2015, – 324 p. P. 153-155.

32. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Steklov E.A. 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.

33. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N., Beskin G.M. Monitoring of twilight bolides in the sky // International Conference “Astronomy and Space Physics in Kyiv University”. May 24-27 2016. Book of abstracts. Kyiv, Ukraine. P. 90-91.

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

35. Kruchynenko V.G. The collision of the comet Shoemaker-Levy 9 with Jupiter // Astron. and Astrophys. Transactions. 1997. Vol. 13, p. 191-197.

36. Kruchynenko V.G. The Explosion in the Jupiter Atmosphere // Proc. of European SL/Jupiter Workshop / Eds.: by R. West and H. Bohnhard. 1995. P. 287- 292.

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

38. Spurny P., Porubčan V. The EN171101 – the deepest ever photographed fireball // Proc. of Asteroids, Comets, Meteors (ACM 2002). 29 July – 2 August 2002. Technical University Berlin. Germany (ESA – 500). P. 269-272.

39. Vid'Machenko A.P. Settling of dust in Jupiter's atmosphere after the impact of fragments of comet Shoemaker-Levy 9 // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. 1995. Vol. 11, no. 4, p. 14 - 16.

40. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. The study of cometary material on the surface of the Earth // *Astronomical School's Report*. 2013. Vol. 9, no 2, p. 146-148.
41. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. The study of cometary material on the surface of the Earth // 15 International scientific conference *Astronomical School of Young Scientists*, May 15–17 2013. The program and abstracts. Bila Tserkva, Ukraine. P. 9-10.
42. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. The study of cometary material on the surface of the Earth // *Astronomical School's Report*. 2013. Vol. 9, no 2, p. 146-148.
43. Григорян С.С. О движении и разрушении метеоритов в атмосферах планет // *Космические исследования*. – 1979. – Т. 17, № 6. – С. 875-893.
44. Дариус Дж. Недоступное глазу. – М.: Мир, 1986. – 249 с.
45. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений – М.: Наука, 1966. – 688 с.
46. Компанец А.С. Точечный взрыв в неоднородной атмосфере // *ДАН СССР*. – 1960. – Т. 130, № 5. С. 1001-1003.
47. Кручиненко В.Г. Анализ изменения физических характеристик метеорито-образующего тела Стерлитамак вдоль пути // *Астрономический вестник*. – 1993. – Т. 27, № 6. – С. 87-94.
48. Кручиненко В.Г. Определение физических характеристик метеорито-образующего тела Стерлитамак // *Астрономический вестник*. – 1992. – Т. 26, № 4. – С. 104-112.
49. Кручиненко В.Г. Приток космических тел на Землю в широком интервале масс // *Кинематика и физика небесных тел*. – 2002. – Т. 18, № 2. – С. 114-127.
50. Фесенков В.Г. О воздушной волне, произведенной падением Тунгусского метеорита 1908 г. // *Метеоритика*. – 1959. – Вып. 17. – С. 3-7.
51. Фесенков В.Г. О кометной природе Тунгусского метеорита // *Астрономический журнал*. – 1961. – Т. 38, № 4. – С. 577-592.
52. Чурюмов К.И., Видьмаченко А.П., Стеклов А.Ф., Кручиненко В.Г., Стеклов Е.А. Явление трех ярких болидов над Киевом 29 марта 2013 года? // *Azerbaijani astronomical journal*. – 2013. – V. 3, No 3. – P. 85-86.

Представлены основные этапы становления «Единой сети Чурюмова» для наблюдений вторжений опасных фрагментов в небе над нами.

**Ключевые слова:** болиды, вторжения, сеть регистрации, базы данных.

ЄДИНА МЕРЕЖА ЧУРЬУМОВА. ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ,  
СТРУКТУРИ ТА ФУНКЦІЇ

<sup>1</sup>Кручиненко Віталій, <sup>2,3</sup>Відьмаченко Анатолій, <sup>2,4</sup>Стеклов Олексій, <sup>4</sup>Дашкієв Григорій, <sup>5</sup>Чубко Лариса,  
<sup>3,4</sup>Степахно Ірина, <sup>4</sup>Стеклов Єгор, <sup>2</sup>Неводовский Петро,  
<sup>2</sup>Романюк Ярослав, <sup>6</sup>Бескін Григорій

<sup>1</sup>АО КНУ ім. Т. Шевченко, <sup>2</sup>ГАО НАНУ, <sup>3</sup>НУБіП, <sup>4</sup>МАУП, <sup>5</sup>НАУ,  
<sup>6</sup>САО РАН

Представлено основні етапи становлення «Єдиної мережі Чурюмова» для спостережень вторгнень небезпечних фрагментів у небо над нами.

**Ключові слова:** боліди, вторгнення, мережа реєстрації, бази даних.

UNIFIED CHURYUMOV NETWORK. HISTORY OF  
APPEARANCE, STRUCTURE AND FUNCTION

<sup>1</sup>Kruchynenko Vitaliy, <sup>2,3</sup>Vidmachenko Anatoliy, <sup>2,4</sup>Steklov Alexei,  
<sup>4</sup>Dashkiev Grigiriy, <sup>5</sup>Chubko Larisa,  
<sup>3,4</sup>Stepakhno Iryna, <sup>4</sup>Steklov Egor, <sup>2</sup>Nevodovskyi Petro, <sup>2</sup>Romaniuk  
Yaroslav, <sup>6</sup>Beskin Grigiriy

<sup>1</sup>AO KNU T. Shevchenko, <sup>2</sup>MAO of NASU, <sup>3</sup>NULESU, <sup>4</sup>IAPM, <sup>5</sup>NAU,  
<sup>6</sup>SAO RAS

The main stages of the formation of the "Unified Churyumov Network" for observations of invasions of dangerous fragments in the sky above us are presented

**Keywords:** fireballs, intrusions, registration network, databases.

СТАНДАРТЫ ЧУРЬУМОВА – КРУЧИНЕНКО В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
СЛУЖБ НАЗЕМНОГО АЭРОКОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

**Віталій Кручиненко, Алєксєй Стеклов,  
Анатолій Відьмаченко, Григорій Дашкієв,  
Лариса Чубко, Ірина Степахно, Єгор Стеклов**

**Введение.** На сегодня орбитальные методы аэрокосмического мониторинга позволяют достаточно надёжно регистрировать

вспышки и следы вторжений только от ярких болидов и метеоров. А вот вторжения мелких и средних фрагментов ядер комет, астероидов и метеороидов остаются практически вне внимания служб орбитальной регистрации. Этот пробел и призваны устранить создаваемые нами астрокосмические центры служб наземного аэрокосмического мониторинга (АКЦ служб НАКМ). Именно они будут «кровно» заинтересованы постоянно, непрерывно, надёжно, точно и достоверно отслеживать факты, вспышки, следы и последствия всех видов опасных вторжений (ВВОВ) и днём, и в сумерки, и ночью в небе над своей головой, в своём регионе, в своих зонах ответственности. АКЦ служб НАКМ данного региона будут накапливать, хранить и обрабатывать все материалы баз данных по аэрокосмическим, аэротехническим и суборбитальным вторжениям в зоне своей ответственности и обмениваться такими же данными со всеми подобными центрами других регионов Украины и за её пределами. При этом, все мы отлично понимаем, что наземные силы и средства регистрации сильно ограничиваются влиянием плохой погоды, низкой облачности, характеристиками самих наземных фоторегистраторов, а также факторами обычного везения и волевыми качествами фотоохотников, наличием у них заранее и удачно подобранных мест, точек и зон для мониторинговых съёмок. В данной работе авторы разъясняют суть особых стандартов по контролю процесса и итогов ежемесячной регистрации следов ВВОВ в зоне ответственности каждого конкретного астрокосмического центра.

### **1. Глобальная статистика.**

Глобальные среднестатистические итоги космических вторжений в атмосферу планеты Земля таковы: всего от пяти до пятидесяти тонн метеоритов падает на поверхность Земли в сутки. А ежесуточно в атмосфере рассеивается от ста до тысячи тонн вещества, которое поступает к нам из космоса как пылевые, мелкодисперсные частицы от фрагментов ядер комет, астероидов, метеороидов. Именно второй набор чисел (100-1000 тонн в сутки) делает крайне важным и необходимым создание сумеречных и дневных патрульных служб. Ведь в сумерки достаточно легко регистрируются вторжения даже очень малых тел. Региональные АКЦ служб НАКМ не только решат эту проблему, но и станут украшением для всех областных и районных центров Украины, явно улучшат культурную, научную и духовную «ауру» в этих наших городах.

## **Стандарты Чурюмова-Кручиненко.**

Одним из важнейших достижений в работе «Единой сети Чурюмова» по регистрации ВВОВ в небе над Киевом и областью, которую четыре года вели более десятка фотоохотников во главе с Климом Ивановичем Чурюмовым, стало введение конкретных стандартов по итогам наблюдений и фоторегистрации.

Этих стандартов всем нам желательно придерживаться в будущем:

2.1. Регистрировать надо в среднем не менее 10 следов сумеречных и дневных вторжений в месяц в зоне ответственной регистрации радиусом 100 - 200 километров вокруг нашего конкретного города, в котором создан свой АКЦ служб НАКМ.

2.2. Следует постоянно делать по 100 и более фотоснимков для изучения динамики следов по каждому конкретному вторжению.

2.3. В базы данных каждого АКЦ служб НАКМ ежемесячно должно поступать не менее 1000 фотографий следов конкретных вторжений.

2.4. Даже при полной, сплошной облачности нельзя терять бдительность. Возможны мощные вторжения сквозь облака. Такие вторжения зафиксированы в сумерки над Бухарестом, а в Киеве следы вторжений сквозь облака сфотографированы К.И. Чурюмовым и А.Ф. Стекловым.

2.5. Полностью чистое, голубое и безоблачное небо – это самый подозрительный объект наблюдений. Вторжения более чем возможны, они неизбежны.

2.5. Наблюдения вторжений в разрывах между облаками очень эффективны, особенно в сумерки. В любом окне чистого неба нам следует ждать следов вторжений. Вторжения реальны и неизбежны.

2.6. При отсутствии следов вторжений надо фотографировать все подозрительные облачные, «квазиоблачные» или непонятные образования в атмосфере над зоной ответственности наших конкретных АКЦ служб НАКМ.

Эти стандарты выработаны и проверены опытными наблюдателями. Все мы их должны придерживаться, особенно в условиях гибридных войн. В этом залог успехов в нашей фотоохоте на следы ВВОВ. Только это поможет нам обеспечить контроль за безопасностью в зоне ответственности конкретных АКЦ служб НАКМ наших городов.



## Список литературы

1. Churyumov K.I., Guliev A.S., Kruchynenko V.G., Churyumova T. K. Comet - Asteroid Hazard: reality and fiction. Kiev-Baku, Azerbaijan. 2012. Azerbaijan Academy of Sciences. P. 175.

2. Churyumov K.I., Kruchynenko V.G., Churyumova T.K. Problem of comet-asteroid threat to humanity: reality and myths - 2 // Physics and astronomy in the modern school. 2012. No. 2, p. 20-26.

3. Churyumov K.I., Kruchynenko V.G., Churyumova T.K. Problem of comet-asteroid threat to humanity: reality and myths - 3 // Physics and astronomy in the modern school. 2012. No. 3, p. 17-25.

4. Churyumov K.I., Kruchynenko V.G., Churyumova T.K. Problem of comet-asteroid threat to humanity: reality and myths - 1 // Physics and astronomy in the modern school. 2012. No. 1, p. 16-24.

5. Churyumov K.I., Kruchynenko V.G., Churyumova T.K. Problem of comet-asteroid threat to humanity: reality and myths - 4 // Physics and astronomy in the modern school. 2012. No. 4, p. 15-23.

6. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. 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, May, 20–22, 2015. The program and abstracts. Kyiv – Zhytomyr, Ukraine. P. 84-85.

7. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. Observations of twilight fireballs over Kiev in 2013-2015 // 5 Interregional Scientific Conference, Astronomy and present. April 12 2016. Institute of Mathematics, Physics and Technology Education, Vinnitsa, Ukraine. P. 2.

8. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. 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.

9. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. 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.

10. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev N.G., Steklov E.A. 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.

11. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Dashkiev G.N. 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 – M.: Yanus-K, 2015, –324 p. P. 156-159.

12. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. 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.

13. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Activity of aviation at falling of bolides at 2014 // Materials of the International Scientific Conference "Astronomy and Space Physics at the Kyiv University ", which was held as part of VIII Ukrainian Science Festival 27 - 30 May 2014. Kyiv, Ukraine. P. 86-87.

14. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Some of the results of regular observations of twilight bolides // Memorial International Conference dedicated to 100th anniversary of birth of Oleg Vasylyovych Dobrovolsky and 110th anniversary of death of Fedor Oleksandrovich Bredikhin – the famous explorers of comets and meteor matter of the Solar system. Programme. Vinnytsia. September 29 – October 2, 2014. P. 8.

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

16. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepahno I.V. “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 // 5 Interregional Scientific and Practical Conference "Astronomy and present." 12 April 2016. Institute of Mathematics, Physics and Technology Education, Vinnitsa, Ukraine. P. 2-3.

17. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepahno I.V. "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. Mozhovi. - Vinnytsia: FOP "NP Kostiuk" 2016. 241 p. P. 37-43.

18. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepahno I.V. 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.

19. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Steklov E.A. 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.

20. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N., Beskin G.M. Monitoring of twilight bolides in the sky // International Conference "Astronomy and Space Physics in Kyiv University". May 24-27 2016. Book of abstracts. Kyiv, Ukraine. P. 90-91.

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

22. Kruchynenko V.G. The collision of the comet Shoemaker-Levy 9 with Jupiter // Astron. and Astrophys. Transactions. 1997. Vol. 13, p. 191-197.

23. Kruchynenko V.G. The Explosion in the Jupiter Atmosphere // Proc. of European SL/Jupiter Workshop / Eds.: by R. West and H. Bohnhard. 1995. P. 287- 292.

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

25. Vid'Machenko A.P. Settling of dust in Jupiter's atmosphere after the impact of fragments of comet Shoemaker-Levy 9 // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. 1995. Vol. 11, no. 4, p. 14 - 16.

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

27. Кручиненко В.Г. Анализ изменения физических характеристик метеорито-образующего тела Стерлитамак вдоль пути // *Астрономический вестник*. – 1993. – Т. 27, № 6. – С. 87-94.

28. Кручиненко В.Г. Определение физических характеристик метеорито-образующего тела Стерлитамак // *Астрономический вестник*. – 1992. – Т. 26, № 4. – С. 104-112.

29. Кручиненко В.Г. Приток космических тел на Землю в широком интервале масс // *Кинематика и физика небесных тел*. – 2002. – Т. 18, № 2. – С. 114-127.

30. Чурюмов К.И., Видьмаченко А.П., Стеклов А.Ф., Кручиненко В.Г., Стеклов Е.А. Явление трех ярких болидов над Киевом 29 марта 2013 года? // *Azerbaijani astronomical journal*. – 2013. – V. 3, No 3. – P. 85-86.

Представлены стандартные требования к организации и проведению наблюдений сумеречных и дневных следов аэрокосмических вторжений в небо над нашими городами и странами.

**Ключевые слова:** болиды, вторжения, вспышки, следы, стандарты, сумеречные наблюдения, регистрация.

#### СТАНДАРТИ ЧУРЮМОВА–КРУЧИНЕНКА В ДІЯЛЬНОСТІ СЛУЖБ НАЗЕМНОГО АЕРОКОСМІЧНОГО МОНІТОРІНГА

<sup>1</sup>Кручиненко Віталій, <sup>2,3</sup>Відьмаченко Анатолій, <sup>2,4</sup>Стеклов Олексій, <sup>4</sup>Дашкієв Григорій, <sup>5</sup>Чубко Лариса, <sup>3,4</sup>Степахно Ірина, <sup>4</sup>Стеклов Єгор, <sup>2</sup>Неводовский Петро, <sup>2</sup>Романюк Ярослав, <sup>6</sup>Бескін Григорій

<sup>1</sup>АО КНУ ім. Т. Шевченко, <sup>2</sup>ГАО НАНУ, <sup>3</sup>НУБіП, <sup>4</sup>МАУП, <sup>5</sup>НАУ, <sup>6</sup>САО РАН

Представлено стандартні вимоги до організації та проведення спостережень сутінкових та денних слідів аэрокосмічних вторгнень в небо над нашими містами та державами.

**Ключові слова:** боліди, вторгнення, спалахи, сліди, стандарти, сутінкові спостереження, реєстрація.

#### CHURYUMOV-KRUCHINENKO'S STANDARDS IN THE ACTIVITIES OF GROUND-BASED AEROSPACE MONITORING SERVICES

<sup>1</sup>Kruchynenko Vitaliy, <sup>2,3</sup>Vidmachenko Anatoliy, <sup>2,4</sup>Steklov Alexei, <sup>4</sup>Dashkiev Grigiriy, <sup>5</sup>Chubko Larisa, <sup>3,4</sup>Stepakhno Iryna, <sup>4</sup>Steklov Egor, <sup>2</sup>Nevodovskiy Petro, <sup>2</sup>Romaniuk Yaroslav, <sup>6</sup>Beskin Grigiriy

<sup>1</sup>AO KNU T. Shevchenko, <sup>2</sup>MAO of NASU, <sup>3</sup>NULESU, <sup>4</sup>IAPM, <sup>5</sup>NAU, <sup>6</sup>SAO RAS

Standard requirements for organizing and carry out of observations of twilight and daytime traces of aerospace invasions into the sky over our cities and countries are presented.

**Keywords:** fireballs, invasions, flashes, traces, standards, twilight observations, registration.

## ПЛАНЕТАРНАЯ ЗАЩИТА И ВНЕЗЕМНЫЕ РЕСУРСЫ КАК ДВЕ ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ КЛИМА ЧУРЮМОВА

**Виталий Кручиненко, Алексеев Стеклов,  
Анатолий Видьмаченко, Григорий Дашкиев,  
Лариса Чубко, Ирина Степахно, Егор Стеклов**

**Введение.** Американское космическое агентство НАСА уже несколько лет считает своей приоритетной задачей именно планетарную защиту. Внимательное изучение поверхности Земли позволило нам увидеть сотни ударных кратеров, которые принято называть импактными структурами. Это и впечатляет, но и настораживает. Также был развернут поиск так называемых импактных алмазов. И они были найдены! Правда они существенно дешевле кимберлитовых, но обрабатывающая промышленность всех больших держав современного мира в них очень нуждается. Весной-летом 2013 года бывший, а ныне сбежавший от революции, президент Украины В. Янукович заявил (об этом и сейчас можно прочитать в интернете...), что в Украине на шельфе Чёрного моря найдены значительные запасы именно импактных алмазов. Некоторые астрономы-любители (Кунгина Л.Н., частное сообщение, Киев 2012 г.) активно собирали «якобы метеориты» в прибрежной полосе у посёлка Кача около Севастополя. Ну и приторговывали этими обработанными морем космическими камнями. Возникает вопрос - так есть там импактные алмазы, или их нет? А нефть и газ? Платформы ведь уже были закуплены... Российская Федерация, кстати, заявила о существенном увеличении своих потенциальных запасов алмазов именно за счёт импактной компоненты «попигайского» ударного

месторождения. Может быть и с Крымом из-за этого тоже возникли противоречия?

Да, на нашей планете Земля идёт постоянная борьба за важные и полезные земные ресурсы. Вот почему Клим Иванович Чурюмов своей особой темой и заботой считал именно проблемы разработки и саму доступность внеземных ресурсов из ядер комет и из недр астероидов. Причём заметьте, что и добыча внеземных ресурсов и сама проблема планетарной защиты человечества (да и всех биоресурсов Земли), однозначно связаны, ибо опираются на одни и те же, подобные разработки космических средств и систем. Обсудим конкретные аргументы.

### **1. Планетарная защита.**

Сначала надо было проверить интенсивность космических вторжений в небе над любым локальным регионом планеты Земля. Мы выбрали наш Киев, в эпоху революций, АТО и гибридной войны, т.е. в период 2013 – 2017 годов. Так можно ли нам спать-дремать спокойно, изучая великие загадки тёмной материи и тёмной энергии где-то далеко, в миллиардах световых лет от нашего «космического дома»? Ведь здесь мы уже регулярно стряхиваем космическую пыль не только со своих шкафов, но и, увы, даже со строгих академических костюмов.

Именно для этого, после Челябинского явления, в Киеве была создана калибровочная наблюдательная «Единая сеть Чурюмова». Следы вторжений в небе над Киевом и областью регистрировались преимущественно в сумерки и, реже, днём. Так как в сумерки видны вторжения даже самых мелких фрагментов кометных ядер, астероидов, метеороидов. Оказалось, что десять вторжений в месяц – это наш «минимум-минимум», а в отдельные месяцы речь идёт о сотнях фрагментарных «космических инъекций и инклюзий». В итоге, нами созданы две базы данных, с общим объёмом более пятидесяти тысяч фотоснимков. Да за этим делом каждый уважающий себя и свою безопасность город должен следить постоянно. Поэтому Клим Чурюмов и его тематический творческий коллектив предложили создавать астрокосмические центры возле областных и районных центров. Это полезно, да и с точки зрения сопутствующих бизнес-программ – просто выгодно. Но ведь это ещё не защита и, тем более, не планетарная защита...

Далее, мы в тематической группе Чурюмова, опираясь на опыт и на результаты космической миссии «Розетты-Филы», которая стояла

европейцам более двух миллиардов евро, решили, что гораздо дешевле, проще и быстрее можно отловить частицы веществ из следов фрагментов опасных комет, астероидов, метеороидов, болидов разрушающих (ФОКАМБР). Но для этого необходимо разработать гелевые или иные ловушки, накопители пылевых мелкодисперсных частиц, которые можно было бы разместить под крыльями самолётов. Это всё вполне могла бы осуществить специализированная астрономическая авиация особого назначения (СААОН). Об этих планах творческой группы Клима Ивановича Чурюмова мы уже писали в наших публикациях неоднократно.

Интересно отметить, что в США ведь уже использовали самолёты F/A-18 и суборбитальные ракеты Black Brant для поиска так называемых вулканоидов, т.е. астероидов из особой подгруппы входящей в группы «Атиры» и «Атона». Это говорит о том, что использование авиации в астрономических исследованиях вполне перспективно. Задача же поставленная перед нами Чурюмовым Климом Ивановичем была простая, но фундаментальная: проверить теорию панспермии и обнаружить космические вирусы в следах вторжений фрагментов ядер комет. Или же доказать отсутствие таких космических вирусов. Этот вопрос нам действительно надо бы прояснить срочно, т.к. вторжений мелких космических фрагментов не просто много, а их очень и очень много....

Вот почему калибровочная наблюдательная «Единая сеть Чурюмова» должна быть срочно перестроена и модернизирована в логично и адекватно развёрнутую систему астрокосмических центров. Сама же планетарная защита должна оперировать особыми «сферами перехвата» опасных комет и астероидов – в районах, дистанцированных от Земли: возле Марса, Венеры и Меркурия. Методики перехвата этих опасных объектов на прямых и возвратных ветвях орбит вторжений, с точки зрения небесной механики, существенно различные, и требуют наличия особых ракетно-ядерных баз: долговременных орбитальных станций (ДОС). А так как эти станции на вахте-дежурстве будут многие годы, то это должны быть классические долговременные роторные, вращающиеся, тороидальные орбитальные станции, на которых вполне можно создать эффект искусственной гравитации, как об этом писал Циолковский. Перехваты же в сфере Луны вокруг Земли – это уже «космическая оборона» нашей планетарной защиты на наших последних рубежах.

Эти проблемы пора разрабатывать всем космическим державам по ходу формирования протокосмических цивилизаций на планете Земля. Ведь если будет даже только один «полноценный» удар астероидом или ядром кометы, то большинство живых существ биосферы вымрут полностью.

## **2. Разведка, добыча и использование внеземных ресурсов.**

На нашей планете Земля страны, народы, Державы ведут ожесточённую борьбу за ресурсы, манипулируя сознанием масс. Да, на Луне, на Меркурии и Марсе очень много внеземных ресурсов. Но ведь там, за космическим «морем», «телушка стоит полушку, но пять золотых стоит перевоз»... Вот почему Клим Иванович Чурюмов много раз в своих интервью во многих странах мира настойчиво и упорно разъяснял, что для нашей планеты есть только один надёжный источник внеземных ресурсов – это недра астероидов и ядер комет. Да еще небольшие по размерам спутники планет, с тем, чтобы старт с них наших «ракетно-космических контейнеровозов» стоил недорого и материал бы был доступным. Ведь это очевидно.

Клим Иванович нам даже говорил полусутя:

– Наш космический Бог оставил нам сотни тысяч небольших астероидов и триллионы ядер комет, чтобы мы могли нормально добывать внеземные ресурсы без особых затрат на стартовое преодоление сил тяготения. А вся миссия «Розетты-Филы» к ядру кометы Чурюмова-Герасименко как раз и была первым шагом в этом направлении. А мы, его друзья, коллеги и соавторы, помнится, шутили над ним, даже в стихах:

«Давай же Клим взорвём ядро кометы,  
Чтобы куски по-новому собрать.  
Ведь только чудачки через приметы  
Заставят малOVERов здесь дрожать.

Комета же Чурюмова - Герасименко  
По красоте ядра Галлея превзошла...  
Ведь дела суть была вся в миссии «Розетты».  
Такие были наши Европейские дела.

Взорвём же перемычку мы твоей кометы,  
Чтоб их вдруг сразу стало две....



Для радости Герасименко Светы...  
В её астрономической Судьбе».

**Выводы.** Да, нам очень не хватает Клим Чурюмова. Он был частью нашей жизни и судьбы. Он стимулировал научные поиски, зажигал и вёл нас за собой. Нам надо продолжать тематику его научных работ и совершенствовать творческую жизнедеятельность уже созданных и запланированных структур.

### **Список литературы**

1. Churyumov K.I., Guliev A.S., Kruchynenko V.G., Churyumova T. K. Comet - Asteroid Hazard: reality and fiction. Kiev-Baku, Azerbaijan. 2012. Azerbaijan Academy of Sciences. P. 175.
2. Churyumov K.I., Kruchynenko V.G., Churyumova T.K. Problem of comet-asteroid threat to humanity: reality and myths - 2 // Physics and astronomy in the modern school. 2012. No. 2, p. 20-26.
3. Churyumov K.I., Kruchynenko V.G., Churyumova T.K. Problem of comet-asteroid threat to humanity: reality and myths - 3 // Physics and astronomy in the modern school. 2012. No. 3, p. 17-25.
4. Churyumov K.I., Kruchynenko V.G., Churyumova T.K. Problem of comet-asteroid threat to humanity: reality and myths - 1 // Physics and astronomy in the modern school. 2012. No. 1, p. 16-24.
5. Churyumov K.I., Kruchynenko V.G., Churyumova T.K. Problem of comet-asteroid threat to humanity: reality and myths - 4 // Physics and astronomy in the modern school. 2012. No. 4, p. 15-23.
6. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. 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, May, 20–22, 2015. The program and abstracts. Kyiv – Zhytomyr, Ukraine. P. 84-85.
7. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. Observations of twilight fireballs over Kiev in 2013-2015 // 5 Interregional Scientific Conference, Astronomy and present. April 12 2016. Institute of Mathematics, Physics and Technology Education, Vinnitsa, Ukraine. P. 2.
8. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. 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.

9. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. 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.

10. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev N.G., Steklov E.A. 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.

11. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Dashkiev G.N. 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.

12. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. 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.

13. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Activity of aviation at falling of bolides at 2014 // Materials of the International Scientific Conference "Astronomy and Space Physics at the Kyiv University ", which was held as part of VIII Ukrainian Science Festival 27 - 30 May 2014. Kyiv, Ukraine. P. 86-87.

14. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Some of the results of regular observations of twilight bolides // Memorial International Conference dedicated to 100th anniversary of birth of Oleg Vasylyovych Dobrovolsky and 110th anniversary of death of Fedor Oleksandrovich Bredikhin – the famous explorers of comets and meteor matter of the Solar system. Programme. Vinnytsia. September 29 – October 2, 2014. P. 8.

15. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Traces on sky: the classification and the results of regular observations

of twilight fireballs // Astronomical School's Report. 2014. Vol. 10, no. 1, p. 37-42.

16. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepahno I.V. "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 // 5 Interregional Scientific and Practical Conference "Astronomy and present." 12 April 2016. Institute of Mathematics, Physics and Technology Education, Vinnitsa, Ukraine. P. 2-3.

17. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepahno I.V. "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" 2016. 241 p. P. 37-43.

18. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepahno I.V. 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.

19. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Steklov E.A. 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.

20. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N., Beskin G.M. Monitoring of twilight bolides in the sky // International Conference "Astronomy and Space Physics in Kyiv University". May 24-27 2016. Book of abstracts. Kyiv, Ukraine. P. 90-91.

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

22. Kruchynenko V.G. The collision of the comet Shoemaker-Levy 9 with Jupiter // Astron. and Astrophys. Transactions. 1997. Vol. 13, p. 191-197.

23. Kruchynenko V.G. The Explosion in the Jupiter Atmosphere // Proc. of European SL/Jupiter Workshop / Eds.: by R. West and H. Bohnhard. 1995. P. 287- 292.

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

25. Vid'Machenko A.P. Settling of dust in Jupiter's atmosphere after the impact of fragments of comet Shoemaker-Levy 9 // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. 1995. Vol. 11, no. 4, p. 14 - 16.

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

27. Кручиненко В.Г. Анализ изменения физических характеристик метеорито-образующего тела Стерлитамак вдоль пути // *Астрономический вестник*. – 1993. – Т. 27, № 6. – С. 87-94.

28. Кручиненко В.Г. Определение физических характеристик метеорито-образующего тела Стерлитамак // *Астрономический вестник*. – 1992. – Т. 26, № 4. – С. 104-112.

29. Кручиненко В.Г. Приток космических тел на Землю в широком интервале масс // *Кинематика и физика небесных тел*. – 2002. – Т. 18, № 2. – С. 114-127.

30. Чурюмов К.И., Видьмаченко А.П., Стеклов А.Ф., Кручиненко В.Г., Стеклов Е.А. Явление трех ярких болидов над Киевом 29 марта 2013 года? // *Azerbaijani astronomical journal*. – 2013. – V. 3, No 3. – P. 85-86.

Представлены взгляды и подходы К.И. Чурюмова к проблемам планетарной защиты и использованию внеземных ресурсов.

**Ключевые слова:** астероиды, кометы, планетарная защита, внеземные ресурсы.

#### ПЛАНЕТАРНИЙ ЗАХИСТ І ПОЗАЗЕМНІ РЕСУРСИ ЯК ДВІ ОСНОВНІ ЦІЛІ КЛИМА ЧУРЮМОВА

<sup>1</sup>Кручиненко Віталій, <sup>2,3</sup>Відьмаченко Анатолій, <sup>2,4</sup>Стеклов Олексій, <sup>4</sup>Дашків Григорій, <sup>5</sup>Чубко Лариса, <sup>3,4</sup>Степахно Ірина, <sup>4</sup>Стеклов Єгор

<sup>1</sup>АО КНУ ім. Т. Шевченка, <sup>2</sup>ГАО НАНУ, <sup>3</sup>НУБІП, <sup>4</sup>МАУП, <sup>5</sup>НАУ

Представлено погляди та підходи К.І. Чурюмова до проблем планетарного захисту та використанню позаземних ресурсів.

**Ключові слова:** астероїди, комети, планетарний захист, позаземні ресурси.

PLANETARY PROTECTION AND EXTRATERRESTRIAL RESOURCES AS TWO MAIN GOALS OF KLIM CHURYUMOV

<sup>1</sup>Kruchynenko Vitaliy, <sup>2,3</sup>Vidmachenko Anatoliy, <sup>2,4</sup>Steklov Alexei, <sup>4</sup>Dashkiev Grigiriy, <sup>5</sup>Chubko Larisa, <sup>3,4</sup>Stepakhno Iryna, <sup>4</sup>Steklov Egor  
<sup>1</sup>AO KNU T. Shevchenko, <sup>2</sup>MAO of NASU, <sup>3</sup>NULESU, <sup>4</sup>IAPM, <sup>5</sup>NAU

The paper presents the views and approaches of K.I. Churyumov to the problems of planetary protection and to the use of extraterrestrial resources.

**Keywords:** asteroids, comets, planetary protection, extraterrestrial resources.

ПЛАНЕТАРНАЯ ЗАЩИТА, БИОРЕСУРСЫ И  
СИМБИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В  
НАУЧНОМ НАСЛЕДИИ КЛИМА ИВАНОВИЧА ЧУРЮМОВА

**Алексей Стеклов, Николай Колотилев,  
Виталий Кручиненко, Анатолий Видьмаченко,  
Григорий Дашкиев, Борис Грудинин, Егор Стеклов**

**Введение.** В начале октября 2016 года в городе Глухов состоялась Первая Международная научно-практическая конференция, посвящённая 100-летию со дня рождения астрофизика Иосифа Самуиловича Шкловского. Это была последняя конференция, в которой участвовал Чурюмов К.И. в своей жизни. В нескольких докладах Клим Иванович и его соавторы изложили идеи по созданию и возрождению в Украине активно действующих сетей по регистрации следов вторжений сумеречных и дневных болидов в атмосферу Земли. Эта проблематика резко обострилась после вторжения Челябинского болида на рассвете 15 февраля 2013 года, в ходе которого пострадали тысячи людей, и было повреждено много сотен зданий этого огромного промышленного центра. В итоге, вопросы планетарной защиты биоресурсов встали перед всеми космическими Державами во весь рост. Из озера Чебаркуль позже достали достаточно большой метеорит, но этот «приз» не успокоил опасения рядовых граждан во всём Мире.

Принципы надёжной и своевременной регистрации всех опасных космических тел, способных вторгаться в сферу нашей жизнедеятельности, становятся важнейшей задачей современной

науки. В своих последних прижизненных выступлениях 6-8 октября 2016 года Клим Иванович Чурюмов особо обратил внимание на то, что планета Земля часто проходит сквозь хвосты комет, которые в длину могут достигать сотни миллионов километров, а диаметры сечений этих хвостов могут быть до десяти миллионов километров. При таких прохождениях были отмечены вспышки эпидемий и, даже, пандемий. Например, неясная по генезису пандемия «испанки» в 1918-1924 годах, от которой умерло около пятидесяти миллионов человек на всём земном шаре. И это явно больше, чем все потери в Первой мировой войне. Но ведь именно перед этими несчастьями было отмечено несколько крупных космических вторжений в атмосферу Земли.

### **Возникновение симбиотехники и симбиотехнической планетологии в Киве, в ГАО АН УССР в 1981-1983 годах.**

Идеи и практические методики перехода от бионики к симбиотехнике (т.е. к симбиозу биологических и технических систем) впервые высказал Колотилев Николай Николаевич, а сотрудники ГАО АН УССР Видьмаченко А.П., Стеклов А.Ф. и Миняйло Н.Ф. применили эти идеи в прикладной планетологии. Так возникла особая симбиотехническая планетология, которая полезна как для защиты биоресурсов Земли, так и в деле практической террафикации других подходящих планет и планетоидов.

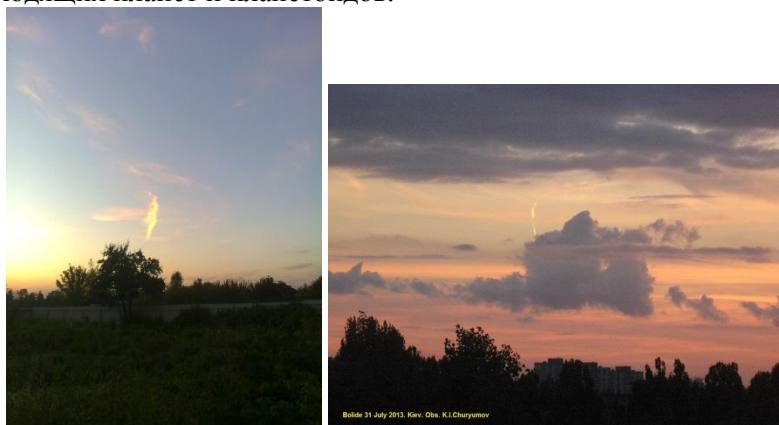


Рис. 1. Два изображения вторжений космического мусора в небо над нами.

С этого момента прошло более тридцати лет и на крупнейших планетоидах – спутниках больших планет, обнаружены признаки наличия эндогидросфер, т.е. глобальных или локальных морей и океанов. А ведь вода, даже в замёрзшем виде, как на планетоидах, так и на астероидах, а также в ядрах комет, является одним из основных видов биоресурсов, которые нам очень и очень нужны. Авторы участвовали в этих открытиях ещё в те далёкие годы своей юности.

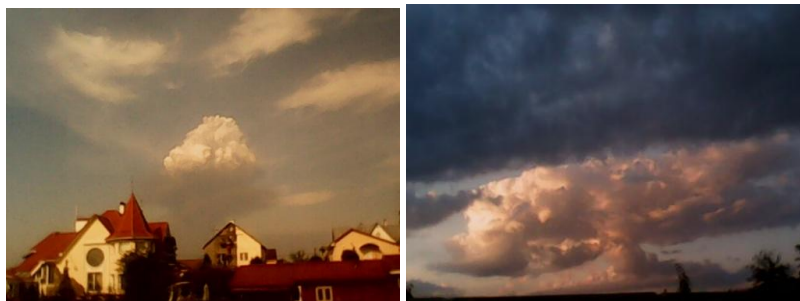


Рис. 2. Взрывообразные выбросы в атмосферу: слева – над Васильковом и справа – над Киевом

Только сейчас, в наше время, симбиотехника и симбиотехническая планетология постепенно становятся очень важными направлениями прикладной науки и на Земле, и в космосе.

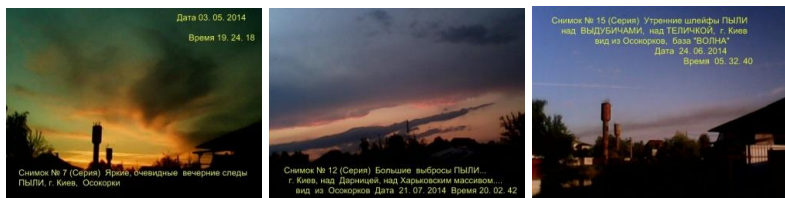


Рис. 3. Шлейфы от аэрозольных выбросов из предприятий в небо над Киевом

По сути дела, мы, коллеги и соавторы Клим Ивановича, смогли впервые только после его смерти оценить его идеи по развитию данных направлений. Решению многих задач планетарной защиты и защите именно биоресурсов с применением симбиотехнических средств и систем, мы намерены уделять достойное внимание в наших

дальнейших работах. А К.И. Чурюмов, при этом, духовно будет всегда рядом.

### **Список литературы**

1. Churyumov K.I., Guliev A.S., Kruchynenko V.G., Churyumova T. K. Comet - Asteroid Hazard: reality and fiction. Kiev-Baku, Azerbaijan. 2012. Azerbaijan Academy of Sciences. P. 175.

2. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. Observations of fragment of cometary nuclei in the atmosphere over Kiev // Astronomical School's Report. 2015. Vol. 11, no. 2, p. 99-102.

3. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. 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. Mozhovi. Vinnytsia. FOP "Kostiuk N.P." -241 p. P. 33-37.

4. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. 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.

5. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. 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.

6. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev N.G., Steklov E.A. 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.

7. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Dashkiev G.N. 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 – M.: Yanus-K, 2015, –324 p. P. 156-159.

8. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. 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 O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Activity of aviation at falling of bolides at 2014 // Materials of the International Scientific Conference "Astronomy and Space Physics at the Kyiv University ", which was held as part of VIII Ukrainian Science Festival 27 - 30 May 2014. Kyiv, Ukraine. P. 86-87.

10. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Activity Aviation in the fall of fireballs in 2014 // 16 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, May, 29–31, 2014. The program and abstracts. Kirovohrad, Ukraine. P. 77.

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

12. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F. 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. 2015. 128 p. P. 30-31.

13. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepahno I.V. “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 Kostiyk" 2016. 241 p. P. 37-43.

14. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepahno I.V. 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. 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. Kruchynenko V. G., Churyumov K.I., Churyumova T.K. An explosion of a comet nucleus fragment in the Earth's atmosphere // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. 2011. Vol. 27, no. 3, p. 109-116.

17. Kruchynenko V.G. The Explosion in the Jupiter Atmosphere // Proc. of European SL/Jupiter Workshop / Eds.: by R. West and H. Bohnhard. 1995. P. 287- 292.

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

19. Steklov A. F., Kolotilov N. N., Vidmatchenko A. P. 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. 1998, 33 p.

20. Vid'Machenko A.P. Settling of dust in Jupiter's atmosphere after the impact of fragments of comet Shoemaker-Levy 9 // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. 1995. Vol. 11, no. 4, p. 14 - 16.

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

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

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

24. Кручиненко В.Г. Определение физических характеристик метеорито-образующего тела Стерлитамак // Астрономический вестник, 1992, том 26, № 4. – С. 104-112.

25. Чурюмов К.И., Видьмаченко А.П., Стеклов А.Ф., Кручиненко В.Г., Стеклов Е.А. Явление трех ярких болидов над Киевом 29 марта 2013 года? // Azerbaiyani astronomical journal. 2013, vol. 3, no 3, p. 85-86.

Представлен обзор основных идей Клим Ивановича Чурюмова по развёртыванию систем контроля и созданию технических средств планетарной защиты вообще и биоресурсов планеты в частности. Для этого предложено использовать исследования и разработки авторов в

области симбиотехники и прикладной симбиотехнической планетологии.

**Ключевые слова:** биоресурсы, симбиотехника, планетология, терраформирование планет.

ПЛАНЕТАРНИЙ ЗАХИСТ, БІОРЕСУРСИ ТА СІМБІОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ В НАУКОВІЙ СПАДЩИНІ КЛИМА ІВАНОВИЧА ЧУРІУМОВА

<sup>1,2</sup>Стеклов Олексій, <sup>1</sup>Колотілов Микола, <sup>3</sup>Кручиненко Віталій, <sup>1,4</sup>Відьмаченко Анатолій, <sup>2</sup>Дашків Григорій, <sup>5</sup>Грудінін Борис, <sup>2,4</sup>Степахно Ірина, <sup>2</sup>Стеклов Єгор

<sup>1</sup>ГАО НАНУ, <sup>2</sup>МАУП, <sup>3</sup>АО КНУ ім. Т. Шевченко, <sup>4</sup>НУБтаП, <sup>5</sup>ГНПУ ім. А. Довженко

Представлено огляд основних ідей Кліма Івановича Чуріумова про розгортання систем контролю та створенню технічних засобів планетарного захисту взагалі та біоресурсів планети в особливості. Для цього запропоновано використовувати дослідження та розробки авторів в галузі симбіотехніки та прикладної симбіотехнічної планетології.

**Ключові слова:** біоресурси, симбіотехніка, планетологія, терраформування планет.

PLANETARY PROTECTION, BIORESOURCES AND SYMBIOTECHNICAL SYSTEMS OF NATURE MANAGEMENT IN THE SCIENTIFIC HERITAGE OF KLIM IVANOVICH CHURYUMOV

<sup>1,2</sup>Steklov Alexei, <sup>1</sup>Kolotilov Nikolay, <sup>3</sup>Kruchinenko Vitaliy, <sup>2,4</sup>Vidmachenko Anatoliy, <sup>1</sup>Dashkiev Grigoriy, <sup>5</sup>Grudinin Boris, <sup>4,2</sup>Stepakhno Iryna, <sup>1</sup>Steklov Egor

<sup>1</sup>IAPM, <sup>2</sup>MAO of NASU, <sup>3</sup>AO KNU T. Shevchenko, <sup>4</sup>NULESU, <sup>5</sup>GMPU A. Dovzhenko

In this article presents an overview of the main ideas of Klim Ivanovich Churyumov on the deployment of control systems, and of the creation of technical devices of planetary protection in general, and in particular, of the planet's biological resources. For this purposes it is proposed to use research and development of authors work in the field of symbio-engineering and applied symbio-technical planetology.

**Keywords:** biological resources, symbio-engineering, planetology, terraforming of planets.

## ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ АСТРОНОМІЇ

### МОНИТОРИНГ КОСМИЧЕСКИХ ВТОРЖЕНИЙ: ИСТОРИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

**Борис Грудинин, Виталий Кручиненко,  
Алексей Стеклов, Анатолий Видьмаченко,  
Григорий Дашкиев, Егор Стеклов**

**Введение.** Анализ итогов работы по созданию станций службы болидов и метеорных патрулей привлекает всё большее внимания у научной общественности. Это, конечно, вызвано осознанием реальной астероидно-кометной опасности, с которой столкнулось Человечество. Мы рассматриваем исторический аспект этой проблемы.

**1. Служба болидов в СССР.** В предыдущие годы астрономы СССР очень большое внимание уделяли именно службе болидов и проблеме болидной опасности. Так, одним из организаторов Всесоюзной службы болидов был Владимир Платонович Цесевич, а Всеволод Владимирович Фединский с 1973 г. возглавлял работы по созданию станций службы болидов в СССР. По его инициативе подобные наблюдения велись также в Сомали, Эфиопии, странах Латинской Америки и т. д.

Особое значение для изучения метеорных потоков и космических вторжений опасных болидов имеют труды Игоря Станиславовича Астаповича, его учеников и последователей, которые активно проводили и проводят вот уже десятки лет визуальные и фотографические наблюдения болидов и метеоров. Ими были составлены каталоги радиантов метеорных потоков, а результаты измерений скоростей дрейфа метеорных следов использовались при исследованиях циркуляции верхней атмосферы Земли. Но, к сожалению, в последние десятилетия наблюдается ослабление организационных усилий по данной тематике, что проявляется в ослаблении работы метеорных патрулей, отсутствии дневных и сумеречных наблюдений, уменьшении количества новых идей в этой области и технических разработок, недостаточном финансировании работ метеорных патрулей.

Авторы данной работы считают, что возрождение опытных производств (ОП) при обсерваториях, создание особых

фоторегистраторов автоматизированных унифицированных (ФРАУ) стало настоящей необходимостью нашего времени. Кроме того, четко видится необходимость не только возрождения традиционных для времен СССР опытных производств, но и их преобразования в опытные научно-технические производства (ОНТП), способные выжить в условиях рыночной экономики и жесткой конкуренции.

Это стало еще более актуально после серии событий, которые произошли в наши дни: знаменитого «Челябинского явления» (15.02.2013 г.); яркого болидного вторжения над Одессой (сентябрь 2013 г.); вторжений болидов над Бухарестом, Бангкоком, Южной Африкой, над океаном возле берегов Австралии, над штатом Мичиган и т. д.

**2. О работе службы регистрации космических вторжений в США.** В период 1963–1975 гг. станции в США зарегистрировали более 2700 болидов, метеоров и метеорных «дождей». Односвязная система 16 станций регистрации космических вторжений фрагментов опасных комет, астероидов, метеороидов, болидов разрушающих (ФОКАМБР) была развернута на равнине американского среднего запада в штатах Иллинойс, Айова, Канзас, Миссури, Небраска, Оклахома и Южная Дакота (сеть называлась «ПЕРИЯ НЕТУОРК» и ее работа финансировалась из бюджета NASA). Система станций принадлежит Смитсоновской астрофизической обсерватории США.

Результаты работы данной системы станций позволила сформулировать три главных вывода:

1) Только ночные наблюдения метеоров, метеорных потоков и опасных болидов недостаточны и малоэффективны (за 13 лет ночных наблюдений был зафиксирован только один болид из Лост-Сити). Данный факт указывает на необходимость дополнительного развертывания

дневных и, особенно, сумеречных фоторегистраторов систем «ФРАУ» в сети современных малых базовых обсерваторий служб наземного аэрокосмического мониторинга (МБО служб НАКМ). Такое развертывание представляется нам в виде особых стационарных, мобильных и воздушных (на дронах, квадракоптерах) астрономических обсерваторий (САО, МАО и ВАО) при всех видах (академических, университетских и т.п.) обсерваторий.

Особую ценность в формате решения данной проблемы представляет собой привлечение частных астрономических обсерваторий астрономов-любителей, аматоров астрономии и, что

особенно важно, обсерваторий при отделениях физики и астрономии Малой Академии Наук Украины (МАН Украины). Именно такой подход позволит объединить усилия не только ученых, но и учащихся, студентов, участников разных молодежных объединений (например, Украинского Молодёжного Аэро-Космического Объединения «СОЗВЕЗДИЕ»).

2) Использование астрономической авиации в США с целью ночных захватов частиц, аэрозолей из следов ФОКАМБР не дало пока положительных результатов. Именно поэтому мы, в тематической группе Чурюмова, опираясь на опыт и на результаты космической миссии «Розетты-Филы», которая стоила европейцам более двух миллиардов евро, решили, что гораздо дешевле, проще и быстрее можно отловить частицы веществ из следов фрагментов опасных комет, астероидов, метеороидов, болидов разрушающих (ФОКАМБР). Но для этого необходимо разработать гелевые или иные ловушки, накопители пылевых мелкодисперсных частиц, которые можно было бы разместить именно под крыльями высотных самолётов. Это всё вполне могла бы осуществить именно специализированная астрономическая авиация особого назначения (СААОН). Интересно отметить, что в США уже использовали самолёты F/A-18 и суборбитальные ракеты Black Brant для поиска так называемых вулканоидов, т. е. астероидов из особой подгруппы входящей в группы «Атиры» и «Атона». Это говорит о том, что использование авиации в астрономических исследованиях вполне перспективно.

3) Исследователи из США заявили, что не менее 75% ФОКАМБР не долетают до земной поверхности, тормозятся в атмосфере Земли и полностью рассыпаются, засыпая мелкодисперсным веществом большие территории из-за ветровой диффузии. А это значит, что 75% болидов, являясь фрагментами ядер комет, создают угрозу возможных вторжений космических вирусов на поверхность Земли. Соответственно, мы должны рассматривать проблему вхождения болидов не только со стороны возникновения возможных чрезвычайных ситуаций (катастроф, взрывов и т. д.), но и со стороны поиска вариантов защиты здоровья людей от пандемий, которые гипотетически могут возникнуть вследствие подобных тихих аэрокосмических вторжений неизвестных вирусов на поверхность Земли. Проблема многоаспектна и должна решаться совместно такими науками как космическая биология, астробиология и космическая вирусология.

### **3. Особенности работы Европейских служб регистрации космических вторжений ФОКАМБР.**

В 90-е годы XX века американские военные опубликовали данные, собранные за два десятка лет (начиная с 1975 г.) весьма разреженной сетью расположенных на Земле и в космосе детекторов. Они сумели зарегистрировать около 200 довольно крупных болидов, выпавших метеоритами на Землю. После этого для наблюдения за болидами начали создаваться и/или восстанавливаться болидные сети в США, Канаде, а также во многих странах Европы.

Так появилась испанская метеорная сеть (SPMN), основанная несколькими университетами и научными центрами, которая начала действовать по всей стране с 1997 г. с целью изучения межпланетного вещества и для лабораторного изучения «свежих» метеоритов. Сеть быстро растет и имеет хорошее финансирование, получаемое как от исследовательских проектов, так и за счет государственных средств. С 1999 г. деятельность SPMN расширилась с целью в краткосрочной перспективе внедрить в Испании автоматизированную сеть по наблюдению ярких болидов (Fireball Network). Для этого даже была разработана специальная ПЗС камера с высоким пространственным разрешением для обзора всего неба с целью мониторинга следов болидных явлений. К 2010 году сеть имела уже 25 видео- и ПЗС станций мониторинга ярких болидов в атмосфере над территориями Португалии, Испании, северного Марокко и юга Франции. Астрономы любители также участвуют в деятельности SPMN с конкретными программами наблюдений. Главная цель таких исследований заключается в повышении знаний о взаимодействии метеороидов с атмосферой, о динамических механизмах доставки метеорного вещества на Землю. Исследуется также роль, которую эти первичные тела сыграли в зарождении и происхождении жизни на Земле. Специализированная междисциплинарная группа в Испании изучает эти проблемы со всех возможных подходов. Вся европейская болидная сеть при этом охватывает только 0,3% земной поверхности.

Отметим, что относительно небольшое число высокоорбитальных специализированных спутников позволило бы контролировать большую часть земной поверхности и вести непрерывное, независимое от погодных условий наблюдение за Землей. Так в последние годы американские геостационарные спутники проводили редкие наблюдения с помощью инфракрасных датчиков, а в видимом диапазоне в течение еще меньшего времени и

регистрировали в атмосфере Земли в среднем всего лишь около 30 ярких вспышек в год. Их светимость обычно превышает  $10^{17}$  м, поэтому их можно назвать суперболидами. Первоначально спутниковая система наблюдений должна была контролировать выполнение договора о запрещении ядерных испытаний и запуски ракет, но вскоре оказалось, что яркие световые вспышки в атмосфере, энергия которых была сравнима с энергией наземных ядерных взрывов, были вызваны внедрением в атмосферу и взрывным разрушением в ней крупных метеороидов. По их оценкам, характерный начальный размер таких каменных тел составляет 1-3 м, а если учесть, что эти метеороиды состоят из снега и льда, их размер увеличивается до десятков метров.

### **Общие выводы.**

На поверхность Земли ежесуточно «выпадает» из космоса до 50 тонн крупных и мелких метеоритов. Более 75% ярких болидов в нашей атмосфере являются фрагментами распавшихся ядер комет. Они редко долетают до поверхности, т. к. имеют довольно рыхлую структуру и малую плотность. Всего подобные вторжения обеспечивает поступление из космоса в нашу атмосферу от 100 и иногда до 1000 тонн космического вещества в виде метеороидов, пылевых и аэрозольных частиц в сутки; т.е. это гораздо больше, чем масса выпавших метеоритов.

Ниже мы приводим два фотоснимка ярких вторжений в небо над Киевом. Авторы данной обзорной работы считают, что всё изложенное однозначно доказывает острую необходимость создания, или возрождения болидных сетей в Украине, причём, не только для ночных, но и для дневных и, особенно, для сумеречных наблюдений.

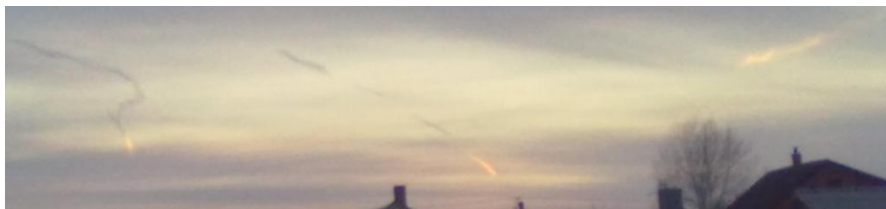


Рис. 1. Редкое явление трех болидных следов в сумеречном небе над Киевом, образованных в течение 12 секунд в результате падения довольно крупных метеорных тел (фото Е. А. Стеклова, 29.03.2013)





Рис. 2. След от падения сумеречного болида над Киевом  
(фото А. Ф. Стеклова, 27.10.2013)

### **Список литературы**

1. Churyumov K.I., Guliev A.S., Kruchynenko V.G., Churyumova T. K. Comet - Asteroid Hazard: reality and fiction. Kiev-Baku, Azerbaijan. 2012. Azerbaijan Academy of Sciences. P. 175.
2. Churyumov K.I., Kruchynenko V.G., Churyumova T.K. Problem of comet-asteroid threat to humanity: reality and myths - 1 // Physics and astronomy in the modern school. 2012. No. 1, p. 16-24.
3. Churyumov K.I., Kruchynenko V.G., Churyumova T.K. Problem of comet-asteroid threat to humanity: reality and myths - 2 // Physics and astronomy in the modern school. 2012. No. 2, p. 20-26.
4. Churyumov K.I., Kruchynenko V.G., Churyumova T.K. Problem of comet-asteroid threat to humanity: reality and myths - 3 // Physics and astronomy in the modern school. 2012. No. 3, p. 17-25.
5. Churyumov K.I., Kruchynenko V.G., Churyumova T.K. Problem of comet-asteroid threat to humanity: reality and myths - 4 // Physics and astronomy in the modern school. 2012. No. 4, p. 15-23.
6. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. 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, May, 20–22, 2015. The program and abstracts. Kyiv – Zhytomyr, Ukraine. P. 84-85.

7. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. Observations of fragment of cometary nuclei in the atmosphere over Kiev // *Astronomical School's Report*. 2015. Vol. 11, no. 2, p. 99-102.
8. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. Observations of twilight fireballs over Kiev in 2013-2015 // *5 Interregional Scientific Conference, Astronomy and present*. April 12 2016. Institute of Mathematics, Physics and Technology Education, Vinnitsa, Ukraine. P. 2.
9. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. 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.
10. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. 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.
11. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. 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.
12. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev N.G., Steklov E.A. Traces on sky. Unexpected results of regular observations // *16-th Gamow Summer School "Astronomy and beyond: Astrophysics, Cosmology and Gravitation, Cosmomicrophysics, Radio-astronomy and Astrobiology"*. Odessa, Ukraine. Agenda. 17 August 2016. Section session Solar system. Poster presentation 4. P. 16.
13. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev N.G., Steklov E.A. 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.
14. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Dashkiev G.N. 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.

15. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. 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.

16. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A., Dashkiev G.N. 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. 2015. 128 p. P. 22.

17. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Activity of aviation at falling of bolides at 2014 // Materials of the International Scientific Conference "Astronomy and Space Physics at the Kyiv University ", which was held as part of VIII Ukrainian Science Festival 27 - 30 May 2014. Kyiv, Ukraine. P. 86-87.

18. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Activity Aviation in the fall of fireballs in 2014 // 16 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, May, 29–31, 2014. The program and abstracts. Kirovohrad, Ukraine. P. 77.

19. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Some of the results of regular observations of twilight bolides // Memorial International Conference dedicated to 100th anniversary of birth of Oleg Vasylyovych Dobrovolsky and 110th anniversary of death of Fedor Oleksandrovich Bredikhin – the famous explorers of comets and meteor matter of the Solar system. Programme. Vinnytsia. September 29 – October 2, 2014. P. 8.

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

21. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Traces in the sky: Classification and unexpected results of regular observations // 16 International scientific conference Astronomical School

of Young Scientists, May, 29–31, 2014. The program and abstracts. Kirovohrad, Ukraine. P. 75-76.

22. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F. 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. 2015. 128 p. P. 30-31.

23. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepahno I.V. "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 // 5 Interregional Scientific and Practical Conference "Astronomy and present." 12 April 2016. Institute of Mathematics, Physics and Technology Education, Vinnitsa, Ukraine. P. 2-3.

24. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepahno I.V. "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" 2016. 241 p. P. 37-43.

25. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Dashkiev G.N., Steklov E.A., Stepahno I.V. 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.

26. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Steklov E.A. On possible search of cometary material on the Earth surface // «Near - Earth Astronomy – 2015». Proceedings of the International conference. 31 August – 5 September 2015 г. Terskol – M.: Yanus-K, 2015, – 324 p. P. 153-155.

27. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Steklov E.A. 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.

28. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N., Beskin G.M. Monitoring of twilight bolides in the sky // International

Conference “Astronomy and Space Physics in Kyiv University”. May 24-27 2016. Book of abstracts. Kyiv, Ukraine. P. 90-91.

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

30. Kruchynenko V.G. The collision of the comet Shoemaker-Levy 9 with Jupiter // Astron. and Astrophys. Transactions. 1997. Vol. 13, p. 191-197.

31. Kruchynenko V.G. The Explosion in the Jupiter Atmosphere // Proc. of European SL/Jupiter Workshop / Eds.: by R. West and H. Bohnhard. 1995. P. 287- 292.

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

33. Spurny P., Porubčan V. The EN171101 – the deepest ever photographed fireball // Proc. of Asteroids, Comets, Meteors (ACM 2002). 29 July – 2 August 2002. Technical University Berlin. Germany (ESA – 500). P. 269-272.

34. Vid'Machenko A.P. Settling of dust in Jupiter's atmosphere after the impact of fragments of comet Shoemaker-Levy 9 // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. 1995. Vol. 11, no. 4, p. 14 - 16.

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

36. Григорян С.С. О движении и разрушении метеоритов в атмосферах планет // Космические исследования. – 1979. – Т. 17, № 6. – С. 875-893.

37. Кручиненко В.Г. Анализ изменения физических характеристик метеорито-образующего тела Стерлитамак вдоль пути // *Астрономический вестник*. – 1993. – Т. 27, № 6. – С. 87-94.

38. Кручиненко В.Г. Определение физических характеристик метеорито-образующего тела Стерлитамак // *Астрономический вестник*. – 1992. – Т. 26, № 4. – С. 104-112.

39. Кручиненко В.Г. Приток космических тел на Землю в широком интервале масс // *Кинематика и физика небесных тел*. – 2002. – Т. 18, № 2. – С. 114-127.

40. Чурюмов К.И., Видьмаченко А.П., Стеклов А.Ф., Кручиненко В.Г., Стеклов Е.А. Явление трех ярких болидов над

Киевом 29 марта 2013 года? // Azerbaijani astronomical journal. – 2013.  
– V. 3, No 3. – P. 85-86.

Представлены основные исторические этапы возникновения и развития сетей регистрации вторжений болидов в атмосферу земли и перспективы исследований этих явлений в Украине.

**Ключевые слова:** служба болидов, астероиды, кометы, планетарная защита.

#### МОНІТОРИНГ КОСМІЧНИХ ВТОРГНЕНЬ: ІСТОРИЧНИЙ АСПЕКТ

<sup>1</sup>Грудинін Борис, <sup>2</sup>Кручиненко Віталій, <sup>3,4</sup>Стеклов Олексій,  
<sup>3,5</sup>Відмаченко Анатолій, <sup>4</sup>Дашкієв Григорій, <sup>4</sup>Стеклов Егор

<sup>1</sup>ГНПУ ім. А. Довженко, <sup>2</sup>АО КНУ ім. Т. Шевченка, <sup>3</sup>ГАО НАНУ,  
<sup>4</sup>МАУП, <sup>5</sup>НУБіП

Представлено основні історичні етапи виникнення та розвитку мереж реєстрації вторгнень болідів в атмосферу Землі та перспективи дослідження цих явищ в Україні.

**Ключові слова:** служба болідів, астероїди, комети, планетарний захист.

#### MONITORING OF SPACE INVASIONS: THE HISTORICAL ASPECT

<sup>1</sup>Grudinin Boris, <sup>2</sup>Kruchinenko Vitaliy, <sup>3,4</sup>Steklov Alexei,  
<sup>3,5</sup>Vidmachenko Anatoliy, <sup>4</sup>Dashkiev Grigoriy, <sup>4</sup>Steklov Egor

<sup>1</sup>GNPU A. Dovzhenko, <sup>2</sup>AO KNU T. Shevchenko, <sup>3</sup>MAO of NASU,  
<sup>4</sup>IAPM, <sup>5</sup>NULESU, <sup>5</sup>NAU

The article presents the basic historical stages of creation and development of Network for registration of fireballs invasion into Earth's atmosphere, and perspectives of research of these phenomena in Ukraine.

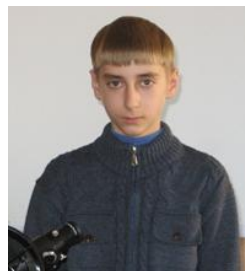
**Keywords:** service of fireballs, asteroids, comets, planetary protection.

#### ТЕЛЕСКОП «ХАББЛ» ТА ЙОГО ВІДКРИТТЯ

**Олексій Бродзь**

**До витоків назви.** Телескоп «Хаббл» — унікальний оптичний телескоп

24 квітня 1990 року із запуском



космічного телескопа «Хаббл» почалося справді золоте століття астрономії. Телескоп «Хаббл» — унікальна багатоцільова орбітальна обсерваторія, найбільша серед запущених в космос у ХХ сторіччі. Є першим апаратом із серії «Великі обсерваторії» [1].

Ім'я телескоп отримав на честь видатного астронома ХХ століття Едвіна Хаббла. Видатний американський астроном досліджував галактики, позагалактичні туманності, створив класифікацію галактик, у 1929 році сформулював закон Хаббла.

### **Закон Хаббла**

Закон Хаббла — це закон астрономії, за яким швидкість взаємного віддалення (розбігання) галактик пропорційна відстані між ними, є основним методом визначення відстані до далеких позагалактичних об'єктів [1].

Якщо вважати, що швидкість розширення Всесвіту залишалася постійною, величина, обернена до сталої Хаббла, визначатиме час від моменту Великого Вибуху. Він дорівнює приблизно 13,8 млрд років.

Закон Хаббла практично відразу ж був визнаний в науці. Значення відкриття Хаббла високо оцінив Ейнштейн.



Рис. 1. Едвін Хаббл

### **Історія створення телескопа «Хаббл»**

До розробки проекту космічного телескопа NASA спільно з Європейським космічним агентством (ЄКА) приступило в кінці 1970-х років. Планувалося, що це буде космічна обсерваторія, яку для технічного обслуговування кораблі Землі будуть відвідувати кожні два-три роки.



Рис. 2. Телескоп «Хаббл»

Проте, серйозною перепоною було фінансування проекту, витрати мали перевершити вартість будь-якого наземного телескопа.

Конгрес США істотно скоротив асигнування, а у 1974 році повністю скасував фінансування проекту. У відповідь на це астрономи розгорнули широку кампанію лобіювання і, в результаті, сенат погодився виділити половину коштів за бюджетом, затвердженим Конгресом спочатку.

Фінансові проблеми привели до скорочень, головним з яких було рішення зменшити діаметр дзеркала з 3 до 2,4 метра, для скорочення витрат і отримання компактнішої конструкції.

1978 року Конгрес США затвердив фінансування у розмірі 36 мільйонів доларів, відразу після цього почалися повномасштабні роботи з проектування. Запуск планувався вже на 1983 рік. На початку 80-х телескоп отримав ім'я Едвіна Хаббла.

Складною інженерною проблемою було створення космічного корабля для телескопа і решти приладів. Основними вимогами були захист устаткування від постійних перепадів температур (через нагрів від прямого сонячного освітлення та охолодження в тіні Землі), а також особливо точне орієнтування телескопа. Кінцева вартість даного проекту – 6 млрд доларів (станом на 1999 рік) [1].



Рис. 3. Початкові етапи робіт над космічним апаратом, 1980 р.

### **Технічні характеристики телескопа**

Основні технічні показники:

Маса (із встановленими приладами) – 13,3 тонн

Довжина космічного апарата – 1330 см

Діаметр космічного апарата – 430 см

Тип орбіти – низька навколосемна

Висота орбіти – 612 км

Тип телескопа – Рефлектор Річі-Кретъєн діаметром у 240 см

Довжина хвилі – 120 нм – 1 мм. Поле зору – 18°

Параметри орбіти: апогей – 566 км., перигей – 561 км

Період обертання: 96,2 хв.

На телескопі встановлено 6 наукових приладів: ширококутна і планетарна камери, спектрограф високої роздільної здатності



Годдарда для роботи в ультрафіолетовому діапазоні, камера зйомки тьмяних об'єктів, спектрограф для дослідження особливо тьмяних об'єктів в ультрафіолетовому діапазоні, високошвидкісний фотометр, датчики точного наведення [1].

### **Запуск і початок роботи телескопа**

Керування польотом покладено на Центр космічних польотів Годдарда розташований у місті Грінбелт, Меріленд за 48 км від Наукового інституту космічного телескопу США.

За функціонуванням телескопу ведуть цілодобове позмінне спостереження чотири групи фахівців. Технічний супровід здійснює NASA і компанії—контактори через Центр Годдарда.



Рис. 4. Старт шатла «Дискавері» з телескопом «Хаббл» на борту

«Хаббл» вивів на орбіту шатл «Дискавері» STS-31 24 квітня 1990 року. Робота телескопа почалася з невдачі. Через два місяці після запуску стало зрозумілим, що основне дзеркало телескопа діаметром в 2,4 метри відхиляється від розрахунку на декілька мікрон – 1/50-ту частину товщини людської волосини.

Необхідно було виправити наслідки аберації.

2 грудня 1993 року «Індевор» STS-61 доправив до «Хаббла» сімох астронавтів. Вони й розпочали ремонтні роботи, до 13 грудня 5 разів виходили у відкритий космос і вдало відремонтували телескоп. Вже через 4 дні в Інституті космічного телескопа вчені одержали перші якісні картинки з відремонтованої обсерваторії.

31 січня 1994 року NASA оголосило про успіх місії і продемонструвало перші знімки значно вищої якості. Успішне завершення експедиції було великим досягненням як для NASA, так і для астрономів, які отримали в своє розпорядження повноцінний інструмент.



Впродовж наступних років відбулось ще 3 експедиції до телескопа «Хаббл», які на десятки років продовжили термін його роботи.

Рис. 5. Роботи із встановлення на телескопі системи COSTAR

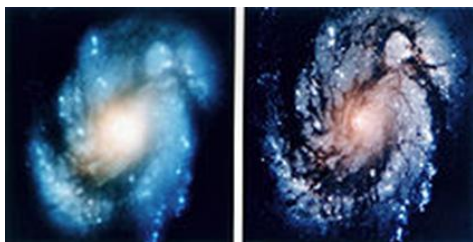


Рис. 6. Знімок галактики M100 до і після встановлення системи COSTAR

Впродовж наступних років відбулось ще 3 експедиції до телескопа «Хаббл», які на десятки років продовжили термін його роботи.

### **Передача, зберігання і обробка даних телескопа**

Дані «Хаббла» спочатку накопичувалися на борту. На час запуску для цього застосовувалися котушкові магнітофони, які згодом було замінено на твердотілі диски. Потім, через систему комунікаційних супутників TDRS, дані передають до Центру Годдарда. Бортове обладнання розраховано на передачу даних зі швидкістю 1 Мбіт/с.

Дані в архіві зберігаються у форматі FITS, зручному для астрономічного аналізу. Проект «Спадщина Хаббла» публікує невелику, візуально найефектнішу частину даних у форматах TIFF і JPEG для широкого загалу.

Астрономи можуть отримати також необроблені дані і виконати процедуру обробки самостійно.

Будь-яка людина або організація може подати заявку на роботу з телескопом, не існує обмежень за національною або академічною належністю. Конкуренція за час спостережень дуже висока, зазвичай сумарно запитаний час у 6—9 разів перевищує реально доступний [1].

### **Наукові відкриття «Хаббла»**

За роки свого польоту за хмарами космічна обсерваторія зробила декілька десятків тисяч обертів навколо Землі, «накрутивши» при цьому мільярди кілометрів. Телескоп «Хаббл» дозволив спостерігати вже більше восьми тисяч небесних об'єктів. Для порівняння – приблизно стільки ж зірок видно із Землі неозброєним оком. У його пам'яті зберігаються «адреси» 15 млн зірок, які він може досліджувати. 2,5 трильйони байтів інформації, набраної телескопом, зберігається на 375 оптичних дисках. Вченим майже сорока країн світу він дозволив опублікувати тисячі наукових робіт.

**За допомогою «Хаббла» було здійснено 10 найважливіших відкриттів в астрономії, одне з них у вивченні Юпітера.**

За рік до загибелі комети Шумейкер-Леві 9 отримані «Хабблом» зображення показали, що вона розколася на 24 фрагменти, які розтягнулися в ланцюжок.



Рис. 7. Зіткнення комети Шумейкер-Леві 9 з Юпітером

Перший з них вривався в атмосферу Юпітера 16 липня 1994 року, а за ним протягом тижня впали і інші. На зображеннях видно викиди, схожі на гриби ядерного вибуху, що піднімаються над горизонтом Юпітера, а потім осідають і розсмоктуються через 10 хвилин після зіткнення. Але наслідки вибуху спостерігалися ще протягом кількох місяців [2].

Сліди зіткнень допомагають з'ясувати склад газового гіганта. Від кожного з них хвилі розбігалися зі швидкістю 450 м/сек. Судячи з усього, це «важкі» хвилі, пружність в яких створюється силою плавучості. Характер поширення хвиль вказує, що відношення кисню до водню в атмосфері Юпітера може бути в 10 разів більше, ніж на Сонці. Однак, якщо Юпітер сформувався в результаті гравітаційної нестійкості первинного газопилового диска, то його склад повинен бути таким як у Сонця. Це протиріччя так і залишається нерозгаданим [2].

### Позасонячні планети

У 2001 році Американське астрономічне товариство звернулося з проханням до фахівців вибрати найбільш значуще, з їх точки зору, відкриття останнього десятиліття. На думку більшості, ним стало виявлення планет поза Сонячною системою [3].

На сьогодні астрономи виявили понад 3,5 тис. екзопланет в більш ніж 2,6 тис. планетних систем [4].

Рис. 8. Туманність Котяче Око в сузір'ї Дракона



Значна їх частина знайдена за допомогою наземних телескопів по невеликих коливаннях зірки, викликаних

гравітаційним впливом обертання довкола неї планети, однак саме «Хаббл» не лише виявляє планети, але й подає інформацію про їх хімічний склад. Ці спостереження – попередники пошуків хімічних ознак життя в далеких куточках Галактики [3].

### Агонія зірок і туманностей

Відповідно до теорії, зірка з масою від 8 до 25 мас Сонця завершує своє життя вибухом наднової. Вичерпавши запаси палива, вона різко втрачає здатність утримувати власну вагу. Її ядро колапсує, перетворюючись на нейтронну зірку - масивний, надщільний об'єкт, а зовнішні шари газу викидаються в простір зі швидкістю 5% від швидкості світла. Спостереження за агонією зірки в сузір'ї Дракона тривають.



Рис. 9. Туманність «Голова мавпи»

На відміну від своїх більш потужних побратимів, зірки типу Сонця вмирають елегантніше, скидаючи свої зовнішні газові шари поступово, без вибуху. Це триває близько 10 тис. років. Коли гаряче центральне ядро зірки оголюється, воно своїм випромінюванням іонізує викинутий газ, змушуючи його світитися яскраво-зеленим (іонізований кисень) і червоним (іонізований водень). В результаті виникає планетарна туманність.



Сьогодні їх відомо близько 2 тисяч. «Хаббл» показав їх надзвичайно складні форми в найдрібніших деталях [3].

Рис. 10. Формування зірок в туманності Оріона

### Космічне народження

Встановлено, що вузькі і швидкі струмені газу свідчать про народження зірки. Формуючись, вона може викинути дві тонкі струменя довжиною в кілька світлових років.



Рис. 11. Туманність Оріона

Спостереження «Хаббла» підтвердили теоретичний прогноз, згідно з яким струмені народжуються в центрі диска.

Разом з тим дані, з «Хаббла», спростували інше припущення, що стосувалося навколорозоряних дисків. Вважалося, що вони сидять так глибоко в батьківській хмарі, що побачити їх неможливо. «Хаббл» виявив з дюжину протопланетних дисків – проплідів, часто помітних у вигляді силуету на тлі туманності. Принаймні половина вивчених молодих зірок має такі диски, це свідчить про те, що сировини для формування планет в Галактиці достатньо. Знайдено велику кількість протопланетних дисків навколо зірок у Туманності Оріона [3].



Рис. 12. Галактика Чумацький Шлях

### Галактична археологія

Доведено, що процес формування планет відбувається у більшості зірок Чумацького Шляху. Астрономи вважають, що великі галактики, такі як Чумацький Шлях і наша сусідка Туманність Андромеди, вирости, поглинаючи дрібні галактики. Ознаки «галактичного канібалізму» повинні проглядатись по розташуванню, вікові, складу і швидкостям зірок, що входять до них.



Рис. 13. Молоді зірки на околиці Туманності Андромеди

Завдяки спостереженням «Хаббла» за зоряним гало (слабкою сферичною хмарою зірок і зоряних скупчень навколо основного галактичного диска) Туманності Андромеди, дослідники виявили, що в гало входять різні за віком зірки: у найстаріших вік сягає 11-13,5 млрд років, а у самих юних - 6-8 млрд років.



Рис. 14. Плазмовий струмінь, що б'є з галактики М 87

Останні, мабуть, випадково забрели сюди

з якоїсь молоді галактики (наприклад, з поглинутої галактики-супутника) або ж з більш ранньої області самої Андромеди (наприклад, з диска, якщо частина його зруйнувалася при близькому проходженні невеликої галактики або зіткненні з нею).

У гало нашої галактики немає помітного числа відносно молодих зірок. Так що при всій схожості форми Туманності Андромеди і Чумацького Шляху, як показують спостереження «Хаббла», історії цих двох галактик значно відрізняються одна від одної.

### **Надмасивні чорні діри**

З 1960-х років астрономи отримали докази того, що джерелом енергії квазарів і інших активних ядер галактик служать гігантські чорні діри, які захоплюють навколишню речовину. Спостереження «Хаббла» підтверджують цю теорію. Майже для кожної галактики знайшлися вказівки на заховану в її центрі чорну діру.

Чорні діри – дуже масивні і неймовірно щільні об'єкти. Останні десятиліття про них багато говорили, сперечалися, їх шукали, але лише телескоп «Хаббл» підтвердив їх існування. Давно було відомо, що з центру галактики М87 виходить могутнє оптичне і радіовипромінювання. Тільки після виявлення диска, що обертається, стало зрозуміло, що це чорна діра.

Всмоктуючи речовину вона створює ефект «торнадо» – вихору, що крутиться, розміром в сотні світлових років. Цей струмінь добре видно на знімку. Гігантські чорні діри можуть викидати в струмені частинки, розігнані практично до швидкості світла [3].

### **Найпотужніші вибухи**

У 1995 році телескопом виявлено гамма-спалахи в оптичному діапазоні. Гамма-спалахи – короткі спалахи гамма-випромінювання, що тривають від кількох мілісекунд до десятків хвилин. Їх поділяють на два типи в залежності від їх тривалості. Межею вважаються приблизно 2 секунди, у триваліших спалахах утворюються менш енергійні фотони, ніж в коротких.

«Хаббл» виявив, що тривалі гамма-сплески сконцентровані в найбільш яскравих областях, як раз там, де зосереджені найбільші масивні зірки.



Рис. 15. Далекі галактики



Більше того, тривалі гамма-сплески найчастіше виникають у невеликих, неправильних, бідних важкими елементами галактиках. Згідно з найбільш популярною гіпотезою короткі гамма-сплески виникають при злитті двох нейтронних зірок.

### **Вік Всесвіту**

Спостереження Едвіна Хаббла і його колег в 1920-ті роки показали, що ми живемо у Всесвіті, який розширюється. Стала Хаббла ( $H_0$ ), яка вказує сучасну швидкість розширення, дозволяє визначити вік Всесвіту. Значення сталої Хаббла відіграє визначальну роль для зростання галактик, формування легких елементів і встановлення тривалості фаз космічної еволюції.

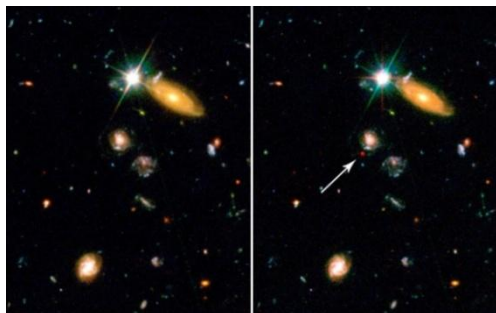
Тож не дивно, що точне вимірювання сталої Хаббла було з самого початку основною метою однойменного телескопа.

За допомогою вимірювання відстаней до цефеїд у Скупченні Діви було уточнено значення сталої Хаббла. До спостережень орбітального телескопа похибка визначення сталої оцінювалася в 50%, спостереження дозволили підвищити точність до 10%.

У сукупності з результатами вимірювань реліктового випромінювання це визначає, що вік Всесвіту – 13,7 млрд років. За наслідками спостережень квазарів побудовано сучасну космологічну модель: Всесвіт розширюється з прискоренням і заповнений темною енергією.

### **Прискорення Всесвіту та «темна енергія»**

Рис. 16. У 1998 році дві незалежні групи дослідників, зіставивши різні за часом знімки, виявили далеку наднову зірку та прискорення розширення Всесвіту



Складна загадка сучасної фізики – питання

про те, що викликає це прискорення. Згідно робочої гіпотези, у Всесвіті міститься невидима складова, яка називається «темною енергією». Сукупні спостереження «Хаббла», наземних телескопів і вимірювання реліктового випромінювання вказують, що в цій темній енергії міститься 3/4 повної щільності енергії Всесвіту.



Рис. 17. «Стовпи творіння» з сузір'я Орла – цей знімок «Хаббла» вважається найбільш видовищним

Прискорене розширення почалося приблизно 5 млрд років тому, а до того моменту воно гальмувалося. У 2004 році «Хаббл» виявив 16 далеких наднових, які тоді спалахнули. А чим може бути темна енергія? Найпростіша і найзагадковіша можливість полягає в тому, що енергія належить самому простору, навіть якщо він зовсім порожній. Сьогодні спостереження далеких наднових залишається найкращим методом вивчення темної енергії. Роль «Хаббла» у вивченні темної енергії величезна [3].

Завдяки «Хаббл» за 26 років роботи були зроблені відкриття, що увійшли до історії астрономічної науки, а саме було з'ясовано:

- у супутника Юпітера - Європи, є тонка киснева атмосфера;
- пояс з сотень мільйонів комет оточує Сонячну систему;
- нові супутники наявні за зовнішнім кільцем Сатурну;
- в міжгалактичному просторі виявлено гелій, що залишився з часу Великого вибуху;
- отримано дані, за якими стало можливим зробити карти поверхні Плутона та Ериди;
- створено імпровізовану дорожню карту «Вояджер», яка в деталях розповідає про те, що очікує апарати на їх шляху крізь міжзоряний космос;
- зафіксовано ультрафіолетові полярні сніжки на Сатурні, Юпітері і Ганімеді [4].

Рис. 18. 22 січня 2017 р. «Хаббл» зробив знімок світлil із сузір'я Стрільця, на якому можна побачити розсип з молодих і старих зірок





## Наступник телескопу «Хаббл»

ЄКА, НАСА і Arianespace підписали угоду, відповідно до якої новий орбітальний телескоп «Джеймс Вебб», спадкоємець і заміна «Хаббла», буде відправлений у космос на борту європейської ракети-носія Ariane 5 в 2018 році [5].

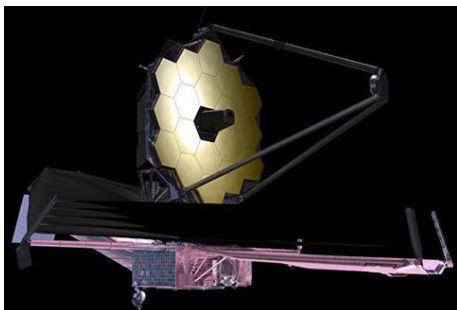


Рис. 19. Орбітальна обсерваторія «Джеймс Вебб»

У конструкцію «Джеймса Вебба» входять величезне дзеркало діаметром 6,5 м (діаметр дзеркала Хаббла – 2,4 м) і сонцезахисний щит розміром з тенісний корт.

Дзеркало і щит через свої габарити будуть доставлені на ракету-носії в складеному вигляді, а потім розкриються після виведення телескопа у відкритий космос.

Рис. 20. Монтування телескопа «Джеймс Вебб»

Основна відмінність між «Хабблом» і «Джеймсом Веббом» полягає в діапазонах роботи: прилади «Хаббла» збирають інформацію в інфрачервоних променях, у видимому світлі і в ультрафіолеті, а «Джеймс Вебб» буде працювати переважно в інфрачервоному діапазоні. Новий телескоп можна вважати також наступником найбільшої в світі інфрачервоної обсерваторії космічного базування «Спітцер», запущеної НАСА 25 серпня 2003 року [5].



НАСА 23 лютого 2017 року провело екстрену прес-конференцію в своїй штаб-квартирі у Вашингтоні. Під час заходу представники НАСА оголосили про найважливіше відкриття в історії пошуку позаземного життя.

Теоретично, на них можуть бути умови, які з точки зору сучасної науки є придатними для життя [4].

Перші три планети навколо TRAPPIST-1 були відкриті ще в травні 2016 року. Решта чотири за минулий рік вдалося розгледіти за допомогою наземних телескопів і знімків орбітального телескопа «Спітцер».

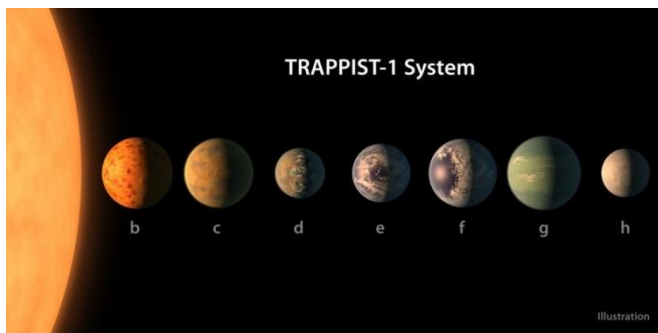


Рис. 21. Знайдено сім екзопланет, які обертаються навколо одиночної зірки TRAPPIST-1

Деякі дані були отримані завдяки знімкам орбітального телескопа «Хаббл». Основні надії вчені покладають на «Джеймс Вебб» — спадкоємця «Хаббл», набагато потужнішого, що буде запущений в 2018 році.

З його допомогою стане можливим отримати знімки, на яких буде видно наявність атмосфери на планетах. І навіть зробити висновки про її склад. За попередніми спостереженнями на відкритих екзопланетах є ключові фактори виникнення життя — вода і кисень [6].



Рис. 22. Життя на планетах навколо зорі TRAPPIST-1 в уяві художника [6]

Довести чи спросувати це нам допоможе Телескоп «Хаббл» та його наступник — орбітальна обсерваторія «Джеймс Вебб»

Термін її роботи т складе не менше 5 років. Він стане самим потужним космічним телескопом з коли-небудь побудованих.

### **Роль телескопа «Хаббл» у розвитку сучасної астрономічної науки**

Телескоп «Хаббл» — унікальна орбітальна обсерваторія, найбільша серед запущених в космос у ХХ сторіччі. Він не єдиний космічний телескоп, проте результати його досліджень вирізняються своєю унікальністю.

Завдяки цьому апарату вдалось здійснити низку важливих відкриттів, що вплинули на розвиток астрономічної науки, розкрили нові можливості у дослідженні космічних глибин. Створення і функціонування телескопа, незважаючи на численні ремонтні роботи, довело колосальні можливості і перспективи людства у космічній галузі.

Телескоп «Хаббл» дозволив спостерігати тисячі небесних об'єктів. За допомогою «Хаббла» було здійснено 10 найважливіших відкриттів в астрономії, які змінили погляд вчених на значну кількість космічних явищ, дали змогу зробити чимало уточнень і спростувати або підтвердити існуючі гіпотези.

«Хаббл» дав можливість реєструвати електромагнітне випромінювання в інфрачервоному діапазоні для якого земна атмосфера непрозора. Його роздільна здатність в 7—10 разів більша, ніж аналогічного телескопа, розташованого на Землі.

Важливим є і той факт, що вчені всього світу мають вільний доступ до результатів спостереження телескопа і можуть їх використовувати у своїй науковій практиці. Вченим близько 40 країн він дозволив опублікувати тисячі наукових робіт. Чимало інформації ще очікує на систематизацію та аналіз. Нові астрономічні відкриття не забаряться. Отже, телескоп «Хаббл» у повній мірі виконує важливу космічну місію і чекає на свого гідного наступника.

Його знахідки, відкривають нам, юним астрономам, таємниці далекого космосу.

### **Список літератури**

1. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Габбл\\_\(телескоп\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Габбл_(телескоп))
2. <http://galinaokhotnik.ucoz.ru/index/kometi/0-48>
3. [http://elementy.ru/nauchno-populyarnaya\\_biblioteka/430370/Desyat\\_vazhneyshikh\\_otkrytiy\\_Khabbla](http://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/430370/Desyat_vazhneyshikh_otkrytiy_Khabbla)
4. <https://ria.ru/science/20151217/1343812905.html>

5. <http://ny.ua/ukr/techno/science/nasa-ekzoplaneti-inoplanetjani-vse-shcho-potribno-znati-pro-guchne-vidkrittja-amerikanskih-uchenih-694158.html>

6. <http://telegraf.com.ua/nauka/3113792-habbl-sdelal-snimok-svetiliz-sozvezdiya-streltsa.html>

Основним аспектом роботи є збір та узагальнення інформації про телескоп «Хаббл», а саме: історію його створення, функціонування, основні відкриття, їх значення та вплив на розвиток сучасної астрономічної науки.

**Ключові слова:** рефлектор, телескоп «Хаббл», спектрограф, аберація, екзопланети, агонія зірок, чорні діри, вік Всесвіту, галактика TELESCOPE «HUBBLE», ITS HISTORY AND DISCOVERY

**Aleksej Brodz**

The main aspect of this work is to collect and compile information on the telescope "Hubble", namely the history of its creation, operations, major discoveries and their impact on the development of modern astronomical science.

**Keywords:** reflector, telescope «Hubble», spectrograph, aberration, exoplanets, agony stars, black holes, age of Universe, galaxy

## ЕКЗОПЛАНЕТИ: ІСТОРІЯ ВІДКРИТТЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ

**Вікторія Бойко, Вікторія Думенко**

**Постановка проблеми.** Однією з найважливіших проблем, пов'язаних з астрономічними дослідженнями була і є проблема, що стосується пошуку життя на позаземних космічних об'єктах. Вирішення проблеми пов'язано з пошуком і відкриттям екзопланет, яке особливо актуальним є в наш час стрімкого розвитку технічних можливостей. Дослідження Всесвіту без сумніву стане однією з найбільш захоплюючих сторінок наукових пошуків 21 століття.

**Мета статті:** проаналізувати історію дослідження екзопланет та обґрунтувати наслідки космічних відкриттів для земного життя.

**Виклад основного матеріалу.** Екзопланета (*дав.-гр. εξω, εχω – поза, ззовні*) або позасонцева планета – планета, що обертається навколо іншої зірки або дрейфує космічним простором (тобто не належить до планетарної системи) [2].

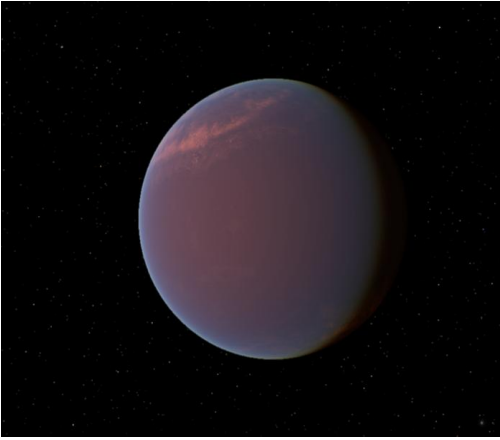


Рис.1. Червоний карлик Глізе 1214 (в уявленні художника). Відкриті 16 грудня 2009 року

Для того щоб якесь небесне тіло можна було вважати планетою, воно повинно задовольняти трьом вимогам. По-перше, воно повинно обертатися навколо зірки (навколо Сонця, а якщо навколо іншої зірки - це як раз таки буде екзопланета (рис.1)). Але на прикладі нашої Сонячної системи ми знаємо, що навколо Сонця обертається ще багато чого - наприклад, пояс метеоритів. Тому існує по-друге: маса планети повинна бути меншою за масу зірки, але більша за масу астероїда,

інакше власної гравітації буде недостатньо для того, щоб небесне тіло мало сферичну форму. Нарешті, по-третє, поблизу орбіти планети має бути простір, вільний від інших тіл. Саме через це Плутон в 2006 році перейменували з планети в карликову планету - поруч з його орбітою багато схожих тіл, просто Плутон - одне з найбільших [1].

Незважаючи на те що зірок на небі дуже багато і за аналогією з Сонячною системою може здатися, що навколо них має бути повно екзопланет, зараз науці відомо всього лише трохи більше 2000 об'єктів такого роду. Та й взагалі наука почала займатися ними відносно недавно - близько 20 років тому, але витoki досліджень почалися ще з давніх уявлень.

Так в ученні Анаксимандра з Мілета, еллінського мислителя VI століття до Різдва Христового, міститься натяк, певний здогад про можливість виокремлення з «безмежного» більш як одного світу. Згодом філософи-атомісти в V столітті до н.е. розвинули його ідеї і стали першими, хто запропонував множинність світів у Всесвіті (раніших письмових свідчень не збереглося).



Рис.2. Джордано Бруно

далі, урівнявши зорі з Сонцем й припустивши наявність у них своїх Земель і навіть — розумних істот, що їх заселяють. Уже 1686 року Іссак Ньютон у своїй праці «Головна схолія», виходячи з прикладу планет Сонця, написав: «І якщо нерухомі зірки є центрами подібних систем, усі вони будуть побудовані відповідно до аналогічної конструкції і за тими самими законами». Цей видатний англійський природодослідник XVII століття вплинув на модерну екзопланетологію: саме його досліди із світловим спектром лягли в основу доплерівського методу; він же наприкінці 1668 року збудував перший телескоп-рефлектор, вивівши тогочасні телескопи на новий рівень. Проте як і Бруно, Ньютон був містиком, вірив у позаземні цивілізації, вважав населеним живими істотами і Сонце [2].

1855 року капітана Вільяма Стефана Джейкоба, астроном Мадраської обсерваторії

І лише з настанням XVI століття у світобаченні людства почалися докорінні й незворотні зміни. 1543 року польський астроном Миколай Коперник опублікував трактат «Про обертання небесних сфер», — де вперше був публічно відкинуто геоцентризм. Дослідник зазначав, що відсутність видимих паралаксів зірок указує на їхню далеку відстань від Землі, значно більшу від сусідніх планет [2].

Один із перших прихильників його теорії, — італійський філософ і поет Джордано Бруно (рис.2), — пішов

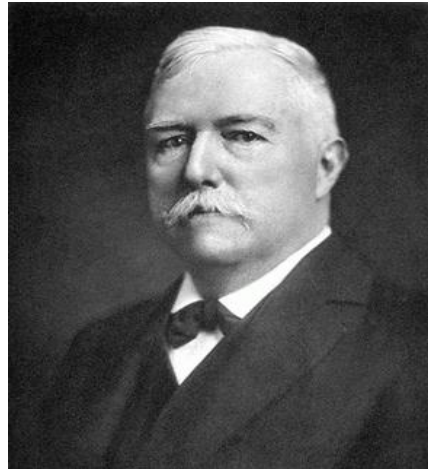


Рис.3. Едуард Бернард

повідомив про можливість існування планетної системи в іншій зірці. Він наголосив на «високій імовірності» перебування планетного тіла в подвійній системі Змієноця. У дев'яності роки XIX століття астроном Томас Джефферсон Джексон Сі з Чиказького університету й Військово-морська обсерваторія США підтвердили наявність у системі Змієноця несамосвітного тіла (невидимого супутника) з періодом обертання в 36 років (результати досліджень були опубліковані в *Astronomical Journal*). Однак розрахунки американця Фореста Рея Мультона довели нетривкість подібної системи і спростовували висновки Сі (обстоювання ідеї існування планетного супутника в подвійній зорі коштувало вченому репутації і вкрай негативно позначилося на його кар'єрі). Станом на 2015 існування планетної системи в зірці Змієноця не визнається наукою. [2].

Перші спроби виявити екзопланети пов'язані зі спостереженнями за положенням близьких зірок. У 1916 американський астроном Едуард Барнард (рис.3) (1857-1923) виявив, що слабенька червона зірочка у сузір'ї Змієноця швидко переміщується по небу відносно інших зірок - на 10 кут. секунд на рік. Астрономи назвали її Легкою зіркою Барнарда. Хоча всі зірки хаотично переміщуються в просторі зі швидкостями 20-50 км / с, при спостереженні з великої відстані ці переміщення залишаються практично непомітними. Зірка Барнарда - вельми звичайне світило, тому виникла підозра, що причиною її спостережуваного «польоту» служить не особливо велика швидкість, а просто незвичайна близькість до нас. Дійсно, зірка Барнарда опинилася на другому місці від Сонця після системи Альфа Кентавра.

Маса зірки Барнарда майже в 7 разів менше маси Сонця, тому вплив на неї сусідів-планет (якщо вони є) повинно бути дуже помітним. Понад



Рис.4. Телескоп «Габбл» після сервісного обслуговування 1997 року

півстоліття, починаючи з 1938, вивчав рух цієї зірки американський астроном Пітер ван де Камп (1901-1995). Він виміряв її положення на тисячах фотопластинок і заявив, що у зірки виявляється хвилеподібна траєкторія з амплітудою коливань близько 0,02 кут. сек., отже навколо неї обертається невидимий супутник. З розрахунків П. ван де Кампа випливало, що маса супутника трохи більша за масу Юпітера, а радіус його орбіти 4,4 а.о. На початку 1960-х років це повідомлення облетіло весь світ. Але не всі астрономи погодилися з висновками П. ван де Кампа. Продовжуючи спостереження і збільшуючи точність вимірювань, Дж.Гейтвуд (G. Gatewood) і його колеги до 1973 з'ясували, що зірка Барнарда рухається рівно, без коливань, а значить масивних планет в якості супутників не має. Однак ці ж роботи принесли і нову знахідку: були помічені зигзаги в русі п'ятої від Сонця зірки Лаланд-21185. Зараз вже отримані вагомі доводи, що навколо цієї зірки обертаються дві планети: одна з періодом 30 років (маса 1,6 Мю, радіус орбіти 10 а.о.) і друга з періодом 6 років (0,9 Мю, 2,5 а. е.). [3]. Також і космічний телескоп Габбл (рис.4) зробив дуже точні (до 0,001 кутової секунди) астрометричні виміри Зорі Барнарда, не виявивши жодного коливання, продемо-нструвавши неспроможність наземних і неспеціалізованих космічних обсерваторій виявляти в цей спосіб планети навіть біля щонайближчих зір [2].

Пошук екзопланет – планет за межами Сонячної системи у 1990-х роках стало важливим етапом розвитку космогонії і поставило нові проблеми щодо структури планетних систем.

Зараз дуже складно сказати, в якому саме році відкрили першу екзопланету. У 1989 році була виявлена надмасивна чи то екзопланета, чи коричневий карлик (тут поки немає визначеності), але її існування підтвердили тільки в 1999-му році, тобто через 10 років після виявлення. Ну а в 1988-му була знайдена екзопланета в сузір'ї Цефея, але те, що це дійсно планета, було підтверджено також через великий проміжок часу (лише в 2002-му) [2]. Також відомим стало відкриття у 1993-му польським астрономом Олександром Вольщановим, який виявив щось на зразок екзопланети біля нейтронної зірки, але оскільки нейтронна зірка - не зовсім зірка, то і знайдений об'єкт не можна в повній мірі вважати екзопланетою.

Тому говоритимемо, що першим стало відкриття саме в 1995-му - саме тоді швейцарські вчені Майор і Келос з точністю довели, що на орбіті зірки Рег 51 є планета, що нагадує Юпітер. Вони побудували оптичний спектрометр, який визначає доплерівське зміщення ліній з



точністю до 13 м / с. Цікаво, що американські астрономи під керівництвом Джеффри Марсі (G. Marcy) створили подібний прилад раніше і в 1987 приступили до систематичного виміру швидкостей



Рис.5. Крабоподібна туманність з пульсаром у центрі

Сонця зір. Цим методом (за даними електронного каталогу exoplanet.eu) на початок 2015 р. було відкрито близько 600 екзопланет.

Ще 17 екзопланет було виявлено на орбітах нейтронних зір-пульсарів – це «замагнічені» нейтронні зорі, які дуже швидко обертаються навколо своїх осей (рис.5), за затримкою їх радіоімпульсів, що також спричинена тяжінням планети [7, с. 239]. Якщо промінь зору лежить у площині орбіти екзопланети, при проходженні планети по диску зорі можливо зареєструвати тимчасове послаблення блиску зорі.

декількох сотень зірок, але їм не пощастило зробити відкриття першими. [3].

Перші екзопланети були відкриті на основі точних вимірювань променевих швидкостей зір. Такі вимірювання дозволили виявити зміщення зорі, що викликається тяжінням планети. Метод променевих швидкостей найбільш ефективний для виявлення масивних екзопланет на низьких орбітах близьких до

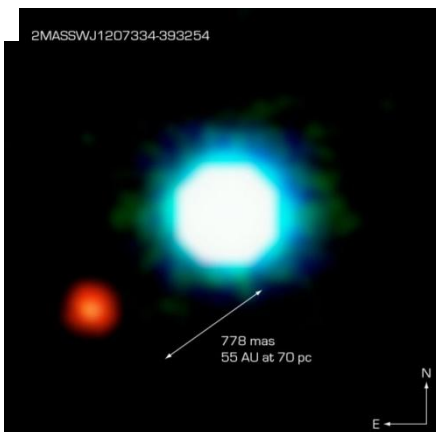


Рис. 6. Зірка 2M1207 (блакитного кольору) і об'єкт 2M1207 b (червоного кольору). Перший знімок екзопланети

На цьому явищі ґрунтується інший ефективний метод відкриття екзопланет - метод затемнень. У результаті спостережень спеціалізованих космічних телескопів Kepler і COROT кількість екзопланет, відкритих цим методом, перевищила дві тисячі, причому велика кількість з них була підтверджена також методом променевих швидкостей. Окрім того, вже для 70 екзопланет у близьких зір вдалося отримати зображення планети (рис.6), а для кількох планет - навіть спектр атмосфери. Ще один метод відкриття екзопланет використовує явище гравітаційного мікролінзування. Якщо промінь зору далекої зорі перетне інша зоря (лінзуюча), що має планету, наявність екзопланети можна виявити за характерною несиметричною кривою блиску. Метод гравітаційного мікролінзування дозволяє відкривати екзопланети на великих відстанях (тисячі світлових років), але не допускає повторних спостережень. Цим методом відкрито 16 екзопланет [4]. Методом прямих спостережень ми можемо побачити планету поряд з іншою зіркою, подібно до того, як бачимо планети нашої зоряної системи. Зробити це дуже складно через величезний контраст яскравості між зорею й планетою. Спостереження планет, що претендують на наукову цінність, потребують достатньо потужних інструментів [7, с. 174]. У листопаді 2008 було опубліковано дві роботи про відкриття, зроблені за допомогою цього методу (щоправда, тоді молоді планети було знайдено не за відбитим світлом зірки, а за власним тепловим випромінюванням).

Найстарішим методом є астрометричний. Саме в такий спосіб дослідники вперше почали пошук планет поза Сонячною системою півстоліття тому. Заснований на спостереженнях за змінами власного руху зорі під гравітаційним впливом планети. За допомогою астрометрії виявлено



Рис.7. Космічний телескоп «Спітцер» до старту

деяку кількість подвійних зір та маси деяких екзопланет було визначено точніше, однак, станом на поточний момент є лише одне підтвержене відкриття — HD 176051 b в сузір'ї Ліри [2]. Радіус її орбіти вкрай малий. Вона розташована ближче до свого світила, ніж Меркурій до нашого Сонця. Це планетарне тіло являє собою розпечене пекло. Але існує й інша причина, що робить виживання тут неможливим. На поверхні планети лютують найпотужніші бурі, що не мають кінця. Помітити ці вітри в телескопи із Землі цілком можливо. Але зафіксувати їх змогли лише надчутливі камери космічного телескопу НАСА «Спітцер» (рис.7), які не використовують видиме світло, а працюють виключно в інфрачервоному діапазоні. Така технологія дає унікальну можливість помітити світіння планети, що знаходиться на орбіті зірки.

Перевага дослідження Всесвіту в інфрачервоному діапазоні полягає в тому, що стає можливим розгледіти навіть внутрішній жар планети на тлі яскравого світіння зірки. Завдяки «Спітцеру» вдалося скласти першу в історії погодну карту планетарного тіла, що знаходиться поза межами Сонячної системи. Це стало революційним проривом і технологічним тріумфом людства. На цій карті чітко видно різницю температур і помітні поліруючі поверхню планети HD189733b вітри колосальної сили. Але це ще не найдивніше.



Рис.8. Сегменти дзеркала телескопа Джеймса Вебба

Найбільш спекотна точка планети розташовується не там, де повинна бути згідно із законами фізики, термодинаміки і небесної механіки. Одна сторона HD189733b постійно повернена до зірки, так що її центр повинен бути найжаркішою точкою планети. Однак це не так. Якась сила зміщує цю точку в сторону. Для цього необхідна просто неймовірна потужність, враховуючи колосальну масу планети.

Лише урагани швидкістю в 10 000 км / год, які ніколи не припиняються, здатні на це. Бурі, що постійно вирують в цьому пекельному світі, в двадцять разів сильніші самих руйнівних земних

ураганів, смерчів, торнадо і у вісім разів перевищують швидкість звуку. Маленькі зрушення ізотермічних ліній на погодній карті незнайомої і екстремальної планети – незаперечний доказ, що тут вирують надзвукові вітри [5].

Сучасний рівень технологічного розвитку (рис.8) дозволяє

виявляти нові планети з приголомшливою

частотою – приблизно по одній в тиждень. Кожна з них може виявитися райським

куточком земного типу. Але чим більше ми дізнаємося про ці світи, тим більше жахливим місцем вони здаються. Деякі екзопла-

нети настільки спекотні, що мова йде не про те що тут неможливе життя а про те що вони по всіх відомих нам законам природи навіть не повинні існувати.

Удосконалення обладнання, передовсім у галузі спектроскопії високої роздільної здатності, призвело до швидкого виявлення багатьох нових екзопланет. Астрономи навчилися фіксувати позасонцеві планети побічно — шляхом вимірювання їхнього гравітаційного впливу на рух батьківських зірок. Окрім цього їх знаходили, спостерігаючи за зміною видимої світності зірки, коли між світилом і спостерігачем проходить шукана планета. 2004 року, з виготовленням новітніх спектрографів, удалося підвищити точність виміру променевої швидкості до 1 метру на секунду, що дозволило відкрити цілковито новий клас об'єктів — так звані «гарячі нептун» з масами порядку 15 мас Землі. У серпні 2004-го свої досягнення одночасно оприлюднили європейські і американські астрономи. Дослідники зі Старого світу послуговувались спектрографом HARPS, установленим на 3,6 метровому телескопі в Ла-Сильї. Американці використовували в телескоп Hobby-Eberly (HET) в обсерваторії Мак-Дональд у Техасі (рік потому було виявлено десяток «гарячих нептунів»). Старання пошуковців були спрямовані насамперед на виявлення кам'янистих, подібних до Землі планет, на які б могла

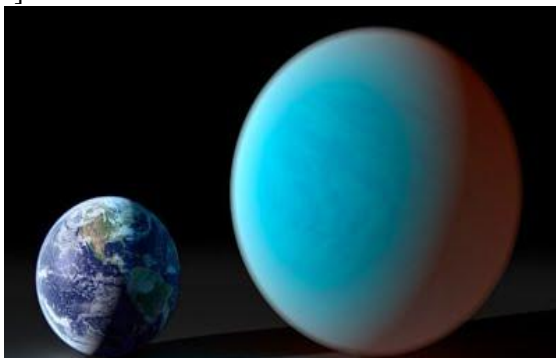


Рис.9. Мю Жертовника у порівнянні з розмірами Землі

ступити нога космонавта. 25 серпня 2004 повідомили про відкриття першої такої в системі зірки Мю Жертовника, її назвали Мю Жертовника (рис.9). Планета має масу від 10,55 до 14 земних (далі  $M_3$ ), обертається навколо світила за 9,55 діб і перебуває від рідної зірки за 0,09 а. о. Температура на її поверхні — близько 900 К. На початку 2005 було відкрито наступні 12 планет. Серед них шість — газові гіганти. Серед інших шести одна є найменшою з-поміж усіх відомих екзопланет. Вона вп'ятеро менша за розмірами від Плутона. Відкрити її допомогло те, що зірка, навколо якої оберталася планета — пульсар. Планета викликала періодичні нерівномірності випромінювання пульсара, завдяки чому її було знайдено [2].

11 квітня 2005 (підтверджено 6 листопада 2007-го) американські астрономи відкрили 55 Рака f — п'яту екзопланету в системі 55 Рака, що зробило її найбільшою з відомих. 13 червня 2005-го група Еугенію Рівери оголосила про відкриття планети Глізе 876 d масою 7,5 мас Землі. Вираховане за доплерівським методом небесне тіло (згодом зараховане до класу «надземель») стало першою відомою позасонцевою планетою з твердою поверхнею.

Відкрита у 2017 році зірка TRAPPIST-1 (рис. 10) в сузір'ї Водолія виявилася господинею відразу семи аналогів Землі, причому три з них знаходяться в центрі "зони життя" і, ймовірно мають воду і густу атмосферу. Незвичайна зоряна система TRAPPIST-1 віддалена від Землі всього на 40 світлових років у бік сузір'я Водолія.

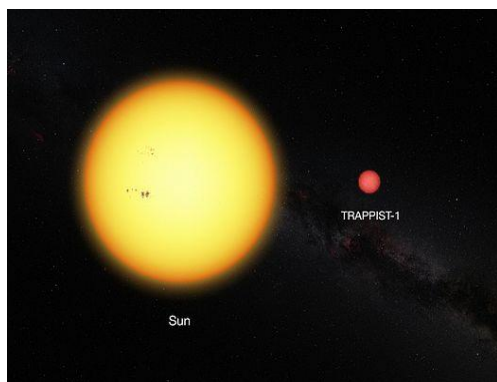


Рис.10. Порівняння розмірів сонця і зірки TRAPPIST-1 в сузір'ї Водолія

У системі знаходяться кам'янисті планети, які схожі на Землю, а також вчені натякають на наявність води, кисню і вуглекислоти в їх атмосферах. Астрономи вивчали властивості цих планет, спостерігаючи за зоряною системою за допомогою телескопа TRAPPIST в Чилі і орбітального телескопа "Спітцер". Завдяки тривалим спостереженням планетологам вперше

вдалося дуже точно виміряти і діаметр і масу шести з семи планет і отримати деякі дані про склад їх атмосфери. Всі планети за розміром схожі з Землею – їх радіус становить від 0,7 до 1,08 радіуса нашої планети, а маса – від 0,41 до 1,38. Відповідно, їх щільність дорівнює земній або трохи нижче за неї, що говорить про їх кам'янисту природу або про те, що вони є планетами-океанами. Але на відміну від Землі, "сім сестер" (рис. 11) обертаються по дуже тісній орбіті навколо TRAPPIST-1 – рік на них триває від півтора дня до приблизно двох тижнів. Навіть остання планета системи, TRAPPIST-1h розташовується приблизно в чотири рази ближче до зірки, ніж Меркурій підходить до Сонця. При цьому майже на всіх планетах має існувати земна або марсоподібна погода з середніми температурами поверхні близько нуля або 20-30 градусів морозу. Тільки перші дві планети "вибиваються" з цього тренду – температури на них перевищують 70-100 градусів Цельсія, що, ймовірно, робить їх більш схожими на Венеру, ніж на Землю. Якщо говорити про ймовірності розвитку життя, то на цю роль поки найбільше претендують три центральні планети – d, e і f. Найбільші шанси на зародження життя є у планети f, клімат якої досить м'який і прохолодний для того, щоб на ній могла існувати вода та органіка. Перші досто- вірні відомо-сті щодо її населеності можуть бути отримані в "межах нинішнього десятиліття", - вважають вчені. [6].

**Висновок.** Відкриття екзопланет відкрило перед людством шляхи для небаченого поступу. Потреби промисловості в перспективі

задовольняють  
необмежені  
ресурси  
космосу —  
корисні  
копалини і  
потенційне  
паливо;  
придатні для  
заселення світу,  
які можливо  
колонізують  
наші далекі  
нащадки,

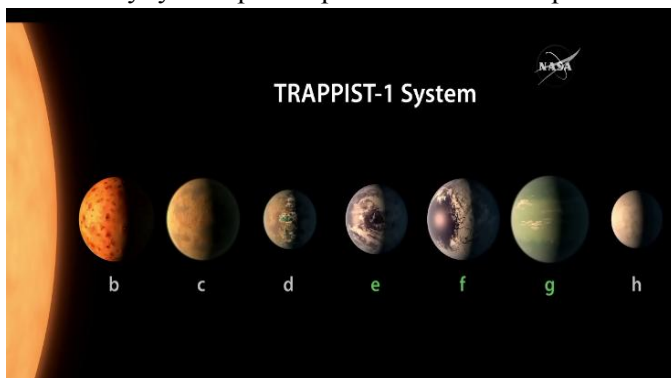


Рис.11. Схематичне зображення системи планет TRAPPIST із сайту NASA

назавжди розв'яжуть проблему демографічного зростання, навіть евакуації у випадку планетарної катастрофи.

Проте придатні для життя планети знаходяться на відстанях в десятки і сотні світлових років. Подолання таких відстаней потребує технічних можливостей недосяжних на сучасному етапі розвитку техніки і науки.

### Список літератури

1. Экзопланеты: как их открывают и изучают/ Сайт [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://blog.kaspersky.ru>
2. Экзопланета/ Сайт [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://uk.wikipedia.org>
3. Экзопланети історія відкриття та сучасні досягнення / Сайт [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://ua-referat.com>
4. Астрономія/Екзопланети / Сайт [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://uk.wikibooks.org>
5. Экзопланети/ Сайт [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://daleki-zori.com.ua/glibokiy-kosmos/ekzoplaneti>
6. Ймовірне життя в системі Водолія: що потрібно знати про відкриті NASA екзопланети / Сайт [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://tsn.ua>
7. Астрономія: навчальний посібник/ І. А. Климишин, Г. О. Гарбузов, Б. О. Мурніков, Т. І. Кабанова. – Одеса: Астропринт, 2012. – 352 с.

У статті показано історію дослідження екзопланет та обґрунтовано наслідки космічних відкриттів для земного життя.

**Ключові слова:** планети, екзопланети, життя на інших планетах, зірки, нейтронні зірки

EXOPLANETS: HISTORY OPENING AND RESEARCH

**Viktoriya Bojko, Viktoriya Dumenko**

The article shows the history of the study of exoplanets and reasonable consequences of space open for mortality.

**Keywords:** planets, exoplanets, life on other planets, stars, neutron stars



## СПОСТЕРЕЖЕННЯ МІСЯЦЯ: ІСТОРІЯ, РІДКІСНІ ЯВИЩА

**Вікторія Черниш, Вікторія Думенко**

Спостереження Місяця – одне з найдавніших астрономічних спостережень, що пов'язано з використанням астрономічних знань для практичних потреб людини. В першу чергу це вимірювання великих проміжків часу та створення календарів. Хоча не зменшується інтерес до спостережень місячних затемнень, рельєфу місячної поверхні та рідкісних явищ на поверхні Місяця.

### **Історія спостережень Місяця.**

Древні вавілоняни спостерігали зміну фаз Місяця, обчислювали час обертання Місяця навколо Землі з такою точністю, що сьогодні вчені з використанням сучасних засобів, виправили цю величину усього лише на 0,4 секунд. Хоча древні жителі Межиріччя не мали ні кутомірних інструментів, ні годинників - хронометрів.

У другому столітті до н.е. Гіппарх визначив нахил місячної орбіти до площини екліптики і вивів ряд особливостей руху Місяця. Він створив теорію сонячних і місячних затемнень.

Теорію Гіппарха про рух Місяця навколо Землі удосконалив в II столітті Птолемей, що присвятив їй одну зі своїх книг твору "Альмагест". Надалі вона удосконалювалася, але після відкриття Ісааком Ньютоном теорії всесвітнього тяжіння, ця теорія стала динамічною.

Першим ученим, що зробив детальний опис Місячної поверхні, був Галілео Галілей. Він першим започаткував телескопічні спостереження в 1610р. За допомогою телескопа Галілей виявив гори і кратери на Місяці. Йому також належить метод визначення висоти місячних гір.

Згодом, за багаторічними спостереженнями були складені детальні карти Місячної поверхні. Перші такі карти видав Я.Гевелій в 1647р. Зберігши назви "моря" він присвоїв назви найголовнішим Місячним хребтам, за аналогічними земними об'єктами: Апенніни, Кавказ, Альпи.

У 1615р. Італійський астроном Джованні Річоллі опублікував карту Місяця і ввів позначення більшої частини рельєфу видимої сторони супутника. Саме цим дослідженням зобов'язані своїми назвами моря Тиші, Спокою, Дощів, кратери Коперника і Тихо. Ім'ям Галілея із-за його напружених стосунків з церквою, був названий лише



невеликий кратер діаметром біля 15км. Ці назви збереглися на Місячних картах і до сьогодні, причому додані багато нових імен видатних людей, пізнішого часу. Детальні і точні карти місяця були складені за телескопічними спостереженнями в XIX столітті німецькими астрономами І.Медлером, Й.Шмідтом та ін.



Рис.1. Спостереження Галілея



Рис.2 Перші карти Місяця

Карти склалися в ортографічній проекції для середньої фази лібрації, тобто приблизно якій видно Місяць із Землі. У кінці XIX століття почалися фотографічні спостереження Місяця. У 1896-1910рр. був виданий Великий атлас Місяця французькими астрономами М.Леві і П. Пьюзе по фотографіях, отриманих на Паризькій обсерваторії. Пізніше фотографічний альбом був випущений Лікською обсерваторією в США, а в середині XX століття Д.Койпер склав декілька детальних атласів фотографії Місяця, отриманих на різних телескопах різних астрономічних обсерваторій.



Місячний рельєф був з'ясований в результаті багаторічних телескопічних спостережень. Структура поверхні Місяця був вивчена в основному фотометричними і поляриметричними спостереженнями, доповненими радіоастрономічними дослідженнями.

Рис.3 Спостереження 5.04.2017

Основні явища, пов'язані із рухом Місяця: місячні затемнення, зміна фаз Місяця, спостереження рельєфу Місяця цікавлять астрономів і на сьогодні.

#### Фази Місяця.

Для спостережень можна використати можливості віртуальних планетаріїв. За останні роки спостерігалися цікаві і рідкісні явища, які варто розглянути.

31 липня 2015 року земляни могли побачити рідкісне явище - "блакитний Місяць". Попереднього разу це відбувалося в 2012 році, а наступного разу - лише в 2018 році. Під терміном "блакитний Місяць" учені розуміють другий повний Місяць за місяць. Зазвичай впродовж року відбувається дванадцять повних Місяців - по одному за місяць. Проте раз в 2,7 року виникає тринадцятий повний Місяць - рідкісний "блакитний". При цьому його далеко не завжди можна побачити всюди. Наприклад, 30 березня 2010 року "блакитний місяць" був доступний тільки в часових поясах на схід від UTC+07.

Видовищну картину можна було спостерігати в небі 14 листопада 2016 року - суперМісяць. Це астрономічне явище, що відбувається під час збігу повного Місяця або молодого з перигеєм - моментом, коли Місяць зближується із Землею.



Рис. 4. Блакитний Місяць 31.07.2015 р.

Цей великий Місяць був цікавий ще і тим, що супутник Землі в цю ніч був найбільшим не тільки в цьому році, але також і в усьому XXI столітті.

Великий Місяць, зафіксований 14 листопада, є вже другим у 2016 році. Однак востаннє супутник Землі наближався настільки близько до нашої планети лише в 1948 році. Подібне явище можна буде спостерігати тепер лише 25 листопада 2034 року.



Рис.5. Спостереження СуперМісяця 14.11.2016 р.

За інформацією ряду зарубіжних ЗМІ, великий Місяць спровокував землетрус у Новій Зеландії. Найпотужніші підземні поштовхи магнітудою 7,9 спостерігалися за 95 кілометрів від міста Крайстчерч на глибині 10 кілометрів. Там зруйновано багато будинків, обірвані лінії електропередач.



Рис. 6. Спостереження затемнення Місяця 11 лютого 2017 року

Також повідомляється, що на Південний острів прийшло цунамі. На щастя, висота хвиль була незначною. Ще один землетрус магнітудою 5,9 відчули жителі Аргентини.

У 2017 році буде спостерігатись два місячних затемнення: 11 лютого та 7 серпня.



Рис.7. Спостереження затемнення Місяця 11 лютого 2017 року за допомогою віртуального планетарію.

В ніч із 10 на 11 лютого Місяць потрапив у півтінь планети тільки частково, тому затемнення було неповним. Відбуваються повні напівтіньові затемнення рідко: попереднє було в 2006 р., а наступне очікується тільки в 2042 р.

Весь час тривалості цього затемнення було відтворено з допомогою віртуального планетарію.

**Висновок.** У роботі розглянуто основні історичні аспекти, пов'язані зі спостереженням Місяця від найдавніших часів до сьогодні. Представлено результати спостережень місячного затемнення, «блакитного» Місяця, «супер» Місяця за останні роки. Продемонстровано застосування можливостей сучасних віртуальних планетарії для спостережень Місяця.

## Список літератури

1. Дагаєв М. М. Наблюдения звездного неба / М. М. Дагаєв – М. : Наука, 1988. – 176 с.

2. Шевченко В.В. Луна и ее наблюдения / В.В.Шевченко – М. : Наука; Гл. ред; физ.-мат. лит., 1983. – 192 с.

У статті розглянуті історичні аспекти спостережень Місяця. Представлено результати спостережень місячних затемнень та можливості віртуальних планетаріїв.

**Ключові слова:** Місяць, затемнення Місяця, віртуальні планетарії, зоряне небо

#### OBSERVATIONS OF THE MOON: A HISTORY, A RARE PHENOMENON

**Viktoriya Chernysh, Viktoriya Dumenko**

The article considers historical aspects of lunar observations. The results of observations of the lunar eclipses and the possibility of a virtual planetarium.

**Keywords:** Moon, lunar Eclipse, virtual planetariums, starry sky

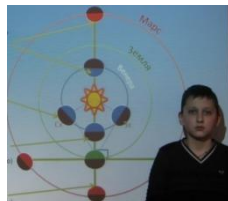
#### ОСОБЛИВОСТІ РОЗТАШУВАНЬ ТА СПОСТЕРЕЖЕНЬ ПЛАНЕТ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ

**Ярослав Федченко**

Вивчаючи астрономію, я зацікавився чому одні планети видно всю ніч, інші тільки звечора або зранку, а протягом ночі їх не видно на зоряному небі взагалі. Щоб відшукати планети на небі необхідно знати особливості їх розташування та час, сприятливий для їх спостережень.

Працюючи над цією темою, я проаналізував багато астрономічної інформації, провів ряд спостережень.

З допомогою рухомої карти зоряного неба визначав розташування Сонця, час його сходу та заходу, видимість сузір'їв у певний час доби. Комп'ютерна програма «Stellarium» дає можливість проводити псевдоспостереження у будь який час та в будь якій точці Землі. Вивчивши і систематизувавши інформацію про розташування та видимість планет Сонячної системи, я проводив їх спостереження неозброєним оком та в телескоп. Результати спостережень занотовував у таблиці.



Для того, щоб мої напрацювання можна було використати на уроках астрономії, а особливо при спостереженнях, розробив його електронну презентацію.

### **Розвиток поняття про світобудову**

З давніх-давен небо вражало уяву людей своєю загадковістю, але багато століть воно залишалось для них недосяжним, а тому священним. Фантазія людей населила небо могутніми істотами — богами, які начебто керують світом і навіть вирішують долю кожної людини. Нічне сяйво зір зачаровувало людей, тому вигадки прадавніх астрономів об'єднали окремі зорі у фігури людей, тварин, предметів — так з'явилися малюнки і назви сузір'їв. Світила, які рухаються серед зір, — назвали планетами (планета з грецької — блукаюча).

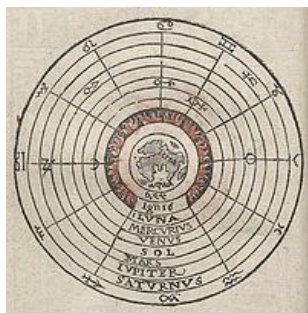


Рис. 1. Давньогрецький філософ Клавдій Птолемей (90-160 роки) та його геоцентрична система світу

Перші спроби пояснити таємничі небесні явища були зроблені ще до початку нашої ери в Давньому Єгипті понад 4000 років тому та у Давній Греції. Єгипетські жерці склали перші карти зоряного неба та дали назви планетам. Великий давньогрецький філософ і математик Піфагор у VI ст. до н. е. висунув ідею, що Земля має форму кулі й «висить» у просторі, ні на що не опираючись [1]. Саме він у II ст. створив систему світу, в якій Земля розміщується в центрі Всесвіту.

За Птолемеєм Землю у просторі оточують 8 сфер, на яких розташовані Місяць, Сонце та 5 відомих у ті часи планет: Меркурій, Венера, Марс, Юпітер і Сатурн. На 8-й сфері розміщуються зорі, які з'єднані між собою і обертаються навколо Землі як єдине ціле.

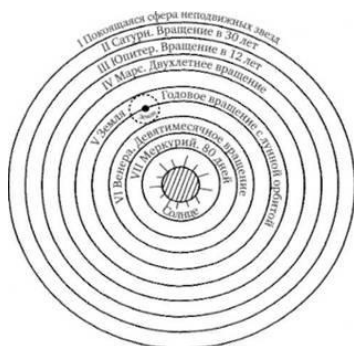


Рис. 2. Геліоцентрична система світу запропонована польським астроном Миколаєм Коперником (1473-1543)

У XVI ст. він довів, що систему світу є геліоцентричною, тобто в її центрі розташоване Сонце, а Земля — рядова планета як і інші планети. Вони обертаються навколо Сонця по колових орбітах.

Геніальність відкритої Коперником геліоцентричної системи світу полягала в тому, що він, зруйнувавши межу між небом і Землею, висунув гіпотезу, що у Всесвіті діють ті самі закони, які справедливі як на Землі, так і в космосі [1].

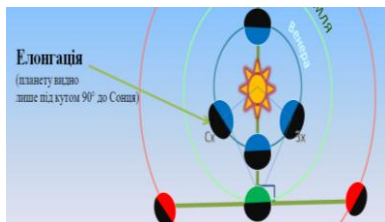


Рис. 3. Елонгація (відхилення) – це розташування планети, під час якого кут ЗПС (Земля Планета Сонце) складає  $90^{\circ}$  до Сонця.

### Конфігурації планет

Конфігурації – це характерні розміщення планет та Сонця.

Існує декілька видів конфігурацій. Ось як вони виглядають:

1. Східна елонгація - це положення планети східніше Сонця. Планету видно на вечірньому небосхилі після заходу Сонця
2. Західна елонгація - це положення планети західніше Сонця. Планету видно на ранішньому небосхилі до сходу Сонця.

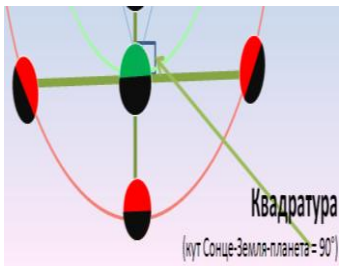


Рис. 4. Квадратура – коли кут Сонце Земля Планета дорівнює  $90^{\circ}$

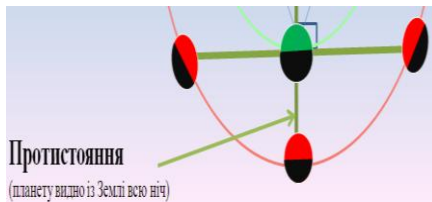


Рис. 5. Протистояння - такий вид конфігурації, коли планету видно з Землі цілу ніч у протилежному від Сонця напрямку [2].

Особливим розташуванням планет є їх сполучення.

Рис.6. Якщо планета знаходиться за Сонцем, то таке сполучення називають верхнім

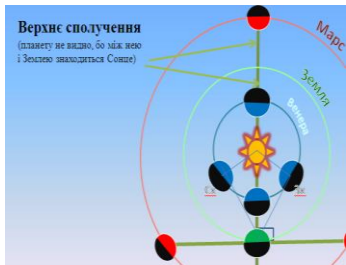
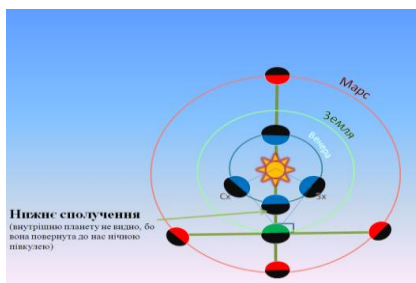


Рис.7. Якщо планета розташована між Землею та Сонцем, то таке сполучення називають нижнім



У нижньому сполученні внутрішні планети невидимі.

Властивості,

особливості та звязок орбіт планет пояснюють закони німецького астронома Йогана Кеплера [3].



### Спостереження планет земної групи

Меркурій та його елонгації. Мінімальна елонгація Меркурія -  $18^{\circ}$ .  
Максимальна -  $28^{\circ}$

Ця планета дуже незручна для спостережень, адже його засвічують вечірні або вранішні сутінки. Меркурій іноді видно ввечері коли він у максимальній східній елонгації, після того, як Сонце заходить за горизонт та настає ніч, або ж в короткі ранкові хвилини перед сходом Сонця, коли Меркурій у максимальній західній елонгації, спостерігати важко.

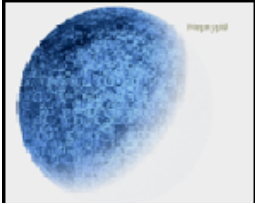


Рис. 8. Меркурій змінює свої фази, так як він – внутрішня планета

### Пройдення Меркурія по диску Сонця

Воно відбуваються коли Меркурій знаходиться між Землею і Сонцем. При цьому його видно з Землі як маленьку чорну точку, яка переміщується по диску Сонця. Це - астрономічне явище трапляється значно частіше, ніж проходження Венери, оскільки Меркурій знаходиться ближче до Сонця і рухається швидше. Перше занотоване спостереження проходження Меркурія по диску Сонця відбувалося 7 листопада 1631 року.

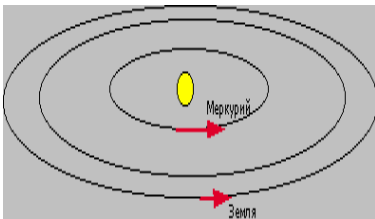


Рис. 9. Меркурій під час проходження по диску Сонця розташований у нижньому сполученні, при цьому він на одній прямій з Землею.

Останє, на сьогодні, проходження Меркурія по диску Сонця відбулося 9 травня 2016 року. Воно тривало протягом п'яти годин. Це астрономічне явище було гарно видиме у Вінниці, я спостерігав його у телескоп системи Д.Д. Максимова.

Наступні проходження Меркурія по диску Сонця: 11 листопада 2019 р. та 13 листопада 2032 р.

**Венера - "Вранішня зоря" або "Вечірня зоря". Так називали її в давні часи.**

Третє за яскравістю небесне тіло після Сонця та Місяця. Спостерігати планету не важко, цьому навіть не заважають вечірні чи вранішні навігаційні сутінки. Венера - внутрішня планета, тому, як і Меркурій, теж змінює свої фази.

Елонгації Венери: Мінімальна елонгація -  $43^\circ$ . Максимальна -  $48^\circ$ .

Одна з особливостей Венери це її проходження по диску Сонця.

Венера розташована від Землі набагато далі, ніж Місяць. Тому її кутові розміри значно менші за кутові розміри Сонця та Місяця, а значить вона не може закрити Сонце. Проходження Венери є доволі рідкісним астрономічним явищем. Загалом періодичність повторюються кожні 243 роки.

Вона складається з двох пар проходжень: два сусідні транзити розмежовані між собою в часі на вісім років.

Період повторюваності послідовності становить:

$$121,5+8+105,5+8 = 243 \text{ (роки).}$$

Наступні проходження відбудуться: 11 грудня 2117 року та в грудні 2125 року.

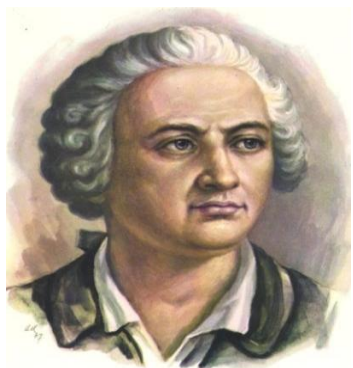


Рис.10. Видатний вчений Михайло Васильович Ломоносов.

Він у 1761 році спостерігав проходження Венери по диску Сонця. Завдяки ефекту краплі, зумовленого проходженням планетарної атмосфери по диску Сонця, він відкрив атмосферу навколо Венери.

### **Марс - зовнішня планета**

Його іноді можна спостерігати протягом всієї ночі. Особливо гарно було видно на Новий 2017рік.

Марс найкраще спостерігати у протистоянні. Існує два види протистоянь:

1. Велике протистояння (відбувається раз в 15-17 років);
2. Мале протистояння (відбувається раз в 2 - 3 роки).



Рис.11. Розташування Венери, Марса та Місяця 1.01.2017 р.

### Парад планет, його причини та значення

Парад планет - астрономічне явище, при якому планети Сонячної системи вишиковуються в ряд (по один бік від Сонця). До того ж, вони знаходяться візуально близько одина від одної [4]. Парадом лякали людей, нібито відбудеться “кінець світу”. Наступний такий парад планет відбудеться в червні 2022 року. Ми зможемо спостерігати, як вишикуються в ряд Меркурій, Венера, Марс, Юпітер та Сатурн.

Паради планет вчені враховують при плануванні запусків космічних апаратів до планет гігантів [4].

### Затемнення, як види конфігурацій, їх роль в науці

Ці рідкісні астрономічні явища, коли одне небесне тіло тимчасово закриває світло від іншого небесного тіла. Існують 2 види затемнень: сонячне та місячне. Сонячне затемнення також поділяється на типи.

➤ **Часткове затемнення** - відбувається тоді, коли спостерігач не знаходиться достатньо близько до лінії, що з'єднує Сонце і Місяць, щоб потрапити в повну тінь від Місяця, потрапляючи лише в напівтінь.

➤ **Повне затемнення** - відбувається тоді, коли спостерігач знаходиться в тіні Місяця.

➤ **Кільцеподібне затемнення** - відбувається тоді, коли, як і у випадку повного затемнення, спостерігач знаходиться дуже близько лінії, що з'єднує Сонце і Місяць [6].

**Місячне затемнення** - астрономічне явище, яке відбувається, коли Земля перебуває між Сонцем і Місяцем і Місяць потрапляє в тінь чи напівтінь Землі.

Розрізняють 3 типи місячних затемнень.



Рис.12. Під час повного затемнення Сонця спостерігач має змогу побачити сонячну корону неозброєним оком.

➤ **Повне затемнення**

Відбувається, коли Місяць повністю занурюється у тінь Землі, сонячне проміння упродовж певного часу взагалі не потрапляє безпосередньо на його поверхню. Під час такого затемнення поверхня Місяця стає темно-червоною, але Місяць не зникає повністю. Темно-червоне забарвлення зумовлене слабким світлом, яке розсіюється крізь атмосферу Землі.

➤ **Часткове затемнення.**

Настає, коли ж у тінь потрапляє лише частина Місяця. При такому типі затемнення, навіть в максимальній фазі, частина Місяця лишається в півтіні, і освітлюється прямими сонячними променями.

➤ **Півтіньове затемнення**

Якщо Місяць заходить тільки до напівтіні Землі, затемнення називають півтіньовим. Такі затемнення малопомітні й їх фіксують лише за допомогою приладів. Півтіньові затемнення також бувають повними, якщо весь Місяць потрапляє в напівтінь Землі, і частковими, якщо лише частина його потрапляє туди [5].

**Роль затемнень у науці**

Спостереження затемнень надали науці велику кількість цікавих матеріалів. У давнину спостереження затемнень допомогли вивчати небесну механіку й розібратися з будовою Сонячної системи.

➤ Спостереження тіні Землі на Місяці дало перший «космічний» доказ факту кулястості нашої планети.

➤ Важливу роль у вивченні внутрішніх планет Сонячної системи відіграли спостереження їх проходжень по сонячному диску. Так, М. В. Ломоносов, спостерігаючи у 1761 році проходження Венери по диску Сонця, вперше відкрив атмосферу цієї планети (заломлення сонячних променів спостерігалось під час торкання планетою краю сонячного диску у вигляді світлого кільця).

➤ На підставі спостережень затемнень супутників Юпітера Оле Ремер зміг вперше визначити швидкість світла (1765 р.).

➤ Сонячні затемнення дозволили розпочати вивчення сонячної корони, яку неможливо спостерігати з Землі в інший час.

➤ Під час сонячних затемнень вперше було зафіксовано явище викривлення світлових променів у гравітаційному полі (1919 р.). Це стало одним з перших експериментальних доказів загальної теорії відносності.

➤ Під час покриття Ураном зірки SAO 158687 було виявлено його кільця (1977 р.) [5].



### Спостереження планет гігантів

Так як Юпітер зовнішня планета, вона не змінює своїх фаз [6].

Рис. 13. Юпітер видно неозброєним оком як один з найяскравіших об'єктів на нічному небі (після Місяця та Венери).

### Сатурн

Сатурн - зовнішня планета, яка рідко буває у протистоянні, проте, зручна для спостережень.

Рис.14. Оскільки ексцентриситет орбіти Сатурна дорівнює 0,056, то різниця у відстані до Сонця в перигелії та афелії становить 162 млн км.



Відстань до них досить велика, тому їх тяжко спостерігати навіть у телескоп. Завдяки космічним посланцям людство мало кілька можливостей спостерігати ці планети зблизька.



Рис.15. Уран та Нептун - холодні гіганти

## Особливості спостережень планет Сонячної системи у 2017 році

Протягом січня - лютого та першої половини березня 2017 р. на вечірньому небі добре було видно Марс та Венеру, в цей зимовий час Юпітер та Сатурн можна було спостерігати з другої половини ночі аж до світанку.

Меркурій був недоступний для спостережень неозброєним оком в наших краях. В січні та лютому він знаходився у західній елонгації, тому заходив раніше, ніж Сонце, а при вранішньому сходженні губився у його променях.

З березня по вересень Меркурій губиться у вечірніх сутінках, а далі знову у близькій західній елонгації. В листопаді-грудні певний час його буде добре видно на вечірньому небі в сузір'ї Стрільця на близькій кутовій відстані від Сатурна.

Літо 2017 р. є сприятливими для спостережень на вечірньому небі Юпітера та Сатурна, особливо сприятливими є спостереження цих планет в середині ночі. Юпітер та Сатурн гарно видно у червні та липні. У серпневий вечір ці планети низько над горизонтом і губляться у променях Сонця.

## Необхідність та значення спостережень планет Сонячної системи

Вивчивши особливості розташувань планет Сонячної системи, ми - юні астрономи, можемо спостерігати та вивчати ці планети.

Завдяки знанням про конфігурації планет, вчені у 2017 році змогли відкрити новий ряд екзопланет. Знайдено сім нових планет, які обертаються навколо одинарної зірки TRAPPIST-1. Теоретично, на них можуть бути умови, які, з точки зору сучасної науки, є придатними для життя.

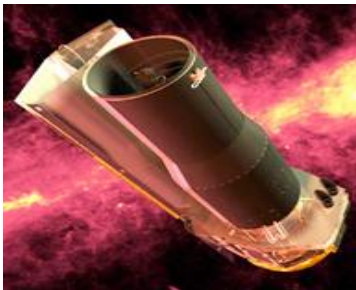


Рис. 16. Телескоп “Spitzer” з допомогою якого виявили нові екзопланети

Представники NASA під час екстреної прес-конференції 23 лютого 2017 року оголосили про найважливіше відкриття в історії пошуку [позаземного життя](#). Інопланетян вчені поки що виявити не змогли, але наші знання про довколишній космос здійснили справжній прорив. А шанси знайти інопланетні форми життя вирости в рази [7].

Вчені з NASA розгляділи екзопланети на знімках телескопа Spitzer.

Це орбітальний телескоп, запущений NASA в 2003 році. Його обладнання дозволяє спостерігати космос в інфрачервоному діапазоні.

Цінність таких спостережень в тому, що їх можна зробити тільки з космосу. Наземні телескопи не можуть робити такі знімки, оскільки інфрачервоне випромінювання майже повністю поглинається земною атмосферою.

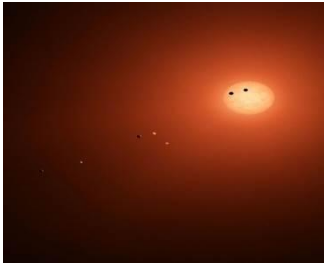


Рис. 17. Завдяки проходженню цих планет по диску зірки TRAPPIST-1 вчені й змогли їх виявити.

Зірка TRAPPIST-1 розташована на відстані 39 світлових років від Землі. Вона набагато менша за Сонце (приблизно в 12 разів), її температура відчутно нижча, вона в 200 разів тьмяніша за наше Сонце.

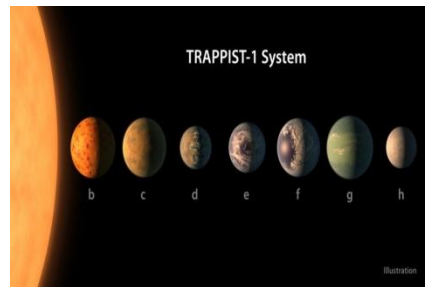


Рис. 18. Система TRAPPIST-1

В її системі сім планет. Вони розташовані досить близько одна до одної, щоб їх гравітаційні поля взаємодіяти. Це і дозволило вченим оцінити масу планет. Найменша з них має масу 0,4 від земної, найбільша — 1,4.

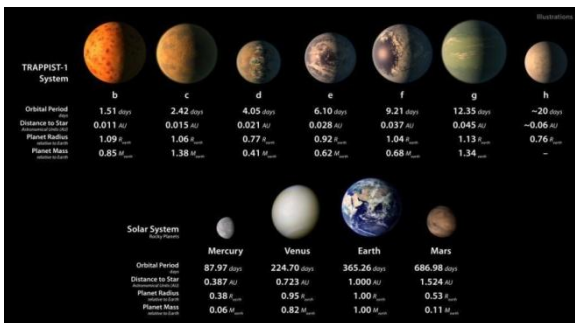


Рис. 19. Порівняння системи TRAPPIST-1 та Сонячної системи

В цілому планетна система дуже схожа на Юпітер і його супутники. Якщо помістити цю планетну

систему в масштаби Сонячної системи, а зірку TRAPPIST-1 — на

місце Сонця, то всі планети перебували б у межах орбіти Меркурія. Особливістю цієї планетної системи також є той факт, що всі планети завжди звернені до свого світила одним боком, подібно до того, як Місяць до Землі [7].

Космос стає для людства все доступнішим. Країни світу все більше запускають у космос зонди, штучні супутники для вивчення Всесвіту. Вчені шукають способи, як швидше та економніше доставляти на орбіти космічні апарати. У вирішенні цієї проблеми допомагає - враховування конфігурацій планет [7].

Працюючи над обраною темою, я переконався наскільки космос стає простішим для його вивчення та дослідження, якщо знати закони астрономії. Тим, хто зацікавлений у цьому, допоможе підготовлений мною матеріал та презентація, яку можна використовувати на уроках при вивченні цієї теми.

### Список літератури

1. <http://www.subject.com.ua/textbook/astronomy/11klas/2.html>
2. Астрономія 11 клас М.П. Пришляк ст.30-31
3. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Закони\\_Кеплера](https://uk.wikipedia.org/wiki/Закони_Кеплера)
4. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Парад\\_планет](https://ru.wikipedia.org/wiki/Парад_планет)
5. Петро Кравчук. Шість затемнень за рік. Газета “Волинь”, 10 грудня 2011 року, ст.16.
6. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Юпітер\\_\(планета\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Юпітер_(планета))
7. <http://nv.ua/ukr/techno/science/nasa-ekzoplaneti-inoplanetjani-vse-shcho-potribno-znati-pro-guchne-vidkrittja-amerikanskih-uchenih-694158.html>

У статті розглядаються розташування планет Сонячної системи та час сприятливий для їх спостережень. Описано особливості та причини парад планет, деякі цікаві факти про екзопланети.

**Ключові слова:** затемнення, конфігурації, спостереження, планети гіганти, планети земної групи, парад планет

### PECULIARITIES OF LOCATION AND OBSERVATION OF SOLAR SYSTEM PLANETS

**Yaroslav Fedchenko**

Abstract: location of Solar System planets and appropriate time for their observation are introduced in this article. In my work I tell about



peculiarities and factors of parade of planets, some interesting facts about exoplanets.

**Keywords:** eclipse, configuration, observation, giant planets, earth-type planets, parade of planets

## ФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗІР

**Олена Кириленко, Владислава Люльченко**

Астрономія має справу з об'єктами, які розташовані далеко. Вивчати ці об'єкти астрономи можуть лише аналізуючи випромінення яке від них приходить. Це було причиною того, що тривалий час, до середини XIX століття, про зорі було відомо не багато.

Грецький філософ Сократ, так говорив своїм учням: «Природа далеких світил, навіть близького Сонця, назавжди залишиться таємницею для смертних». Сократ жив у середині I тис. до н.е. Однак, навіть, через дві тисячі років в середині XIX століття, французький філософ Огюст Конт стверджував: «Ми ніколи і нічого не зможемо дізнатись про зорі крім того, що вони існують, навіть їх температура залишиться невизначеною».

Стародавні єгиптяни вважали, що розгадавши природу зір, людина викличе кінець світу. Інші народи вірили, що життя на Землі припиниться, як тільки сузір'я «Гончих Псів» наздожене «Велику Ведмедицю». Недивно, що будь-які зміни у світі зір здавна вважалися передвісниками значних подій. Минав час, і люди все більше починали дивитися на зорі не як на щось божественне і живе, а як на фізичні об'єкти, для опису яких цілком достатньо відомих законів природи. Але на шляху цього опису перед вченими постали численні труднощі.

На багато парсеків навколо Землі знаходяться неяскраві, невиразні світила подібні до нашого Сонця. Усі великі і рідкісні типи зір віддалені від нас на великі відстані. Мабуть, завдяки цьому, різноманітність світу зір достатньо довго залишалася прихованою від людських очей. Тільки винаходи нових астрономічних приладів дозволили усвідомити, наскільки усі зорі різні.

За сучасними уявленнями зоря - це розжарена газова куля, що існує тривалий час завдяки власним внутрішнім джерелам енергії.

Фізичними характеристиками зір, які можуть бути визначені, тим чи іншим способом, зі спостережень є: потужність її

випромінення (у астрономії вона називається світністю), маса, радіус, температура і хімічний склад атмосфери. Знаючи ці параметри не важко розрахувати вік зорі. Перераховані характеристики змінюються в дуже широких межах. Крім того, вони взаємопов'язані. Зорі найвищої світності, як правило, мають найбільшу масу, і навпаки мало масивні зорі світять слабше.

Перше що помічає людина при спостереженні нічного неба – це різна яскравість (блиск) зір. Система зоряних величин, яка історично склалася, присвоїла 1-шу величину найбільш яскравим зорям, а 6-ту – слабким. Але щоб оцінити блиск найяскравіших небесних світил, 6-ти ступенів було недостатньо. З'явилися нульові і від'ємні зоряні величини. Із винаходом телескопу вчені познайомилися із зорями слабшими 6<sup>m</sup>. Видимий блиск легко вимірювана, важлива, але далеко не вичерпна характеристика.

Для того щоб встановити потужність випромінювання зорі – світність, потрібно знати відстань до неї. Проте, довгий час, залишалося не ясним, як далеко зорі знаходяться від Землі. Ще Арістотель розумів, що якщо Земля рухається, то, спостерігаючи стан якої-небудь зорі з двох діаметрально протилежних точок земної орбіти, можна помітити, що напрям на зорю зміниться. Це уявлення (паралактичне) зміщення зорі служитиме мірою відстані до неї: чим воно більше, тим ближче до нас розташована зоря. Але ні Арістотелю, ні навіть, значно пізніше, Копернику не вдалося виявити це зміщення. Тільки вкінці першої половини XIX ст., коли телескопи були обладнані засобами для точних кутових вимірів, вдалося виміряти таке зміщення для найближчих зір.

Після того, як астрономи отримали можливість визначити відстані до зір, з'ясувалося, що зорі, які знаходяться на одній відстані, можуть відрізнятися по видимій яскравості. Сонце здається найяскравішим об'єктом на небі тільки тому, що воно знаходиться набагато ближче за усі інші зорі.

Світністю називається повна енергія, що випромінюється зорею за одиницю часу. Вона виражається в абсолютних одиницях (ватах) або в одиницях світності Сонця. В астрономії прийнято порівнювати зорі за світністю, розраховуючи їх видиму яскравість (зоряну величину) для однієї і тієї ж стандартної відстані 10 парсек. Видима зоряна величина, яку мала б зоря, якби знаходилась від нас на відстані 10 парсек, отримала назву абсолютна зоряна величина.

Спостерігаючи зорі, можна помітити, що вони мають різний колір. Добре відомо, що колір будь-якого нагрітого тіла, зокрема зорі, залежать від його температури. Уявлення про цю залежність дає вивчення зоряних спектрів. Температуру зовнішніх шарів зорі, від яких приходить випромінення, визначають по розподілу енергії у неперервному спектрі. Зміна температури змінює стан атомів і молекул в атмосфера зір, що відображається в їх спектрах.

На початку ХХ ст. В Гарвардській обсерваторії (США) була розроблена спеціальна класифікація зір. Основні класи в ній позначені латинськими буквами і розташовані в порядку, що відповідає зменшенню температури: О, В, А, F, G, К, М.

Історія вивчення хімічного складу зір починається з середини ХІХ століття. Хімічний склад зір визначається шляхом детального аналізу їхніх спектрів. За хімічним складом вони, як правило, бувають гідрогенові й гелієво-плазмові. До складу зір входять також й інші елементи, але їхня кількість досить незначна.

Важливою характеристикою зорі є її маса. Маса зір змінюються в порівняно меншому ступені, ніж їхня світність. Маса Сонця дорівнює  $1,99 \cdot 10^{30}$  кг (перевищує масу Землі в 330 тис. раз), і є мало зір, маса яких більша або, навпаки, менша за сонячну масу в 10 разів.

Істотною характеристикою зорі є її радіус. Радіуси зір, на відміну від маси, можуть змінюватися в дуже широких межах; є білі карлики, які за своїми розмірами не перевищують радіус Землі, а є гігантські зорі, так звані "бульбашки". Для визначення радіуса зорі не можна використати геометричний метод, бо зорі знаходяться так далеко від Землі, що навіть у великі телескопи неможливо виміряти їхні кутові розміри — усі зорі мають вигляд однакових світлих точок. Для визначення радіуса зір астрономи використовують закон Стефана-Больцмана. Радіус зорі можна визначити, вимірюючи її світність та температуру поверхні. Виявилося, що існують зорі, які мають радіус у сотні разів більший за радіус Сонця, і зорі, що мають радіус менший, ніж радіус Землі.

Аналізуючи найважливіші характеристик зір, порівнюючи їх один з одним, астрономи змогли встановити те, що було недоступно зі спостережень: як влаштовані зорі, як вони утворюються і змінюються протягом життя.

## Список літератури

1. Андрієвський С.М. Курс загальної астрономії: навчальний посібник / С.М. Андрієвський, І.А. Климишин. – Одеса: Астопринт, 2007. – 480 с.

2. Климишин І.А. Історія астрономії / І.А. Климишин. – Івано-Франківськ: Гостинець, 2006. – 652 с.

У статті розглянуті способи визначення фізичних характеристик зір, що дозволяє встановити склад зорі, її утворення і зміну упродовж існування.

Ключові слова: зірки, фізика, маса, радіус, гравітація  
PHYSICAL CHARACTERISTICS VISION

**Olena Kyrylenko, Vladyslava Lyulchenko**

The article considers the methods of determination of physical characteristics of eyesight, which allows to determine the composition of stars, her education and change for the lifetime.

**Keywords:** stars, physics, mass, radius, gravity

## СУЧАСНІ ЗНАННЯ КОСМОСУ

**Крістіна Валецька**

«Чим більше ми дізнаємось, тим менше ми знаємо». Ці слова доречні до будь якої сфери людського життя. Кожен із нас погодиться що сучасне людство відрізняється від первісних людей - інші потреби, інші цінності, інший склад розуму, але як би не змінювалися умови існування, засоби життя, закони по яких ми живемо, завжди залишається те, що є постійним, що відрізняє людей від представників царства тварин, що не змінюється протягом тисячів мільйонів років. Це бажання розвиватися, дізнаватися щось нове, вчитися. Із початком свого існування люди мали лише одну мету - продовження роду .

Людство із плином часу потроху, але розвивалось. Великі групи людей, племена, часто змінювали своє місце проживання, на те було вдосталь причин, проте саме так вони дізнавалися про нові землі, про те що буває різна місцевість, про те що у лісах водяться хижі тварини, у воді можна ловити рибу, а в гірській місцевості можна добре захиститися від ворога. Та навідмінно від лісів, озер, гір, було ще те, що не покидало людей ніколи - небо.

Чому є світло? Що таке темрява? Що за жовта куля знаходиться над нами? Чому вона періодично зникає і що за білі цятки світять коли стає темно? Ще до нашої ери люди почали задумуватися над такими питаннями. Саме так виникли міфи. Зокрема міфи про створення світу та богів. Варто зауважити що існує різниця між назвами богів та змістом міфів різних територіальних груп, так наприклад у римлян символ сонця - бог Аполлон, покровитель світла, мистецтва, науки та сільського господарства.

Його зброя – стріли, зображували у формі сонячних променів.

Що стосується давніх персів, то у них втіленням світла був Мітра. Його малювали у вигляді потоку світла, який з'єднує людей з мороком. У давньоєгипетській міфології богом сонця був Ра (рис.1), представлений у вигляді людини, величезного kota або орла, голову якого вінчала зірка. Літню посуху і спеку вважали його гнівом, посланим на людей за їхні гріхи. У Греції таким вважали Геліоса (рис.2), в самому імені якого вже відчувалося сяйво променів і палахкотіння вогню. Часто його зображували у вигляді могутнього красивого юнака: очі сяяли, волосся розвівалися на вітрі, прикриті золотистим шоломом або короною. Щоранку він з'являвся на небі в сонячній колісниці, запряженій чотирма крилатими кіннями.

Немає меж людській цікавості і подібно тому як діти «виростають» із казок, людство виростило із міфів, і ввійшло у стадію «підліткового віку» де не досить казок щоб дати відповідь на усі запитання. Саме у цей період жили такі відомі



Рис.1. Бог Сонця Ра

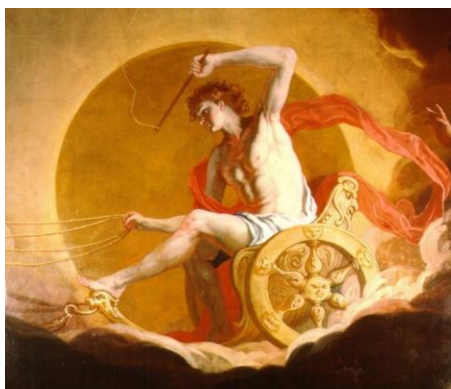


Рис.2. Геліос

дослідники, одним із яких є давньогрецький астроном Птоломей (бл. 100-165) висунув свою «систему світу» яка була названа геоцентричною.

**Геоцентрична система світу** – це така концепція пристрою світобудови, згідно з якою центральним тілом у всьому Всесвіті є наша Земля, а Сонце, Місяць, а також всі інші зірки і планети обертаються навколо неї.

Справжнім творцем геліоцентричної картини світу є Микола Коперник, який на початку XVI ст. у своїй праці «Про обертання небесних сфер»(вид. 1543) математично обґрунтував ідею про рух Землі та інших планет навколо Сонця, визначив послідовність розташування планет, обчислив їх відносну віддаленість від Сонця тощо.

**Геліоцентрична система світу** – вчення в астрономії і філософії, яке ставить Сонце в центр Всесвіту, а навколо нього (точніше, навколо спільного центра мас всієї його системи) обертаються усі тіла. в т.ч. планети і зокрема Земля.



(Птоломей)  
(Коперник)



Головним винаходом XVII століття вважається телескоп, саме він дозволив побачити те, що раніше було невідомим .

**Телескоп** — прилад для спостереження віддалених об'єктів, був вперше сконструйований у 1608 році трьома винахідниками – Гансом Ліпперсгеєм, Захарієм Янсенем та Джейкобом Метьюсом. Значно вдосконалений Галілео Галілеєм у 1609 році.

Пройшло ще років, і ми отримуємо сучасність за цей період телескопи вдосконалювались з'явилися нові способи зазирнути за межі звичного голубого неба.

4 жовтня 1957 року Перший штучний супутник Землі запущений на орбіту в СРСР

12 квітня 1961 року здійснено перший політ у космос Юрієм Гагариним.

Сьогодні, завдяки дослідженню наших попередників та сучасних науковців ми знаємо що ми живемо у сонячній системі наша зірка Сонце

**Сонце** - типова зоря головної послідовності спектрального класу G2. Воно майже ідеально сферичне і являє собою гарячу плазму, сплетену магнітними полями. При діаметрі приблизно 1.3 млн км, що в 109 разів більше, ніж земний, має масу більшу земної приблизно в 330 000 разів.

**Астрономічна одиниця** – позасистемна одиниця відстані, що застосовується переважно в астрономії. Дорівнює середній відстані Землі від Сонця ( $\approx 149,6$  млн. км). Міжнародним астрономічним союзом рекомендовано визначати астрономічну одиницю як 149 597 870 700 метрів рівно.

**Сонячна система** – планетна система, що включає в себе центральну зорю – Сонце, і всі природні космічні об'єкти, що обертаються навколо нього.

У цій системі знаходяться чотири планети земної групи: Меркурій, Венера, Земля і Марс. Планети земної групи мають високу густину та складаються переважно з силікатів та металізованого заліза. Найбільша планета земної групи – Земля, більше ніж у 14 разів поступається в масі найменшому газовому гіганту – Урану, але при цьому у 400 разів масивніша найбільшого об'єкта поясу Койпера.

Планети земної групи складаються переважно з кисню, кремнію, заліза, магнію, алюмінію та інших важких елементів.

Всі планети земної групи мають таку будову:

- у центрі планети залізне ядро з невеликою кількістю нікелю;
- мантия складається з силікатів;
- кора, яка виникла через часткове плавлення мантиї складається також з силікатних порід.

З поміж планет земної групи (рис.3) тільки у Меркурія немає кори, оскільки вона була розбита в результаті метеоритних бомбардувань. Земля відрізняється від інших планет групи наявністю



Рис.3. Планети земної групи

великої кількості гранітів у корі.

Дві планети земної групи (Земля та Марс) мають супутники і жодна зі всіх чотирьох планет групи не має кільця.

Також у Сонячній системі існує чотири планети групи газові гіганти (рис.4): Юпітер Сатурн Уран Нептун. Газові планети - планети, які мають у своєму складі значну частку газу (водень і гелій).

Відповідно до гіпотези походження Сонячної системи, планети-гіганти утворилися пізніше за планети земної групи, коли температура

навколосонячної туманності опустилася до точки кристалізації газу.

У цей час всі тугоплавкі елементи вже були у твердій формі в складі ближчих до Сонця планет. Окрім згаданих груп до об'єктів Сонячної

системи відносять планети карлики:Плутон, Церера, Веста, Паллада, Гігея Макемаке, Плутон, Ерида Хаумеа та інші. Карликові планети (планетоїди) – невеликі астрономічні тіла, які відповідають наступним критеріям: обертаються навколо Сонця; не є супутником планет; не розчистили свою орбіту від інших об'єктів; досить масивні для підтримки гідростатичної рівноваги та мають майже сферичну форму.

Орбіти планет не є колами, як вважали декількох сотень років тому. Вони є еліпсами з різним ексцентриситетом.

Окрім планет та Сонця існують інші небесні тіла такі як комети і астероїди.

**Комета** – мале тіло Сонячної системи, яке обертається навколо Сонця і має так звану кому (атмосферу) і/або хвіст. Кома і хвіст комети – це наслідки випаровування поверхні ядра

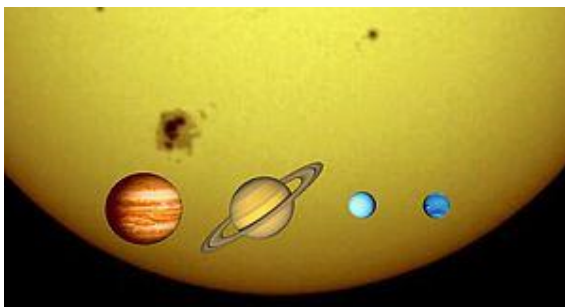


Рис.4. Планети групи газові гіганти



Рис.5. Астероїд



комети під дією сонячного випромінювання. Ядро складається з льоду та дрібних пористих кам'янистих частинок. Ядра мають діаметри від кількох сотень метрів до десятків кілометрів.

**Астероїд** (рис.5), або мала планета – тверде небесне тіло діаметром від 1 до 1000 км, що рухається по орбіті в Сонячній системі.

Дослідження об'єктів у космосі, дало змогу дати визначення такому явищу як метеор .

**Метеор** «зорепад» — явище, що виникає при згорянні в атмосфері Землі дрібних метеорних тіл (наприклад, уламків комет чи астероїдів).

Як було сказано раніше, людській цікавості немає меж, тому людство почало шукати відповідь на питання, що ще є у космосі? І що таке всесвіт? Яка між ними різниця, і що в них спільного?

**Космічний простір** або «космос» – відносно порожні ділянки Всесвіту, розташовані поза межами атмосфер небесних тіл. Всупереч розповсюдженій думці, космос не повністю порожній, у ньому дуже низька густина деяких часток (переважно – водень), а також – електромагнітне випромінювання.

**Всесвіт** – весь матеріальний світ, різноманітний за формами, що їх набуває матерія та енергія, включаючи усі галактики, зорі, планети та інші космічні тіла. Всесвіт настільки великий, що його розміри важко уявити.

Як виявилось, Всесвіт «не пустий» Астрономи зустрілися із дивними і красивими об'єктами – туманностями .

**Галактична туманність** – внутрішньогалактична хмара розріджених газів і пилу.

Дифузні туманності – величезні за розмірами (10-100 пк), досить щільні (10-100 частинок в 1 см<sup>3</sup>), неправильної форми. З ними пов'язують утворення зірок. Дифузні туманності поділяються на світлі і темні:

- Темні – поглинають світло зір, що знаходяться за нею.
- Світлі – якщо поблизу туманності є достатньо яскрава зоря, то туманність відбиває її світло.

Комплексні туманності правильної форми утворюються зі скинутих оболонок зір, поділяються на волокнисті та планетарні:

- Волокнисті туманності – залишки спалахів наднових.

• **Планетарні** – туманності кільцеподібної форми, які здалека мають вигляд слабких кілець, або дисків.

**Наднава** (Супернова) – це зоря, що раптово збільшує свою світність у мільярди раз (на 20 зоряних величин), а іноді й більше. У максимумі спалаху наднова випромінює стільки ж світла, скільки його випромінюють мільярди зір разом. (рис.6)



Рис.6. Наднова

Це найяскравіші з відомих зір, їх світність порівняна зі світністю цілої галактики, а іноді навіть перевищує її. Спалахи наднових – досить рідкісне явище. У нашому Чумацькому Шляху вони спостерігаються приблизно раз на 500 років, хоча очікуваний проміжок між спалахами –  $50 \pm 25$  років. Завдяки високій світності наднові спостерігають в інших галактиках.

Вибух надгової можна спостерігати протягом тижнів або місяців. На короткий час наднова засвічує всю галактику, в якій вона розташована. Сонцю потрібно 10 мільярдів років для вироблення енергії, яка вивільняється при утворенні надгової другого типу. Наше Сонце занадто мале, щоб колись стати надговою, замість цього воно перетвориться на білого карлика.

Як виясилось, що ми живимо в Сонячній системі галактики Чумацький шлях. Найближча до нас галактика – Андромеда що знаходиться за світлових років від нас.

**Галактика Андромеди** – найближча до Чумацького Шляху велика галактика, розташована в сузір'ї Андромеди і віддалена від нас, за останніми даними, на відстань 772 кілопарсек

**Світловий рік** – позасистемна одиниця виміру довжини, що дорівнює відстані, яку світло долає за один рік.

Продовжувало спостерігати за показниками телескопів і стали помічати що, щось впливає на рух відомих уже космічних об'єктів, і ці зміни не піддаються впливу ні одному із законів фізики. Дослідивши ці зміни, науковці зіткнулися однією з найстрашніших і найнебезпечніших таємниць космосу – чорною дірою

**Чорна діра** – астрофізичний об'єкт, який створює настільки потужну силу тяжіння, що жодні, як завгодно швидкі частинки, не можуть покинути його поверхню, а також світло.

Термін запровадив Джон Арчибальд Вілер наприкінці 1967 року. Він вперше вжив його в публічній лекції «Наш Всесвіт: відоме й невідоме» 29 грудня 1967 року.

При вивченні чорної діри людство дізналося про існування не менш небезпечних об'єктів – квазарів і блазарів.

**Квазари** – позагалактичні об'єкти, які мають зореподібні зображення й потужні емісійні лінії з великим червоним зміщенням у спектрі.(рис.7)



Рис.7. Квазар

Квазари було виявлено 1963 року як джерела радіовипромінювання з дуже малими кутівими розмірами (менше за 10"). Потім вони були ототожені з тьмяними оптичними об'єктами зоряної величини 16-18m. Згодом було виявлено джерела, які за оптичними характеристиками від квазарів не відрізнялися, проте не мали радіовипромінювання. Сьогодні квазарами називають обидва типи об'єктів: перші – радіоголосними (або радіоактивними), а інші – радіотихими (або радіоспокійними). Радіоголосні квазари становлять декілька відсотків загальної кількості квазарів.

**Блазар** – клас позагалактичних об'єктів, який об'єднує лацертиди та групу квазарів, яким властива високо-амплітудна змінність блиску в оптичному діапазоні.

Ще одним небезпечним і водночас вражаючим об'єктом у космосі є нейтронні зорі.

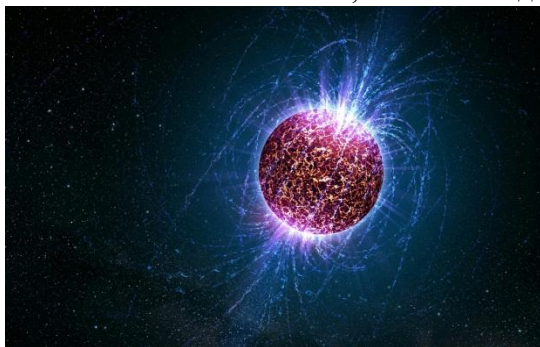


Рис.8. Нейтронна зоря

**Нейтронна зоря** – зоря на завершальному етапі

своєї еволюції, що не має внутрішніх джерел енергії та складається переважно з нейтронів, які перебувають у стані виродженого фермі-газу, із невеликою домішкою інших частинок. Густина такого об'єкта, згідно з сучасними астрофізичними теоріями, сумірна з густиною атомного ядра(рис.8).

Нейтронні зорі – одні з небагатьох астрономічних об'єктів, які спочатку було теоретично передбачено, а потім уже відкрито експериментально. 1932 року Ландау припустив існування надщільних зір, рівновага яких підтримується ядерними силами. А 1934 року астрономи Вальтер Бааде й Фріц Цвіккі назвали їх нейтронними зорями й пов'язали з вибухами наднових. Перше загальновизнане спостереження нейтронної зорі відбулося 1968 року, коли були відкрито пульсари.

Темні, самотні, холодні, блукаючі планети-ще она загадка космосу.

**Блукаючі планети-** безцільно переміщуються по просторах всесвіту і не прив'язані до якої-небудь конкретної зоряної системи, на думку дослідників, цілком могли сформуватися самостійно, а не "відколотися" від магнітного поля якої-небудь зірки. Найближча до нас блукаюча планета під індексом CFBDSIRJ2149 була виявлена ??на відносно невеликому за космічними мірками відстані рівним 100 світлових років.

Вчені не зупиняються і продовжують вивчати Всесвіт, наслідком чого стало відкриття нової, нечуваних розмірів зірки. Група фахівців з Великобританії зробила це відкриття в серпні 2010 р. Головою вчених був Пол Кроутер. Найбільша зірка була виявлена під час вивчення Великої Магелланової Хмари і отримала назву R136a1. Дане відкриття зробили за допомогою космічного телескопа НАСА "Хаббл". Гігант в 256 разів перевищує масу Сонця, а по яскравості перевершує наше небесне світило в 10 мільйонів разів. Ці цифри стали шоком для вчених, оскільки вважалося, що не існує зірок, які перевищували б масу Сонця більш ніж у 150 разів. Продовження вивчення Великої Магелланової Хмари відкрило кілька нових зірок, які перевершили цей рубіж, проте R136a1 так і не поступилася звання "Найбільша зірка".

Найяскравіша зоря нічного неба – Сіріус (в перекладі з грецької означає – виблискує), або ще її називають Альфа Великого Пса.

На сьогоднішній день астрономи шукають відповідь на таке питання: чи існує життя на інших планетах? Чи існує ще таке місце і всесвіті що придатне для життя?

Для цього виконується велика робота: в космос відправляють ракети, супутники, астрономи безперервно спостерігають за показниками телескопів, і це дає свої результати. Ми багато цікавого дізнаємося про космос і ще не менш цікаве чекає нас попереду.

**Висновок:** Астрономія була присутня у житті людей ще з початком розвитку цивілізації, з роками змінювалися засоби і методи дослідження космосу, відкривалися нові планети, зорі та галактики. Але ще багато чого ми не знаємо, багато що потрібно ще дослідити.

### Список літератури

1. Пришляк М. П. Астрономія 11 клас. Підручник. – Харків : "Ранок", 2011. – 159 с.
2. Українська радянська енциклопедія : [у 12-ти т.] / гол. ред. М. П. Бажан ; редкол.: О. К. Антонов та ін. – 2-ге вид. – К. : Головна редакція УРЕ, 1974–1985.
3. Павленко А. Н. Европейская космология: Основания эпистемологического поворота. – М. : Интрада, 1997. – 256 с.
4. Астрономічний енциклопедичний словник / За загальною редакцією І. А. Климишина та А. О. Корсунь. – Львів : ЛНУ–ГАО НАНУ, 2003. – 415 с.
5. Головатий В. В. Фізика світіння газових туманностей : навчальний посібник / В. В. Головатий, Б. Я. Мелех, Н. В. Гаврилова. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2013. – 130 с.

У статті розглянуто основні об'єкти космосу, які досліджує людство.

**Ключові слова:** астрономія, космос, галактики, зірки, Сонце, комети, планети

### MODERN KNOWLEDGE OF THE COSMOS

#### **Kristina Valevska**

The article describes the main objects of the cosmos that explores humanity.

**Keywords:** astronomy, cosmos, galaxy, stars, Sun, comets, planets

## ЯК З'ЯВЛЯЮТЬСЯ БЛУКАЮЧІ ПЛАНЕТИ?

Дарія Поліщук

Ми звикли, що Сонячна система впорядкована. Всі планети обертаюся навколо своїх зірок, все рухається півколом або еліпсом. І на додаток до зірок і всіх тіл, які навколо них обертаються, – повинно бути безліч планет, не прив'язаних до центральної зірки взагалі: планет-ізгоїв. Вчені вважають, що це справедливо для будь-якого місця Всесвіту, від невеликих зоряних скупчень і міжзоряного простору до ядер гігантських галактик. Наскільки нам відомо, в космосі беззоряних планет не менше, ніж самих зірок – а може, і більше. З цього випливає, що на кожну точку видимого Всесвіту, є набагато більше масивних точок, які невидимі, тому що вони не випромінюють видимого світла [1,2].

У деяких блукаючих планет не було зірки, а потім щось сталося, дещо виштовхало їх у глибокий космос. Це може бути як зіткнення так і близький проліт іншої зірки, або навіть чорної діри. Рухаючись одна відносно одної зірки здатні викликати гравітаційний хаос у впорядкованій системі орбіт.



Рис. 1. Глобулеттами («блукаючі» планети) в туманності [3]

Здається неймовірним, коли масивна зірка вибухає, як хвиля на великій швидкості відкидає планети від колишньої зірки, як більярдну кулю на столі. Більшість блукаючих планет, скоріш за все,

сформувалися на початку розвитку Сонячної системи. Тоді панував цілий хаос, планети зіштовхувалися пролітаючи повз. Також можливо, що планети «росли» в середині сонячної туманності, далеко від зірки.

Наша Сонячна система містить сотні або навіть тисячі об'єктів, які потенційно задовольняють геофізичне визначення планети. А тепер уявіть, що на кожну зірку на кшталт нашого Сонця припадають сотні зірок, які просто не мають достатньо маси, щоб «запустити» синтез в ядрі. Це і є бездомні планети – чи блукаючі планети – яких набагато більше, ніж планет на зразок нашої, що обертаються навколо зірок.

Зоряні скупчення утворюються в процесі повільного колапсу холодного газу, здебільшого водню, і, як правило, беруть початок в уже існуючій галактиці. Глибоко в колапсууючій хмарі утворюються гравітаційні нестабільності і перші, найпотужніші нестабільності, притягують все більше і більше матерії. Коли досить матерії збирається в невеликій області простору і щільність з температурою в ядрі стають досить високими, починається ядерний синтез і утворюються зірки.

Якщо скупчення водню збирається в сферу, але не має достатньої маси, щоб спалахнути зіркою, то це ще один тип блукаючої планети. Зовнішній шар відкритого космосу мав би температуру міжзоряного простору лиш трохи вище абсолютного нуля. Глибоко в середині, повинні були зберегтися залишки тепла, які виділились при народженні планети, а значить життя могло б вижити, там внизу в середині теплого кокона. І хто знає може через мільярди років блукаючу планету знову спіймає зірка. У галактиці може бути квадрильйон таких мандрівних світів, які ми ще навіть відкривати не почали.

### Список літератури

1. Біля Сонячної системи виявлена блукаюча планета (Електронний ресурс): <https://ukr.media/science/259260/>
2. Гибилицко С. Астрономія без тайн / Гибилицко С. - М. : Эксмо, 2008. – 592 с.
3. Так звані блукаючі планети цілком могли сформуватися самостійно (Електронний ресурс): <http://bogodukhov-city.com.ua/other-news/scitech/3638-tak-zvan-blukayuch-planeti-clkom-mogli-sformuvatisya-samostyno.html>

У статті розглянуто кілька гіпотез про появу блукаючих планет.

**Ключові слова:** планета, Сонце, блукаюча планета, зірка

## AS THERE ARE WANDERING THE PLANET?

**Dariya Polishhuk**

The article describes several hypotheses about the emergence of the wandering planets.

**Keywords:** planet, Sun, a rogue planet, star

## СТАН СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОСМОСУ

### МОДЕЛЬ АЛЬФА-ОМЕГА ДИНАМО І ПРОГНОЗУВАННЯ МАГНІТНИХ ЦИКЛІВ СОНЦЯ

**Валерій Криводубський**

Магнітні поля Сонця контролюють космічну погоду в геліосфері і формують магнітосферу і верхню атмосферу Землі. Варіації сонячного випромінювання, пов'язані з циклічними змінами магнітної активності Сонця, становлять загрозу для засобів зв'язку, приладів на космічних апаратах і систем розподілу електроенергії, а також потенційно небезпечні для здоров'я пасажирів літаків висотних полярних маршрутів і астронавтів у космосі. Тому дослідники прикладають багато зусиль для вивчення природи сонячного магнетизму (див., напр., [1-5]) з метою розробки точних прогнозів магнітних циклів Сонця (див. огляд [6]) і прогнозування довгострокової еволюції космічної погоди (див. огляд [7]).

Нестаціонарні процеси на Сонці в основному пов'язані з локальними тонкоструктурними магнітними полями активних областей. Однак при усередненні за масштабами, що перевищує розміри активних областей, можна виділити гладке крупномасштабне (глобальне) магнітне поле, масштаб якого можна порівняти з радіусом Сонця. У зв'язку з цим, в основі практично всіх теорій збудження сонячного магнетизму лежить концепція глобального поля. Дослідження цього поля дозволяє, відволікаючись від складних локальних явищ, виявити властиві Сонцю як цілому основні процеси, що викликають магнітну активність. Згідно сучасних наукових переконань, які сформувалися на основі спостережень і теоретичних уявлень, глобальне магнітне поле Сонця складається з двох аксіально-симетричних компонент [1-3, 5, 8]. Перша компонента – приховане від спостерігачів в сонячних глибинах сильне тороїдальне (азимутальне) поле  $B_T$ . Воно спрямоване вздовж паралелей в основному на середніх та низьких широтах і має протилежну



полярність (спрямованість) обабіч екватору. Тільки найбільш потужні глибинні поля ( $\geq 10^3$  Гс), прориваючись завдяки магнітній плавучості до сонячної поверхні, проявляються на фотосферному рівні у вигляді локальних опуклостей тороїдального поля, визначаючи тим самим інтенсивність плямоутворення. Останню прийнято характеризувати відносним числом сонячних плям  $W$  (числом Вольфа) і параметром потужності циклу [9]. Максимальне значення усереднених місячних чисел  $W$  в циклі, зазвичай, називають амплітудою 11-річного циклу, тоді як параметр потужності циклу визначається як загальна площа всіх плям, спостережених впродовж циклу. Друга компонента глобального магнітного поля Сонця – зосереджене в меридіональних площинах слабке полоїдальне поле  $B_p$  (з максимальною величиною 1–2 Гс). Силкові лінії полоїдального поля, виходячи на сонячну поверхню, формують фонові магнітні поля, зокрема, полярні магнітні поля. Спостереження свідчать, що, незважаючи на ясно виражені випадкові ефекти в еволюції сонячного магнетизму, обидві магнітні компоненти осцилюють в часі за величиною і знаком із середнім періодом близько 22 роки в протифазі: полоїдальне поле проходить через нульовий стан (змінює полярність) в епохи максимумів сонячних плям, коли тороїдальне поле найбільш потужне, і, навпаки, полоїдальне поле досягає максимуму амплітуди в епохи мінімумів активності плям (магнітний цикл Хейла, який складається з двох 11-річних циклів за числами Вольфа) [5, 9, 10]. Тому очевидно, що глобальні магнітні компоненти пов'язані між собою і збуджуються, напевно, одним процесом, який носить коливальний циклічний характер.

Оскільки в умовах високої газокінетичної провідності сонячної плазми магнітні поля в більшій частині Сонця ефективно «заморожені» щодо омичній дисипації, то повинні існувати більш швидкі процеси, здатні знищувати і відновлювати крупномасштабне поле з періодом циклу. Такі швидкі процеси можуть протікати тільки в турбулізованій конвективній області Сонця, де турбулентна в'язкість плазми значно перевищує газокінетичну магнітну в'язкість [11]. Найбільшого поширення серед дослідників набули переконання, що регулюючим механізмом сонячного циклу служить процес турбулентного гідромагнітного динамо [1, 3, 12, 13]. Роль турбулентної «динамо-машини» на Сонці відіграє його конвективна зона, де поле гідродинамічних швидкостей речовини природно поділене на два істотно відмінних масштаби: крупномасштабну (глобальну) швидкість  $U$ , що відповідає сонячному

обертанню, і дрібномасштабну турбулентну конвекцію  $u$ . Надзвичайно важливо, що рухи різних масштабів не є незалежними. Глобальне обертання з кутовою швидкістю  $\Omega$  взаємодіє з турбулентною конвекцією  $u$  в результаті чого створюється специфічна комбінація диференційного обертання  $\Omega(r, \theta)$  і усередненої спіральної (гіротропної) турбулізованої конвекції  $\langle u \cdot \text{rot } u \rangle \neq 0$  ( $r$  і  $\theta$  відповідно радіус Сонця і полярний кут в сферичній системі координат, кутові дужки  $\langle \dots \rangle$  означають усереднення за просторовими чи часовими масштабами, які значно перевищують характерні розміри і час існування турбулентних комірок в конвективній зоні Сонця). В умовах вмороженості магнітних полів в плазму диференційне обертання в глибинних шарах сонячної конвективної зони витягує магнітні силові лінії полоїдального (меридіонального) поля  $B_p$ , орієнтуючи їх в азимутальній площині, що призводить до збудження магнітної тороїдальної компоненти  $B_T \sim B_p \partial\Omega/\partial r$  ( $\partial\Omega/\partial r$  – радіальний градієнт кутової швидкості), яка має протилежні напрямки в північній і південній півкулях (т.зв. ефект «накручування» магнітних силових ліній або  $\Omega$ -ефект). Водночас, спіральні (дзеркально-несиметричні) пульсації перетворюють тороїдальне поле  $B_T$  в нове полоїдальне поле  $B_p \sim \alpha B_T$  ( $\alpha \approx -(\tau/3) \langle u \cdot \text{rot } u \rangle$  – параметр спіральності,  $\tau$  – характерний час існування турбулентних комірок) протилежного спрямування по відношенню до його вихідної орієнтації ( $\alpha$ -ефект), замикаючи тим самим сонячний магнітний цикл. Слід зауважити, що  $\alpha$ -ефект відноситься до більш чутливого і слабкого ефекту в порівнянні з потужним  $\Omega$ -ефектом. Тому в нелінійному режимі, коли враховується реакція зростаючих полів на процеси збудження магнетизму, необхідно в першу чергу враховувати пригнічення  $\alpha$ -ефекту (т.зв. «альфа-квенчінг» [14]), тоді як  $\Omega$ -ефект зазнає нелінійного пригнічення в меншій мірі. Механізм підтримки циклічних коливань глобального магнітного поля Сонця, заснований на згаданих двох ефекти, прийнято називати  $\alpha\Omega$ -динамо моделлю циклу [1-3, 11, 15, 16]. Відповідно до цього механізму частина енергії обертання і енергії турбулізованих конвективних рухів в ході сонячного циклу переходить в енергію магнітного поля.

Ми провели аналіз недавніх досліджень магнітної циклічності Сонця на основі  $\alpha\Omega$ -динамо моделі. Оскільки диференційному обертанню  $\partial\Omega/\partial r$  притаманна майже стабільна регулярність, то між спостереженими величинами  $B_p$  і  $B_T$  існує функціональна залежність  $B_T \sim B_p \partial\Omega/\partial r$ : максимальне магнітне поле  $B_p$  в епоху мінімуму визначає величину

згенерованого поля  $B_T$  в наступаючому циклі, яке несе відповідальність за інтенсивність плямоутворення. Це надає можливість по величині визначеного на початку циклу поля  $B_P$  прогнозувати амплітуду (числа Вольфа  $W$ ) і потужність (загальну площу всіх плям) циклу.

Разом з тим, певний час в минулому не вдавалося виявити позитивних кореляцій між характеристиками сонячних плям циклу (числом Вольфа або загальною площею плям) і полярним магнітним потоком в кінці поточного циклу на межі з наступним циклом (мінімум нового циклу), коли полоїдальне магнітне поле досягає свого максимального значення. В термінах динамо-теорії це нібито свідчило про відсутність функціональної залежності величини полоїдального поля  $B_P$  в мінімумі нових циклів від тороїдального поля  $B_T$  в максимумі попередніх циклів:  $B_P \neq F(\alpha B_T)$ . Як згодом виявилось, це було зумовлено тим, що поверхневому  $\alpha$ -ефекту Беккока-Лейтона (який визначається кутами нахилу біполярних активних областей, турбулентною дифузією і меридіональною циркуляцією, і зумовлює регенерацію нового полоїдального поля) властиві випадкові флуктуації в часі і просторі.

Ситуація, однак, кардинально змінилася після того, як було запроваджено параметр магнітної потужності сонячних плям циклу, який представляє собою добуток площі всіх плям циклу на кути нахилу біполярних магнітних областей. При спільному засвоєнні (асиміляції) площі плям, відстані між зваженими центрами протилежних магнітних полярностей і кутів нахилу відновлюється функціональна залежність полярних магнітних потоків (які служать індикатором полоїдального поля  $B_P$ ) в мінімумі наступаючого нового циклу від асимільованого параметру магнітної потужності сонячних плям (який характеризує відносну інтенсивність тороїдального поля  $B_T$ ) попереднього циклу. В рамках  $\alpha\Omega$ -динамо це свідчить про те, що поверхневий  $\alpha$ -ефект Беккока-Лейтона зумовлює генерацію полоїдального магнітного поля  $B_P$  циклу, а його асимільований параметр магнітної потужності плям є невід'ємною компонентою майбутніх прогнозів магнітних циклів Сонця на основі моделей турбулентного  $\alpha\Omega$ -динамо.

### Список літератури

1. Вайнштейн С.И., Зельдович Я.Б., Рузмайкин А.А. // Турбулентное динамо в астрофизике. – М.: Наука, 1980. – 352 с.
2. Stix M. Theory of the solar cycle// Solar Phys. – 1981. – 74. – P.79-101.

3. Zeldovich Ya. B., Ruzmaikin A. A., Sokoloff D. D. *Magnetic Fields in Astrophysics*. – New York: Gordon and Breach, 1983.
4. Krivodubskij V. N. Double maxima of 11-year solar cycles // *Kinematics Phys. Celestial Bodies*. – 2017. – 33, No. 1. – P. 24-38.
5. Hathaway D.H. The solar cycle// *Living Rev. Solar Phys.* – 2015. – 12, No. 4. – P.1-87.
6. Petrovay K. Solar cycle prediction// *Living Rev. Solar Phys.* – 2010. – 7, No. 6. – P1-59.
7. Schwenn R. Space weather: The solar perspective// *Living Rev. Solar Phys.* – 2006. – 3, No. 2. – P.1-72
8. Babcock H.W. The topology of the Sun's magnetic field and the 22-year cycle// *Astrophys. J.* – 1961. – 133. – P.572-1033.
9. Витинский Ю.И., Копецкий М., Куклин Г.В.// *Статистика пятнообразовательной деятельности Солнца*. – М.: Наука, 1986. – 296 с.
10. Hale G.E., Nicholson S.B. The low of Sun-spot polarity// *Astrophys. J.* – 1925. – 62. – P.270.
11. Криводубский В.Н. О турбулентной проводимости и магнитной проницаемости солнечной плазмы// *Солн. данные*. – 1982. – №7. – С.99-109.
12. Krause F., Rädler K.-H. // *Mean Field Magnetohydrodynamics and Dynamo Theory*. – Oxford: Pergamon Press, Ltd., 1980. – 271 p.
13. 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.
14. Rüdiger G., Kitchatinov L.L. Alpha-effect and alpha-quenching// *Astron. Astrophys.* – 1993. – 269. – P. 581-588
15. Kitchatinov L.L. The solar dynamo: Inferences from observations and modeling// *Geomagnetism. Aeronomy*. – 2014. – 54. – P. 867-876.
16. Charbonneau P. Dynamo models of the solar cycle//*Living Rev. Solar Phys.*– 2010. – 7, No. 3. – P.1-91.

У статті досліджуються причини магнітних циклів Сонця з метою їх прогнозування.

**Ключові слова:** магнітне поле, Сонце, космічна погода

MODEL ALPHA-OMEGA DYNAMO AND FORECASTING OF THE  
MAGNETIC CYCLES OF THE SUN

**Valeriy Kryvodubskyy**

The article examines the causes of magnetic cycles of the Sun with the purpose of forecasting.

**Keywords:** magnetic field, Sun, space weather

## СПЕКТРАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГАЗОПИЛОВИХ АТМОСФЕР КОМЕТ C/2014 Q2 (LOVEJOY), C/2013 US10 (CATALINA) ТА C/2015 V2 (JOHNSON)

**Василь Пономаренко, Андрій Сімон,  
Клим Чурюмов, Валерій Клещенок**

Виконано спостереження та дослідження довгоперіодичних комет C/2014 Q2 (Lovejoy), C/2013 US10 (Catalina) та C/2015 V2 (Johnson) на основі оптичних спектрів з середньою роздільною здатністю ( $\lambda/\Delta\lambda \approx 1200$ ). Спектри відповідних комет були отримані у лютому, грудні 2015 р. та березні 2017 р. за допомогою телескопа AZT-14 ( $D = 0,48$  м,  $F = 7,7$  м) і спектрографа АСП-9 на спостережній станції «Лісники» Астрономічної обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка. На момент спостережень, комета C/2014 Q2 знаходилася на геліоцентричній відстані  $r = 1,32$  а.о., геоцентричній відстані  $\Delta = 1,09$  а.о., мала інтегральну зоряну величину  $T = 5,2^m$ , кут елонгації складав S-O-T =  $78^\circ$ , фазовий кут S-T-O =  $47^\circ$ , позиційний кут –  $55^\circ$ . Комета C/2013 US10, на момент спостережень, знаходилася на геліоцентричній відстані  $r = 1,08$  а.о., геоцентричній відстані  $\Delta = 1,06$  а.о., мала інтегральну зоряну величину  $T = 6,5^m$ , кут елонгації складав S-O-T =  $64^\circ$ , фазовий кут S-T-O =  $55^\circ$ , позиційний кут –  $300^\circ$ . Комета C/2015 V2, на момент спостережень, знаходилася на геліоцентричній відстані  $r = 1,9$  а.о., геоцентричній відстані  $\Delta = 1,4$  а.о., мала інтегральну зоряну величину  $T \approx 8,5^m$ , кут елонгації складав S-O-T =  $107^\circ$ , фазовий кут S-T-O =  $30^\circ$ .

На основі отриманого спектрального матеріалу була проведена ідентифікація спектральних емісійних смуг. Знайдено деякі фізичні параметри нейтральної газової атмосфери та пилової коми комет. Побудовано розподіл загального і відбитого потоку енергії вздовж щілини спектрографа. Обчислено потоки енергії, газопродуктивність та кількість молекул для емісій CN, C<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>. Також отримано відносну пилопродуктивність та спектрофотометричний градієнт.

У роботі проведена ідентифікація спектральних емісійних смуг на основі спектральних досліджень газопилових атмосфер комет C/2014 Q2 (Lovejoy), C/2013 US10 (Catalina) та C/2015 V2 (Johnson).

**Ключові слова:** комети, емісія, атмосфера, спектри

SPECTRAL RESEARCHES OF GAS-DUST COMETARY  
ATMOSPHERE C/2014 Q2 (LOVEJOY), C/2013 US10 (CATALINA)  
AND C/2015 V2 (JOHNSON)

**Vasyl Ponomarenko, Andrij Simon,**

**Klym Churyumov, Valerij Kleshhonok**

Astronomical observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, 04053, Observatorna Str. 3 [vasiliyponomarenko@gmail.com](mailto:vasiliyponomarenko@gmail.com),  
[andrew\\_simon@mail.ru](mailto:andrew_simon@mail.ru)

In the work conducted to identify the spectral emission bands based on the spectral studies of gazopylevykh atmospheres of comets C/2014 Q2 (Lovejoy), C/2013 US10 (Catalina) C/2015 V2 (Johnson).

**Keywords:** comets, emission, atmosphere, spectra

## ТЕМПЕРАТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТА ВИЯВЛЕННЯ ЛЮМІНЕСЦЕНТНОГО КОНТИНУУМА В КОМІ КОМЕТ

**Василь Пономаренко, Валерій Граняк, Клим Чурюмов**

Під люмінесцентним кометним континуумом ми розуміємо явище поглинання енергії Сонця досить складними органічними молекулами в УФ ділянці спектра з наступним виділення її у видимому спектральному діапазоні. Наявність люмінесцентного континуума в спектрі тимчасової газопилової кометної атмосфери (коми) ще й досі є дискусійним питанням у наукових колах. Основною аргументацією противників існування люмінесцентного континуума є аргумент про те, що останній спостерігається далеко не в усіх кометах, а точніше кажучи, не при кожному спостереженні. Вказаний вище факт може бути логічно пояснений ефектом температурного згасання люмінесцентного випромінювання при зростанні температури люмінофора. У цьому випадку залежність інтенсивності люмінесцентного випромінювання від температури може бути представлена у наступному вигляді [1]:

$$I_l = \frac{I_{\max}}{1 + qe^{\frac{-E_n}{kT}}}, \quad (1)$$

де  $I_{\max}$  – максимальне значення інтенсивності люмінесценції для даного люмінофора при сталому значенні інтенсивності і частоти збуджуючого випромінювання, на яку поширюються положення закону Больцмана;  $q$  – стала, що характеризує властивості центра люмінесценції;  $k$  – стала Больцмана;  $e$  – стала Ейлера.

З рівняння (1) видно, що температурне згасання проявляється лише при досягненні деякого критичного рівня температури люмінофора, який буде тим менше, чим меншою буде енергія переходу центру люмінесценції на більш високий енергетичний рівень. А при температурах, що є нижчими від критичного рівня інтенсивність випромінювання буде визначатися параметром  $I_{\max}$ , що в умовах значної віддаленості небесного тіла від Сонця можна вважати прямо пропорційним інтенсивності опромінення.

Тобто, можна припустити, що при наближенні комети (хімічний склад якої у розглянутих часових рамках може вважатися сталим) до Сонця, інтенсивність люмінесценції буде зростати обернено пропорційно квадрату відстані від Сонця до деякого критичного моменту, доки температура кометної коми, що є джерелом люмінесцентного континуума, не досягне точки початку температурного зрізу. Після цього спостерігатиметься різке зменшення амплітуди люмінесцентного континуума у межах полоси температурного зрізу, в кінці якої амплітуда люмінесцентного континуума зменшиться до нуля та залишатиметься такою при подальшому зростанні температури.

Враховуючи можливість формування люмінесцентного континуума за рахунок випромінювання деякої кількості люмінофорів, можливий ефект поетапного згасання окремих ділянок спектра люмінесцентного континуума, що буде обумовлюватися не збіганням полоси температурного затухання для різних люмінофорів.

Зроблений висновок знаходить підтвердження у спектральних спостереженнях комет та експериментальних дослідженнях, наведених у роботах, присвячених явищу люмінесценції [2-6]. Також висновок дозволяє розглядати пірен  $C_{16}H_{10}$  і антрацен  $C_{14}H_{10}$  у якості найбільш вірогідними кометних люмінофорів з максимумами перевипромінювання  $\lambda_{\max} \approx 440$  нм,  $\lambda_{\max} \approx 400$  нм відповідно [2,3].

## Список літератури

1. Казаринов Ю. Г. Люминесцентное свойства монокристаллов шпинели при воздействии ионизирующих излучений / Ю. Г. Казаринов, В. Т. Грицына, В. А. Кобяков, К. Е. Сикафус // Вопросы атомной науки и техники – 2002. – №3. – С. 53 – 57.
2. Чурюмов К.И. Люмінесцентний континуум та пробіги батьківських та дочірніх молекул в комі комети C/2009 K5 (McNaught) за спектральними спостереженнями в березні–квітні 2010 року / К.И. Чурюмов, В.О. Пономаренко, В.В. Клецонок, О.Р. Баранський, І.В. Лук'яник // Вісник астрономічної школи. – 2012. – Т. 8, № 1–2. – С. 195–199.
3. Чурюмов К.И. Люминесцентный континуум в спектрах кометы C/2007 N3 (Lulin) / Чурюмов К.И., Пономаренко В.А., Клецонок В.В., Баранский А.Р. // Astronomicheskij Tsirkulyar. – ISSN 0236-2457. – ЕААО Shternberg Astronomical Institute. – Moscow. – 2013 – № 1603. – Р. 1–4.
4. Назарчук Г.К. Проверка гипотезы о люминесцирующих пылинках в атмосфере кометы Галлея / Г.К. Назарчук // Кометный циркуляр. – 1987. – № 377. – С. 2.
5. Гурвич А.М. Введение в физическую химию кристаллофосфоров / Учеб. пособие для втузов. — М.: Высшая школа, 1971. — 336 с.
6. Казаринов Ю. Г. Люминесцентное свойства монокристаллов шпинели при воздействии ионизирующих излучений / Ю.Г. Казаринов, В. Т. Грицына, В. А. Кобяков, К. Е. Сикафус // Вопросы атомной науки и техники – 2002. – №3. – С. 53 – 57.

У статті розглянуто особливості формування та виявлення люмінесцентного континууму в комі комет і передбачається, що при наближення комети до Сонця, інтенсивність світіння буде збільшуватися в зворотній пропорції до квадрату відстані від Сонця до певної критичної точки.

**Ключові слова:** комета, кома комет, люмінісценція, спектр, поглинання енергії

TEMPERATURE PECULIARITIES OF FORMATION AND  
DETECTION OF FLUORESCENT CONTINUUM IN A COMA OF  
COMETS



**Vasyl Ponomarenko<sup>1</sup>, Valerij Granyak<sup>2</sup>, Klym Churyumov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Astronomical observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, 04053, Observatorna Str. 3

<sup>2</sup>Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, 21021, Khmelnytske shosse Str. 95, [vasiliyponomarenko@gmail.com](mailto:vasiliyponomarenko@gmail.com), [titanxp2000@ukr.net](mailto:titanxp2000@ukr.net)

In the article the peculiarities of formation and detection of the luminescent continuum in the coma of comets and are expected as the comet approaches the Sun, the intensity of the glow will increase in inverse proportion to the square of the distance from the Sun to a certain critical point.

**Keywords:** comets, coma comets, luminescence, spectrum, energy absorption

## МЕТОДИ ОТРИМАННЯ СПЕКТРІВ МЕТЕОРИВ

**Альона Мозгова, Ганна Ваколюк**

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. Дослідження метеорних явищ тривалий час є окремим напрямом в астрономії.

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 певну відповідь на питання про природу випромінювання метеорного явища.

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, гідродинаміку метеорів під час польоту 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 в лабораторіях, однак результатів таких експериментів не вистачає для побудови теорії випромінювання метеора, яка цілком не завершена.

Процес отримання метеорних спектрів передбачає використання таких оптичних приладів як оптична призма та дифракційна решітка. Випадково був отриманий єдиний спектр метеора щільним спектрографом. Однак даний метод не використовується в метеорній спектроскопії.

Тривалий час спектри метеорів отримували за допомогою оптичної призми. Вона дозволяє охопити все явище. Проте, використовуючи призми, ми отримуємо спектри з нелінійною дисперсією. Спектральна роздільна здатність у синій частині спектра краща, ніж у червоній. Як результат: на спектрограмі, отриманій за допомогою призми, не спостерігається чітких емісійних ліній атомів хімічних елементів. Натомість маємо сукупність смуг, які являють собою поєднання спектральних ліній (Рис.1).

Щоб спектри зірок через добовий рух не зміщувалися, призму перед об'єктивом встановлюють так, щоб її заломлююче ребро розташовувалося уздовж добових паралелей. На фотопластинці спектр метеора виходить у вигляді смужки, витягнутої в напрямку руху, з лініями, розташованими перпендикулярно до заломлюючого ребра призми.

У метеорному спектрі, зображеному на рис.1., виявлено емісійні лінії Ca I, Fe I, Mg I, Na I, Ca II, Si II, Mg II та молекулярну смугу N<sub>2</sub>.

Спектр метеора, отриманий за допомогою дифракційної решітки, зображений на рис.2. Диспергуючим елементом в дифракційних спектральних приладах служить дифракційна решітка. Вона являє собою оптичну поверхню з металу або прозорого матеріалу, на яку тим чи іншим методом нанесені штрихи, певним чином розбивають фронт падаючої світлової хвилі на когерентні пучки і змінюють їх амплітуду або фазу. Інтерференція цих

когерентних пучків світла визначає результуючий розподіл енергії випромінювання в просторі і спектроскопічні характеристики решітки.

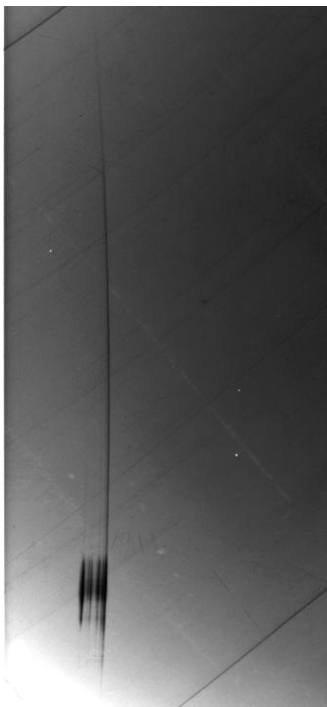


Рис.1. Спектр метеора 9-10 серпня 1965 року, отриманий за допомогою оптичної призми. Траєкторія польоту згори вниз. Довжини хвиль в спектрі зростають зліва направо.

Є дифракційні решітки з різною кількістю штрихів – 300 шт/мм, 600 шт/мм, 1200 шт/мм тощо. Спектри, отримані за допомогою дифракційних решіток, мають лінійну дисперсію. У спектрі метеора, зображеному на рис.2., ототожнено 125 емісійних ліній, що належать атомам CrI, FeI, MgI, SiI, AlI, MnI, CaI, TiI, NaI та іонам FeII, CaII, MgII, TiII, SiII.



Рис.2. Спектр метеора 2-3 серпня 2011 року. Напрямок польоту – згори донизу. Спектр поділений на фрагменти за допомогою обтюратора. Ліворуч – перший спектральний порядок, праворуч – частина другого спектрального порядку. Горизонтальні смуги – зображення нульових спектральних порядків зір. У центрі знімка зоря  $\alpha$  Орн (Orphiuchus – Змієносець)

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.

У статті розглянуто традиційні методи отримання спектрів метеорів, які дозволяють отримати фізико-хімічні характеристики метеорних тіл

**Ключові слова:** метеори, спектри, комети, астероїди

**METHODS OF METEOR SPECTRA OBTAINING**

**Alona Mozgova, Ganna Vakolyuk**

The article deals with the traditional methods of obtaining spectra of meteors, which provide physical and chemical characteristic of meteoroids

**Keywords:** meteors, spectra, comets, asteroids

# АСТЕРОЇДНО–КОМЕТНО-МЕТЕРОЇДНА ЗАГРОЗА ДЛЯ ЗЕМЛІ: НЕБЕЗПЕКА ВІД ОБ'ЄКТІВ РІЗНИХ СІМЕЙСТВ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ОРБІТАЛЬНОЇ ЕВОЛЮЦІЇ

Наталія Коваленко

**Вступ.** Проблема астероїдно-кометної загрози стоїть перед людством від початку історії. Її вивчення – це багатопланова задача. Сучасні телескопи дозволяють виявити більшість потенційно небезпечних об'єктів. Космічні місії до астероїдів і комет, а також наземні спектрофотометричні спостереження дають інформацію про їхню структуру, властивості, склад. Потужні обчислювальні засоби дозволяють розрахувати імовірність зіткнення малих тіл Сонячної системи із Землею, отримати оцінку частоти падіння на Землю тіл різних розмірів. Також важливо знати походження тіл, що зближуються із Землею, виявити батьківські тіла для небезпечних метеороїдів. Це визначається шляхом моделювання їхньої орбітальної еволюції.

**Астероїди, які зближуються із Землею.** Більшість астероїдів обертається навколо Сонця у так званому головному поясі астероїдів між орбітами Марса та Юпітера. Але через гравітаційні збурення з боку планет та негравітаційні сили, зокрема ефект Ярковського (суть його полягає в реактивному ефекті - ефекті віддачі - що зазнається нагрітим тілом в результаті асиметричного перевипромінювання теплової енергії) невпинна міграція переводить окремі астероїди з головного поясу ближче до Сонця, де вони перетинають орбіти Марса, Землі, Венери та Меркурія.

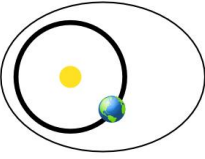



Астероїди з перигелійними відстанями, меншими або рівними 1,3 а.о. (тобто 0,3 а.о. від орбіти Землі), прийнято називати астероїдами, що зближуються із Землею (А33). Серед 600000 відомих астероїдів Сонячної системи, відкрито понад 16000 біляземних. Прикладом такого астероїда є 25143 Ітокава, поперечником 300 м, до якого підлітав японський апарат Хаябуса 2005 р. Історично першим з астероїдів з такою орбітою було відкрито (433) Ерос (1898). Найбільший серед відомих біляземних астероїдів – 1036 Ганімед, діаметром 31,7 км і з періодом обертання 4,34 роки.

Всі А33 прийнято поділяти на кілька груп залежно від величини їх перигелійної або афелійної відстані та великої півосі. Кожна така група називається за іменем астероїда - її характерного

представника.

Такі групи наводяться нижче, у Таблиці 1.

Таблиця 1. Типи астероїдів що зближуються із Землею.

	<p><b>Астероїди типу Амура ((1221) Amor).</b> Перигелійні відстані <math>q</math> більше, ніж афелійна відстань Землі (1,017 а.о. <math>&lt; q \leq 1,3</math> а.о.). Астероїди цього типу можуть наближатися до Землі ззовні, але не заходять усередину орбіти Землі. Більшість з них перетинають орбіту Марса.</p>
	<p><b>Астероїди типу Аполлона ((1862) Apollo).</b> Перигелійні відстані менше ніж афелійна відстань Землі, великі півосі більше, ніж у Землі (<math>a &gt; 1</math> а.о., <math>q \leq 1,017</math> а.о.). Астероїди цього типу можуть проникати всередину орбіти Землі.</p>
	<p><b>Астероїди типу Атона ((2062) Aten).</b> Великі півосі менше, ніж у Землі, афелійні відстані більше перигелійної відстані Землі (<math>a &lt; 1</math> а.о., <math>Q \geq 0,983</math> а.о.). Орбіти астероїдів цього типу лежать в основному усередині орбіти Землі і тільки в околиці афеліїв виходять за її межі.</p>
	<p>Існує ще один тип астероїдів, здатних наближатися до орбіти Землі. Їхні орбіти цілком лежать в межах земної орбіти. Їх часто називають <b>астероїдами типу Атіри або Апохея</b>, для них <math>Q &lt; 0,983</math> а.о. Подібні малі тіла важко виявити, оскільки вони можуть спостерігатися тільки в ранковий або вечірній час, на елонгаціях від Сонця, що не перевищують 90 градусів. Перший представник астероїдів цього типу має такі параметри орбіти: <math>a = 0,757</math> а.о., <math>e = 0,291</math>, <math>Q = 0,927</math> а.о.</p>

Належність астероїда до типу Аполлона або Атона не означає, що орбіта астероїда обов'язково перетинає орбіту Землі: в більшості випадків перетин має місце тільки в проекції на площину екліптики, в просторі орбіти лише схрещуються. Реальний перетин двох орбіт має місце тоді, коли орбіта Землі проходить через один або обидва вузла орбіти тіла на екліптиці. Якщо при цьому Земля і тіло виявляються на своїх орбітах одночасно в безпосередній близькості до вузла, то відбувається зіткнення.

**Потенційно небезпечні астероїди.** Приблизно п'яту частину всіх АЗЗ складають потенційно небезпечні астероїди. До них відносять ті астероїди, орбіти яких в цю епоху зближуються з орбітою Землі до відстаней, менших або рівних 0,05 а.о. і абсолютна зоряна величина яких сягає 22,0<sup>m</sup> або яскравіша. Якщо прийняти середнє значення альbedo астероїдів рівним 0,13, то цій умові відповідають тіла, що перевищують 140 м в поперечнику. Вважається, що тіла менші за розміром не уявляють серйозної загрози для Землі, оскільки вони в більшості випадків сильно руйнуються при проходженні через атмосферу і здатні завдати лише локальної шкоди.

8 квітня 2017 кількість відкритих біляземних астероїдів досягла 16000, в середньому 30 нових об'єктів відкривають щотижня. Ця кількість на 60% більша у порівнянні з серпнем 2013, коли їх було відомо 10000.

Астрономічні обсерваторії, які в той чи інший час здійснювали програми пошуку біляземних об'єктів:

- Asiago DLR Asteroid Survey (ADAS), Італія/Німеччина
- Campo Imperatore Near Earth Object Survey (CINEOS), Італія
- Catalina Sky Survey (CSS), США
- China NEO Survey / NEO Survey Telescope (CNEOS/NEOST),

Китай

- European NEA Search Observatories (EUNEASO), Європа
- EUROpean Near Earth Asteroid Research (EURONEAR),

Європа

- IMPACTON, Бразилія
- Japanese Spaceguard Association (JSGA), Японія
- La Sagra Sky Survey (LSSS), Іспанія
- Lincoln Near-Earth Asteroid Research (LINEAR), США
- Lowell Observatory Near-Earth Object Search (LONEOS), США
- Near-Earth Asteroid Tracking (NEAT), США
- Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System (Pan-STARRS), США
- Spacewatch, США
- Teide Observatory Tenerife Asteroid Survey (TOTAS), Іспанія
- Wide-field Infrared Survey Explorer (WISE), США.

Ці обсерваторії, а також багато інших брали або продовжують брати активну участь в подальших спостереженнях.

Сьогодні два огляди біляземних об'єктів, що фінансуються НАСА, - Каталіна (the Catalina Sky Survey) і Панстарз (the Panoramic

Survey Telescope & Rapid Response System, або Pan-STARRS) на Гавайях – мають на своєму рахунку близько 90% нових відкриттів БЗО. Обидва проекти оновили свої телескопи 2015 р., що збільшило швидкість відкриттів. Недавній апгрейд одного з телескопів the Catalina Sky Survey призвів до потрійного збільшення місячної кількості відкриттів БЗО на ньому. Коли система the Pan-STARRS збільшила присвячений пошуку БЗО спостережний час до 90%, вона також втричі збільшила свою швидкість відкриттів. Pan-STARRS також додав до пошуку другий телескоп восени 2016 року. З долученням до пошуку нових телескопів, спільні зусилля дозволять відкрити більше об'єктів розміром 140 м та менших.

Програма спостережень за Біляземними об'єктами є головним елементом Координаційного офісу НАСА з захисту планети, що відповідає за пошуки, супровід та характеризування потенційно небезпечних БЗО. Ця програма є також головним учасником нещодавно створеної Міжнародної Мережі Астероїдного Попередження.

Спостерігачі вже відкрили близько 90% очікуваної популяції крупних БЗА (діаметром понад 1 км, 875 таких об'єктів відомо на 8 квітня 2017 р.). Але, за оцінками, відкрито менше третини БЗА розміром від 140 м до 1 км (7620 таких об'єктів відкрито на 8 квітня 2017 р.). І хоча зараз жоден з відомих БЗО не являє ризику падіння на Землю у найближчі 100 років [1], в основному виявлені крупніші астероїди, а менші за розміром і ймовірно небезпечні ще потрібно знайти. За наказом Конгресу США НАСА має відкрити понад 90% об'єктів такого розміру до кінця 2020 р.

Рис. 1 дає уявлення про кількість болідів впродовж 1994-2013 рр.. Щопівмісяця малі астероїди поперечником від 1 м до 20 м дезінтегрувалися в атмосфері Землі і спостерігалися вдень або вночі [2].

Найбільшою енергією удару за цей 20-річний інтервал володів денний Челябінський метеорит (440000-500000 тон ТНТ), зафіксований над центральною Росією 15 лютого 2013 р. Цей малий астероїд мав близько 20 м у діаметрі до зіткнення із Землею. Такі події є частиною геологічної історії Землі. За оцінками, популяція БЗО розміром понад 140 м у 25 разів більш численна, ніж популяція БЗО поперечником понад 1 км, яка оцінюється приблизно в 1000 об'єктів і з яких вже відкрито близько 96%.

Кожного дня на Землю падає понад 100 тон пилу та космічних



частинок розміром із піщинки. В середньому раз на рік в атмосферу Землі потрапляє астероїд розміром з автомобіль, створюючи внаслідок тертя в атмосфері вражаюче явище боліду.

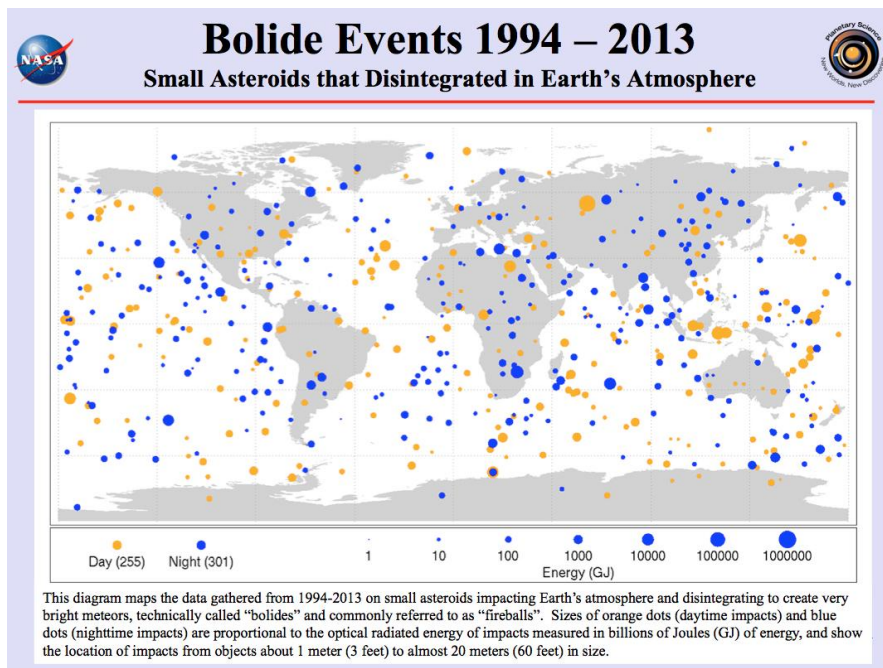


Рис. 1. Кількість болідів впродовж 1994-2013 рр.

Раз на 5000 років об'єкт завбільшки з футбольне поле ударяє Землю і спричиняє значних пошкоджень. Раз на кілька мільйонів років падає достатньо крупний об'єкт, здатний завдати регіональну або глобальну катастрофу. Про такі події свідчать ударні кратери на Землі, Місяці та інших планетних тілах.

Так, метеоритний кратер поблизу Уінслоу, Арізона, є свідченням удару Землі тілом поперечником 50 м близько 50000 років тому. Удар багатого на метал об'єкта вивільнив енергію в еквіваленті 10 мегатонного вибуху, і утворив кратер поперечником 1,2 км.

Телескопічні огляди відкрили лише мізерну частку БЗА завбільшки 10-20 м (тобто як Челябінський астероїд) з популяції, що оцінюється у 20 мільйонів тіл. Тож значна кількість імовірно небезпечних об'єктів таких розмірів ще не каталогізована.

**Комети як небезпека для Землі.** Хоча небезпечних для Землі комет набагато менше, ніж АЗЗ, динамічні і фізичні особливості комет такі, що небезпека ця цілком реальна. Найбільшу небезпеку становлять параболічні і близькопараболічні комети, такі, що вперше в історії людства виявляються в області внутрішніх планет Сонячної системи. Середня кількість таких комет, що відкриваються на рік, за останні кілька років складала 10-15. Нахили орбіт цих комет можуть набувати значень від 0 до 180 (на відміну від короткоперіодичних комет, нахили орбіт яких невеликі), а це означає, що для частини комет можливе зіткнення з Землею на зустрічних курсах. При цьому швидкість зіткнення може досягати 72 км/с.

За оцінками фахівців, зіткнення Землі з кометами на параболічних орбітах трапляються приблизно один раз за 175 млн. років. Врахування близькопараболічних і гіперболічних комет збільшує частоту зіткнення з неперіодичними кометами і кометами дуже довгих періодів до приблизно одного зіткнення за 110 млн. років.

**Загальна статистика.** Станом на 8 квітня 2017 р. відомо 16106 біляземних об'єктів [3]. Серед них:

- Комет, що зближуються із Землею: 106 шт. (0,7%)
- Астероїдів типу Атіри/Апохеля: 16 шт. (0,1%)
- Атенців: 1170 шт. (7,3%)
- Аполонців: 8724 шт. (54,2%)
- Амурців: 6090 шт. (37,8%)

**Моделювання орбіт як діагностика астероїдно-кометної небезпеки від тіл різних популяцій.** Одним з методів моніторингу потенційної небезпеки від астероїдів та комет є моделювання їхньої орбітальної еволюції сучасними програмними засобами. Адже на сьогоднішній день відома лише частина небезпечних для Землі об'єктів, і вивчення астероїдно-кометної загрози для Землі потребує подальших досліджень – як спостережень, так і моделювання орбіт і прогнозу їхньої динамічної еволюції.

Одним з програмних пакетів для інтегрування орбіт є HALLEY [4]. Він дозволяє моделювати орбітальну еволюцію комет та астероїдів на +1тисячу років (в майбутнє) та -5 тисяч років (в минуле). Задачі, які виконує пакет HALLEY, включають підрахунки орбітальної еволюції малих тіл та візуалізацію їхньої динаміки, виявлення тісних зближень з великими планетами за заданий інтервал часу, тощо. В рівняннях руху враховуються гравітаційні збурення з боку всіх великих планет та Плутона. Координати збурюючих планет підраховані на основі

планетних та місячних ефемерид JPL. Рівняння руху також включають релятивістські збурення від Сонця. Збурення з боку Землі та Місяця враховуються окремо. Модель Марседена береться для підрахування негравітаційних прискорень з параметром максимального неспівпадіння перигелію. Чисельне інтегрування рівнянь руху здійснюється з використанням методу Еверхарта 11-го порядку з автоматичним контролем кроку інтегрування.

Інший програмний пакет - Swifter [5]. В якості алгоритму чисельного інтегрування доцільно обрати метод RMVS (Regularized Mixed Variable Symplectic) [6], [7], який підтримує обчислення тісних зближень між тестовими частинками і масивними тілами. Початкові координати планет обчислюються за чисельними ефемеридами JPL [8]. Пакет дозволяє моделювати орбіти на проміжки часу в мільярди років.

Програмний пакет ORAS (ORbital Association Software) було розроблено для перевірки можливих асоціацій між орбітами метеороїдів та батьківських тіл. Його опис наводиться у [9].

Передбачається, що деякі потоки метеороїдів можуть бути пов'язані із біляземними астероїдами [10].

В [11] описується програмне забезпечення та система автоматизованих ПЗЗ-спектрографів для моніторингу метеороїдів що проникають в атмосферу та фізико-хімічного дослідження їхньої речовини, яка дає можливість визначити склад речовини і їх батьківських тіл – астероїдів та комет.

В [12] описується програмне забезпечення MIDAS, що використовується в проекті з ідентифікації спалахів, що викликані падінням метеороїдів на поверхню Місяця. Це ПЗ здатне автоматично ідентифікувати ці події та визначити імовірне джерело метеороїдів (відомий метеороїдний потік чи спорадичне тіло).

У [13] розповідається про те, що NASA шукає можливість надійно і вчасно виявляти потенційні імпаکتори Землі, щоб захистити планету. NASA керує програмою Spaceguard, що є коаліцією всесвітніх обсерваторій та науковців, які шукають, прослідковують, та визначають імовірність падіння на Землю для потенційних імпакторів Землі. Було розроблено багатокроковий метод, який визначає час на оповіщення для астероїдів, що підходять до Землі ближче ніж 0,05 а.о.. Використовуючи дані з програми НАСА NEO по тісних зближеннях, бази даних по малих тілах JPL, і дані IAU Minor Planet Center, були зібрані різниці між датами відкриття цих потенційно небезпечних

астероїдів та датами 7300 проникнень цих об'єктів всередину 0,05 а.о. від Землі (MOID - Minimum Orbit Intersection Distance) для нанесення часів оповіщення для відомих проникнень потенційно небезпечних астероїдів в межі MOID.

Пакет від Європейської космічної Агенції ESA's "Interplanetary Meteoroid Environment Model" (IMEM) [14] зараз доопрацьовується даними з місії «Розетта». Його метою є характеризування пилових слідів і потоків від комет у внутрішній частині Сонячної системи. Для цього розробляється модель потоку метеороїдів, що містить величезну базу даних потоків від комет від усіх відомих комет у внутрішній Сонячній системі. Модель буде здатна передбачати метеорні потоки від більшості відомих комет, що буде спостерігатися будь-де у внутрішній Сонячній системі, у будь-який час у проміжку 1980-2080. Це має відношення для дослідження метеорних потоків на Землі або інших планетах, а також дозволяє визначати небезпеку від метеороїдів для космічних апаратів.

**Висновки.** Проблема астероїдно-кометної небезпеки потребує подальшого дослідження. Один зі шляхів моніторингу – моделювання орбітальної еволюції потенційно небезпечних об'єктів. Сучасні програмні засоби дозволяють це зробити із досить високою точністю.

### Список літератури

1. <http://neo.jpl.nasa.gov/ca/>
2. <http://neo.jpl.nasa.gov/news/news186.html>
3. <https://cneos.jpl.nasa.gov/stats/totals.html>
4. <http://www.ipa.nw.ru/halley/en/download.html>. 12
5. <http://www.boulder.swri.edu/swifter/>
6. Duncan, Levison, and Lee (1998). A Multiple Time Step Symplectic Algorithm for Integrating Close Encounters, *The Astronomical Journal*, Volume 116, Issue 4, pp. 2067-2077.
7. Levison and Duncan (2000). Symplectically Integrating Close Encounters with the Sun, *The Astronomical Journal*, Volume 120, Issue 4, pp. 2117-2123
8. [http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb\\_query.cgi#x](http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb_query.cgi#x)
9. Madiedo, Jose Maria; Trigo-Rodriguez, Josep Maria (2012). Linking meteoroid streams to their parent bodies by means of orbital association software tools. *Proceedings of the International Meteor Conference, La Palma, Canary Islands, Spain, 20-23 September 2012* Eds.:

Gyssens, M.; Roggemans, P. International Meteor Organization, ISBN 978-2-87355-024-4, pp. 133-135

10. Trigo-Rodríguez, J.; Madiedo, J.; Williams, I. (2014). On the existence of near-Earth-object meteoroid complexes producing meteorites. Asteroids, Comets, Meteors 2014. Proceedings of the conference held 30 June - 4 July, 2014 in Helsinki, Finland. Edited by K. Muinonen et al.

11. Madiedo, José M. Robotic systems for the determination of the composition of solar system materials by means of fireball spectroscopy. Earth, Planets and Space, Volume 66, article id.70, 9 pp.

12. Madiedo, José M.; Ortiz, José L.; Morales, Nicolás; Cabrera-Caño, Jesús. MIDAS: Software for the detection and analysis of lunar impact flashes Planetary and Space Science, Volume 111, p. 105-115.

13. Borzych, Todd A. Size-dependent earth impactor warning times and corresponding campaign mission recommendations. ProQuest Dissertations And Theses; Thesis (M.S.)--The University of North Dakota, 2012.; Publication Number: AAT 1514569; ISBN: 9781267464323; Source: Masters Abstracts International, Volume: 51-01, page: .; 129 p.

14. <http://www.imo.net/imcs/imc2014/2014-18-soja-final.pdf>

Розглядаються деякі аспекти астероїдно-коменої загрози для Землі від астероїдів різних сімейств і комет. Наводиться перелік програмних засобів для розрахунку потенційного ризику та для моделювання орбіт астероїдів, комет та метеороїдів.

**Ключові слова:** астероїди, комети, метеорити, загроза для Землі

ASTEROID-COMET-METERON THREAT TO EARTH: DANGER FROM OBJECTS OF DIFFERENT COLLECTIONS AND SOFTWARE TOOLS FOR MODELLING OF ORBITAL EVOLUTION

**Nataliya Kovalenko**

Discusses some aspects of the asteroid-comeno a threat to Earth from asteroids of different families and comets. Provides a list of software tools to calculate the potential risk and modeling the orbits of asteroids, comets and meteoroid.

**Keywords:** asteroids, comets, meteors, threat to the Earth

## КОЛОНІЗАЦІЯ МАРСУ

**Катерина Куліш**



Марс – четверта планета Сонячної системи. Умови на ній досить схожі на Земні: зміна пір року, наявність в атмосфері вуглекислого газу, схожий рельєф, наявність води, але лише у твердому стані, температура придатна для існування (хоча лише у захисних костюмах або спорудах).

Саме завдяки цим характеристикам розглядається можливість колонізації Марса людьми.

Уже проведено декілька експериментів по підготовці до колонізації Марса: («Біосфера 2», «Марс 500»), під час них досліджували психологічний та фізичний стан людей в умовах наближених до марсіанських. Заплановано, що колонізацією нашого сусіда займатимуться 3 програми: Mars One, Міжпланетна транспортна система (SpaceX) та проект NASA. У межах цих програм готуються проекти по доставці людей на Марс, умови їх проживання у колонії та підготовка до самої колонізації.

Я проаналізувала протилежні погляди вчених щодо колонізації Марса.

Оскільки з-поміж інших планет Сонячної системи Марс найбільше схожий із Землею, то одним із головних завдань більшості космічних агентств є відправлення пілотованої місії на Червону планету. Розробляються моделі ракет, житлових модулів, автомобілів та іншого обладнання необхідного для колонізації Червоної планети, проводяться різноманітні експерименти для вивчення людей у неземних умовах.

Вчення Костянтина Едуардовича Ціолковського

К.Е. Ціолковський (17 вересня 1857 р. — 19 вересня 1935 р.) — радянський вчений-теоретик польського походження, є одним із засновників ракетобудування та сучасної космонавтики, педагог, письменник [1].

Теорія міжпланетних сполучень є найвідомішою серед усіх його напрацювань. Ціолковський дослідив можливість досягнення космічних швидкостей та довів ймовірність міжпланетних польотів. Він був першим, хто розглянув питання про ракету як штучний супутник Землі. Вчений також висловив ідею створення

навколоземних станцій як штучних поселень, що використовують енергію Сонця, проміжних баз для міжпланетних сполучень; опрацював медико-біологічні проблеми, що виникають при тривалих космічних польотах. Саме він запропонував будову ракети, яка складається із кількох ступенів [1].

У 1903 році він опублікував книгу "Дослідження світових просторів реактивними приладами", де вперше довів, що єдиним апаратом, здатним здійснити космічний політ, є ракета. Ціолковський заклав основи теорії ракет і рідинного ракетного двигуна. Ним вперше була вирішена задача посадки космічного апарата на поверхню планет, позбавлених атмосфери [2].

### **Випробування в пустелі Землі (Біосфера 2)**

У зв'язку з тим, що люди перебуватимуть на Марсі довгий час, а перевезення вантажу із Землі затратне, колоністи будуть змушені вирощувати їжу на місці. Так, як наші фрукти та овочі не призначені для марсіанського ґрунту, буде необхідність для побудови на Червоній планеті цілих екосистем.



Рис.1. «Біосфера 2» – гігантський герметизований комплекс споруд з бетону, сталевих труб і 5600 скляних панелей

Він моделює замкнену екологічну систему, збудований компанією «Space Biosphere Ventures» на кошти мільярда Едварда Басса в пустелі Сонора, штат Аризона, США. Головним завданням «Біосфери 2» було з'ясувати: чи зможе людина жити і працювати в замкнутому середовищі. У віддаленому майбутньому такі системи

можуть бути корисні як автономні поселення в космосі, або в разі крайнього погіршення умов життя на Землі [3].

Внутрішня площа будівлі (1,3 га) поділялася на три основні частини. У першій — зразки п'яти характерних екосистем Землі:

- «Ліс» — ділянка тропічного лісу,
- «Океан» — басейн з солоною водою,
- «Пустеля»,
- «Савана» з річкою,
- «Болото».

У всіх цих частинах поселили відібраних ботаніками і зоологами представників флори і фауни.

Наприкінці вересня 1991 року вісім чоловік взяли участь у експерименті у цій закритій екологічній системі. Вони мали прожити там 2 роки без зовнішньої допомоги. Результат виявився не зовсім вдалим. Незабаром після початку, учасники розділилися на дві ворожі групи, які до сьогоднішнього дня між собою не часто зустрічаються. Вчені пояснюють таку неочікувану поведінку людей нестачею кисню в повітрі [3].

Учасники експерименту були змушені голодувати та втратили масу, у зв'язку з неврожасем. Вчені, які слідкували за цим експериментом, були змушені постачати кисень у комплекс.

Загалом експеримент виявився невдалим. Тому можна зробити висновок про те, що в разі створення на Марсі такої житлової споруди, потрібно враховувати всі чинники та обов'язково перестраховатися, бо на Червоній планеті буде складно перервати місію або ж внести якісь корективи під час її здійснення [3].

### **Експеримент «Марс 500»**

Політ на Марс може тривати в середньому рік, а перебування на самій планеті буде доволі тривалим. Тому для людей, яких оберуть для цієї місії, такі обставини будуть випробовуванням. Саме для спостереження за поведінкою людей у близьких до марсіанських умовах було проведено декілька досліджень.

Одним з них - «Марс-500» — експеримент російського космічного агентства Роскосмос і європейського ESA. Проект імітував пілотований політ на Марс, під час якого 6 добровольців знаходилися в замкнутому комплексі 520 днів.

Експеримент був максимально наближений до реального пілотованого польоту на Марс з поверненням на Землю. Проект



здійснено російським Інститутом медико-біологічних проблем РАН з листопада 2007 року по листопад 2011 року.

Основне завдання цього проекту — зібрати дані про здоров'я членів команди та їх працездатність, зімітувавши основні особливості пілотованого польоту на Марс, такі як висока тривалість, автономність, затримка зв'язку із Землею [4].

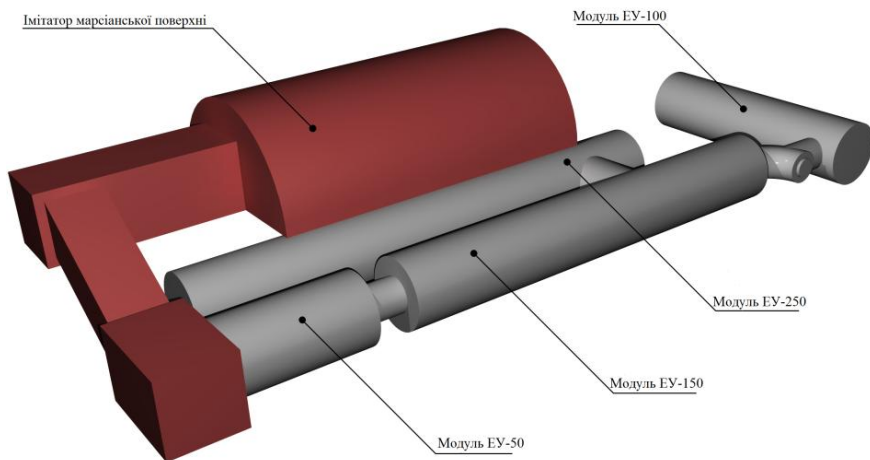


Рис.2. Медико-технічний комплекс проекту Mars 500

#### Етапи експерименту:

I. Перший етап проекту тривалістю в 14 днів був проведений в двох модулях медико-технічного комплексу — житловий модуль ЕУ-150, обсяг якого  $150 \text{ м}^3$ , і медичний ЕУ-100 об'ємом  $100 \text{ м}^3$  — та завершився в листопаді 2007 року. Мета: перевірити технічні та експлуатаційні характеристики систем модулів, в яких повинен був жити екіпаж, оцінити їх зручності і ремонтпридатності. Добровольці повинні були провести 14 днів в ізоляції. Результат показав, що модулі відповідають всім необхідним вимогам.

II. Другий етап проекту тривалістю в 105 днів було проведено з 31 березня по 14 липня 2009 р. Його мета: отримання науково-технічної інформації та її аналізу, та вивчення фізіологічних і психологічних особливостей адаптації людського організму до умов автономного існування.

III. Третій і останній етап проекту тривалістю 520 днів проводився з 3 червня 2010 року по листопад 2011 року.

Мета: дослідження взаємодії людини з довкіллям, збір інформації про стан здоров'я і працездатності екіпажу в умовах, наближених до марсіанському польоту: довготривале перебування в замкнутому просторі, автономність, зв'язок із Землею зі значною затримкою, обмеженість ресурсів. Під час цього етапу проводилися три виходи на імітовану марсіанську поверхню [4].

Експеримент максимально наближений до реальних умов польоту. Неможливо імітувати лише невагомість та непотрібно – радіацію.

Його вартість оцінюється в 15 мільйонів доларів. Усі три етапи експерименту показали гарний результат. Це свідчить про моральну, фізіологічну готовність людей до пілотованого польоту на Марс. Також результати вказують на добру технічну забезпеченість людей.

Проте, варто відмітити, що ніхто з учасників експерименту не погодився на подальший політ до Марсу. Це свідчить про напружену психологічну складову під час перебування в закритому просторі.

### **Майбутнє колонізації Марса Inspiration Mars Foundation**

Перед початком колонізації Червоної планети компанія Inspiration Mars Foundation запропонувала відправити в січні 2018 р. пілотовану експедицію для обльоту Марса. Організація планує використовувати перевагу пускового вікна для запуску в січні 2018 експедиції обльоту Марса з поверненням на Землю. Фонд вважає, що дослідження космічного простору послужить каталізатором зростання знань, національного процвітання і глобального лідерства [5].

Дату відправлення призначили на 5 січня 2018 року. Політ триватиме 501 добу. Візьмуть участь у цій експедиції двоє людей. Учасники можуть отримати сильну дозу радіації. Об'єм житлового відсіка приблизно 17 м<sup>3</sup>. Цей політ буде найбільшим за дальністю та часом перебування у космосі [5].

### **Підготовка до польотів на Марс**

Зараз майже всі космічні агентства намагаються підготувати та відправити пілотовану місію на Марс. Тривають кастинги на можливість полетіти та стати першопроходцем Марсу. Розробляються моделі ракет, жилих модулів, автомобілів та іншого обладнання необхідного для колонізації Червоної планети, проводяться різноманітні експерименти для вивчення поведінки людей в позаземних умовах. Деякі компанії можуть забезпечити політ на Марс

лише в один кінець, та це не зупиняє людей, і багато охочих подають заявки на участь в їх місіях.

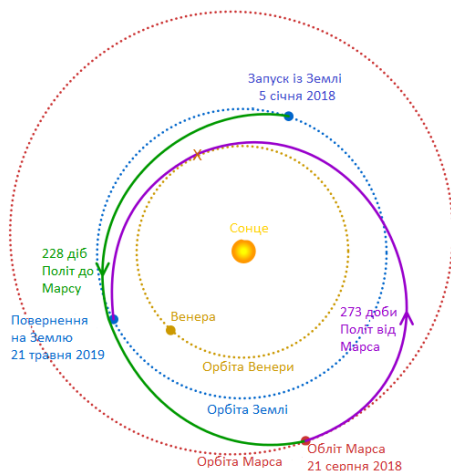


Рис. 3. Траєкторія польоту корабля Inspiration Mars (не в масштабі)

### Mars One

Однією з перших про колонізацію Марса заявила приватна компанія нідерландського дослідника Баса Ландорпа Mars One. Її мета - заснування на Марсі постійної людської колонії [6].

Реалізація цього проекту розпочалася в 2011 році з проведення дискусійних зустрічей з постачальниками аерокосмічних компонентів у США, Канаді, Італії та Великобританії. У 2013 розпочався відбір астронавтів-колонізаторів. Взяти участь могли всі бажаючі з усіх країн світу [6].

В результаті чотирьох турів відібрано 24 майбутніх колоністи, яких відправлятимуть на Марс по 4 особи. Технічна та психологічна підготовка астронавтів розпочалася у 2016 році. Здатність справлятися з важкими умовами життя на Марсі є важливим критерієм відбору, астронавти також пройдуть навчання для найбільш ефективної адаптації до них [6].

Перший запуск непілотованого апарату планується у 2020 році. Ним передбачено доставку на Марс посадкового модуля для перевірки сонячних батарей, технології вилучення води з марсіанського ґрунту, а

також запуск комунікаційного супутника, який безперервно передаватиме зображення, відео та інші дані з поверхні Марса.

Згодом, у 2022 планується запуск другого супутника зв'язку на орбіту навколо Сонця, устаткування для будівництва колонії та безпілотного марсоходу з причепом, який обере найкраще місце для поселення й підготує поверхню Марса до прибуття вантажу та розміщення сонячних панелей.

У 2024 буде запущено шість вантажів: два житлових блоки, два блоки із системами життєзабезпечення, два вантажних блоки. Загальна маса вантажів, які відправляться за допомогою модифікованого космічного апарату SpaceX Dragon, орієнтовно буде 2500 кг. Ці вантажі здійснять посадку на Марс у 2025 р.

Перших 4 людини, з місії Mars One, опустять на Марс у 2027 році. Вони почнуть установлювати обладнання для наступників, які прилетять туди у 2028 році, і так далі. Таким чином, станом на 2035 рік, населення колонії має досягнути 20 чоловік [6].

Успішність цієї місії покаже час.

### **“Міжпланетна транспортна система” (ITS)**

«Міжпланетна транспортна система» — найперспективніша місія по колонізації Марса. Це проект приватної компанії SpaceX з будівництва космічної системи з багаторазовими двигунами, ракетоносіями і космічними капсулами для транспортування людини до Марса і повернення на Землю [7].

Плани Ілона Маска – голови SpaceX – передбачають:

1. Виведення двох ступеневого корабля: Надважкої ракета-носія та Міжпланетного космічного корабля на проміжну орбіту.
2. Перша ступінь ракети – носія повертається на Землю. Повторний старт Надважкої ракети-носія, вже із Заправником МТС.
3. Постачання палива із Заправника на Міжпланетний космічний корабель.
4. Відправлення корабля до Червоної планети; під час польоту він має розкрити дві сонячні панелі потужністю 200 кіловат.
5. Прибуття корабля до Марсу.
6. Виробництво ракетного палива на місці.
7. Старт з Марсу та повернення на Землю [8].

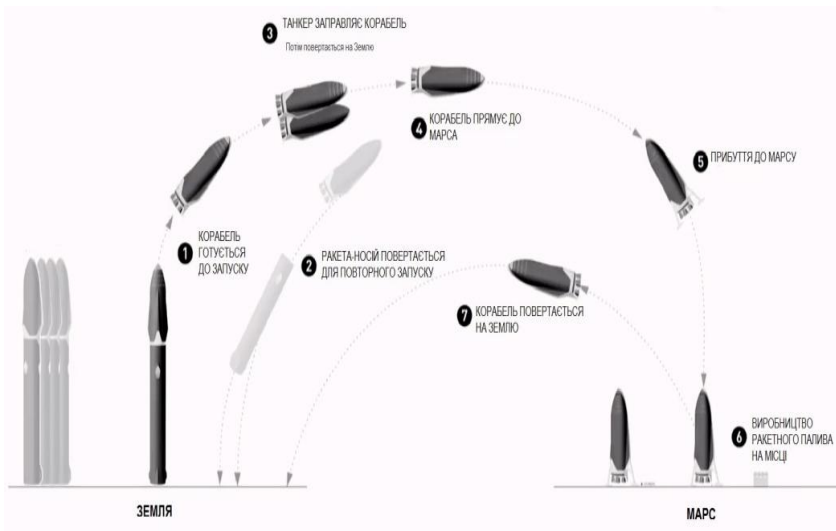


Рис.4. Концепція польоту до Марсу

Передбачається, що час перельоту становитиме близько 115 діб, а в подальшому його можна буде скоротити до 88.

У SpaceX підрахували, що для повернення з Червоної планети кораблю буде досить 7% початкового запасу палива. Так, що він зможе прилетіти на Землю і знову відправитися в далеку дорогу. Всього апарат можна буде використовувати до 15 разів. Перший експериментальний політ корабля планують здійснити у 2022 році, а в 2024-му SpaceX хоче відправити корабель на Марс разом із пасажирами [8].

Передуватиме пілотованому польоту на Червону планету відправлення корабля Red Dragon за допомогою Falcon Heavy. Якщо ця ракета успішно виконає посадку на Марс, SpaceX буде першою приватною компанією, яка змогла здійснити посадку корабля на іншу планету. Зараз SpaceX використовує вантажний корабель Dragon для польотів до Міжнародної космічної станції [9].

Спорудженням будинків, за словами Маска, на Марсі займуться роботи-шахтарі і тунельні роботи. Вони будуть використовувати видобуту породу для споруд над поверхнею, а також для інших цілей. Що стосується пошуку води для паливних реакцій, то для цього на Червоній планеті будуть задіяні спеціальні капсули Dragon. Самі ж марсіанські поселення Маск описав, як куполи зі

скляних панелей, скріплених рамами з вуглепластику. Перша місія з колонізації людиною планети, за словами засновника SpaceX, включатиме до десяти людей. Їхнім головним завданням стане вирішення питання виробництва палива на Марсі, а крім того - розгортання системи Mars Base Alpha для вироблення енергії [10]. Компанія SpaceX також розробляє свій власний скафандр для майбутніх астронавтів-колонізаторів. А ціна польоту на Марс складає 200 000\$.

Ілон Маск розповів про деталі проекту 27 вересня 2016 року на 67-му Міжнародному конгресі з астронавтики. Колонізація Марсу включає в себе тераформування цієї планети, тобто зміну кліматичних умов планети для приведення атмосфери, температури та екологічних умов до стану, придатного для проживання земних рослин і тварин. На цьому ж конгресі висвітлено зміну зовнішнього вигляду Марсу впродовж деякого часу [11].

### **Проект NASA**

Найпізніший термін колонізації Марса встановила NASA. Дата першого пілотованого польоту назначена на 2030 рік. Основний план передбачає діяльність за трьома напрямками:

1. Earth Reliant – дослідження на борту МКС, спостереження за людським організмом та рослинами в стані невагомості та у замкнутому просторі.
2. Proving Ground – повне планування подорожі на Червону планету, а також проведення робіт з метою створення ефективних технологій маніпулювання об'єктами в умовах далекого космосу.
3. Earth Independent – створення незалежної від Землі інфраструктури на Марсі та навколomarсіанському просторі [12].

Доставлятиме людей та вантаж на Червону планету ракетаносяй Space Launch System, корабель Orion та житловий модуль, який планують прикріпити до корабля вже в космосі. Випробовуватимуть цю систему вже через 2 роки під час польоту на Місяць [12].

Ще достовірно невідомо де проживатимуть перші люди на Марсі, тому NASA запропонувало людям самим розробити концепт будинку на четвертій планеті. Однією з версій житла є будівля з льоду, якого на Червоній планеті є в досталь. Будова такої споруди передбачає заповнювання льодом зовнішніх стін відсіків. Тонкі його шари зможуть пропускати світло, а більш товсті - захистять жителів будинків від радіації.

Але під час експерименту NASA на Гавайях, який закінчився у серпні 2016, використовували для проживання надувний купол. Суть цього експерименту заключалася у спостереженні за людським організмом в умовах близьких до марсіанських. Шість учасників мали прожити рік у куполі, могли виходити на свіже повітря лише у скафандрах, харчувалися виключно сухими пайками [13].

### **Різні думки вчених щодо колонізації космосу**

Більшість вчених так чи інакше підтримує колонізацію космосу, зокрема Марса. Ось їхні висловлювання на дану тему:

Я думаю, що у людської раси немає майбутнього, якщо вона не вийде в космос. ©Стівен Хокінг

Земля - це колиска розуму, але не можна вічно жити в колисці. ©К.Е. Ціолковський

Історія може розвиватися двома шляхами: перший спосіб – залишитися на Землі на завжди, а потім обов'язково настане судний день (масове винищення всього живого). Альтернативним шляхом являється становлення людства цивілізацією, яка освоює космос, і міжпланетним видом. ©Ілон Маск

Без всякого сумніву, коли-небудь ми будемо будувати міста на Марсі. І не тільки там. Коли-небудь космос стане для нас природним місцем існування. Це обов'язково буде. Але ... не в XXI столітті. І, навіть, не в XXII столітті. ©О.Б. Железняков

Особисто я вважаю, що колонізація Марса – це наше неминуче майбутнє. Це обов'язково настане, рано чи пізно. Людям потрібно постійно досліджувати щось нове та розширювати території проживання.

### **Чи варто здійснювати пілотовані польоти до Марсу?**

Вчені твердять, що Земля надто тісна для людей. Численні війни, невиліковні глобальні хвороби, використання ядерної зброї, різке збільшення населення можуть знищити людство або зробити Землю непридатною для життя. Для того, щоб існувати, люди повинні стати міжпланетним видом.

Колонізація космосу — великий крок для майбутнього людства. Також це лише перший крок до колонізації, спочатку Сонячної системи, потім інших екзопланет, а згодом й інших галактик.

Варто врахувати, що це дуже небезпечний крок: люди можуть загинути під час польоту на Марс (поломка корабля, смертельна доза сонячної радіації, інші причини), під час посадки або ж на самій Червоній планеті (несправність обладнання, погані погодні умови,

асфіксія). Крім того, людство можливо ще морально не готове для переселення на іншу планету.

Для початку міжпланетних подорожей обрано Марс, тому що порівняно з іншими тілами Сонячної системи, умови на Червоній планеті сприятливіші для людей, а подорож туди потребує найменших енергетичних затрат (не враховуючи Венери та Місяць). Але людина без захисного спорядження не зможе вижити на Марсі й декількох хвилин.

Це через низький атмосферний тиск, низьку температуру, радіацію, рівень якої значно вищий ніж на Землі. Але й на нашій планеті є місця, де умови дещо схожі з марсіанськими: низький тиск спостерігається на висоті 34-35 км, низькі температури – в Арктиці та Антарктиді, також є пустелі, зовні схожі на марсіанський ландшафт. Тому, зважаючи на природні умови Червоної планети, поселення для проживання колоністів, мають захищати їх від усього цього.

Перші колоністи в свою чергу повинні обов'язково мати вищу освіту з фізичних або біологічних наук, для того, щоб якомога більше дослідити Марс. Також обов'язковою рисою для перших людей на Марсі має бути добре репродуктивне та фізичне здоров'я.

Вченими доведено, що кращими претендентами для такої довготривалої подорожі та колонізації є інтроверти, тобто люди більш спрямовані на власний внутрішній світ. Науковці пояснюють це тим, що такі люди відповідальніші, вони сумлінно виконують роботу та менш конфліктні.

Проте, є досить велика кількість чинників, які можуть негативно вплинути на хід колонізації Марса (про них далі).

До Марсу була відправлена російсько-європейська станція ExoMars-2019, що включає в себе орбітальний зонд TGO (Trace Gas Orbiter) і демонстраційний десантний модуль Schiaparelli, який розбився 24.10.2016 р. при падінні з висоти 4 км. Модуль Скіапареллі вдарився об поверхню Марса і вибухнув, утворивши новий кратер. Реактивні двигуни модуля, які повинні були забезпечити відносно м'яку посадку, не впоралися зі своїм завданням і модуль врізався в поверхню на високій швидкості.

Це значить, що наявні технології недостатньо надійні для успішної посадки на Червону планету, а відправлення людей на Марс – це дуже великий ризик.

Не менш важливою проблемою є зв'язок із Землею, затримка якого може бути від 3 до 20 хв, відповідно до розташування планет.



Крім того він може взагалі зникати на 2 тижні, як у червні 2015 року, коли Земля і Марс знаходилися у верхньому сполученні, тобто планети розташувалися на одній лінії, а між ними Сонце. Саме наша зірка «перекриває» зв'язок між Землею та Червоною планетою. Це може завдати неабияких труднощів колонізаторам. Крім низьких температур, низького тиску та відсутності кисню, на Марсі також дуже поширеним явищем є сублімація.

Не зважаючи на те, що її вплив на людський організм ще не вивчений, вважаю за необхідне взяти до уваги таку гіпотезу: відомо, що при сублімації збільшується тиск повітря, а це викликає зміни рельєфу, тож варто припустити, якщо сублімація відбуватиметься на поверхні в районах полярних шапок, то атмосферний тиск зможе збільшуватись, що також може по-різному вплинути як на людський організм, так і на обладнання.

Ще одною важливою проблемою є фінансування. Доставка людей на Марс буде коштувати дуже і дуже дорого. Це тому, що люди на космічному кораблі потребують більше місця, ніж космічні апарати, які вже відправляли до Марсу.

Крім того, люди потребують: харчування, забезпечення гігієни, заняття спортом, забезпечення киснем. Отож, збільшується маса вантажу, а він займає багато місця. Чим більше місця, тим більший потрібен космічний корабель. Чим більший корабель, тим більше потрібно пального для нього, а чим більше пального, тим більші затрати коштів. Але ж затрати на перевезення не закінчуються лише паливом, для повноцінної колонізації потрібно спочатку розробити проекти нових надважких ракет, будинків на Марсі, підготувати людей фізично та морально. І це ще не все.

Якщо колонізатори самі будуть змушені оплачувати хоча б частину затрат, то недостатньо багаті люди, як середньостатистичні українці, не зможуть дозволити собі таку подорож. Наприклад, щоб стати колонізатором від компанії SpaceX треба заплатити 200 000\$. Стільки в середньому коштує будинок в США.

Крім того, можливо, людство ще морально не дозріло до колонізації іншої планети. Можливо також, що хтось вважає це аморальним, тобто ми повільно знищуємо нашу планету і в той час зазіхаємо на іншу.

Вважаю, що лише згодом, за результатами проведених досліджень, варто розглядати питання висадки людей на Червону планету, наразі ризик значно переважає науковий зиск.

Мусульмани заборонили своїм правовірним готуватися до такого польоту, так як мусульманство, доречі як і християнство, забороняє самогубство. Політ людини до Марсу мусульмани вважають самогубством. Час нас розсудить!

### Список літератури

1. <https://goo.gl/ni2xv9> Ціолковський Костянтин Едуардович
2. <https://goo.gl/8V2cAY> ВСЕСВІТ НАЛЕЖИТЬ ЛЮДИНІ!
3. <https://goo.gl/FT8nQj> Біосфера 2
4. <https://goo.gl/Yzocge> Марс-500
5. <https://goo.gl/ev4c8q> Inspiration Mars Foundation
6. <https://goo.gl/BuXzkB> Mars one
7. <https://goo.gl/TmHFC1> Міжпланетна транспортна система
8. <https://goo.gl/V0g3M3> Илон Маск хочет построить марсианский «город- миллионник»
9. <https://goo.gl/rnrUrE> SpaceX отправит «Красного дракона» на Марс в 2018 г.
10. <https://goo.gl/RR8mLN> Илон Маск розкрив деталі колонізації Марса
11. <https://goo.gl/dn0Dpd> тераформування
12. <https://goo.gl/Lba712> NASA опублікувало докладний план висадки людей на Марс
13. <https://goo.gl/9xHEVA> На Гавайях завершилися експеримент по симуляції життя на Марсе

У статті розглядається Марс. як найкращий кандидат для пілотованої місії і майбутньої колонізації. Розглядаються всі за і проти такої програми.

**Ключеві слова:** Марс, колонізація, пілотована місія  
COLONIZATION OF MARS

### **Kateryna Kulish**

The article discusses the Mars. as the best candidate for manned missions and future colonization. Raspadaetsya the pros and cons of such a program.

**Keywords:** Mars, colonization, a manned mission

## ПРОБЛЕМА КОСМІЧНОГО СМІТТЯ

**Олександр Мозговий, Дарина Семенюк, Ярослав Коломієць**

Питання проблеми «космічного сміття» стало актуальним вже в 70-ті роки, коли в 1978 році на півночі Канади впали уламки «Космосу-594», а ще роком пізніше частини американської космічної станції «SkyLab» впали на пустельні райони Австралії. Згодом в липні 1983 року частинка фарби, розміром менше ніж міліметр, потрапила в ілюмінатор американського космічного «човника» «Challenger», де зробила кратер діаметром 2,4 міліметра, після повернення на Землю ілюмінатор довелося замінити. Проте лише порівняно недавно, в 1993 році проблема отримала офіційний міжнародний статус [1].

На рис. 1 змодельовано схему розміщення «космічного сміття» навколо Землі. Під « космічним сміттям » маються на увазі всі штучні об'єкти та їх фрагменти в космосі, які вже несправні, не функціонують і ніколи більше не зможуть служити ніяким корисним цілям, але вони є надзвичайно небезпечним фактором впливу на функціонуючі космічні апарати.

Виходячи з такого визначення, «космічним сміттям» може бути:

- супутники на орбіті, які більше не використовуються і не можуть бути використані за своїм прямим призначенням;
- використані ступені ракет та обладнання, яких позбавляються під час рутинних операційних етапів польоту;
- об'єкти, частини об'єктів та обладнання, що виникли внаслідок руйнування (в результаті вибуху чи зіткнення);
- сміття, що виникло в процесі експлуатації космічних об'єктів (частинки фарби, твердого палива та ін.);
- сміття, що виникло внаслідок життєдіяльності екіпажу космічного об'єкта.

У деяких офіційних документах зустрічається термін «орбітальне сміття», де, відповідно, маються на увазі всі штучно створені об'єкти, включаючи їх фрагменти та частини, що не функціонують і більше не зможуть функціонувати та рухаються в космічному просторі по навколоремній орбіті. Тому, знову ж таки, виходячи з визначення, «космічне сміття» можна класифікувати за таким принципом:

- «орбітальне сміття» («космічне сміття», що знаходиться на орбіті);
- «космічне сміття», що повернулось на Землю;
- «космічне сміття», що не виходило за межі повітряного простору Землі [1].



Рис.1. Космічне сміття навколо планети Земля

«На жаль, на даний момент ефективних способів знищення космічного сміття не існує», – вважає Ефраїм Акім. Він вважає, що збирати уламки за допомогою американських шатлів шалено дорого, та й човники ось вже кілька років стоять на приколі (рис.2). Ще більше божевільня спалювати космічне сміття за допомогою лазера, оскільки розплавлений метал, остигаючи, перетвориться в смертоносну «шрапнель», яка розповзеться по орбіті, ще більше забруднивши космос. Замінити багатоступінчасті ракети багаторазовими системами теж поки не представляється можливим, занадто вже вони дорогі. «Звичайно, добре запускати і забирати супутники за допомогою літаючих тарілок. У будь-який момент злетів, зачепив його і сів назад на Землю, – сміється Ефраїм Акім. – На жаль, людство подібними технічними пристроями не забезпечене. Поки вони не з'явилися, нам треба всіма силами запобігти подальшому забрудненню космосу, інакше в майбутньому через небезпеку зустрічі з космічним сміттям його освоєння перетвориться на дуже ризикований захід».

ООН неодноразово зверталась до питання безпеки в космосі. Розроблені і прийняті керівні принципи по попередженню утворення космічного сміття [2].



Рис.2. Зображення американського Спейс-Шаттла

Єдине, що поки можуть запропонувати вчені на даний час, – ретельне картографування космічного звалища. Але і тут все не так просто. «На сьогоднішній день лише дві країни у світі здатні ефективно відслідковувати поведінку космічного сміття», – вважає головний балістик ЦУП Микола Іванов. Легко здогадатися, що це Росія і США, які є головними забруднювачами космосу [3]. «У нас, як і в Америці, існують унікальні наземні комплекси, що дозволяють виявляти на низьких орбітах шматочки до кількох сантиметрів в діаметрі, але необхідно також спільно розробляти заходи щодо їх нейтралізації. Було б непогано створити міжнародну систему

стеження, об'єднати каталоги об'єктів, розробити загальну систему попереджень про ризики зіткнень, тільки в цьому випадку можна реально забезпечити польоти», – продовжує Микола Іванов. «Щоб на космічних дорогах не було аварій, необхідно виробити міжнародні правила космічного руху», – вторить йому Ефраїм Акім.

Перші кроки на шляху до врегулювання питання щодо утилізації «космічного сміття» вже зроблені Федеральною комісією зв'язку США (FCC — Federal Communications Commission). Відтепер американські супутники зв'язку, що були запущені після 18 березня 2002 р. та відпрацювали свій ресурс, мають бути переведені на так зване космічне кладовище (орбіта на 200 – 300 км вище геостационарної).

Окрім збитку, який «космічне сміття» спричиняє космічними апаратам на орбіті Землі або іншим об'єктам на поверхні Землі, в повітряному просторі, існує ризик для екологічної безпеки нашої планети. Можливий варіант сміття на навколосезній орбіті (рис. 3).



Рис. 3. Варіант космічного сміття поблизу Землі

За порівняно невеликий проміжок часу антропогенний вплив на навколосезній космічний простір досяг такого рівня, якого людство не змогло досягти щодо інших природних сфер за тривалий період. Наприклад, викиди хімічних речовин і виділення енергії у

результаті польотів космічних ракет уже зараз практично зрівнялись з природними джерелами, а глобальне забруднення твердими фрагментами, тобто космічним сміттям, відносно природного вмісту речовин перевищило всі допустимі норми.

На нашу думку, щоб вирішити цю проблему необхідні:

- формування технологій і конструкцій, що призводять до мінімізації відходів;
- необхідно заздалегідь продумати заходи по ліквідації космічного сміття;
- важливо скоротити число виведених у космос апаратів і використання багатощільових супутників;
- після відпрацювання ресурсів відводити їх в щільні шари атмосфери, де вони згорять, або на менш «заселені» орбіти;
- сміття, що виникло внаслідок життєдіяльності екіпажу космічного об'єкта, повертати на Землю у кораблях- човниках.

Вчені та інженери пропонують велику кількість різноманітних стратегій для прибирання космічного сміття. Найбільш реальні [4]:

сітка і гарпун (ідея під назвою ElectroDynamic Debris Eliminator (EDDE) – підходить для великих об'єктів ); космічні повітряні кулі (ідея під назвою Gossamer Orbit Lowering Device або GOLD System); реактивний буксир (для великих об'єктів); сонячний парус, перезагрузка низької орбіти вольфрамовим пилом або водою, яка замерзла (сповільнює рух усіх тіл і об'єктів на орбіті, але може визвати катастрофічні наслідки для планети і діючих штучних супутників); перенаправлення за допомогою лазера, космічний сміттєвоз з можливим переробленням сміття, телескоп з лазером (потрібні міжнародні договори про винесення лазера (як зброї) на орбіту тощо.

На нашу думку доповнити цей перелік можна потужним електромагнітом кільцевої форми, який буде магнітні частинки сповільнювати і тим самим переводити на нижчу орбіту у густі шари атмосфери для згорання; постійний магніт з малопотужним двигуном може для маневрування і збирати на орбіті магнітні частинки до тих пір, поки маса набуде критичної і зійде з орбіти. Перший магніт запускати проти руху основної частини сміття, другий магніт запускати в сторону руху частинок для мінімізації швидкості зближення.

Проблема боротьби з «космічним сміттям» на даний час має актуальне значення. І якщо в найближчий час не будуть врегульовані питання, пов'язані з попередженням і зменшенням кількості «космічного сміття», що передбачали б перехід на нову технологію експлуатації ракетно-космічної техніки, встановлення відповідальності за збільшення кількості таких об'єктів, розробку міжнародних засобів врегулювання даної проблеми, то через певний час рівень засміченості навколоземного космосу зробить неможливим подальше здійснення космічної діяльності.

### Література

1. Борзак А.П. «Космический мусор» — организационно-правовые и методологические аспекты / А. П. Борзак. // Юридичний вісник «Повітряне і космічне право», 2006. – Т. 1 – № 1. – С. 48 – 51.
2. Руководящие принципы Комитета по использованию космического пространства в мирных целях по предупреждению образования космического мусора (Электронный ресурс): [http://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/space\\_debris.shtml](http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/space_debris.shtml)
3. Проблеми космічного сміття (Електронний ресурс) <http://teplotok.ru/stat/3100-problemi-kosmchnogo-smttya.html>
4. Как очистить орбиту от космического мусора? (Электронный ресурс) <https://hi-news.ru/space/kak-ochistit-orbitu-ot-kosmicheskogo-musora.html>

У статті розглянуто проблеми космічного сміття та найбільш ймовірні шляхи як його позбутися.

**Ключові слова:** космічне сміття, проблеми космічного сміття, прибирання космічного сміття

### THE PROBLEM OF SPACE DEBRIS

**Oleksandr Mozhovyy, Daryna Semenyuk, Yaroslav Kolomiyets**

The article rapant the problem of space debris and the most likely way how to get rid of it.

**Key words:** space debris, the problem of space debris, cleaning space debris



## СОНЯЧНИЙ ГОДИННИК В ЛАНДШАФТНОМУ ДИЗАЙНІ

**Яна Рабинчук**

Прокл Діадох вважав, що час не подібний до прямої лінії, що безмежно тягнеться в обох напрямках. Рух часу з'єднує кінець із початком, і це відбувається незліченну кількість разів. Завдяки цьому час нескінченний. Аристотель час і його природу вважав однаково неясним як із того, що нам стало відомо від інших, так і з того, що нам було відомо раніше.

Безсумнівно найважливішим і найпоширенішим найпростішим хронометричним приладом були сонячні годинники - єдині з перерахованих видів годинників, принцип дії яких оснований на добовому, а іноді й річному русі Сонця. Поява цих годинників пов'язана з моментом, коли людина усвідомила взаємозв'язок між довжиною й положенням сонячної тіні від тих або інших предметів і положенням Сонця на небі. Точна дата виникнення сонячних годинників, які у своєму первісному вигляді мали форму обеліска, невідома. Найдавнішим зі збережених письмових документів про сонячні годинники, що датується 732 р. до н.е., ми знаходимо в Біблії, у двадцятому розділі Книги Царств. Під сонячним годинником Ахаза тут розуміється обелісковий сонячний годинник царя Ахаза, що жив близько 732 р. до н.е. Виявлення давньоєгипетських сонячних годинників XIII й XV ст. до н.е. свідчить про те, що справжній період виникнення сонячних годинників був значно раніше, ніж це впливає з відомих дотепер писемних пам'яток.

Гномон, вертикальний обеліск зі шкалою, нанесеною на землі, був першим сонячним годинником, що вимірював час по довжині утвореної тіні. Про те, що єгиптянам ці обеліски служили одночасно для шанування культу бога Сонця, говорять записи древніх письменників Аристофана, Атенея, Евбола й інших. Ці священні обеліски стояли, як правило, перед входами в храми.

За зміною довжини й напрямку тіні можна було не тільки вимірювати час, але також спостерігати взаємні переміщення Сонця й Землі. Немає сумніву в тому, що математики й астрономи допіфагорейської епохи, до яких належали також Анаксимандр і Фалес, використовували результати вимірів для вивчення руху космічних тіл. Крім вавілонян, єгиптян і греків, вивченням руху Сонця займалися й інші народи, наприклад індуси й перуанські інки.

Особливо сприятливі кліматичні умови для вимірювання часу за допомогою сонячних годинників мав Єгипет. Звістки про найдревніші з давньоєгипетських сонячних годинників відносяться до епохи правління Тутмоса III - першої половини XV ст. до н.е.. Це порівняно невеликий прилад, горизонтальна частина якого - лінійка із хронометричною шкалою довжиною близько 30 см - має інше, перпендикулярне плече, що відкидає тінь на шкалу.

При вимірі часу лінійка зі шкалою встановлювалася так, щоб тінь вертикального плеча під лінійкою падала саме на лінійку зі шкалою. Відстань кінцевої точки тіні від нульової прямої в основі покажчика вказувала час доби [3].

Іншим видом єгипетських сонячних годин були східчасті годинники у вигляді обеліска із двома похилими поверхнями, орієнтованими по осі схід - захід і розділеними на щаблі. При сході Сонця тінь падала на край верхньої сходинки однієї із цих поверхонь - східної, потім поступово опускалася, поки до полудня повністю не зникала. Потім, після полудня, тінь знову з'являлася в нижній частині західної поверхні, звідки вона все піднімалася доти, поки при заході Сонця не торкалася грані верхньої сходинки.

Єгипетські гномони були досить неточними хронометричними приладами. Вони показували час правильно лише двічі на рік - у дні весняного й осіннього рівнодення. Пізніше під впливом греків єгиптяни стали будувати сонячні годинники з особливими шкалами для різних місяців.

Серед простого народу поширився звичай вимірювати час довжиною тіні від власного тіла. Знання часу мало для грека досить важливе значення, тому що, крім строку його трудових обов'язків, час указував на наближення бажаного моменту для підкріплення їжею й для відпочинку. У книзі "Де ре рустика", Палладій вказує, що довжина тіні вимірялася також довжиною людської стопи. Правильність цього твердження Палладія підтверджують і таблички, витесані на античному храмі V...VI ст. у Техсі в Нубії. До них належать й не зовсім звичайні для північних областей Європи горизонтальні (рис.1) порожні напівсферичні годинники - так звані гемісфери. Внутрішня поверхня півкулі представляла небесну півсферу з лінією екватора, двома лініями сонцестояння й із дванадцятигодинною шкалою часу.

Винахід таких годин приписують відомому античному астроному Аристарху із Самеса, що жив у 320...250 р. до н.е., котрий виготовив також сонячні годинники з напівкруглими шкалами,

розділеними на п'ять частин (годин) неоднакової довжини. В удосконалюванні грецьких сонячних годинників велику участь приймав і відомий математик, лікар, засновник грецької астрономії Євдокс із Кнідоса, що жив у 408...356 р. до н.е. Колишній учень Платона, він написав свій знаменитий твір про небесні явища, рухи зірок й атмосферні явища, схилившись у цій роботі до геоцентричної теорії.



Рис.1. Геміосфера

У Рим сонячні годинники потрапили із Греції. Римський воєначальник Папіріус Курсор наказав в 93 р. до н.е. побудувати сонячні годинники в храмі Квірінал, а через 30 років після цього консул Манлій Валерій Мессала привіз із Сицилії інші сонячні годинники, які потім установили на Римському форумі поруч із ораторською трибуною. Хоча ці годинники були сконструйовані для паралелі, що перебувала на  $4^\circ$  південніше, вони все-таки служили в Римі майже 100 років - до 164 р. до н.е., поки Квінтії Марцін Філіппус не побудував поруч із ними інші сонячні годинники, які вже були пристосовані до географічного положення Риму. Близько 250 р. до н.е., і пізніше в Римі з'явився портативний сонячний годинник у вигляді пластинок із бронзи або слонової кістки. При розкопках в 1755 р. там знайшли портативні бронзові сонячні годинники римського походження, засипані в Портиці при виверженні Везувію в 79 р. На поверхні годинника було сім горизонтальних і вертикальних кіл, а під ними - назви 12 місяців. На правій стороні був стрижень, що виконував роль гномон.

Вимірювання часу довжиною тіні подекуди збереглося до пізнього середньовіччя. Відомий мандрівник Марко Поло згадує в одному місці опису своєї подорожі на Схід в 1298 р., що: "... визначали

години дня по довжині тіні, яку відкидає фігура людини". У ту пору були окремі спроби побудови гігантських сонячних годинників. Лікар і географ Паоло Тосканеллі побудував в 1468...1482 р. на костьолі св. Марії де Фіоре у Флоренції гномон висотою 84,5 м, за допомогою якого вдавалося вимірювати з напівсекундною точністю місцевий полудень. За допомогою цього гномона Тосканеллі вдалося уточнити дані астрономічних таблиць.

Прогрес, яким ознаменувалася наука в епоху Відродження, відбився й на конструкціях сонячних годинників. Порівняно швидко, приблизно за 130 років, колишні недосконалі хронометричні прилади перетворилися в досить точні для свого часу прилади, якими можна було вимірювати час у будь-якому місці земної кулі. Це досягнення пов'язане з іменами відомих європейських астрономів і математиків, йому сприяли подальші вдосконалювання й інші прилади, що дозволило, наприклад, сполучати сонячні годинники з компасом, що використовувався для їх правильної установки.

Самі по собі сонячні годинники без компаса вказували правильний час лише тоді, коли вони були побудовані з урахуванням географічної широти місця виміру, календарної дати й кута нахилу Сонця під час виміру часу. Все це відійшло із введенням екваторіальних годинників з компасом. Для правильного нахилу "півосі" щодо горизонтальної площини досить було знати географічну широту місця виміру. Наступною обов'язковою умовою для правильного відліку часу в екваторіальних годинниках була точна установка сонячних годинників щодо площини місцевого меридіана.

На корпусах сонячних годинників звичайно вказувалася траєкторія Сонця (екліптика), екліптикальні крапки, календарні дні й відповідні висоти Сонця у відповідні години дня. Як правило, горизонтальну стрілку можна було подати усередину або ж пересунути в положення для відповідної денної кривої.

Відомі й інші варіанти сонячних годинників: із заокругленими поверхнями циферблатів, конічними, колончатими, у формі кубка й ін. У розвитку сонячних годинників великі заслуги належать відомому чеському математикові й астрономові Яну Шинделю, що написав працю про празькі куранти перед своїм переїздом у Нюрнберг в 1423 р.[3]. Сонячні годинники у вигляді порожньої півкулі зі стрілкою, що відкидає тінь на внутрішню порожнину, почали будувати з 1445 р. На основі цих годинників через якийсь час стали виготовляти кубкові

сонячні годинники, у чому особливо відрізнився в період близько 1530 р. Г. Гартманн із Нюрнберга.

Сонячний годинник зустрічалися не тільки у вигляді годинників, розташованих на відкритому повітрі - на землі, колонах і т.п., але й у вигляді невеликих настільних годинників. Їх виготовляли з деревини, скла, а починаючи з XVI ст. і з вапняку, мармуру, сланців, або ж їхні циферблати гравірували на бронзі, міді, сріблі, залізі, цинку й інших металах. Ці годинники звичайно мали розподіл шкал на чверті годин, криві висот Сонця й т.п. В XVIII в. деякі сонячні годинники мали й шкали для відліку хвилин.

Різновиди сонячних годинників були досить різноманітні.

Сполучення сонячних годинників з компасом привело до того, що сонячний годинник стало можливим використати повсюди й з'явилися їх портативні, кишенькові або дорожні моделі. Цікавий кільцевий сонячний годинник (рис.2) - один з варіантів дорожніх сонячних годинників, - які дуже часто одночасно служили і декоративною підвіскою.

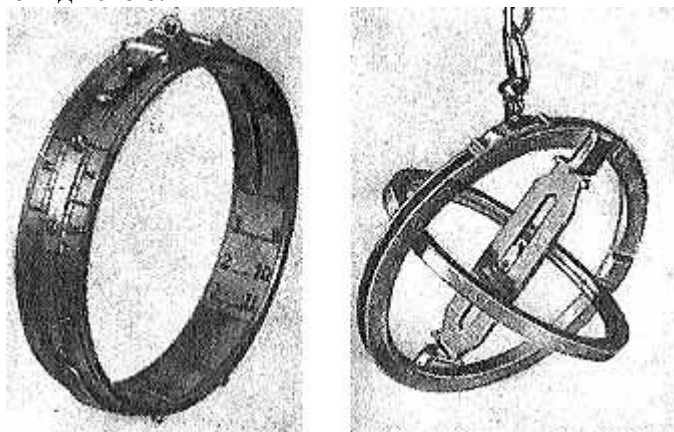


Рис.2. Кільцевий сонячний годинник

Головною частиною таких годинників було латунне кільце діаметром у кілька сантиметрів з іншим пересувним кільцем, оснащеним отвором для сонячного променя. На зовнішній поверхні головного кільця різьбили початкові букви назв місяців, а проти них, на внутрішній поверхні, перебувала годинна шкала. Перед вимірюванням треба було повернути менше кілечко так, щоб отвір для променя лежав біля найменування відповідного місяця. При

вимірюванні часу тримали годинники в положенні, що дозволяє сонячному променю проходити через отвір у шкалі. Перший опис годинників подібного роду у вигляді персня з печаткою зустрічається в книзі "De compositione annuli astronomici", написаній лікарем Боні й виданій в Парижі в 1500 р.[3]

На подібному принципі будувалися й так називані "екваторіальні кільця" - аналогічні годинники, на головному кільці яких були ще два пересічних один з одним кола. Пізніше виник новий варіант з поперечкою замість третього кільця. На одній стороні цієї поперечки були зазначені місяці, а на іншій - знаки зодіаку. Посередині була перемичка з малим отвором для проходження сонячного променя. Правильне положення цих годинників при вимірюванні часу було таким, коли сонячний промінь, що проходить через отвір, попадав на центральну лінію екваторіального кола.

Індійські мандрівники, які вирушали в Бенарес, звичайно носили із собою дерев'яні восьмигранні ціпки з металевим вістрям довжиною 160 см з вирізаними годинними шкалами, що представляють собою також дорожні сонячні годинники (ашадах). Ручка такого ціпка просверлювалась звичайно чотирма наскрізними отворами. В отвір над шкалою для відповідного місяця вставлявся стрижень довжиною близько 15 см так, щоб його вістря при вертикальному положенні ціпка відкидало тінь на шкалу.

На ціпку повинно було бути 12 шкал. Найменування "ашадах" ці годинники одержали за тим сезоном (червень - липень), у якому відбувалися подорожі.

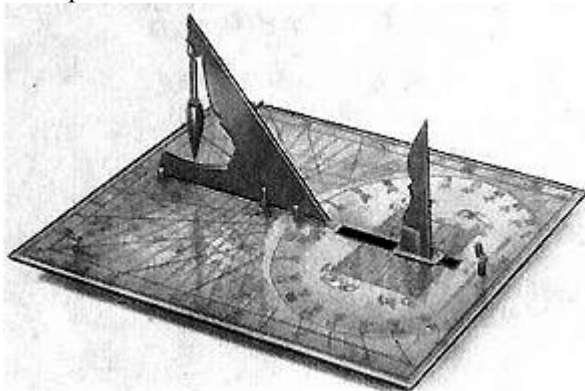


Рис. 3. Аналематичний сонячний годинник

Іншими цікавими екваторіальними годинниками є аналематичні сонячні годинники (рис.3), стрілка яких також спрямована перпендикулярно площині годинної шкали, але ця шкала лежить не в площині, паралельній екватору, а в горизонтальній площині, наприклад безпосередньо на землі. Якби нам знадобилося вимірювати цими годинниками час, то треба було б винести годинну шкалу на еліптичну криву й при цьому одночасно змінювати положення стрілки в меридіональній площині стосовно до сезону року. Опис цих годин з'явився в астрономічних працях XVI ст., але детальними вимірами за допомогою цих годинників став займатися лише в середині XVIII в. астроном і директор Паризької обсерваторії Джозеф Джаром Лаланд.

Сонячний годинник - прилад для визначення часу по зміні довжини тіні від гномона та її руху по циферблату. Поява цих годинників пов'язана з моментом, коли людина усвідомила взаємозв'язок між довжиною й положенням сонячної тіні від тих чи інших предметів і положенням Сонця на небі [3].

Найпростіші сонячні годинник показують сонячний час, а не місцеве, тобто, не враховують поділ Землі на часові пояси. Крім того, найпростіші сонячний годинник не враховують літнього часу. Користуватися сонячним годинником можна тільки вдень і при наявності Сонця.

На сьогоднішній день сонячний годинник за прямим призначенням практично не використовуються, і поступилися місцем різним видам інших годин.

У давньоруських літописах часто вказувався час якоїсь події, це наводило на думку, що в той час на Русі вже використовувалися певні інструменти або об'єкти для виміру часу принаймні вдень. Чернігівський художник Георгій Петраш звернув увагу на закономірності в освітленні Сонцем ніш північно-західній вежі Спасо-Преображенського собору в Чернігові і на дивний візерунок ("меандри") над ними. На підставі більш докладного їх вивчення він висловив припущення, що вежа являє собою сонячний годинник, в яких годину дня визначається освітленням відповідної ніші, а меандри служать для визначення п'ятихвилинного інтервалу. Подібні особливості були відзначені і в інших храмах Чернігова, і був зроблений висновок, що сонячний годинник у Стародавній Русі застосовували ще в XI столітті. У XVI столітті в Росії з'явилися західноєвропейські портативні сонячні годинники. На 1980 рік у

радянських музеях було сім таких годин. Найбільш ранні з них відносяться до 1556 і зберігаються в Ермітажі, вони були призначені для носіння на шиї і являють собою горизонтальні сонячні годинники з секторним гномоном для вказівки часу, компасом для орієнтації годин в напрямку північ-південь і схилом на гномона для додання годинах горизонтального положення. Всі ці елементи встановлені на платі, яка може відхилитися від горизонтального положення, забезпечуючи можливість використання годин не на одній, а в інтервалі широт : 47-57 градусів.

Сонячний годинник в ландшафтному дизайні

Сонячний годинник можна виготовити з будь-якого матеріалу, стійкого до погодних факторів: цементу та каменю, дерева і корчів, заліза, пластмаси та гравійної підсипки, або, як Наталі 1409, – з привезених з моря камінчиків і черепашок.[1] Для циферблата краще використовувати світлий матеріал (камінь-вапняк, білий мармур) – на ньому тінь від гномона буде помітніше. Для гномона підійдуть в'язальні спиці, металеві або пластмасові штирі, довгі цвяхи. Довжина гномона повинна бути трохи більше окружності кадрана.

Сонячний годинник стане цікавим і «живим» елементом ландшафтного дизайну, якщо для ділень циферблата використовувати рослини і квіти, що володіють внутрішнім часом. До них відносяться: латаття, чорнобривці, іпомея, кульбаба, лілейник, осот городній та інші (більше 60 видів). Наприклад, суцвіття календули розкриваються в 6-7 годин ранку і закриваються приблизно в 4:00 вечора навіть у хмарну погоду.

Сонячний годинник підрозділяють на три основних види: вертикальні, похилі (екваторіальні) і горизонтальні.

Вертикальні сонячний годинник зазвичай розміщують на стінах яких-небудь споруд, на парканах, стовпах і т. д. У такому годиннику кадран потрібно направляти строго на південь, перпендикулярно полуденної лінії або під гострим кутом до неї. Гномон кріплять трохи вище центру циферблату. Він повинен бути нахилений від вертикалі на кут, рівний 90 градусів мінус географічна широта місцевості (рис.4) . [2]

Екваторіальні сонячний годинник мають один недолік: вони показують точний час лише в певний період року. Наприклад, для регіонів, розташованих в Північній півкулі, такий годинник будуть працювати з 22 березня по 22 вересня. Проте, враховуючи, що дачний сезон триває з весни по осінь, цього має бути досить.



Горизонтальні годинник показує час цілий рік, однак їхні показання пізньої осені та взимку не зовсім точні. У такому годиннику гномон встановлюють під кутом, рівним географічній широті місцевості. Горизонтальні годинник зазвичай розташовують посередині клумби, газону, кам'янистих садків або на острівці посеред декоративного водоймища. В якості цифрових ділень можна використовувати валуни.[1]



Рис. 4. Декоративний сонячний годинник

#### Встановлення сонячного годинника

Пристрій сонячних годин починається з вибору місця. Підійде відкритий майданчик в 4 кв.м. На наступному етапі прикріплюють гномон (його тінь буде «годинниковою стрілкою»), наносять на циферблат вартові, півгодинні і чвертьчасові ділення (їх можна вирізати на площині матеріалу, продовжати, намалювати або позначити кольоровими скельцями, нержавіючої дротом і т.п.).

Вартові ділення слід робити більший і помітніше інших. Відлік починається від полуденної лінії (північ - південь), яку краще визначати не за компасом, а знайшовши найкоротшу тінь. Покладіть горизонтально лист фанери, перпендикулярно йому застроміть штир вістрям вгору. Кожні 15 хвилин (протягом приблизно трьох годин) відзначаєте положення тіні, з'єднуючи всі крапки лінією. Найкоротша тінь і буде полуденної лінією.



Рис. 5. Сучасний сонячний годинник



Рис.6. Квітковий годинник

Квіткові годинники створювалися і в часи правління Цезаря. Тоді цьому приписувалося містичне значення (у багатьох прадавніх народів існувала ціла система обрядів, що іменувалися квітковою магією). А знаменитий шведський натураліст Карл Лінней підійшов до питання з науково-практичної точки зору й улаштував годинник спочатку у своєму саду, а потім на міській клумбі у місті Упсале на початку XVIII століття й назвав його "Годинник Флори".



Рис. 7. Квіткові годинники

Створюючи природний годинник, учений використав такі рослини, щоб по ним можна було орієнтуватися в часі з ранньої весни до пізньої осені. І квітла на тій клумбі кульбаба, льон, картопля, сарана, кислиця... Правда, у похмуру погоду, а тим більше в дощову такий годинник не діяв, зате в сонячну!..

А в наші дні квіткові годинники є у багатьох містах (рис. 5). Тепер вони оснащені сучасними годинниковими механізмами, завдяки яким пересуваються годинникові стрілки.[1] Довгий час найбільшими були швейцарські. Вони знаходяться в Англійському парку Женеви на березі Женевського озера, діаметр циферблата становить 5 метрів, а

довжина секундної стрілки 2,5 м. На нього пішло 6,5 тисяч саджанців 200 різновидів рослин.

Але в 2001 році квітковий годинник з'явився на Поклінній горі в Москві й відразу був занесений в Книгу рекордів Гіннеса через свої розміри: у діаметрі він 10 м, а 4, 5 - метровая хвилинна стрілка довше тієї, що на годиннику Спаської вежі Кремля, і важить вона 30 кг. Але немає секундної, наявність і величина якої дозволили барвистій женецькій конструкції залишитися в списку рекордсменів. В 2005 р. московський квітковий годинник постраждав від руки випиваки в пам'ятний день 22 червня (він перебрався через огорожу й вирвав цифру 6), але був успішно відремонтований.

Але наші співвітчизники вирішили не пасти задніх. У центрі Києва біля Майдана Незалежності закінчена робота над найбільшим у світі квітковим годинником. Годинниковий механізм на тлі квіткового панно розмістився на схилі близько Жовтневого палацу напередодні річниці Дня Незалежності України.[2]

Для створення використали власний квітковий матеріал, а годинниковий механізм був подарований Києву мерією Единбурга в 2007 році. Усього знадобилося близько 50 тисяч квітів - по 25 тисяч на сам годинник і на панно площею близько 900 квадратних метрів навколо них. Квіткова композиція складена з вереску, бегоній, хризантем, колеусу й каланхое.

Циферблат квіткового годинника - найбільший у світі. Діаметр годинника - 19,5 м, діаметр циферблата - 16,5 м, а довжина стрілок - 7 м і 4 м. Дотепер найбільший квітковий годинник з діаметром 16 м знаходився в Ірані. Годинник працюватиме тільки в теплу пору року - узимку стрілки будуть зніматися. Крім того, кожен сезон годинник будуть збільшувати.

Перш ніж зайнятися їх створенням, необхідно ретельно продумати місце їх розташування. Найбільш вигідно такий годинник будуть виглядати на газоні або квітковій клумбі, яка протягом усього світлового дня буде характеризуватися доступністю сонячного світла. Розташовувати годинник можна як на плоскій, так і похилій поверхні, в останньому випадку лише варто врахувати, що для того, щоб отримати протягом усього дня тень однакової довжини, необхідно правильно розрахувати кут нахилу. Його розрахунок проводиться за формулою, згідно якої з 90 градусів віднімається широта місцевості, на якій розташований присадибну ділянку. Якщо поверхня плоска - довжина тіні від гномона буде мінлива протягом дня.

Отже, працюючи над цією статтею, я дуже захопилася. Мені дуже сподобалася ідея сонячного годинника в ландшафтному дизайні. І я навіть припускаю думку, що цієї весни в моєму дворі теж з'явиться такий елемент ландшафтного дизайну. Адже це оригінально і дуже гарно. Я думаю, що при створенні власного сонячного годинника я поєднаю його із квітковим, тому що в кожного автора має бути своя оригінальна ідея і своє бачення щодо певної задумки. Сподіваюся, що і ви теж задумаетесь над створенням такого оригінального об'єкту ландшафтного дизайну!

### **Список літератури:**

1. Астахова Е. В. Сад вашей мечты / Е. В. Астахова, Т. Н. Крупа, М. Г. Череватенко – М. : Клуб Сімейного Дозвілля, 2011. – 320 с.

2. Нехуженко Н. А. Основы ландшафтного проектирования и ландшафтной архитектуры / Н. А. Нехуженко. – СПб. : Петербург, 2011. – 192 с.

3. Пришляк М.П. Астрономія 11 клас / М. П. Пришляк. – Харків : Ранок, 2013. – 160 с .

В історичному плані показано будову і принцип дії квіткових годинників в ландшафтному дизайні

**Ключові слова:** дизайн, ландшафт, квітковий годинник, гномон  
SUNDIAL IN LANDSCAPE DESIGN

### **Yana Rabenchuk**

In the historic plan shows the structure and principle of operation the flower clock in landscape design.

Keywords: design, landscape, floral clock, the gnomon

## **ГРАВИТАЦІЯ ТА АНТИГРАВИТАЦІЯ У КОСМІЧНОМУ ПРОСТОРИ**

### **Анастасія Мельник, Вікторія Шатківська, Вікторія Думенко**

Сила тяжіння – одна із чотирьох фундаментальних сил природи. Гравітаційна взаємодія найбільша в природі, але є домінуючою у величезних космічних масштабах і ніколи повністю не досягає нуля. Гравітація - «таємнича сила», яка і через чотириста років досліджень залишиться недостатньо вивченою. Проблемою сучасної науки залишається створення «Теорії всього», тобто об'єднання всіх

чотирьох фундаментальних сил в єдину, але саме приєднання гравітаційної взаємодії є поки що, безрезультатним. Для пояснення гравітації існують такі теорії : існування гравітонів – невидимих частинок, які рухаючись між об'єктами, передають взаємодію; космічні струни і гравітаційні хвилі(нещодавно вчені за допомогою лабораторії LIGO(Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory)) вдалось зафіксувати ефект гравітаційних сил.

**Мета.** Проаналізувати значення гравітації, продемонструвати найцікавіші явища та процеси пов'язанні з гравітацією, роль гравітації у світобудові, вплив гравітаційної сили на земне життя. Визначити основні уявлення про існування антигравітаційної сили та її взаємодії для еволюції космічних об'єктів.

Відомо, довільні два масивні тіла притягуються один до одного. Це фізичне явище називається гравітацією (від лат. Gravis – важкий). Два учні, масами по 50 кг, котрі розмовляють між собою, взаємодіють із силою  $1,6 \cdot 10^{-7}$  Н ( 1Н дорівнює вазі тіла масою 102г). Ця сила є дуже малою. Проте Земля ( $M_z = 6 \cdot 10^{24}$ кг) притягує Місяць ( $M_m = 7 \cdot 10^{22}$ кг) з силою  $10^{20}$ Н, а Сонце ( $M_c = 2 \cdot 10^{30}$ кг) притягує Землю з силою  $10^{22}$ Н! Саме ці колосальні сили визначають рух планет в Сонячній системі, рух цілих Галактик тощо. Гравітаційні сили є визначальними в розвитку Всесвіту та його майбутнього.

Сила, з якою взаємодіють довільні два масивні тіла, визначається законом Всесвітнього тяжіння (встановленим Ньютоном у 1687році):

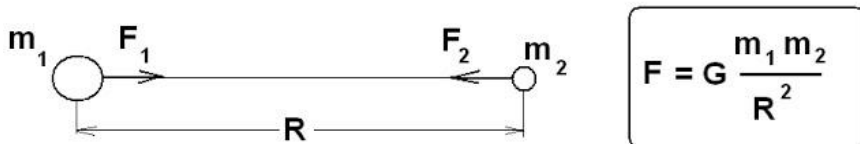


Рис.1. Гравітаційна сила між двома тілами

### Гравітаційна взаємодія між Місяцем та Землею

Гравітаційна сила з боку Місяця впливає на структуру земної кори, спотворюючи її, а це спотворення збуджує маленькі електричні та магнітні поля. В свою чергу ці поля підсумовуються на поверхні Землі, та складаючись з гравітаційним полем нашої планети, впливають на все живе, зокрема на організм людини.



Всі цикли нашого організму безпосередньо пов'язані з періодами обертання Місяця. Астрофізики довели, що під гравітаційним впливом Місяця відбувається деформування твердої поверхні Землі на величину 50 см в вертикальному напрямку і близько 5 см в горизонтальному. Ще сильніше цей вплив позначається на водному середовищі Землі і виражається в тому, що в берегових зонах океанів через кожні 12 годин 25 хвилин відбувається зміна припливної хвилі на відпливну хвилю.

Припливи і відпливи безпосередньо впливають на організм людини, особливо на розподіл крові в тілі. Згідно з думкою китайських науковців 12 основних органів, пов'язаних відповідними каналами, кожну добу протягом двох годин відчують припливну хвилю активності, а також відпливну, яка характеризується мінімальним забезпеченням крові цих органів.

При цьому Місяць значно прискорює перебіг біохімічних процесів в організмі людини. А так як тіло людини на 70 - 80% складається з води, то вона є основою життя і детектором сприйняття космічних впливів, а все живе на Землі можна представити у вигляді посудини для отримання, збереження, використання і трансформації протягом місяця, за місячним календарем, космічної енергії.

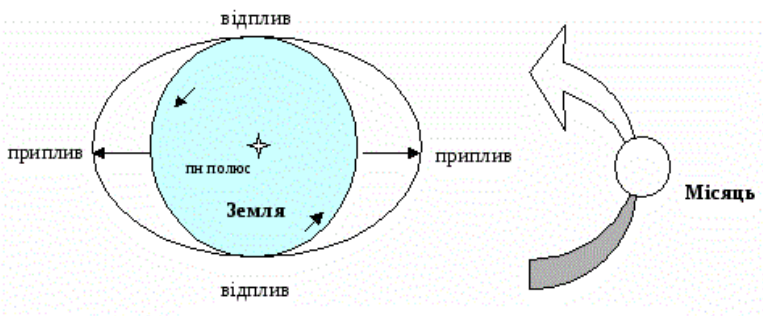


Рис.2. Вплив гравітації Місяця на Земну кору

Лазерні дослідження показали, що Місяць віддаляється від Землі на 3-4см в рік. Це відбувається внаслідок того, що гравітація Сонця в два рази більша за гравітацію Землі, тобто Сонце притягує до себе Місяць вдвічі сильніше ніж Земля. То невже колись наступить мить і Місяць відірветься від Землі? Переживати з цього приводу зараз

не потрібно, це відбудеться не раніше ніж через 45 мільярдів років після того, як Сонце почне згасати і перетвориться на червоного гіганта.

### **Гравітація Сонця**

Вся Сонячна система існує завдяки гравітаційній силі з боку Сонця. Тобто всі зміни в Сонячній системі пов'язані зі змінами гравітації Сонця, а саме зі старінням могутньої зорі. В залежності від того як швидко Сонце спалюватиме запаси водню, воно ставатиме все гарячіше, що призведе до більш інтенсивного використання водню. Через це світність Сонця зростатиме кожні 1,1 мільярди років на 10%, що в результаті призведе до зміщення Сонячної системи. Так як Сонце ставатиме все гарячіше, то поверхня нашої планети розігріється до такої міри, що життя будь-яких організмів в таких умовах стане неможливим. Але з іншого боку такий зріст температури призведе до змінення маси Сонця, тобто до його старіння. Так як гравітаційна сила прямо пропорційна масі, очевидно, що гравітаційна сила Сонця зменшуватиметься, що призведе до поступового розпаду Сонячної системи. В кінцевому підсумку, після багатьох мільярдів років, Сонце повністю припинить випромінювати в навколишній простір видиме світло, радіохвилі і інфрачервоне випромінювання, а це спричинить повне знищення сонячної системи.

### ***Вплив параду планет на гравітаційну силу Землі***

Парадами планет називають такі моменти, коли всі планети шикуються в ланцюжок у напрямку до Сонця і їх гравітаційні сили складаються арифметично. Зрозуміло, на одній прямій всі планети ніколи не зберуться, але якщо обмежитися вимогою, що всі планети зібралися в геліоцентричному секторі з кутом не більше 90°, такі «великі» паради відбуваються в середньому один раз на 120 років.

Загальновідомо, що сила тяжіння прямо пропорційна масам тіл і обернено пропорційна квадрату відстані між ними ( $M/R^2$ ). Найбільший гравітаційний вплив на Землю чинять Венера (вона не дуже масивна, але розташована близько) і Юпітер (він дуже масивний). Простий розрахунок показує, що тяжіння землі до Венери навіть при найбільшому з нею зближенні в 50 млн разів слабкіше нашого тяжіння до Землі; для Юпітера це співвідношення становить 30 млн. Тобто якщо ваша вага близько 70 кг, то Венера і Юпітер притягують вас до себе з силою приблизно в 1 міліграм. Під час



параду планет вони тягнуть в різні боки, практично компенсуючи вплив один одного.

Але це ще не все. Зазвичай під гравітацією Землі ми розуміємо не силу тяжіння до планети, а нашу вагу. А вона залежить ще і від того, як ми рухаємося. Наприклад, космонавтів на МКС і нас з вами Земля притягає майже однаково, але у них там невагомість, оскільки вони знаходяться в стані вільного падіння, а ми впираємося в Землю. А по відношенню до інших планет ми всі поводимося, як екіпаж МКС: разом із Землею ми вільно «падаємо» на кожну з навколишніх планет. Тому ми не відчуваємо навіть того міліграма, про який було сказано вище.

Але певний ефект все ж є. Справа в тому, що ми, живучи на поверхні Землі, і сама Земля, якщо мати на увазі її центр, знаходимося на різних відстанях від планет, які нас притягуватимуть. Ця різниця не перевищує розміру Землі, але іноді вона значна. Але якщо мати на увазі людину і її тягу до планет, то цей приливний ефект неймовірно слабкий (в десятки тисяч разів слабкіше прямого тяжіння до планет) і становить для кожного з нас менше однієї мільйонної частки грама - практично нуль.

### ***Чорні діри і сила гравітації***

Чорні діри, мабуть, одне з найдивовижніших явищ в нашому Всесвіті. Але ми навіть не здогадуємося, яку роль у їхньому існуванні має гравітація.

Чорна діра – це область простору, в якій гравітаційне тяжіння настільки сильне, що ні речовина, ані випромінювання не можуть покинути цю область. Чорні діри, безсумнівно, найдивніші і загадкові об'єкти в космосі(Рис.1). Їх химерні властивості можуть кинути виклик законам фізики Всесвіту і навіть природі існуючої дійсності. Щоб зрозуміти, що ж таке чорні діри, потрібно використати свою фантазію. Чорні діри утворюються з ядер супермасивних зірок, які можна охарактеризувати як область простору, де величезна маса зосереджена в порожнечі, і нічого, навіть світло не може там уникнути гравітаційного тяжіння. Це та область, де друга космічна швидкість перевищує швидкість світла. І чим більш масивний об'єкт руху, тим швидше він повинен рухатися для того щоб позбутися від сили свого тяжіння. Це відомо як друга космічна швидкість.



Рис.3. Чорна діра розриває зірку

Чорні діри настільки масивні, що їх друга космічна швидкість більша, ніж швидкість світла. Оскільки нічого не може рухатися швидше, ніж світло, то нічого і не може уникнути гравітації чорної діри, тому із чорної діри ніщо неспроможне вилетіти. Межі області, за яку не виходить світло, називають "горизонт подій", чи навіть "горизонт" чорної діри.

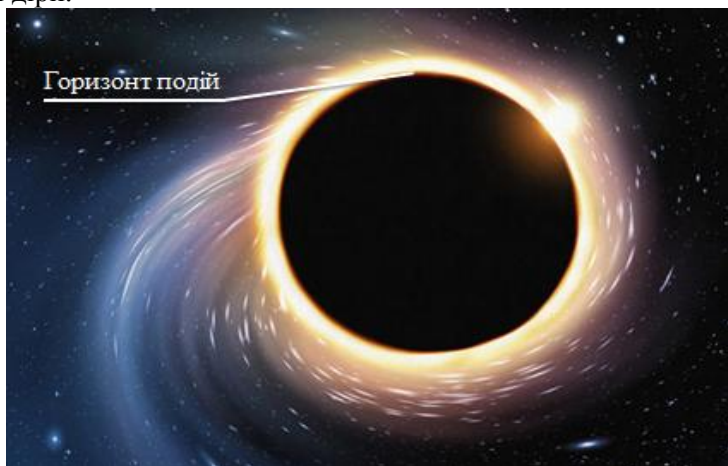


Рис.4. «Горизонт подій»

Теорія відносності Ейнштейна є важливою, при вивченні та розумінні чорних дір. Вона стверджує, що гравітація впливає на час. Чим більш масивний об'єкт в космосі, тим більше він уповільнює час. Гравітація

ж чорної діри настільки величезна, що вона практично зупиняє хід часу. Якщо зовні чорної діри спостерігати, як падає космічний корабель, то можна побачити, що він все більше і більше сповільнюється і, зрештою, зникає. Ці гіганти всмоктують матерію, яка знаходиться на певній відстані від них, а в іншому вони своєю дією не відрізняються від масивних зірок. Якщо, наприклад, наше Сонце стане чорною дірою, планети будуть і далі обертатися по своїй орбіті.

К. Шварцшильд визначив, що всі характеристики чорних дір визначаються одним параметром – масою. Так гравітаційний радіус чорної діри масою  $M$  дорівнює :

$$r_s = \frac{2GM}{c^2},$$

де  $G$  - гравітаційна стала, а  $c$  - швидкість світла. Чорна діра з масою, що дорівнює масі Землі, мала б радіусом Шварцшильда близько 9 мм (тобто Земля могла б стати чорною дірою, якби щонебудь змогло стиснути її до такого розміру). Для Сонця радіус Шварцшильда складає приблизно 3 км. Для землі ж приблизно 8 мм.

Визначним фактором у формуванні зірок є гравітація.

### ***Народження зірок***

На даний момент, думки більшості астрофізиків сходяться на тому, що формування зірок відбувається у газопилових скупченнях. Вплив гравітаційних сил на міжзоряну хмару призводить до протидії сил стиснення і розширення. Розширенню сприяють магнітні поля і внутрішній тиск хмари, з іншого боку діє власна гравітація небесного тіла і вплив зовнішнього середовища.

Разом з тим, світло зовні в непрозору хмару не надходить, а додаткову втрату тепла становить молекулярне інфрачервоне випромінювання. Разом з цим, температура в щільній частині хмари знижується до позначки  $-270$  градусів, що неминуче призводить до падіння тиску. Дана область починає стрімко стискатися, в результаті домінуючого і більш щільного процесу стиснення. Далі вже розігріта газова хмара виділяє величезну кількість енергії. Це пояснюється тим, що внутрішній тиск і температура збільшуються до межі, коли в ядрі майбутньої зірки запускається механізм термоядерної реакції по

об'єднанню атомів водню. Процес формування закінчується гідростатичною рівновагою, тобто зрівноваження сили гравітації силою тиску.

Важливою в існуванні Всесвіту є антигравітаційна сила.

### *Антигравітація*

Всесвітнє тяжіння більше не всесвітнє. Закон всесвітнього тяжіння Ньютона описує притягання тіл до один одного, але чи існує можливість відштовхування?

Чому тоді вся речовина Всесвіту не злиплася давним-давно в одну велику купу, як пельмені в каструлі? Цей парадокс хвилював астрономів з часів Ньютона, і теорія Великого вибуху нічого не виправила.

Якщо первинний вибух розкидав матерію, як уламки, то взаємне тяжіння змусить уламки зменшити швидкість, зупинитися і почати рухатись назад. Тому Ейнштейну довелося додати у свої рівняння загадкову поправку - «космологічну константу». Однак фізики не люблять, коли в стрункій математичній картині світу з'являється «козир з рукава», тільки щоб узгодити формули і реальність. Ейнштейн вважав космологічні константи великою помилкою. Відкриття «темної енергії»(в космології гіпотетична форма енергії, що має від'ємний тиск і рівномірно заповнює весь простір Всесвіту. Згідно з положеннями загальної теорії відносності, гравітація залежить не лише від маси, але і від тиску, до того ж від'ємний тиск має породжувати відштовхування, антигравітацію) продемонструвало, що така поправка необхідна. Існування антигравітації пов'язано з існуванням «темної» матерії, яка призводить до розширення світу(Рис.3).

Темна матерія — один із компонентів Всесвіту, існування якого виявлено нещодавно лише за гравітаційним впливом на видиму матерію і на фонове випромінювання, оскільки вона не випромінює і не розсіює електромагнітне випромінювання, а також не бере участі у сильній (ядерній) взаємодії.

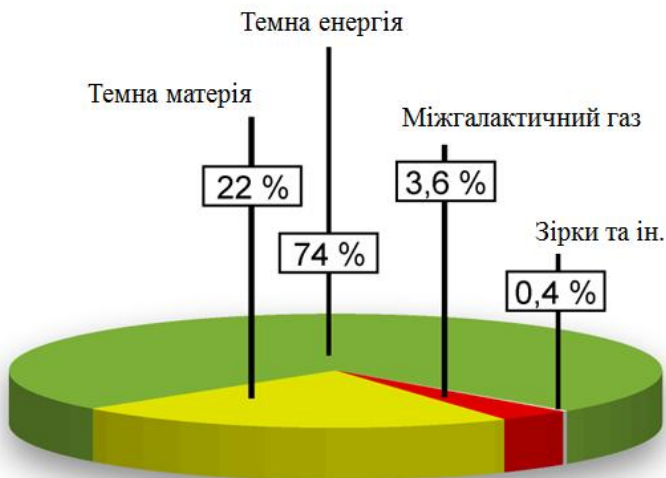


Рис.5. Склад Всесвіту за даними WMAP

**Висновки.** Отже, гравітаційна взаємодія є визначною у формуванні, існуванні та еволюції всіх космічних об'єктів. Зокрема, орбітального руху планет зрівняно гравітаційним притяганням в системі центральних тіл, формування і еволюція зір, взаємодії зір у величезних зоряних системах. І загалом, весь процес народження та еволюції Всесвіту обумовлений гравітацією. Хоча існування темної матерії передбачає ще і існування антигравітації.

#### Література

1. Gauquelin M. Dreams and illusion of astrology.-Prometheus Book, 1979.
2. Загальна теорія відносності: випробування часом. — К. : ГАО НАН України, 2005. — 288 с.
3. І.М.Кучерук, І.Т.Горбачук, П.П.Луцик (2006). Загальний курс фізики: Навчальний посібник у 3-х т. Київ: Техніка.
4. Slicher I., Secular effects of Tidal Friction upon the Earth Relation, Journal of Geophysical Research, 15 Jult 1963. Vol.68. №14. pp 4281-4288.

У статті досліджені найцікавіші явища, які пов'язані з гравітацією та роль гравітації у світобудові. Визначено основні уявлення про антигравітацію та її важливість для еволюції космічних об'єктів.

**Ключові слова:** гравітація, Місяць, Сонце, парад планет, Чорні діри, зірки, антигравітація

#### GRAVITY AND ANTIGRAVITY IN SPACE

**Anastasiya Melnyk, Viktoriya Shatkivska, Viktoriya Dumenko**

This article explores the most interesting phenomenon of gravity, the role of gravity in the universe. Determined based on an idea of antigravity and its importance for the evolution of cosmic object.

**Keywords:** gravity, Moon, Sun, planets, Black holes, stars, antigravity

### МАТЕМАТИЧНИЙ ЗМІСТ КІЛЬЦЯ ЕЙНШТЕЙНА ТА УМОВИ ЙОГО ВИНИКНЕННЯ. ДОСЛІДЖЕННЯ УЗАГАЛЬНЕНИХ УМОВ

**Альберт Котвицький, Семен Бронза,  
Володимир Шабленко, Ксенія Нерушенко**

#### Історична довідка

Гравітаційна лінза — масивне тіло (планета, зірка) або система тіл (галактики, скупчення галактик), яка викривляє своїм гравітаційним полем напрям поширення випромінювання, подібно до того, як викривляє світловий промінь звичайна лінза.

Перший, хто використав термін «лінза», говорячи про відхилення електромагнітного променя гравітацією, був англійський фізик Олівер Лодж (1851-1940), який у 1919 зазначив, що «гравітаційне поле діє як лінза, але не має фокусної відстані». Він виявився правий: оскільки сила гравітаційної дії залежить обернено пропорційно квадрату відстані від джерела, тому дія гравітаційної лінзи відрізняється від дії її скляного аналога. Якщо звичайна лінза збирає всі падаючі на неї промені світла в одній точці фокусу, то гравітаційна лінза тільки відхиляє промені до оптичної осі, але не може зібрати їх в єдиному фокусі.

#### ***N*-точкова гравітаційна лінза**

Рівняння *N*-точкової лінзи (в безрозмірній формі) має вигляд:

$$\vec{y} = \vec{x} - \sum_{i=1}^N m_i \frac{\vec{x} - \vec{l}_i}{|\vec{x} - \vec{l}_i|^2}, \quad (1.1)$$

де  $\vec{x}_i$  - радіус-вектори точкових мас, що входять в лінзу,

$$m_i = \frac{M_i}{\sum_k M_k} - \text{безрозмірні маси, (див. напр. [3,4,11]).}$$

Очевидно, що  $\sum_i m_i = 1$ .

*Рівняння (1.1) в координатній формі має вигляд:*

$$\begin{cases} y_1 = x_1 - \sum_{i=1}^N m_i \frac{x_1 - a_i}{(x_1 - a_i)^2 + (x_2 - b_i)^2} \\ y_2 = x_2 - \sum_{i=1}^N m_i \frac{x_2 - b_i}{(x_1 - a_i)^2 + (x_2 - b_i)^2} \end{cases}, \quad (1.2)$$

Де  $a_i$  і  $b_i$  координати радіус-векторів  $\vec{l}_i$  тобто

$$\vec{l}_i = (a_i, b_i) \quad (1.3)$$

Система (1.2) зводиться до системи поліноміальних рівнянь. Дослідження системи поліноміальних рівнянь, зокрема її рішення, є основним завданням класичної алгебраїчної геометрії.

### **Деякі поняття і теореми алгебраїчної геометрії**

Центральним поняттям алгебраїчної геометрії є поняття результанта. Формально результат двох многочленів  $f(x)$  і  $g(x)$ , від однієї змінної, можна визначити як деяку поліноміальну функцію їх коефіцієнтів, обіг якої в нуль є необхідною і достатньою умовою для існування спільного кореня зазначених поліномів. Результат для системи поліноміальних рівнянь можна розглядати як аналог визначника системи для системи лінійних рівнянь. Добре відомо, що для системи лінійних рівнянь може бути один розв'язок, безліч, або не бути розв'язків зовсім.

Результантом  $R(f, g)$  двох багаточленів  $f(x)$ ,  $g(x)$  з кільця  $K[x]$  називається елемент поля  $K$ , визначений формулою:

$$R(f, g) \stackrel{\text{def}}{=} a_0^m b_0^n \prod_{i=0}^{i=n} \prod_{j=0}^{j=m} (\alpha_i - \beta_j),$$





- нехай  $f = f(x, y)$  та  $g = g(x, y)$  є багаточленами від двох змінних над полем комплексних чисел  $\mathbb{C}$ , та нехай вони визначені наступним чином:

$$f = f(x, y) = \sum_{\substack{i,j=0 \\ i+j \leq n}} a_{ij} x^i y^j, \quad (1.6)$$

$$g = g(x, y) = \sum_{\substack{i,j=0 \\ i+j \leq m}} b_{ij} x^i y^j. \quad (1.7)$$

Якщо, хоча б один зі старших коефіцієнтів  $a_{ij}$ ,  $i + j = n$ , багаточлена  $f$  не дорівнює нулю, тоді  $\deg f = n$ , та, хоча б один зі старших коефіцієнтів  $b_{ij}$ ,  $i + j = m$ , багаточлена  $g$  не дорівнює нулю, тоді  $\deg g = m$ .

Зручним є поняття елімінанти багаточленів(див.[9]).

Нехай  $f(x, y), g(x, y) \in \mathbb{C}[x, y]$  – багаточлени від двох змінних над полем комплексних чисел  $\mathbb{C}$ . Елімінантою багаточленів  $f(x, y)$  та  $g(x, y)$  по  $x$  називають багаточлен  $X(x)$ , визначений формулою:

$$X(x) \stackrel{\text{def}}{=} R_y(f(x, y), g(x, y)), \quad (1.8)$$

де  $R_y(f(x, y), g(x, y))$  - результат багаточленів  $f(x, y)$ ,  $g(x, y)$ , які записано в лексикографічній формі по спадаючих степенях змінної  $y$  над полем раціональних функцій  $\mathbb{C}[x]$ , тобто  $f(x, y), g(x, y) \in \mathbb{C}[x, y]: \mathbb{C}[x]$ .

Аналогічно визначається друга елімінанта системи  $Y(y)$ , тобто:

$$Y(y) \stackrel{\text{def}}{=} R_x(f(x, y), g(x, y)). \quad (1.9)$$

Мають місце теореми.

**Теорема 1** (Безу). Нехай багаточлени  $f$  та  $g$  визначені як в (1.6) та (1.7) відповідно. Нехай їх коефіцієнти, такі, що  $a_{0n} \neq 0, a_{no} \neq 0, b_{0m} \neq 0, b_{m0} \neq 0$ . Тоді для елімінанти  $X(x)$ , має місце співвідношення:

$$\deg X(x) = \deg f(x, y) \cdot \deg g(x, y) = nm. \quad (1.10)$$

Аналогічно для елімінанти  $Y(y)$  маємо:  $\deg Y(y) = nm$ . (див. [8])

**Теорема 2** (Безу). Нехай криві визначені рівняннями  $f(x, y) = 0$  та  $g(x, y) = 0$ . Якщо вони мають більш, ніж  $nm$  спільних точок, то вони мають спільну компоненту, тобто  $\text{deg НОД}(f(x, y), g(x, y)) \neq 0$ .

З теореми прямує: якщо система рівнянь

$$\begin{cases} f(x, y) = 0 \\ g(x, y) = 0 \end{cases}$$

має більш, ніж  $nm$  рішень, багаточлени  $f, g$  мають спільну компоненту (див. [8]).

Має місце також твердження:

- багаточлени  $f, g$  мають спільну компоненту  $h$ , додатного степеня, тобто  $\text{deg НСД}(f, g) = \text{deg}(h) \neq 0$ , тоді і тільки тоді, коли хоча б одна з елімінант  $X(x) = R_y(f, g)$ , або  $Y(y) = R_x(f, g)$ , тотожно дорівнює нулю.

- якщо елімінанта  $X(x)$  багаточленів  $f(x, y), g(x, y)$ , така, що  $X(x) \equiv 0$ , всі її коефіцієнти дорівнюють нулю, тобто:

$$\frac{d^i}{dx^i} X(x) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (1.11)$$

де  $m = \text{deg } X(x)$ .

### Деякі твердження про розкладність багаточленів від двох змінних

Нехай  $F = F(x, y)$  багаточлен від змінних  $x, y$  над полем комплексних чисел  $\mathbb{C}$ , та його степінь  $\text{deg } F = d$ , тобто  $F(x, y) = \sum_{i,j=0}^{0 \leq i+j \leq d} a_{ij} x^i y^j$ . Нехай  $k = \left\lfloor \frac{d}{2} \right\rfloor$ , де в квадратних дужках стоїть ціла частина числа  $\frac{d}{2}$ .

Нехай  $P = P(x, y)$  –  $k$ -форма від двох змінних комплексних чисел  $\mathbb{C}$ . Тобто  $P$  – багаточлен степені  $k$ , від змінних  $x, y$  над полем комплексних чисел  $\mathbb{C}$ , та  $P(x, y) = \sum_{i,j=0}^{0 \leq i+j \leq k} p_{ij} x^i y^j$ . Будемо розглядати багаточлен  $P$  як багаточлен з невизначеними коефіцієнтами

$$p_{ij}, \quad i, j = 0, 1, \dots, k, \quad 0 \leq i + j \leq k.$$

Нехай  $R_y(F, P)$  – результат від багаточленів  $F = F(x, y)$  та  $P = P(x, y)$  (як багаточленів від змінної  $y$  з коефіцієнтами з поля  $\mathbb{C}[x]$ ), тоді  $R_y(F, P)$  є багаточлен від однієї змінної  $x$ , а  $R_x(F, P)$  –

результант від тих же самих багаточленів, як багаточленів від змінної  $x$  з коефіцієнтами з поля  $\mathbb{C}[y]$ .

Має місце

**Теорема 3.** Багаточлен  $F = F(x, y)$  розкладний по змінній  $y$ , якщо і тільки якщо система рівнянь

$$\begin{cases} R_y(F(x, y), P(x, y)) = 0 \\ \left\{ \frac{d^i}{dx^i} R_y(F(x, y), P(x, y)) = 0 \right\}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \end{cases}, \quad (1.12)$$

де  $m = \deg R_y(F, P)$ ,

(система розглядається відносно  $p_{ij}$ - невизначених коефіцієнтів багаточлена  $P$ , як відносно невідомих) має хоча б один нетривіальний розв'язок (розв'язок нетривіальний, якщо не всі  $p_{ij}$ ,  $i + j > 0$  дорівнюють нулю). (див.[11, 12])

**Наслідок теореми 3.** Багаточлен  $F = F(x, y)$  нерозкладний по змінній  $y$ , якщо і тільки якщо система (1.12) не має розв'язку, або має тільки тривіальний розв'язок, тобто:

$p_{ij} = 0$ , для усіх  $i, j = 0, 1, \dots, k$ , таких що  $1 \leq i + j \leq k$ .

В силу симетрії змінних, вочевидь, має місце наступна

**Теорема 4.** (Критерій розкладності, багаточленів від двох змінних над полем комплексних чисел  $\mathbb{C}$ ). Нехай  $F$  та  $P$ , такі як визначено вище. Багаточлен  $F$  є розкладним якщо і тільки якщо хоча б одна з систем

$$\begin{cases} R_y(F(x, y), P(x, y)) = 0 \\ \left\{ \frac{d^i}{dx^i} R_y(F(x, y), P(x, y)) = 0 \right\}, \quad i = 1, 2, \dots, m \end{cases}, \quad \text{де} \\ m = \deg R_y(F, P), \quad (4.3)$$

$$\begin{cases} R_x(F(x, y), P(x, y)) = 0 \\ \left\{ \frac{d^i}{dy^i} R_x(F(x, y), P(x, y)) = 0 \right\}, \quad i = 1, 2, \dots, n \end{cases}, \quad \text{де} \\ n = \deg R_x(F, P), \quad (4.4)$$

(системи розглядається відносно  $p_{ij}$ - коефіцієнтів багаточлена  $P$ , як відносно невідомих) має не тривіальний розв'язок, тобто:

$p_{ij} = 0$ , не для усіх  $i, j = 0, 1, \dots, k$ , таких, що  $1 \leq i + j \leq k$  [11,12]

Має місце, також

**Теорема 5.** Нехай багаточлен  $F = F(x, y) = \sum_{j=0}^m \sum_{i=0}^n a_{ij} x^i y^j$  розкладний тільки по змінній  $x$ , та нерозкладний по  $y$ , тоді багаточлен  $F$  ділиться на багаточлен

$$A(x) = \text{НСД}(A_1(x), A_2(x), \dots, A_m(x)),$$

де  $A_j(x) \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{i=0}^n a_{ij} x^i$ , причому  $\text{deg} A(x) \neq 0$  [9].

Важливою є теорема, що впливає з теореми 4

**Теорема 6.** (Критерій нерозкладності, багаточленів від двох змінних над полем комплексних чисел  $\mathbb{C}$ ). Нехай  $F$  та  $P$ , такі як визначено вище. Багаточлен  $F$  є нерозкладним якщо і тільки якщо кожна з систем

$$\frac{d^i}{dx^i} R_y(F(x, y), P(x, y)) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad m = \text{deg} R_y(F, P) \quad (1.13)$$

$$\frac{d^i}{dy^i} R_x(F(x, y), P(x, y)) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad m = \text{deg} R_x(F, P) \quad (1.14)$$

(системи розглядається відносно  $p_{ij}$ - коефіцієнтів багаточлена  $P$ , як відносно невідомих) має тільки тривіальні розв'язки, тобто:

$p_{ij} = 0$ , для усіх  $i, j = 0, 1, \dots, k$ , таких, що  $1 \leq i + j \leq k$  [11,12].

## 2. 1-точкова лінза

Розглянемо розв'язання задачі для 1-точкової гравітаційної лінзи. Застосуємо наведенні вище теореми алгебраїчної геометрії.

Нехай 1-точкова лінза має координати:  $a_1 = 0, b_1 = 0$ .

Підставляючи координати лінзи відображення в  $L: Y \rightarrow X$ , маємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} y_1 = x_1 - \frac{x_1}{x_1^2 + x_2^2} \\ y_2 = x_2 - \frac{x_2}{x_1^2 + x_2^2} \end{cases} \quad (2.1)$$

Рівняння системи визначені для всіх точок таких, що  $x_1^2 + x_2^2 \neq 0$ , тобто крім початку координат, точки  $O(0,0)$ . В початку координат відображення  $L$  терпить розрив.

$$\begin{cases} x_1 - y_1 - \frac{x_1}{x_1^2 + x_2^2} = 0 \\ x_2 - y_2 - \frac{x_2}{x_1^2 + x_2^2} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (x_1^2 + x_2^2)(x_1 - y_1) - x_1 = 0 \\ (x_1^2 + x_2^2)(x_2 - y_2) - x_2 = 0 \end{cases} \quad (2.2)$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow & \begin{cases} (x_1^2 + x_2^2)(x_1 - y_1) - x_1 = 0 \\ (x_1^2 + x_2^2)(x_2 - y_2) - x_2 = 0 \end{cases} \\ & \Rightarrow \begin{cases} x_1^3 + x_1x_2^2 - x_1^2y_1 - x_2^2y_1 - x_1 = 0 \\ x_1^2x_2 + x_2^3 - x_1^2y_2 - x_2^2y_2 - x_2 = 0 \end{cases} \Rightarrow \end{aligned}$$

Обчислимо результат  $R_{x_1}$  за ступенем  $x_1$  для чого представимо рівняння у лексикографічному вигляді:

$$\Rightarrow \begin{cases} x_1^3 - y_1x_1^2 + (x_2^2 - 1)x_1 - x_2^2y_1 = 0 \\ (x_2 - y_2)x_1^2 + x_2^3 - x_2^2y_2 - x_2 = 0 \end{cases}$$

Результат за ступенем  $x_1$  має вигляд:

$$R_{x_1} = R_{x_1}(x_1^3 - y_1x_1^2 + (x_2^2 - 1)x_1 - x_2^2y_1,$$

$$(x_2 - y_2)x_1^2 + x_2^3 - x_2^2y_2 - x_2) =$$

$$= \begin{vmatrix} 1 & -y_1 & x_2^2 - 1 & -x_2^2y_1 & 0 \\ 0 & 1 & -y_1 & x_2^2 - 1 & -x_2^2y_1 \\ x_2 - y_2 & 0 & x_2^3 - x_2^2y_2 - x_2 & 0 & 0 \\ 0 & x_2 - y_2 & 0 & x_2^3 - x_2^2y_2 - x_2 & 0 \\ 0 & 0 & x_2 - y_2 & 0 & x_2^3 - x_2^2y_2 - x_2 \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} 1 & -y_1 & x_2^2 - 1 & -x_2^2y_1 & 0 \\ 0 & 1 & -y_1 & x_2^2 - 1 & -x_2^2y_1 \\ 0 & (x_2 - y_2)y_1 & x_2^2 - x_2 - y_2 & x_2^2y_1(x_2 - y_2) & 0 \\ 0 & 0 & (x_2 - y_2)y_1 & x_2^2 - x_2 - y_2 & x_2^2y_1(x_2 - y_2) \\ 0 & 0 & x_2 - y_2 & 0 & x_2^3 - x_2^2y_2 - x_2 \end{vmatrix}$$

$$= \dots = \begin{vmatrix} x_2^2 - x_2 - y_2 & x_2^2y_1(x_2 - y_2) & 0 \\ (x_2 - y_2)y_1 & x_2^2 - x_2 - y_2 & x_2^2y_1(x_2 - y_2) \\ x_2 - y_2 & 0 & x_2^3 - x_2^2y_2 - x_2 \end{vmatrix} -$$

$$-(x_2 - y_2)y_1 \begin{vmatrix} -y_1 & x_2^2 - 1 & -x_2^2 y_1 \\ (x_2 - y_2)y_1 & x_2^2 - x_2 - y_2 & x_2^2 y_1 (x_2 - y_2) \\ x_2 - y_2 & 0 & x_2^3 - x_2^2 y_2 - x_2 \end{vmatrix} = \dots$$

$$= -x_2^3 y_1^2 + x_2^2 y_1^2 y_2 + x_2 y_1^2 - x_2^3 y_2^2 + x_2^2 y_2^3$$

Маємо:

$$R_{x_1} = -x_2^3 y_1^2 + x_2^2 y_1^2 y_2 + x_2 y_1^2 - x_2^3 y_2^2 + x_2^2 y_2^3$$

Для того, щоб рівняння системи (2.1) мали спільну компоненту потрібно, щоб  $R_{x_1} \equiv 0$ .

Маємо:

$$-x_2^3 y_1^2 + x_2^2 y_1^2 y_2 + x_2 y_1^2 - x_2^3 y_2^2 + x_2^2 y_2^3 \equiv 0$$

Застосовуючи теорему 4 для розкладності  $R_{x_1}$  на нерозкладні компоненти, маємо:

$$x_2(-y_1^2 + y_2^2)x_2^2 + y_2(y_1^2 + y_2^2)x_2 + y_1^2 \equiv 0$$

Рівняння розпалося на два рівняння :

$$x_2 \equiv 0$$

$$-(y_1^2 + y_2^2)x_2^2 + y_2(y_1^2 + y_2^2)x_2 + y_1^2 \equiv 0$$

Кожне з рівнянь розглядається як багаточлен від  $x_2$ . Багаточлен тотожно дорівнює нулю, тоді і тільки тоді, якщо всі його коефіцієнти дорівнюють нулю. Має місце система рівнянь:

$$\begin{cases} y_1^2 + y_2^2 = 0 \\ y_1^2 = 0 \end{cases},$$

звідси маємо:

$$\begin{cases} y_1 = 0 \\ y_2 = 0 \end{cases} \quad (2.3)$$

Підставляючи в (2.1) маємо:

$$\begin{cases} x_1 - \frac{x_1}{x_1^2 + x_2^2} = 0 \\ x_2 - \frac{x_2}{x_1^2 + x_2^2} = 0 \end{cases} \quad (2.4)$$

Рівняння системи (2.2) можна представити у вигляді:

$$\begin{cases} x_1 \left( 1 - \frac{1}{x_1^2 + x_2^2} \right) = 0 \\ x_2 \left( 1 - \frac{1}{x_1^2 + x_2^2} \right) = 0 \end{cases} \quad (2.5)$$

Система (2.5) розпадається на три системи на одне рівняння:

$$\begin{cases} x_1 = 0 \\ x_2 = 0 \end{cases}, \quad (2.5a); \quad \begin{cases} x_1 = 0 \\ 1 - \frac{1}{x_1^2 + x_2^2} = 0 \end{cases}, \quad (2.5b); \quad \begin{cases} 1 - \frac{1}{x_1^2 + x_2^2} = 0 \\ x_2 = 0 \end{cases}, \quad (2.5c)$$

$$1 - \frac{1}{x_1^2 + x_2^2} = 0. \quad (2.6)$$

Система (2.5a) має рішення  $x_1 = 0$ ,  $x_2 = 0$ , але це рішення не є рішенням. Системи (2.5b), тому що рівняння системи в точці  $O(0,0)$  не визначені.

Система (2.5b) має два розв'язки:  $x_1 = 0$ ,  $x_2 = \pm 1$ .

Система (2.5c) має два розв'язки:  $x_1 = \pm 1$ ,  $x_2 = 0$ .

Перетворюючи рівняння (2.6) маємо:

$$1 - \frac{1}{x_1^2 + x_2^2} = 0 \Rightarrow \frac{x_1^2 + x_2^2 - 1}{x_1^2 + x_2^2} = 0 \Rightarrow x_1^2 + x_2^2 - 1 = 0, \quad (2.7)$$

Рівняння (2.7) є рівнянням одиничного кола в площині  $X$ , з центром в точці  $O(0,0)$  - початку координат. Розв'язок систем (2.5b) і (2.5c) задовольняє рівняння (2.7). Таким чином, розв'язком системи (2.2) є координати точок одиничного кола з центром у початку координат.

Аналітично обчислюємо результат  $R_{x_2}$ . В силу симетрії змінних маємо той же самий результат.

Таким чином, використавши методи алгебраїчної геометрії для досліджування рівняння 1-точкової гравітаційної лінзи, можна зробити висновок, що існує лише одне перетворення із нуля-мірного об'єкта в одномірний (точка переходить у кільце). Також, така

ситуація можлива лише в одному випадку – коли джерело, лінза та спостерігач знаходяться на одній прямій.

### 3. 2-точкова лінза

Розглянемо 2-точкову гравітаційну лінзу з рівними масами

$$m_1 = m_2 = \frac{1}{2}.$$

Точкові маси знаходяться на осі абсцис на відстані  $a$  від початку координат на (Рис. 1).

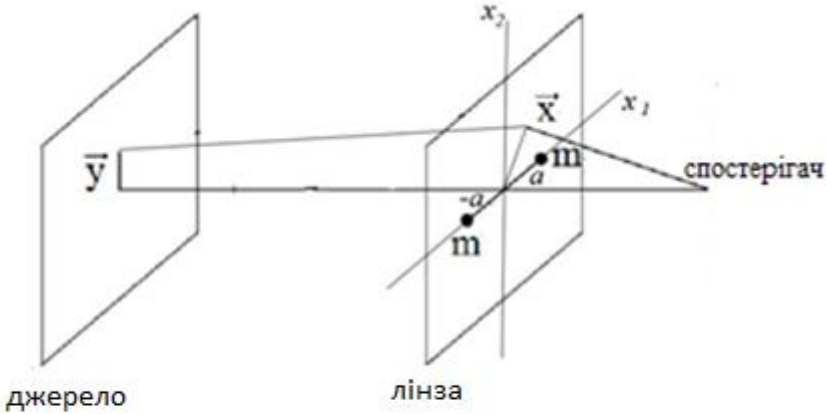


Рис.1. Симетрична бінарна лінза

В цьому випадку система (1.3) виглядає так:

$$\begin{cases} y_1 = x_1 - \frac{1}{2} \frac{x_1 - a}{(x_1 - a)^2 + x_2^2} - \frac{1}{2} \frac{x_1 + a}{(x_1 + a)^2 + x_2^2} \\ y_2 = x_2 - \frac{1}{2} \frac{x_2}{(x_1 - a)^2 + x_2^2} - \frac{1}{2} \frac{x_2}{(x_1 + a)^2 + x_2^2} \end{cases}, \quad (3.1)$$

Перетворимо рівняння системи (3.1) до поліноміального вигляду, та представимо отримані багаточлени  $F_1$  і  $F_2$  в лексикографічному вигляді за зростаючими ступенями змінної  $x_1$  маємо:



$$\left\{ \begin{array}{l} F_1 = -a^2(a^2 + 2x_2^2 y_1) + (a^2 - x_2^2 + (a^2 + x_2^2)^2)x_1 + 2y_1(a^2 - x_2^2)x_1^2 + \\ \quad + (2x_2^2 - 1 - 2a^2)x_1^3 + y_1 x_1^4 + x_1^5 \\ F_2 = (-a^2 x_2 - x_2^3 + (a^2 + x_2^2)^2(x_2 - y_2)) + (-x_2 - 2(a^2 - x_2^2)(x_2 - y_2))x_1^2 + \\ \quad + (x_2 - y_2)x_1^4 \end{array} \right. \quad (3.2)$$

Виключимо з системи змінну  $x_1$ , за допомогою результанта  $R_1 = R(F_1, F_2)$ . Матриця Сильвестра  $S_1 = S(F_1, F_2)$  має порядок (за  $x_1$ )  $\deg F_1 + \deg F_2 = 9$ . Тому що  $R_1 = \det S_1$ , маємо:

$$\begin{aligned} R_{x_1} = & 4a^4 x_2^2 (a^2 + x_2^2) (-a^2 y_2^3 + (a^2 y_2^2 - y_2^2 - 4a^4 y_2^2 - 4a^2 y_2^4) x_2 + \\ & + (-4a^2 y_2 + 4a^4 y_2 - 4a^6 y_2 - y_1^2 y_2^2 - 4a^2 y_1^2 y_2 + 8a^4 y_1^2 y_2 - 4a^2 y_1^2 y_2 - \\ & - 5y_2^3 + 4a^2 y_2^3 - 8a^4 y_2^3 - 4a^2 y_2^5) x_2^2 + (-4a^4 + 4a^6 + y_1^2 + 4a^2 y_1^2 - 8a^4 y_1^2 + \\ & (3.3) \\ & + 4a^2 y_1^4 + y_2^2 - 12a^2 y_2^2 + 8a^4 y_2^2 - 8y_1^2 y_2^2 - 8y_2^4 + 4a^2 y_2^4) x_2^3 - 4(a^4 y_2 - \\ & - a^2 y_2 - y_1^2 y_2 - 2a^2 y_1^2 y_2 + y_1^4 y_2 - y_2^3 + 2a^2 y_2^3 + 2y_1^2 y_2^3 + y_2^5) x_2^4 + \\ & + 4(a^4 - 2a^2 y_1^2 + y_1^4 + 2a^2 y_2^2 + 2y_1^2 y_2^2 + y_2^4) x_2^5, \end{aligned}$$

Для того щоб рівняння системи мали загальну компоненту потрібно, щоб  $R_{x_1} \equiv 0$ .

Маємо:

$$\begin{aligned} & 4a^4 x_2^2 (a^2 + x_2^2) (-a^2 y_2^3 + (a^2 y_2^2 - y_2^2 - 4a^4 y_2^2 - 4a^2 y_2^4) x_2 + (-4a^2 y_2 + \\ & + 4a^4 y_2 - 4a^6 y_2 - y_1^2 y_2^2 - 4a^2 y_1^2 y_2 + 8a^4 y_1^2 y_2 - 4a^2 y_1^2 y_2 - 5y_2^3 + 4a^2 y_2^3 - \\ & - 8a^4 y_2^3 - 4a^2 y_2^5) x_2^2 + (-4a^4 + 4a^6 + y_1^2 + 4a^2 y_1^2 - 8a^4 y_1^2 + 4a^2 y_1^4 + y_2^2 - 12a^2 y_2^2 + \\ & + 8a^4 y_2^2 - 8y_1^2 y_2^2 - 8y_2^4 + 4a^2 y_2^4) x_2^3 - 4(a^4 y_2 - a^2 y_2 - y_1^2 y_2 - 2a^2 y_1^2 y_2 + y_1^4 y_2 - \\ & - y_2^3 + 2a^2 y_2^3 + 2y_1^2 y_2^3 + y_2^5) x_2^4 + 4(a^4 - 2a^2 y_1^2 + y_1^4 + 2a^2 y_2^2 + 2y_1^2 y_2^2 + y_2^4) x_2^5 \equiv 0 \end{aligned}$$

Рівняння розпадається на три тривіальних рівняння і одне нетривіальне:  $a^4 \equiv 0$

$$\begin{aligned} x_2^2 & \equiv 0 \\ a^2 + x_2^2 & \equiv 0 \end{aligned}$$

З тривіальних витікає : що їх рішення зводяться до 1-лінзи , або незмістовні.

Маємо рівняння нетривіальне:

$$\begin{aligned}
 & -a^2 y_2^3 + (a^2 y_2^2 - y_2^2 - 4a^4 y_2^2 - 4a^2 y_2^4) x_2 + (-4a^2 y_2 + 4a^4 y_2 - 4a^6 y_2 - y_1^2 y_2^2 - \\
 & -4a^2 y_1^2 y_2 + 8a^4 y_1^2 y_2 - 4a^2 y_1^2 y_2 - 5y_2^3 + 4a^2 y_2^3 - 8a^4 y_2^3 - 4a^2 y_2^5) x_2^2 + \\
 & -4(a^4 y_2 - a^2 y_2 - y_1^2 y_2 - 2a^2 y_1^2 y_2 + y_1^4 y_2 - y_2^3 + 2a^2 y_2^3 + 2y_1^2 y_2^3 + y_2^5) x_2^4 + \\
 & + 4(a^4 - 2a^2 y_1^2 + y_1^4 + 2a^2 y_2^2 + 2y_1^2 y_2^2 + y_2^4) x_2^5 = 0
 \end{aligned}$$

Прирівнюємо всі коефіцієнти до нуля, маємо систему рівнянь:

$$\begin{cases}
 -a^2 = 0 \\
 a^2 y_2^2 - y_2^2 - 4a^4 y_2^2 - 4a^2 y_2^4 = 0 \\
 -4a^2 y_2 + 4a^4 y_2 - 4a^6 y_2 - y_1^2 y_2^2 - 4a^2 y_1^2 y_2 + 8a^4 y_1^2 y_2 - 4a^2 y_1^2 y_2 - \\
 -5y_2^3 + 4a^2 y_2^3 - 8a^4 y_2^3 - 4a^2 y_2^5 = 0 \\
 a^4 y_2 - a^2 y_2 - y_1^2 y_2 - 2a^2 y_1^2 y_2 + y_1^4 y_2 - y_2^3 + 2a^2 y_2^3 + 2y_1^2 y_2^3 + y_2^5 = 0 \\
 a^4 - 2a^2 y_1^2 + y_1^4 + 2a^2 y_2^2 + 2y_1^2 y_2^2 + y_2^4 = 0
 \end{cases}$$

Маємо:

$$a^4 - 2a^2 y_1^2 + y_1^4 + 2a^2 y_2^2 + 2y_1^2 y_2^2 + y_2^4 = 0$$

$$\begin{cases}
 a = 0 \\
 y_2 = 0 \\
 -y_1^2 y_2^2 - 5y_2^3 = 0 \\
 -y_1^2 y_2 + y_1^4 y_2 - y_2^3 + 2y_1^2 y_2^3 + y_2^5 = 0 \\
 y_1^4 + 2y_1^2 y_2^2 + y_2^4 = 0
 \end{cases}$$

Далі

$$\begin{cases}
 a = 0 \\
 y_1 = 0 \\
 y_2 = 0
 \end{cases}$$

Звідки слідує: це рішення рівняння редукує 2-точкову гравітаційну лінзу до 1-точкової.

Аналогічно обчислюємо результат  $R_2$ :

$$\begin{aligned}
 R_2 = & 4a^4 (a - x_1) x_1^2 (a + x_1) (-a^2 y_1^3 + (y_1^2 + a^2 y_1^2 + 4a^4 y_1^2 - 4a^2 y_1^4 - 4a^2 y_1^2 y_2^2) x_1 + \\
 & + (-4a^2 y_1 + 4a^4 y_1 - 4a^6 y_1 + 5y_1^3 + 4a^2 y_1^3 + 8a^4 y_1^3 - 4a^2 y_1^5 + y_1 y_2^2 - 4a^2 y_1 y_2^2 -
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& -8a^4 y_1 y_2^2 - 8a^2 y_1^3 y_2^2 - 4a^2 y_1 y_2^4) x_1^2 + (4a^4 + 4a^6 - y_1^2 - 12a^2 y_1^2 - 8a^4 y_1^2 + 8y_1^4 + \\
& \quad + 4a^2 y_1^4 - y_2^2 + 4a^2 y_2^2 + 8a^4 y_2^2 + 8y_1^2 y_2^2 + 8a^2 y_1^2 y_2^2 + 4a^2 y_2^4) x_1^3 + \\
& + 4(a^2 y_1^2 + a^4 y_1 - y_1^3 - 2a^2 y_1^3 + y_1^5 - y_1 y_2^2 + 2a^2 y_1 y_2^2 + 2y_1^3 y_2^2 + y_1 y_2^4) x_1^4 - \\
& \quad - 4(a^4 - 2a^2 y_1^2 + y_1^4 + 2a^2 y_2^2 + 2y_1^2 y_2^2 + y_2^4) x_1^5.
\end{aligned}$$

**Висновок:** рішення системи (3.1) редукує 2-точкову гравітаційну лінзу до 1-точкової.

**Таким чином маємо:**

- для 1-точкової гравітаційної лінзи єдиним протяжним об'єктом є Кільце Ейнштейна.
- для 2-точкової гравітаційної лінзи протяжних об'єктів не існує взагалі.

#### 4. Загальний випадок

Спираючись на дослідження, які були нами проведені вище, висуваємо гіпотезу:

**для  $N$ -точкових гравітаційних лінз протяжних об'єктів не існує.**

Для дослідження векторного рівняння (1.1)  $N$ -точкової гравітаційної лінзи і його розв'язання, в загальному випадку, ми пропонуємо квазіаналітичний метод. Метод складається з двох основних етапів:

- аналітичного, в якому ми зводимо задачу до системи поліноміальних рівнянь (1.2). Останню, в свою чергу, ми редукуємо до задачі знаходження коренів многочленів від однієї змінної,
- чисельного, в якому обчислюються корені многочленів від однієї змінної.

**Зауваження.** Аналітичний етап містить кінцеву кількість раціональних операцій, тому є абсолютно точним. На цьому етапі можливо застосувати символічне програмування (Wolfram Mathematica, Maple та інші). На чисельному етапі задача обчислення коренів полінома від однієї змінної аналітично, взагалі кажучи, не розв'язна, але для її вирішення існує велика кількість чисельних (стійких) методів які дозволяють знаходити коріння поліномів з будь-який наперед заданою точністю.

## Список літератури

1. Bézout É. Théorie générale des Équations Algébriques. P.-D. Pierres, Paris. 1779
2. Эйнштейн А. Объяснение движения перигелия Меркурия в общей теории относительности // Собрание научных трудов в 4 томах. М., 1965. Т. 1. С. 439 – 447.
3. Блюх П.В., Минаков А.А. Гравитационные линзы. Киев. Наукова думка, 1989. С. 240.
4. Вейнберг С. Гравитация и космология. М. Мир, 1975. С 696.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. М. Наука, 1988. Т.2 С 512.
6. Ван-дер-Варден Б.Л. Современная алгебра.Т.2. ОГИЗ, ГИТТЛ, 1947
7. Lang S. Algebra. Columbia University. New York, 1965. P.564.
8. Уокер Р. Алгебраические кривые. -М. ИЛ., 1952. – 236 с.
9. Калинина Е.А., Утешев А.Ю. Теория исключения НИИ химии СПбГУ Санкт–Петербург 2002
10. Котвицкий А.Т., Крючков Д.В.  $N$  – точечные мультиплоскостные гравитационные линзы. Вісник ХНУ, № 1113, серія «Фізика», вип. 20, 2014. с. 63-73.
11. Бронза С.Д. Критерий неприводимости многочленов от двух переменных над полем комплексних чисел. Збірник наукових праць, Харків, УкрДУЗТ 2016, вип.160 (додаток) с.114-115.
12. Bronza S.D., Kotvytskiy A.T. Mathematical bases of the theory of  $N$ -point gravitational lenses. Part 1. Elements of algebraic geometry, Вісник ХНУ, № 1120, серія «Фізика», вип. 26, 2017, с. 6-32.

У роботі, для дослідження одноточкової і двухточкової гравітаційних лінз застосовані методи алгебраїчної геометрії. Доведено неможливість існування протяжних об'єктів для двухточкової лінзи і існування максимум одного для одноточкової лінзи, а саме кільце Ейнштейна. Висунуто гіпотезу: протяжних об'єктів для  $N$ -точкової лінзи не існує. У роботі запропоновано новий, квазіаналітичний метод для вирішення проблем гравітаційного лінзування. Метод складається з двох послідовних етапів: аналітичний, заснованого на деяких теоремах алгебраїчної геометрії і чисельного, який застосовується для обчислення коренів поліномів від

однієї змінної. Для обчислення коренів таких поліномів, в загальному випадку, аналітичні методи не відомі (2017р.).

**Ключові слова:** гравітаційне лінзування, кільце Ейнштейна, алгебраїчна геометрі, результат, одноточкова гравітаційна лінза, двухточкова гравітаційна лінза, протяжні об'єкти у гравітаційних лінзах.

#### THE MATHEMATICAL CONTENT OF EINSTEIN RING AND CONDITIONS OF ITS ORIGIN. THE STUDY OF GENERAL CONDITIONS TERMS OF

**Albert Kotvytskiy, Semen Bronza,  
Volodymyr Shablenko, Ksenia Nerushenko**

In the article, methods of algebraic geometry for the study of single-point and two-point gravitational lenses are applied. The impossibility of the existence of extended objects for a two-point lens and the existence of a maximum of one for a single-point lens, namely the Einstein ring, is proved. A hypothesis is advanced: there are no extended objects for an N-point lens. A new, quasi-analytical method for solving gravitational lensing problems is proposed. The method consists of two consecutive stages:

- Analytical, based on some theorems of algebraic geometry;
- Numerical, which is used to calculate the roots of polynomials from one variable. To calculate the roots of polynomials, in general, analytical methods are not known (2017).

**Keywords:** gravitational lensing, Einstein ring, algebraic geometry, resultat, single-point gravitational lens, two-point gravitational lens, extended objects for gravitational lenses.

#### ОЗОНОВИЙ ШАР ЗЕМЛІ КРИЧИТЬ SOS

**Маргарита Олицька. Іван Олицький**

«...Над полюсом сквозит озонная дыра.  
О чем сие гласит? Опомниться пора!  
Скажи, губитель вод, всего живого враг,  
зачем небесный свод ты превратил в  
дуршлаг?

Ты говоришь: "Прогресс!" Ты знаешь, что  
почем.

А в дырку бес пролез с убийственным лучом...»

*Глеб Горбовський (1989)*



## Земля – перлина Всесвіту

Земля єдина у Всесвіті планета на якій достовірно відомим є життя. Займаючись в астрономічному гуртку ОЦТГУМ, ми вивчаємо теорію походження Всесвіту, Сонячної системи, утворення Землі, дізнаємось про походження та еволюцію життя на нашій унікальній планеті. Життя та здоров'я – найбільша цінність для Землі та для землян.

Працюючи над обраною темою ми усвідомили: озоновий шар це складова частина земної атмосфери, яка відіграє особливу роль у походженні і розвитку всього живого на Землі та надійно захищає нас від пагубного впливу космічного випромінювання. Стан атмосфери Землі в значній мірі залежить від діяльності її жителів.



Рис.1. Здоров'я Землі в наших руках

### Озоновий шар Землі

Атмосфера — це газова оболонка, що оточує Землю. Наявність атмосфери — одна з найголовніших умов життя на планеті. Без їжі людина може обходитися місяць, без води — тиждень, а без повітря не проживе й десяти хвилин.

Роль озону у збереженні біологічного життя на Землі винятково велика. Молекули озону поглинають тверде ультрафіолетове випромінювання Сонця саме в тій спектральній області, що є найбільш руйнівною для біологічних систем.

Озоновий шар, немов щит, не тільки оберігає живу речовину від прямого руйнування, але й забезпечує хід еволюції.

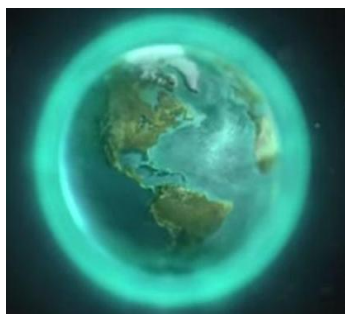


Рис. 2. Озоновий шар

Життя на Землі змогло розвинутися тільки тоді, коли виник її достатньо потужний "озоновий щит", що захищає все живе від ультрафіолетової радіації Сонця. Зрозуміло, що ми повинні піклуватися про цей щит і берегти його.

Без "озонового щита" ультрафіолетова радіація могла зашкоджувати розмноженню ДНК живих клітин, або ж навіть не дати їм виникнути.

Про озоновий шар Землі багато жителів планети знають лише те, що в ньому з'явилася величезна діра і це загрожує всесвітньою катастрофою.

Вчені ж говорять про прийдешню зміну клімату, яка негативно вплине на все живе на Землі. Чи так це насправді? Чи варто турбуватися вже зараз, і чи не перебільшують вчені масштабність майбутньої біди? Чи загрожує нам в найближчому майбутньому руйнування озонового шару і як це може позначитися на кліматі [1]? Ми намагались у цьому розібратися, працюючи над обраною темою.

### Розташування озонового шару

Озоновий шар – це смуга газу розташована в стратосфері Землі на висоті від 10 до 50 км., з концентрацією озону близько 8 мл/м<sup>3</sup>. Вона в значній мірі поглинає шкідливі ультрафіолетові промені Сонця і служить надійним щитом від цього випромінювання, яке у великій концентрації згубно діє на все живе на Землі.

Нажаль, динамічна рівновага атмосфери Землі порушується господарською діяльністю людей, тому сьогодні є ряд проблем, вирішення яких потребує цілеспрямованих програм і рішень.

Озон у стратосфері постійно утворюється та руйнується. Дуже важливою є його рівноважна кількість. Оскільки ця рівновага рухлива, то товщина озонного шару може змінюватися. Спостерігаються добові, сезонні коливання вмісту озону, вчені також пов'язують їх з багаторічними змінами сонячної активності [1].



Рис. 3. Шари атмосфери

Рис. 4. Працюючи в астрономічному гуртку ми



спостерігаємо за Сонцем, підраховуємо кількість його плям, визначаємо його активність

Найбільша кількість озону (46 %) утворюється в стратосфері тропічного поясу, там максимум його щільності перебуває приблизно на висоті 26 км від поверхні. У середніх широтах він розташовується нижче: взимку – на висоті 22 км, а влітку – 24 км. У полярних районах висота максимуму становить всього 13-18 км, і тут озон найбільш інтенсивно переноситься в нижні шари атмосфери.

Насправді це не чистий озон, а багате озоном повітря. Якби увесь шар навколоземного озону стиснути під нормальним тиском і зосередили на поверхні Землі, то утворилася б плівка завтовшки всього в 3 мм. Однак, плівка озону такої мізерної товщини надійно захищає Землю, поглинаючи небезпечні ультрафіолетові промені.

При поглинанні сонячної енергії озоновим шаром, температура атмосфери підвищується, а значить, шар озону є своєрідним резервуаром теплової енергії в атмосфері. Крім цього, озон затримує близько 20 % випромінювання Землі, утеплюючи атмосферу [2].

### Властивості озону

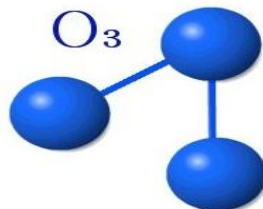


Рис.5.Принцип дії озонового захисту Землі від небезпечного ультрафіолету

- здатність поглинати біологічно небезпечне УФ випромінювання Сонця;
- озон – найсильніший окислювач, тому приземний озон небезпечний;
- здатність поглинати інфрачервоне випромінювання земної поверхні;
- здатність прямим і непрямим чином впливати на хімічний склад атмосфери [3].

Рис.6. Молекула озону

Якщо розглядати озон з точки зору хімічних реакцій, то виходить наступна





картина. Через сильні дії УФ випромінювання Сонця молекула кисню, з якої складається повітряна оболонка Землі, приєднала до себе третій атом кисню - так і утворився озон [4].



### Відкриття озону

Вперше озон був виявлений у 1785 році голландським фізиком Ван Марумом. А його наукове відкриття зробив Крістіан Фрідріх Шонбейн в 1839 році під час спостережень за електричними розрядами.

Рис.7. К. Ф. Шонбейн – швейцарський хімік

Після 1850 року було встановлено, що озон є однією з природних складових атмосфери.

Перші кількісні виміри повного вмісту озону проведені ученим Гордоном Добсоном в 1920 році. Його прилад, спектрофотометр, був головним приладом для вимірювань повного вмісту озону в системі спостережень майже в 100 обсерваторіях світу протягом 50 років.



Спектрофотометр Г.Добсона був встановлений на українській антарктичній станції “Академік Вернадський”. За його допомогою українські вчені проводять спостереження озону в Антарктиці, розпочаті британськими вченими на станції «Фарадей» ще в 1957 році [4].

Рис.8. Гордон Добсон автор спектрофотометра

Озоновий шар досліджують також за допомогою літаків, невеликих ракет та аеростатів.

## Цікаві факти про озоновий шар

Всім добре відомо як незвично пахне повітря після грози. Цей запах утворюється під час електричних розрядів озону, який недаремно в перекладі з грецької означає «пахучий». Характерний запах озону не сплутати ні з чим — він пахне свіжістю і утворюється близько



до поверхні Землі під час грози, при ударі блискавки, а також в рентгенівському устаткуванні.

Рис. 9. Блискавка

Озон дуже швидко вбиває бактерії, з цієї причини його використовують для очищення води і повітря. У 1850 році була визначена висока активність озону як окислювача і здатність його приєднуватися до подвійних зв'язків в реакціях з багатьма органічними сполуками. Обидві ці властивості озону в подальшому знайшли широке практичне застосування.

Озон, будучи одним з найсильніших окисників, має сильні дезинфікуючі властивості.

Він здатний руйнувати віруси, бактерії, а також впливати на ті мікроорганізми, які стійкі до дії хлору. Озон для очищення води застосовується вже більше ста років. Вперше для знезараження і дезодорації води озон був застосований в 1898 році в місті Сан Мор (Франція) [5].

Вже в 1907 році був побудований перший завод з озонування води у французькому місті Бон Вуаяж, який обробляв 22500 м<sup>3</sup> води за добу з річки Вазюбі для потреб міста Ніцци. У 1911 році була запущена в експлуатацію станція озонування питної води в Санкт-Петербурзі.

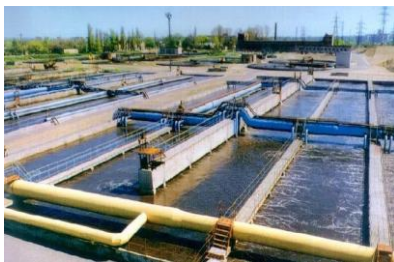


Рис.10. Очищення стічних вод

У 1916 році діяло вже 49 установок по озонуванню питної води. Широке використання озон отримав тільки протягом останніх 30 років завдяки появі надійних,

компактних і енергозберігаючих апаратів для його синтезу — озонаторів (генераторів озону).

Як антисептичний засіб, він був використаний під час Першої світової війни. Вивчення дії озону дозволило використовувати його в хірургічній практиці при інфекційних ураженнях, лікуванні туберкульозу, пневмонії, гепатиту, герпетичної інфекції, анемії та ін. В даний час 95% питної води в Європі і США проходить підготовку з використанням озону. Озонування застосовують також при очищенні стічних вод від домішок, небезпечних для навколишнього середовища.

Озон також буває вкрай шкідливим та небезпечним для людини. Вихлопні гази і промислові викиди, потрапляючи під дію променів сонячного світла, вступають в фотохімічну реакцію. В результаті цього утворюється так званий приземний озон. Він дуже шкідливий для здоров'я людини. Найчастіше такий озон зустрічається в мегаполісах і великих містах. Дихати таким повітрям вкрай небезпечно, оскільки цей газ несприятливо діє на бронхи і легені. Тому озон має особливе значення в житті людини [6].

### **Аномальні падіння товщини озонового шару над Антарктикою та Арктикою**

Зменшення озонового шару в Антарктиді довели вчені у 1985 році.

Рис .11. Знімок Антарктиди з космосу

Вони помітили, що концентрація озону в стратосфері тривожно знижується. Весняний вміст озону в атмосфері над станцією Халлі-Бей зменшився з 1977 по 1984 р. на 40%.

Незабаром цей висновок підтвердили й інші дослідники. Фактично це означало, що в полярній атмосфері є озонова "діра" (причому діра була страхотливих розмірів — з територію США).

Усередньому в атмосфері Землі з 1979 по 1990 р. вміст озону впав на 5%. Вперше думка про небезпеку руйнування озонового шару була висловлена ще в кінці 1960-х років [7].

### **Причини руйнування озонового шару**

Є багато причин ослаблення озонового щита:



- по-перше, – це запуски космічних ракет. Паливо, що згорає, «випалює» в озоновому шарі великі дірки. Раніше надіялись, що ці «діри» затягнуться. Виявилось, ні. Вони існують досить довго;

- по-друге, – літаки, особливо ті, що літають на висотах 12-15 км. Пара, що викидається ними, й інші речовини руйнують озон. Але, у той же час літаки, що літають нижче 12 км, дають збільшення шкідливого озону;

- по-третє, – оксиди нітрогену. Їх також викидають літаки, але найбільше їх виділяється з поверхні ґрунту, особливо при розкладанні азотних добрив.

Оскільки, на сьогодні польоти надзвукових літаків відбуваються рідко, вони не наносять істотної шкоди озоновому шару.

Запуски ракет відбуваються також не занадто часто, але озоновому шару вони можуть наносити дуже серйозний збиток [8]. До руйнування озонового шару можуть привести різні причини:

- вплив частинок утворених при атомних вибухах;
- вплив виверження вулканів;
- викиди відпрацьованих газів при взлетах літаків та космічних ракет;
- холодильна техніка та аерозолі;
- добування нафти та природнього газу;
- вихлопи автомобілів;
- хімічні добрива;
- спалювання промислового палива.

Опрацювавши значну кількість інформації, пов'язаних з цією проблемою, ми вважаємо що, незважаючи на велику різноманітність можливих версій, найбільш ймовірними залишаються антропогенні чинники, тобто ті, які пов'язані з діяльністю людей.



Рис. 12. Небезпечні ракети

Польоти 300 надзвукових літаків ведуть до зменшення кількості стратосферного озону на 1%. Під час стартів ракет: «Енергія», «Сатурн 5», «Спейс Шатл» викинуто значну кількість хлоровмісних компонентів. Наприклад, під час старту «Спейс Шатла» у стратосферу викинуто 70 тон хлоромісткий компонентів, а викиди з природніх джерел становлять 7500 тон в рік.

Підраховано, що 300 запусків «Спейс Шаттлів» підряд могли б повністю зруйнувати озоновий шар Землі. Всього за тридцять років освоєння космосу було знищено 30% захисного бар'єру нашої планети, який формувався протягом чотирьох мільярдів років [8]!



Рис.13. Американський літак WC-135W Constant Phoenix який використовується для моніторингу наслідків ядерних випробувань і аварій

В атмосфері Землі у січні 2017 року зафіксували незначне підвищення вмісту радіоактивного ізотопу йоду-131. Причини, найбільш ймовірно, пов'язані з діяльністю людей.

Стало відомо, що ідентичне підвищення рівня радіоактивного ізотопу в атмосфері Землі зафіксували у 2011 році. Не було відомо, чому це сталося. Тільки нещодавно, у 2017 році, вийшла наукова робота, де говориться, що витік міг статися через аварію на підприємстві в Будапешті на фармацевтичному заводі при виготовленні препаратів з вмістом йоду-131, який використовується для лікування раку [9].

### **Хлоро-фторо-водневі гази**

Це одні з найнебезпечніших газів на планеті. У 1974 р. вчені М. Моліна і Ф. Роуланд з Каліфорнійського університету показали, що хлоро-фторо-водневі гази можуть спричиняти руйнування озону.



Починаючи з цього часу, так звана, хлоро-фторо-воднева проблема стала однією з основних в дослідженнях по забрудненню атмосфери.

Рис. 14. Хлорфтороводень

Хлорфторводні вже більше як 60

років використовуються як хладоагенти в холодильниках і кондиціонерах, для аерозольних сумішей, піноутворюючі агенти у вогнегасниках, очищувачі для електронних приладів, при хімічному чищенні одягу, при виробництві пінопластиків. Колись ці хімічні речовини вважали ідеальними для практичного застосування, оскільки вони дуже стабільні і неактивні, а значить не токсичні. Як це не дивно, але саме інертність цих з'єднань робить їх небезпечними для атмосферного озону.

Під тиском цих аргументів багато країн почали вживати заходів, направлені на скорочення виробництва і використання хлорфтороводнів. З 1978 р. в США було заборонено їх виробництво [10].

### **Механізм дії фреонів**

Потрапляючи у верхні шари атмосфери, ці речовини під впливом ультрафіолетового випромінювання розкладаються на відповідні компоненти.

В результаті виділяється атомарний хлор, який при зіткненні з молекулою озону вибиває з неї один атом, при цьому озон перетворюється на звичайний кисень. Хлор, з'єднавшись тимчасово з киснем, незабаром знову звільняється. Час знаходження хлору в атмосфері складає декілька десятків років. Його активності вистачає, щоб зруйнувати десятки тисяч молекул озону. Встановлено, що один атом хлору здатний перетворити на кисень 100 000 молекул озону. Молекули озону руйнуються під впливом водню, кисню, броду, хлору, хлороводню та органічних сполук. Чи не готує згубна діяльність людини її екологічне самогубство [11]?

Саме озон є причиною блакитного кольору неба. В атмосфері озон утворює захисну озоносферу. Максимальна концентрація озону - на висоті 18-5 км. Ми захищені від агресивної дії УФ випромінювання, тому що більша його частка (99 %) поглинається шаром озону в стратосфері на висоті близько 20-25 км від земної поверхні. Цей шар називають озоновим екраном [11].

### **Охорона озонового шару. Монреальський протокол**

Після документального підтвердження руйнування озонового шару, політики задумалися над тим, як його зберегти. Адже це важливо не для окремо взятої країни, а для всього людства в цілому. У світі пройшла серія консультацій та нарад з даного питання, в яких брали участь представники всіх країн, де розвинена промисловість. У 1985 році була прийнята Конвенція про охорону озонового шару. Підписи поставили представники 44-х країн. Через рік був підписаний

ще один важливий документ - Монреальський протокол. Згідно з його положеннями, в світі було суттєво обмежено виробництво і споживання речовин, які руйнують озон [12].

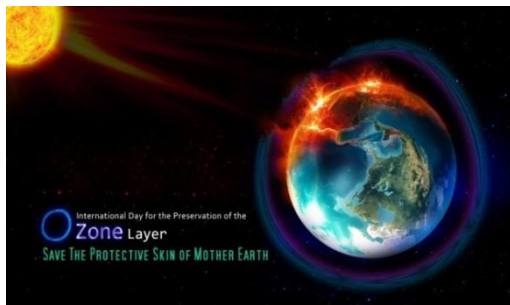


Рис. 15. Міжнародний день охорони озонного шару

Генеральна Асамблея ООН проголосила 16 вересня Міжнародним днем захисту озонного шару.

Цей день відзначається в пам'ять про підписання Монреальського протоколу щодо необхідності збереження озонного шару з 1995 року.

Збільшення інтенсивності ультрафіолетового випромінювання у приземних шарах атмосфери призводить до додаткової генерації озону та підвищення концентрації інших потенційно шкідливих оксидантів у повітрі, якими ми дихаємо. Подолати цю проблему можна лише завдяки скоординованим діям усіх країн.

Усвідомлюючи наслідки руйнування озонного шару, уряди практично усіх країн світу приєдналися до Монреальського протоколу і взяли на себе зобов'язання досягти головної мети – згортання виробництва та використання озоноруйнівних речовин у різних секторах промисловості.

На сьогодні Сторонами Монреальського протоколу стали 191 країна. Це усі країни члени ООН

Таким чином, однією з найбільш актуальних екологічних проблем людства є збереження озонного шару планети. Після того як людство почало перейматися проблемою збереження озонного шару і був розроблений цілий ряд захисних і заборонних заходів, ситуація дещо стабілізувалася.

Озоновий шар Землі зростає і може цілковито відновитися вже до середини XXI сторіччя. Такого висновку дійшла комісія із 300 учених, що працювали під егідою ООН. На їхню думку, це – наслідок дії Монреальського протоколу [13].

Ахім Штайнер, виконавчий директор Програми ООН з довкілля: "Монреальський протокол, можливо, уже запобігає близько 2 мільйонам випадків раку шкіри на рік. А на кінець цього першого



сторіччя чинності Монреальського протоколу можна буде уникнути до 100 мільйонів випадків раку шкіри”[14].

На думку вчених, наслідок прийнятих дій проявиться тоді, коли щільність озонowego шару досягне рівня 1980-их років.



Рис. 16. Статус найекологічнішого міста отримав Люксембург

Високий рейтинг у категоріях "охорона здоров'я" та "екологія". Середня тривалість життя сягає 81 року, а рівень атмосферного забруднення низький. Люксембург це держава в Західній Європі між Німеччиною та Францією.

Але не всі новини такі райдужні. За даними тієї ж таки комісії, речовини, що прийшли на зміну забороненим у Монреалі, хоч і не руйнують озонний шар, але сприяють підвищенню парникового ефекту [14].

### **Міжнародне співробітництво України в сфері охорони атмосферного повітря та озонowego шару**

Україна в 1985 році підписала, а в 1986 році ратифікувала Віденську конвенцію про охорону озонowego шару. На її основі 20 вересня 1988 року Україна приєдналася до Монреальського протоколу про речовинах, що руйнують озонний шар [15].



Рис. 17. Монреальський протокол

Україна не має власного виробництва озоноруйнівних речовин. Але існує реальна загроза зупинки українських підприємств-користувачів, які не зможуть перейти на озонобезпечні



технології, та їх партнерів-суміжників [16].

Конституція України 1996 року визнає право на сприятливе для життя і здоров'я навколишнє середовище та відшкодування шкоди завданої порушенням цього права. Крім того, кожному гарантується право вільного доступу до інформації про стан навколишнього середовища, про якість продуктів харчування і предметів побуту, а також право на її розповсюдження (Ст. 50). Також держава зобов'язана забезпечувати екологічну безпеку і підтримувати екологічну рівновагу на території України, долати наслідки Чорнобильської катастрофи, зберігати генофонд українського народу (Ст. 16) [15].



Рис. 18. У Конституції нашої країни - України закріплена екологічна функція держави

Нажаль, сьогодні в умовах російської агресії порушується значна кількість прав і свобод наших співвітчизників, в тому числі Росія порушила міжнародні протоколи з екологічної безпеки.

### **Озоновий шар на планетах сонячної системи, його відкриття та значення**

Рис. 19. У верхніх шарах атмосфери Венери європейський науково-дослідний апарат Venus Express виявив наявність озонового шару



Порівнюючи дані озонового шару на Венері з озоновим шаром на Землі і на Марсі, вчені можуть уточнити параметри атмосфер землеподібних планет і отримати нові дані про їх еволюцію і напрями розвитку.

На Венері озон, як вважають учені, виник, коли сонячне випромінювання впливало на вуглекислий газ, що на Венері знаходиться в надлишку, відриваючи від нього по одному атому кисню. Ночами, коли темна частина планети трохи охолола, вільні атоми кисню об'єднувалися в двоатомний кисень і, рідше, в

трьохатомний озон. На Венері, згідно з даними Venus Express, тонкий озоновий шар розташований на висоті 100 км [16].



Рис. 20. Марс – загадкова планета

На Марсі також є озон, але там його значно менше. Ймовірно, що на Червоній планеті озон також виник через руйнування вуглекислого газу [16].

ВИСНОВОК. Руйнування озонового шару продовжується і надалі, хоча темпи такого руйнування, завдяки міжнародно-правовому співробітництву, значно зменшились [17].

Якщо ми не збережемо озонову рівновагу Землі, то згодом наша планета може уподобитись Марсу або Венері. Ця загроза залишається цілком реальною поки існує загроза атомної війни.

Перше і основне питання для землян – це збереження миру у всьому світі. Звичайно, перш за все ми прагнемо миру у нашій багатостраждальній Україні.



Озонова проблема вивчається та досліджується, а от екологічні наслідки навязаної нам війни можна буде вивчити тільки з настанням надійного та сталого миру в Україні.

Крім озонової рівноваги існує ще дуже багато екологічних та соціальних проблем і вони взаємороз'язані.

Рис. 21. Від миру в незалежній та неділимій Україні залежить наше майбутнє

Вважаємо, що тільки спільними зусиллями миролюбивої громадськості світу можна припинити братовбивчу війну, нав'язану нам Росією та запобігти тій екологічній катастрофі, яка є наслідком військових дій.

### Список літератури

1. [http://geografya.ru/atmosfer/shari\\_atmosferi/ozonoviy\\_shar.html](http://geografya.ru/atmosfer/shari_atmosferi/ozonoviy_shar.html)

2. Михайло Рой Озонова діра - це не жарт! // Наука і суспільство. - 2004. - № 1-2. – С.10-12.
3. <http://www.novaecologia.org/voecos-123-1.html>
4. <http://www.studfiles.ru/preview/5080482/page:3/>
5. <http://dovidka.biz.ua/tsikavi-fakti-pro-ozonoviy-shar/>
6. <http://www.studfiles.ru/preview/5080482/page:2/>
7. <http://www.studfiles.ru/preview/5483271/page:9/>
8. <http://www.studfiles.ru/preview/5063279/page:5/>
9. [http://zaxid.net/news/showNews.do?v\\_atmosferi\\_zemli\\_pidvishhi\\_vsy\\_a\\_riven\\_radioaktivnogo\\_izotopu\\_yodu131&objectId=1418994](http://zaxid.net/news/showNews.do?v_atmosferi_zemli_pidvishhi_vsy_a_riven_radioaktivnogo_izotopu_yodu131&objectId=1418994)
10. <http://shkola.ostriv.in.ua/publication/code-B3FFD7025864/list-B8AFBC4326>
11. [http://pidruchniki.com/1516111037961/ekologiya/ruynuvannya\\_ozonovogo\\_sharu\\_atmosferi](http://pidruchniki.com/1516111037961/ekologiya/ruynuvannya_ozonovogo_sharu_atmosferi)
12. <https://www.zakon-i-normativ.info/index.php/novosti-mirovoj-ekonomiki/35758-15-kran-z-naivishim-rvnem-jittia-35758.html>
13. <http://www.javirua.org/events/16-veresnya-mizhnarodnij-den-oxoroni-ozonovogo-sharu/>
14. <http://ua.euronews.com/2014/09/11/ozone-layer-shows-signs-of-recovery>
15. <http://www.novaecologia.org/voecos-127-1.html>
16. [https://tsn.ua/nauka\\_it/na-veneri-znayshli-ozonoviy-shar.html](https://tsn.ua/nauka_it/na-veneri-znayshli-ozonoviy-shar.html)
17. <http://www.studfiles.ru/preview/5080482/page:6/>

У статті піднято важливу екологічну проблему забруднення атмосферного повітря та руйнування озонового шару, що повинно турбувати всі держави світу.

**Ключові слова:** озон, охорона атмосфери, екологія, Монреальський протокол

OSZONE LAYER OF EARTH CALLS FOR “SOS”

**Marharyta Olytska, Ivan Olytsky**

The article raised important environmental problem of air pollution and the depletion of the ozone layer, which should concern all countries of the world.

**Keywords:** ozone, atmosphere protection, environment, Montreal Protocol

## ВИВЧЕННЯ ПОВЕРХНІ МІСЯЦЯ ЗА ФОТОЗНІМКАМИ ТА ОТОТОЖНЕННЯ ЇЇ З МАПОЮ МІСЯЦЯ

**Тетяна Гладько, Алла Щebetюк, Юлія Олішевська**

Поверхня Місяця досить темна, її альbedo дорівнює 0,073, тобто вона відбиває в середньому лише 7,3 % світлових променів Сонця. Візуальна зоряна величина повного Місяця на середній відстані дорівнює – 12,7; вона посилає в повню на Землю в 465 000 разів менше світла, чим Сонце. У залежності від фаз, ця кількість світла зменшується набагато швидше, ніж площа освітленої частини Місяця, так що коли Місяць знаходиться у чверті, і ми бачимо половину її диска світлої, вона посилає нам не 50 %, а лише 8 % світла від повного Місяця. Показник кольору місячного світла дорівнює + 1.2, тобто він помітно червоніше сонячного. Місяць обертається щодо Сонця з періодом, рівним синодичному місяцю, тому день на Місяці триває майже 1.5 доба і стільки ж продовжується ніч. Не будучи захищена атмосферою, поверхня Місяця нагрівається вдень до + 110°C, а вночі остигає до -120°C, однак, як показали радіоспостереження, ці величезні коливання температури проникають усередину лише на кілька дециметрів унаслідок надзвичайно слабкої теплопровідності поверхневих шарів. По тій же причині і під час повних місячних затьмарень нагріта поверхня швидко прохолоджується, хоча деякі місця довше зберігають тепло, імовірно, унаслідок великої теплоємності (так звані “гарячі плями”).

Навіть незброєним оком на Місяці видні «неправильні» темнуваті протяжні плями, що були прийняті за моря; назва збереглася, хоча і було встановлено, що ці утворення нічого загального з земними морями не мають. Телескопічні спостереження, яким поклали початок у 1610 М. Галілей, дозволили знайти гористу будівлю поверхні Місяця. З'ясувалося, що моря - це рівнини більш темного відтінку, чим інші області, іноді називані континентальними (чи материковими), що бувають горами, більшість яких має кільцеподібну форму (кратери). За багаторічними спостереженнями були складені докладні карти Місяця. Перші такі карти видав у 1647 Я. Гевелій у Ланцеті (Гданськ). Зберігши термін “моря”, він привласнив назви також і найголовнішим місячним хребтам - по аналогічним земним утворенням: Апенніни, Кавказ, Альпи. Дж. Річчолі в 1651 дав великим темним низинам фантастичні назви: Океан Бур, Море Криз,

Море Спокою, Море Дощів і так далі, що менше примикають до морів темні області він назвав затоками, наприклад, Затока Веселки, а невеликі неправильні плями – болотами, наприклад Болото Гнилі. Окремі гори, головним чином кільцеподібні, він назвав іменами видатних учених: Коперник, Кеплер, Тихо Бразі й іншими. Ці назви збереглися на місячних картах і понині, причому додано багато нових імен видатних людей, учених більш пізнього часу. На картах зворотної сторони Місяця, складених за спостереженнями, виконаним з космічних зондів і штучних супутників Місяця, з'явилися імена К. Е. Цюлковського, С. П. Корольова, Ю. А. Гагаріна й інших. Докладні і точні карти Місяця були складені за телескопічними спостереженнями в 19 столітті німецькими астрономами І. Медлером, Й. Шмидтом і ін. Карти склалися в ортографічній проекції для середньої фази лібрації, тобто приблизно такими, який Місяць видний із Землі. У кінці 19 століття почалися фотографічні спостереження Місяця.

У 1896-1910 великий атлас Місяця був виданий французькими астрономами М. Леви і П. Пьюзе по фотографіях, отриманим на Паризькій обсерваторії; пізніше фотографічний альбом Місяця виданий Лікскою обсерваторією в США, а в середині 20 століття Дж. Койпер (США) склав кілька детальних атласів фотографій Місяця, отриманих на великих телескопах різних астрономічних обсерваторій. За допомогою сучасних телескопів на Місяці можна помітити, але не розглянути кратери розміром близько 0,7 кілометрів і тріщини шириною в перші сотні метрів.[1]

Для дослідження поверхні Місяця нами зроблено фотознімки під час астрономічних спостережень. Використовувалась техніка: цифровий дзеркальний фотоапарат Pentax К-х, об'єктив МС 3М-5СА (фокусна відстань: 500мм, діафрагма: F8.0 фіксована, рис. 1) та телескоп «ИНТЕС» (оптична система – Максутова-Касегрена, діаметр головного дзеркала 150 мм, фокусна відстань 1500 мм, роздільна здатність 0.8", рис. 2).

**Сучасний вигляд Місяця формувався протягом мільярдів років**, причому еволюція місячної поверхні триває й сьогодні. Прийнято таку періодизацію еволюції місячної поверхні (за Хабаковим):

- Первісний період. Місяць вкритий первісною корою з горбистою або гребенистою поверхнею. Кільцеві гори відсутні.

- Найдавніший період. Активне кратероутворення за рахунок внутрішніх процесів.

- Давній (алтайський) період. Опускання великих ділянок місячної кори і лавовиверження. Формування найдавніших морів, що на сьогодні зникли. Названий за іменем Алтайського хребта, який, можливо, є берегом давнього моря.

- Середній (птоломеевський) період. Інтенсивне кратероутворення і зникнення давніх морів. Названий за іменем кратера Птоломей, що виник, мабуть, у ту епоху і є однією з деяких збережених із того часу найдавніших кільцевих гір.

- Новий (океанський) період. Відбулися нові великомасштабні опускання

- місячної кори. Більшість наявних на той момент кратерів затоплюється лавою. Формується сучасний пояс місячних морів із відомими нам обрисами.

- Новітній (коперниківський) період. Поява нових кратерів на поверхні місячних морів. Названий за іменем кратера Коперник, характерного для цього періоду, із прекрасно збереженим різким рельєфом.



Рис.1. Фото Місяця з об'єктивом МС 3М-5СА

Рельєф місячної поверхні вивчається близько 400 років. За цей час склалася специфічна термінологія, що може ввести в оману, тому що за традицією місячні утворення іменувалися за аналогією із

земними, хоча найчастіше вони не мають нічого спільного ані в будові, ані в походженні.

**Найбільш близькими до земних форм на Місяці вважаються гірські хребти і гірські ланцюги.** Вони включають як добре збережені, так і частково зруйновані об'єкти, або об'єкти зі згладженими формами. Ерозія місячного рельєфу відбувається через вплив комплексу різних причин.



Рис.2. Фото Місяця з телескопом «ИНТЕС»

**Місячні породи тріскаються й подрібнюються під впливом перепаду температур**(добовий перепад температур складає 270 - від +120 до -150). Корпускулярне й короткохвильове випромінювання Сонця також руйнівні впливають на поверхню Місяця. Крім того, вважається доведеним, що у формуванні місячного рельєфу брав участь вулканізм, який у минулому мав величезну міць і супроводжувався виверженням вулканів, виливом лави і різними тектонічними процесами.

**Характерна риса місячного рельєфу – велика кількість кільцеподібних гір.** На сьогодні вони називаються місячними кратерами, однак у старих друкованих виданнях зустрічається й інша класифікація. Так, кільцевий гірський хребет, що обмежує гладку долину, називається цирком; заглиблення діаметром у кілька

кілометрів із більш плоским дном називаються порами або маленькими кратерами.

Для деяких районів Місяця характерні ланцюги кратерів завдовжки біля сотень кілометрів.

Крім гір, до позитивних (опуклих) форм місячного рельєфу належать піки (досить ізольовані вершини на рівнинному дні місячних морів) і вали - пологісті узвишшя заввишки приблизно 1-2 км.

**До негативних (увігнутих) форм місячного рельєфу належать розколини, борозни й долини.** Розколини - як правило, великі утворення завдовжки від десятків до сотень кілометрів і завглибшки й завширшки від десятків до сотень метрів. Борозни подібні до розколин, але схили в них менш круті, а дно більш плоске. Долини характеризуються найбільшою шириною й площиною дна.[2]

На Рис.3. Мапа Місяця: «океани» і «моря», ми спостерігаємо темні ділянки поверхні Місяця, які називаємо «океанами» і «морями». Такі назви прийшли із давнини, коли древні астрономи думали, що Місяць має моря і океани, також як і Земля. Насправді ці темні ділянки поверхні Місяця сформувалися в результаті вивержень вулканів і вони заповнені базальтом, який темніший, ніж його сусідні породи.

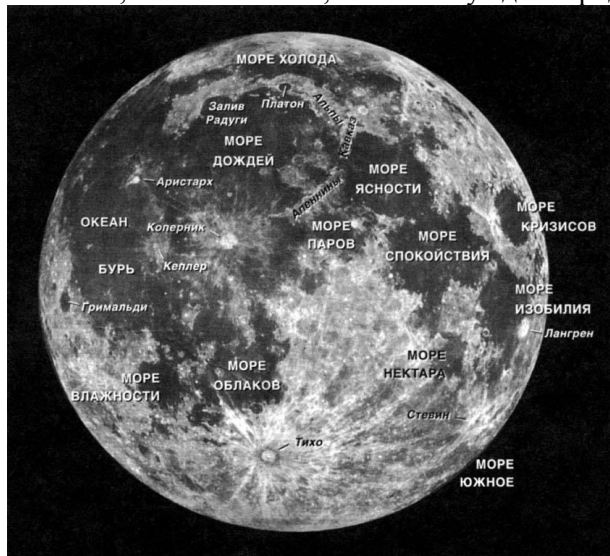


Рис.3. Мапа Місяця: «океани» і «моря»



Неозброєним оком на місячному диску видно ці темні утворення. У них немає ні краплі води, і вони складаються з базальтів. 3-4.5 мільярдів років тому на поверхню Місяця вилілася лава і, затвердивши, утворила темні моря. Вони покривають 16% площі місячної поверхні і розташовані на видимій стороні Місяця. Найбільші місячні моря Море Дощів, Океан Бур, Море Ясності, Море Спокою, Море Родючості і Море Криз. Море Криз добре видно неозброєним оком, як окрему темну овальну пляму праворуч від основного морського басейну. Структуру місячних морів і променеві системи кратерів можна вивчати в сильний бінокль або телескоп з невеликим збільшенням в повний місяць, тому що в цей час моря особливо контрастні.

### **Місячні гори і плато**

На Місяці присутні кілька гірських ланцюгів і плато. Вони відрізняються від місячних «океанів» більш світлим забарвленням. Місячні гори, на відміну від гір на Землі, формувалися в результаті зіткнень гігантських метеоритів з поверхнею, а не в результаті тектонічних процесів.

Найвища гора на Місяці Гюйгенс має висоту 11 500 метрів. З її вершини можна помилуватися великою рівниною, що складається із застиглої лави, морем Дощів, що теж стало результатом падіння астероїда.

Гори на Місяці прийнято називати так само, як і на Землі. Там є свої Карпати, Кавказ, Альпи. Моря ж отримали назви завдяки стародавнім повір'ям про те, що Місяць керує погодою на Землі й людськими почуттями: Море Дощів, Море Ясності, Океан Бур, Море Спокою, Море Криз, Море Вологи, Море Хмар, Море Холоду. Кратери називали на честь відомих учених, письменників, знаменитостей: Коперник, Тихо Браге, Кеплер, Платон. Найкраще розгледіти рельєф Місяця можна тоді, коли він перебуває у першій або в останній чверті. В цей час сонячні промені падають на Місяць збоку, і гірські масиви та кратери відкидають довгі тіні в районі термінатора. Саме тоді помітно різницю між рельєфом морів і кратерів [3].

### **Місячні кратери**

На поверхні Місяця Рис.4. Місячні кратери ми можемо спостерігати докази бомбардування його поверхні астероїдами, кометами і метеоритами. Існує близько півмільйона кратерів розміром більше 1км. Через відсутність на Місяці атмосфери, води і значних геологічних процесів місячні кратери фактично не піддавалися змінам і навіть древні кратери збереглися на місячній поверхні. Кратери

носять імена видатних учених. Серед них одинадцять імен належать українцям. Кратерів на видимому із Землі боці налічується близько 30 000. Найбільші серед них – кратер Клавдій з діаметром 235 км і Гримальді – 200 км. На фотографіях з космічних апаратів кратерів з діаметром від 60 см налічується більше 200 000. Біля деяких кратерів добре видно яскраві промені, де речовина відбиває до 20 % падаючого на неї світла. Найвідоміші серед таких кратерів – Тіхо і Коперник. У деяких кратерах є центральні гірки. Більшість кратерів на Місяці мають метеоритне походження.



Рис.4. Місячні кратери

### **Місячний реголіт**

Поверхня Місяця вкрита шаром породи, подрібненої до пілоподібного стану в результаті бомбардування метеоритами протягом мільйонів років. Ця порода називається **реголіт**. За товщиною шар реголіту варіюється від 3 метрів в районах місячних «океанів» до 20 м на місячних плато.[4]

### **Список використаних джерел:**

1. Місяць – супутник Землі/Galactic.name [Електроний ресурс] Режим доступу: [http://www.galactic.name/articles/referat\\_0005.php](http://www.galactic.name/articles/referat_0005.php)
2. Місяць: утворення, рельєф, ґрунт, внутрішня будова. /Освіта UA [Електроний ресурс]- Режим доступу: <http://osvita.ua/vnz/reports/astronom/25893/>
3. Лабораторія Пустунчика «Переконайтеся на досліді»/Юний астроном «Колосочок» [Електроний ресурс]- Режим доступу: [http://kolosok.org.ua/wp-content/uploads/2016/01/kl\\_s\\_ukr\\_027\\_17\\_11\\_2015.pdf](http://kolosok.org.ua/wp-content/uploads/2016/01/kl_s_ukr_027_17_11_2015.pdf)

4. Рельєф Місячні "океани" і "моря"/Майже все про Місяць[Електроний ресурс]- Режим доступу: [http://space-moononline.blogspot.ru/p/blog-page\\_6194.html](http://space-moononline.blogspot.ru/p/blog-page_6194.html)

У статті за результатами спостережень складових поверхні Місяця ототожнено їх із мапою Місяця. Показано історичне походження назв рельєфних утворень на Місяці.

**Ключові слова:** Місяць, рельєф, кратери, гори, океани, болота

THE STUDY OF THE SURFACE OF THE MOON WITH THE PHOTOGRAPHS AND THE IDENTIFICATION OF IT WITH THE MAP OF THE MOON

**Tetyana Hladko, Alla Shchebetyuk, Yuliya Olishevsk**

The article is based on observations of the components of the surface of the moon identified with the map of the moon. It describes the historical origin of the names of raised formations on the moon.

**Keywords:** Month, terrain, craters, mountains, oceans, and swamps

## ОЗНАКИ СОНЦЯ ЯК ПЛАНЕТИ

**Софія Бачинська, Іван Крот, Наталія Схабицька**

**Постановка проблеми.** Сонце – найголовніший фактор, який підтримує життя на планеті. Це передова зірка в нашій галактиці і, найголовніше – це центр сонячної системи. Відомо, що без Сонця на нашій планеті неможливим було зародження життя. Є дані про те, що зірка має ознаки планети.

**Мета.** Проаналізувати фізичні аспекти впливу хвиль Россбі на Сонце та Всесвіт в цілому.

Всім і здавна відомо, що Сонце – це зірка. Проте американські вчені, зафіксували на Сонці наявність хвиль Россбі, які раніше зустрічалися тільки на Землі. Хвилі Россбі (англ. Rossby waves) або планетарні хвилі (англ. planetary waves) — низькочастотні, переважно горизонтальні хвилеподібні рухи, що утворюються в атмосферах планет та в океанах у помірних широтах, обумовлені обертанням та сферичністю планети. Проявляються у вигляді рухомих систем течій. Названі іменем шведського геофізика К.-Г. Россбі (1898—1957), який виявив ці хвилі в атмосфері Землі.

На Землі хвилі Россбі зустрічаються над океанами і в помірних широтах і сильно впливають на погоду. Їхня особливість полягає в тому, що вони створюють збурення в повітряній оболонці нашої планети, а на Сонці спостерігаються у вигляді змін магнітного поля в помірних широтах сонячної атмосфери, що веде до коливань космічної погоди (рис. 1).

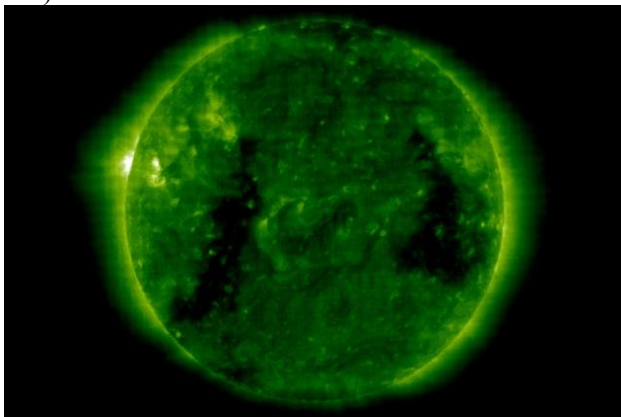


Рис. 1 Світіння Сонця, що висвітлює плями в його атмосфері

У ході дослідження вчені проаналізували дані, отримані апаратами SDO (Solar Dynamics Observatory) і STEREO (Solar TERrestrial RELations Observatory). Ці дані дозволили дослідникам вивчити Сонце в ракурсі 360 градусів.

Величезні хвилі в атмосфері називають хвилями Россбі, які допомагають Землі керувати реактивними потоками планети і погодними умовами. Тепер можна сказати, що подібні особливості великомасштабних хвиль також існують і на Сонці.

Хвилі Россбі були виявлені в атмосфері Землі в кінці 1930-х років. Теоретично, ці хвилі можуть утворюватися в будь-якій рідині, що обертається, як говорить Скотт Макінтош, фізик Національного центру атмосферних досліджень в Боулдері, штат Колорадо, і провідний автор дослідження.

Дослідники довго шукали докази хвиль Россбі на Сонці, говорить Макінтош. І більш глибоке розуміння цих особливостей та їхні рухи може допомогти вченим краще прогнозувати утворення плям і виверження сонячних спалахів.

У минулому астрономам було важко знайти хвилі за їх обмеженим видом Сонця з поверхні Землі, тому що під час спостереження, видно лише одну сторону. Але за допомогою сонячних зондів - частини NASA's Solar Dynamics Observatory і Solar Terrestrial Relations Observatory (STEREO) місія, яка позиціонувалася протягом декількох років, дала змогу вченим побачити атмосферу під кутом  $360^\circ$  та корону Сонця (Астрономи втратили зв'язок з одним STEREO зондом після того, як він зник за Сонцем в середині 2014 року.)

Команда була зосереджена на моделях гарячих яскравих особливостей, які називаються brightpoints, що можуть бути використані для відстеження руху бурхливого матеріалу, що знаходиться глибше в сонячній атмосфері, говорить Макінтош. Використовуючи дані, зібрані зондом з червня 2010 року по травень 2013 року, дослідники зазначили чітко визначені Brightpoint скупчення, які переміщувалися на захід, в середньому, зі швидкістю близько 3,25 метрів в секунду в північній півкулі Сонця і близько  $2,65 \text{ мс}^{-1}$  в його Південній півкулі.

Ці скупчення Brightpoint просувалися на захід швидше, ніж переважні частини сонячної атмосфери, що є відмінною рисою хвиль Россбі, як зазначав Макінтош [2].

Дослідники назвали ці візерунки - «Хвилі як Россбі», оскільки вони відносяться до магнітної активності плазми Сонця, а не тільки руху рідини. «Це нереальний сюрприз, що ми знайшли їх на Сонці», - говорить Макінтош. - «Завдяки тому, що вперше в історії людства, ми були в змозі побачити всю поверхню Сонця відразу, а не тільки ту сторону, що повернена до Землі».

Висновки команди це перші переконливі докази хвиль Россбі на Сонці, говорить Михаліс Матіаудакіс (астрофізик в Королівському університеті Белфаста, Великобританія)

Brightpoints пов'язані з підвищеною магнітною активністю, тому краще розуміння їх формування, еволюції та рух може допомогти дослідникам відпрацювати модель сонячної активності, - каже Макінтош. Це, в свою чергу, може привести до поліпшення прогнозів доброякісних сонячних процесів, таких, як розвиток сонячних плям. Але це також може допомогти передбачити виникнення потенційно руйнівних сонячних бурь - масивних вивержень сильно заряджених частинок в космос.

Але передбачення космічної погоди "може бути не таким простим, як на Землі», говорить Річард Мортон, сонячний фізик

університету Нортумбрії в Ньюкаслі-апон-Тайн, Великобританія. Складна взаємодія сильних магнітних полів і потоку рідини в атмосфері Сонця, може означати, що довгострокові напрями сонячної активності легше передбачити, ніж короткострокові події, такі «як?» і «де?» сонячний спалах може статися в певний день.

Проте, Макінтош і його команда зберігає надію. Моніторинг погодних умов Сонця і розуміння їх походження має життєво важливе значення для підвищення точності космічних прогнозів погоди, щоб захистити наше технологічне суспільство. [1]

**Висновки.** За допомогою більш детального вивчення скупчень на Сонці, в майбутньому, існуватиме можливість прогнозування космічної погоди, яка в свою чергу, може привести до поліпшення прогнозів доброякісних сонячних процесів, розвитку сонячних плям, передбачити виникненню потенційно руйнівних сонячних бур - масивних вивержень сильно заряджених частинок в космос. А також дасть змогу дослідникам відпрацювати модель сонячної активності.

### **Список літератури**

1. McIntosh S. W. Planet-sized 'waves' spotted in the Sun's atmosphere [Електронний ресурс] / S. W. McIntosh // NATURE. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: [http://www.nature.com/news/planet-sized-waves-spotted-in-the-sun-s-atmosphere-1.21704?WT.mc\\_id=TWT\\_NatureNews#/ref-link-1](http://www.nature.com/news/planet-sized-waves-spotted-in-the-sun-s-atmosphere-1.21704?WT.mc_id=TWT_NatureNews#/ref-link-1).

2. The detection of Rossby-like waves on the Sun [Електронний ресурс] / S. W. McIntosh, W. J. Cramer, M. P. Marcano, R. J. Leamon // NATURE ASTRONOMY. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: [www.nature.com/natureastronomy](http://www.nature.com/natureastronomy).

У статті викладено основні аспекти дослідження Сонця за допомогою сонячних зондів. Обґрунтовано важливість відкриття хвиль Россбі на Сонці та їх подальшу значимість у відпрацюванні моделі сонячної активності.

**Ключові слова:** Сонце, планета, хвилі Россбі, активність Сонця  
SIGNS OF SUN AS A PLANET

**Sofiya Bachynska, Ivan Krot, Nataliya Skhabytska**

The article presents the main aspects of the study of the Sun using solar probes. It justifies the importance of the opening waves Rossb in the Sun and their continued importance in testing models of solar activity.

**Keywords:** Sun, planet, waves ROSE, the activity of the Sun.

## МЕТОДИКА НАВЧАННЯ АСТРОНОМІЇ

### ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСІВ НА ЛАБОРАТОРНИХ РОБОТАХ З АСТРОФІЗИКИ

**Геннадій Грищенко, Олена Кириленко**

Лабораторні роботи з астрофізики проводяться для студентів на кафедрі експериментальної і теоретичної фізики та астрономії Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова впродовж багатьох років. Лабораторні практикуми дозволяють студентам закріпити й розширити знання, отриманні на лекціях. Крім того, на практикумах студенти набувають навичок роботи з інструментами для спостережень і вимірювань, вивчають основи астрофізики. Одержання спостережуваних даних, їх первинна обробка, обчислення, аналіз результатів та їх оформлення, формулювання висновків – усе це головні складові справжньої наукової роботи.

Однак цим навчальний процес не вичерпується. Останнім часом з'явилися «комп'ютерні лабораторні роботи». Студент має справу з програмою, яка моделює фізичні процеси, процес спостереження, отримання даних, аналізу, складання звіту. Такий підхід є популярним для іноземних навчальних закладів. Негативною рисою такого підходу є те, що студент виявляється дещо відокремлений від процесу збирання та обробки даних і не працює з реальними приладами. Однак необхідно враховувати й те, що сучасна астрофізика широко використовує новітні досягнення техніки, і тому потрохи відходять в минуле фотоемульсії, їх проявлення, вимірювання; фотопластинки, реєстрограми тощо.

Сучасні засоби спостережень видають результат у вигляді електричних сигналів, а комп'ютери дозволяють отримувати, зберігати й опрацьовувати первинну інформацію для наукової роботи. Більше того, процес спостережень на сучасних телескопах зводиться до взаємодії спостерігача з комп'ютером, а сам телескоп з фотометром, спектрографом чи ПЗЗ-камерою знаходиться в іншому приміщенні, а інколи й за тисячі кілометрів. Виходячи з вище сказаного, можна стверджувати, що «комп'ютерні лабораторні роботи» теж мають право на існування. Не варто розглядати комп'ютерні лабораторні роботи як альтернативу класичним роботам

– на даному етапі вони є вдалим доповненням до класичного циклу. Якщо зважати на те, що прилади швидко старіють, фотопластинки комет, Сонця і Місяця, реєстрограми є чимось недосяжним тощо, то комп'ютерний практикум має переваги – оновлення лабораторних робіт є набагато простішим, ніж у класичному варіанті, і потребує порівняно невеликих затрат.

Нами були розроблені лабораторні роботи з використанням Інтернет – ресурсів [1]:

### **1. «Визначення активності Сонця з використанням Інтернет-ресурсів»**

Мета роботи: навчитися використовувати ресурси Інтернету для визначення активних утворень у фотосфері, хромосфері та короні Сонця.

Об'єкт і засоби дослідження: об'єкт дослідження – атмосфера Сонця.

Відомості про активність Сонця можна одержати на сайтах Національного управління США з авіації і дослідження космічного простору (англ. National Aeronautics and Space Administration) – НАСА:

[http://soho.nascom.nasa.gov/;](http://soho.nascom.nasa.gov/)

[http://mdisas.nascom.nasa.gov/health\\_mon/;](http://mdisas.nascom.nasa.gov/health_mon/)

Перший сайт надає дані Сонячної і геліосферної обсерваторії (Solar and Heliospheric Observatory - SOHO). Обсерваторія SOHO створена Європейським космічним агентством (ЄКА) і НАСА. На цю обсерваторію покладено моніторинг сонячної активності і негайного попередження про спалахові явища на Сонці, які можуть впливати на все живе на Землі.

Відомості про індекси сонячної активності можна одержати на сайтах Центру прогнозування космічної погоди (США):

[http://www.sec.noaa.gov/SolarCycle/;](http://www.sec.noaa.gov/SolarCycle/)

[http://sxi.ngdc.noaa.gov/;](http://sxi.ngdc.noaa.gov/)

[http://www.swpc.noaa.gov/SolarCycle/;](http://www.swpc.noaa.gov/SolarCycle/)

У разі потреби можна використовувати ресурс <http://translate.google.ru/> - Google – перекладач.

На сайті Національного управління США з авіації і дослідження космічного простору (англ. National Aeronautics and Space Administration) – НАСА: [http://soho.nascom.nasa.gov/;](http://soho.nascom.nasa.gov/) представлені в онлайн-часі зображення фотосфери, хромосфери, магнітосфери та



корони Сонця. Студенти можуть спостерігати динаміку активності Сонця. Використовуючи Інтернет-ресурси студенту пропонується:

1) провести обстеження диска Сонця на певну дату та вивчити структуру плям на ньому (знайти темне ядро – тінь і сіру напівтінь, яка оточує ядро);

2) підрахувати кількість плям і груп та визначити лінійні розміри 2-3 плям;

3) визначити напрям та період обертання Сонця;

4) розглянути графік зміни чисел Вольфа за останні роки – ISES Solar Cycle Sunspot Number Progression, за графіком визначити:

- дату останнього мінімуму Сонячної активності;

- прогнозовану тривалість наступного циклу Сонячної активності;

- дату наступного мінімуму Сонячної активності.

5) ознайомитись з магнітними полями Сонця за допомогою магнітограм;

6) ознайомитись з активними утвореннями у хромосфері Сонця, виявити протуберанці;

7) ознайомитись з короною Сонця;

8) ознайомитись з геомагнітною активністю.

На цьому ж сайті є архів зображень Сонця.

Дана лабораторна робота має чіткі методичні вказівки щодо виконання робочого завдання.

## **2. «Рух та фізичні характеристики комет»**

Мета роботи: ознайомитися з фізичними характеристиками і характером руху комет навколо Сонця, зі зміною розмірів голови комети та її хвоста і орієнтацією його відносно Сонця. Навчитися використовувати ресурси Інтернету для визначення фотометричних параметрів та побудови кривої блиску комети.

Об'єкт і засоби дослідження: досліджується рух комети серед зір.

Відомості про ефемериди комет можна одержати на сайті Центру малих планет (ЦМП; англ. Minor Planet Center, MPC):

<http://minorplanetcenter.org/iau/Ephemerides/Comets/index.html>

Центр малих планет знаходиться в Смітсонівській астрофізичній обсерваторії (SAO), яка є частиною Гарвард-Смітсонівського центру астрофізики (CfA) спільно з Гарвардською Університетською Обсерваторією (HCO). Ця офіційна організація за сприяння Міжнародного астрономічного союзу, збирає і систематизує

дані спостережень малих тіл Сонячної системи та комет, обчислює їх орбіти і публікує цю інформацію через циркуляри малих планет. Вона підтримує безкоштовні он-лайн сервіси для спостерігачів, щоб допомогти їм у спостереженні малих планет і комет. Повний каталог орбіт малих планет (MPCORB) може бути вільно завантажений.

Дані про оцінки блиску комет за останні роки можна отримати на сайті - <http://www.icq.eps.harvard.edu/CometMags.html>

Дані про оцінки блиску комет, зміну розмірів коми, довжини хвоста, ступінь конденсації ядра та фото комет можна отримати на сайті: [http://www.nevski.belastro.net/observing/arhiv/comet\\_arhiv.html](http://www.nevski.belastro.net/observing/arhiv/comet_arhiv.html)

Сайт Вітебської аматорської астрономічної обсерваторії - приватна астрономічна обсерваторія, побудована в 1991 - 1992 роках білоруським любителем астрономії Віталієм Невським в 20 км на південь від Вітебська, Білорусь. В обсерваторії був зроблений ряд астрономічних відкриттів. Є першою приватною обсерваторією на території республіки Білорусь.

На сайті Сонячної і геліосферної обсерваторії (Solar and Heliospheric Observatory - SOHO) можна подивитись відео деяких комет

<http://sohowww.nascom.nasa.gov/bestofsoho/Movies/movies2.html#comets>

Астрономічний календар 2002 – 2013 pp.:

<http://www.mao.kiev.ua/calendar/>

В разі потреби використовуйте ресурс <http://translate.google.ru/> - Google – перекладач.

Використовуючи Інтернет – ресурси студенту пропонується:

1) побудувати криву блиску комети в заданому інтервалі часу - графік зміни візуального блиску комети від часу спостереження  $m = f(D)$ ;

2) знайти значення фотометричних параметрів комети  $H_0$  та  $p$ . На основі отриманих даних порахувати значення видимої інтегральної величини комети  $m$ . Побудувати криву блиску комети - графік зміни видимої інтегральної величини комети від часу спостереження  $m = f(D)$ ;

3) описати рух комети, визначити ступінь конденсації ядра комети.

### **3. «Вивчення поверхні Місяця»**

Мета роботи: навчитися використовувати ресурси Інтернету для ознайомлення з утвореннями на Місяці, навчитися виконувати

ототоження знімку Місяця з його картою, ознайомитися з методами визначення віддалей на Місяці та висот місячних гір.

Об'єкт і засоби дослідження: Зображення поверхні Місяця, отримані в Головній Астрономічній Обсерваторії Решетником В.М. 03 квітня 2009 року. Фазовий кут для них становить 62.6128 градуси.

Interactive Computer Ephemeris (ICE). Це комп'ютеризована версія Astronomical Almanac.

Sky and Telescope - карти утворень та деталей місячної поверхні.

(<http://redday.ru/moon>)

Сайт Google Moon з фотографіями і картами поверхні Місяця:

(<https://www.google.com/moon/>)

Завдання для студентів:

1) ознайомитися з наданими (викладачем) знімками поверхні Місяця, ототожнити їх з картами Місяця;

2) вибрати 5 — 6 об'єктів для дослідження. Бути готовим аргументувати вибір. Знайти ці об'єкти на карті Місяця, записати їх назви;

3) визначити розміри тіней в пікселях  $s$ , та масштаб зображення  $c$ ;

4) скориставшись картою Місяця, виміряти відстань від об'єкта до центра Місячного диску  $D$  та радіус Місяця  $L$ , обрахувати довготу об'єкта;

5) обрахувати фазовий кут;

6) обрахувати висоту об'єкту, порівняти з висотою цього ж об'єкту, отриманою з місячного атласу, оцінити точність визначення цієї величини.

Лабораторія астрофізики обладнана мережею Інтернет, що дозволяє студентам використовувати персональні комп'ютери. Робочі завдання побудовані так, що дозволяють студентам готуватися до лабораторної роботи в будь-який зручний для них час, як в лабораторії так і вдома.

Під час виконання лабораторних робіт студенти демонстрували підвищену активність, пропонували свої ідеї для вдосконалення змісту та методики виконання лабораторних робіт.

## Список літератури

1. Ващенко О.П. Курс астрономії: Фізика Сонячної системи, Сонця і зір. Лабораторний практикум / О.П. Ващенко, Г.О. Грищенко, О.І. Кириленко. – К. : НПУ імені М.П. Драгоманова, 2015. – 260 с.

У статті пронуються розроблені лабораторні роботи з астрофізики з використанням інтернет-ресурсів.

**Ключові слова:** інтернет, астрофізика, астрономія, лабораторні роботи

### THE USE OF INTERNET RESOURCES ON LABORATORY WORK IN ASTROPHYSICS

**Hennadiy Hryshchenko, Olena Kyrylenko**

The article prodautsa developed laboratory work in astrophysics with the use of Internet resources.

**Keywords:** Internet, astrophysics, astronomy, laboratory work

### ПРАКТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ГОСТРОТИ ЗОРУ ЕКСПЕРИМЕНТАТОРА ПРИ ПРОВЕДЕННІ АСТРОНОМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

**Олександр Кузьминський, Олександр Мозговий**

Астрономія – єдина наука, яка значною мірою базується на спостережливому матеріалі в силу специфічності явищ, що вивчаються нею, і частенько неможливості поставити прямий фізичний експеримент або провести прямий вимір [1].

Астрономічні спостереження – захоплююче зайняття, яке доступне кожній людині. Щоб приступити до спостережень і навіть набути в цьому певного досвіду, необов'язково мати те, що називають математичним складом розуму. Зайняття астрономією не просто одне з небагатьох захоплень, що приносить величезне задоволення, – за бажання без особливих зусиль можливо проводити спостереження, що представляють наукову цінність.

Небо відкриває багаті можливості для спостережень. Передусім це явища, що відбуваються в земній атмосфері: метеори і полярні сьйва. Разом з планетами і зірками спостереженням доступні і далекі галактики.

Зрозуміло, що основним інструментом спостережень є око.

Зіниця ока майже миттєво реагує на значні зміни освітленості, але справжня адаптація до темряви відбувається, коли в сітківці очей виробляється особливий очний пігмент. Адаптація триває більше 30хв, впродовж яких чутливість ока помітно підвищується. Тому перед спостереженнями рекомендується захистити очі від яскравого світла – деякі спостерігачі з цією метою використовують темні сонцезахисні окуляри [2].

Оскільки слабке червоне світло майже не впливає на адаптацію очей до темряви, то розглядати зоряні карти або робити записи під час спостережень рекомендується при червоному освітленні. Для цього лампу або кишеньковий ліхтар можна огорнути червоним папером, пластиком або тканиною і переконаєтеся, що світло дуже слабке. Спостереження у бінокль мають певну перевагу, оскільки обидва ока при цьому працюють одночасно в однакових умовах, що істотно зменшує їх стомлюваність.

При спостереженнях в телескоп спробуйте «побороти» природне бажання замружити "непотрібне" око, бо це призводить до напруги і втоми обох. З часом ви навчитеся не звертати увагу на друге розплющене око, але якщо це виявиться важким (чи у разі стороннього світла, що заважає), то на нього слід надягти пов'язку, яка дозволить вам при спостереженнях тримати обидва ока відкритими.

Неприємним дефектом зору є астигматизм, із-за якого зображення зірок виглядають витягнутими або безформними. Такі дефекти, як далекозорість або короткозорість, не створюють проблем при спостереженнях у біноклі або телескопи, оскільки ці прилади допомагають фокусувати зображення відповідно до можливостей зору.

Більшості спостерігачів спочатку не вдається розрізнити слабкі деталі на поверхні планет або менш яскраві зірки. Проте у міру набуття досвіду сприйняття швидко покращується, тому, чим частіше ви проведете спостереження, тим краще. Досвідчені спостерігачі часто використовують бічний зір, дивлячись злегка убік від досліджуваного слабкого об'єкту, при цьому зображення потрапляє на чутливішу частину сітківки ока. Встановити точне місце розташування цієї невеликої чутливої ділянки сітківки не просто. Хоча телескопи і біноклі повинні по можливості мати жорстке кріплення, дуже слабке зміщення окулярної частини іноді допомагає виявити в полі зору слабкі зірки, бо око краще розрізняє об'єкти, що рухаються.

Щоб бути максимально підготовленими до початку спостережень доцільно на перших етапах вивчення астрономії

виконати запропоновану лабораторну роботу для визначення гостроти зору спостерігача.

Роздільна здатність ока – це граничний кут, під яким дві точки (лінії), що знаходяться на деякій відстані один від одного, воно бачить роздільно. Цим і визначається метод знаходження роздільної здатності ока – його гостроти.

$\varphi$  – роздільна здатність ока;

$\Delta t$  – час реакції на світловий або звуковий сигнали.

**Прилади та матеріали:** Картон 10 x 6 см, з отвором в середній частині діаметром 10 мм, аркуш білого паперу, мірна стрічка, лінійка.

Відповідно до поняття роздільної здатності ока, зробимо позначення, показані на рис. 1.

Уявімо, що радіусом  $r = d$  описано коло з центром в отворі картону. У даному випадку  $2\pi d$  відповідає  $360^\circ = 360 \cdot 3600'' = 1296 \cdot 10^3''$

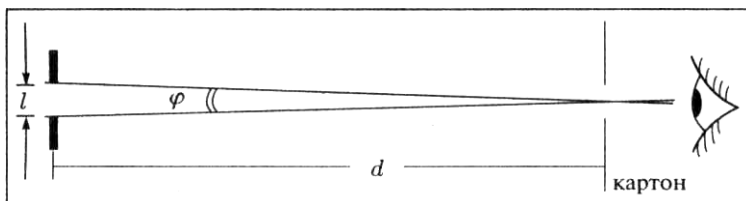


Рис. 1. Схема до визначення гостроти зору:

$l$  – відстань між двома точками або лініями;  $d$  – відстань від екрана з намальованими точками (лініями) до картону з отвором;  $\varphi$  – кут зору

$$\left. \begin{array}{l} 2\pi d - 1296 \cdot 10^3'' \\ l - \varphi \end{array} \right\} \varphi = \frac{l \cdot 1296 \cdot 10^3''}{2\pi d}$$

де,  $l$  та  $d$  в мм.

**Хід роботи.** На аркуші білого паперу малюємо дві лінії на відстані  $l = 1$  мм один від одного. Закріплюємо листок на стіні з достатнім освітленням. Беремо картон з отвором, відходимо від стіни приблизно на 3 м, дивлячись одним оком в отвір, підходимо до листка. Як тільки побачимо лінії роздільно, зупиняємося. Вимірюємо мірною стрічкою відстань  $d$  (мм). Аналогічно робимо і з другим оком. Отримані дані записуємо в таблицю. Відстань між лініями можна більш точно

виміряти за допомогою лупи або мікроскопа (табл. 1).

Таблиця 1.

№ п / п	$l$ (Мм)	$d$ (Мм)	$\varphi$ "
1	1	1600	129
2	0,95	1700	115
3	0,97	1660	120

$$\varphi_1 = \frac{1 \cdot 1\,296 \cdot 10^3''}{6,28 \cdot 1\,600} = 129''.$$

Приклад обчислень:

$$\bar{\varphi} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3}{3} = 121''.$$

Середнє значення:

**Висновок.** Роздільна здатність очей даного експериментатора  $\varphi = 121''$ , тобто у нього короткозорість. Граничний кут роздільної здатності нормального ока  $\varphi_n = 50''$ .

**Примітка I.** Властивості нормального ока [3]:

1. Відстань найкращого зору - 25 см.
2. Зміна діаметру зіниці ока в залежності від освітленості від  $2 \div 8$  мм.
3. Час повної адаптації ока при переході від високих освітленостей до низьких - 1 година.
4. Граничний кут зору -  $50''$ .
5. Розмір світлочутливих клітин ока –  $2,5 \div 3$  мкм.
6. На відстані 25 см око розрізняє дві точки, що знаходяться на відстані 0,25 мм.
7. Поріг зорового відчуття відповідає потужності 4-10-17 Вт

**Примітка II.** У примітці I наведена роздільна здатність неозброєного ока -  $50''$ . Озброєння телескопом значно підвищує роздільну здатність ока. Наприклад, відомо, що якщо розмістити на Місяці оптичний телескоп, дзеркало якого зробити діаметром 25 м, то він буде давати кутову роздільну здатність  $0,0001''$

Таблиця 2

№ п / п	$l$ (мм)	$d$ (мм)	$\varphi$ "
1			
2			
3			
4			
5			

Таблиця 3

№ п / п	$l$ (мм)	$d$ (мм)	$\varphi$ "
1			
2			
3			
4			
5			

У таблиці 2 та 3 записують дані для лівого та правого ока.

Спостереження багатьох небесних тіл і явищ можна проводити неозброєним оком. Особливе місце тут займають вивчення сузір'їв і орієнтування серед зірок. Подібні спостереження дуже важливі для астрономів, оскільки дають чудову практику, яка служить підготовкою до вивчення неба за допомогою бінокля і телескопа. Так, на Місяці неозброєним оком є можливість розрізнити таку ж різноманітність цікавих деталей, як у більшості планет в телескопи.

Тому спостереження Місяця сприяють накопиченню великого досвіду для подальших телескопічних досліджень планет та інших небесних тіл.

### Список літератури

1. Андріанов Н.К. Астрономические наблюдения в школе: кн. для учителя / Н. К. Андрианов, А. Д. Марленский. – М. : Просвещение, 1987. - 112 с.



2. Данлоп Сторм. Азбука звездного неба / С. Данлоп ; ред. А. В. Козенко. - М. : Мир, 1990. – 236 с.

3. Губанов Н.И. Медицинская биофизика / Н. И. Губанов, А. А. Утепбергенов.– М : Медицина, 1981. – 335 с.

У статті пропонується розроблена лабораторна робота з астрономії для визначення гостроти зору при астрономічних спостереженнях.

**Ключові слова:** астрономія, лабораторна робота, зір, гострота зору, астрономічні спостереження

#### A PRACTICAL DEFINITION OF VISUAL ACUITY BY THE EXPERIMENTER WHEN CARRYING OUT ASTRONOMICAL OBSERVATIONS

**Oleksandr Kuzmynskyy, Oleksandr Mozhovyy**

The article proposes to develop a laboratory work in astronomy to determine the visual acuity in astronomical observations.

**Keywords:** astronomy, laboratory work, vision, visual acuity, astronomical observations

#### ЗАСТОСУВАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ПЛАНЕТАРІЇВ ТА ОБСЕРВАТОРІЙ ДЛЯ АСТРОНОМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

**Віта Ігнатко, Ольга Жупанова, Вікторія Думенко**

На сьогодні для астрономічних досліджень використовується велика кількість наземних і космічних засобів, які працюють у різних діапазонах від видимого до рентгенівського та  $\gamma$ -діапазону. Для доступу до спостережної інформації астрономів та астрофізиків збудь-якої наукової лабораторії світу важливим є створення загальної бази, яка отримала назву Міжнародна віртуальна обсерваторія (МВО). Крім того, при вивченні і спостереженні астрономічних явищ широко використовуються можливості віртуальних планетаріїв, таких як Stellarium, Celestia, RedShift, KStars, Space Engine.

Використання віртуальних планетаріїв важливе значення має у навчальному процесі при вивченні астрономії.

**Мета статті.** Описати можливості віртуальних планетаріїв та обсерваторій для астрономічних спостережень та показати їх застосування для вивчення астрономічних об'єктів та явищ.

Для вивчення і спостереження зоряного неба, особливо початківцями, необхідно спочатку проаналізувати умови видимості та

особливості спостереження небесних об'єктів. Для цього використовується астрономічні посібники: зоряні карти, атласи, астрономічні календарі. Проте з використанням сучасного комп'ютерного програмного забезпечення підготовка і проведення спостережень значно спрощуються. Крім того, якщо немає можливості провести реальне спостереження, можна також скористатись можливостями віртуальних планетаріїв та обсерваторій. Серед них варто виділити такі: Stellarium, Celestia, RedShift та інші.

Нами були вивчені і дослідженні комп'ютерні програми для любителів астрономії. Найцікавіші з них пропонуємо вашій увазі:

У віртуальному планетарії **Stellarium** карта зоряного неба моделюється максимально точно, з урахуванням поточного часу і місця розташування.

За допомогою програми Stellarium дослідимо січневе зоряне небо Вінниці. В налаштуваннях виберемо 3 січня 2017 року. На вечірньому небі 3 січня з сузір'я Водолія нам яскраво світитимуть Місяць, Венера та Марс, а в ніч на 4 січня 2017 року на землян чекає пік метеорного потоку Квадрантиди (рис.1). 4 січня 2017 року Квадрантиди краще спостерігати з 10 години вечора за київським часом протягом 2-3-х годин.

Stellarium має вбудовану функцію пошуку небесних тіл по імені (рис.2). Щоб нею скористатися, необхідно натиснути клавішу F3, після чого почати набирати назву розшукуваного об'єкта. Спочатку програма буде самостійно підбирати назви планет і зірок, які починаються з набраних літер.



Рис. 1. Зоряне небо Вінниці

Коли ж назву розшукуваного небесного тіла буде набрано повністю, досить натиснути клавішу введення, і зоряний планетарій повернеться до глядача таким чином, щоб потрібний об'єкт був в центрі екрану і про нього на екран виводиться основна інформація про потрібний нам об'єкт.

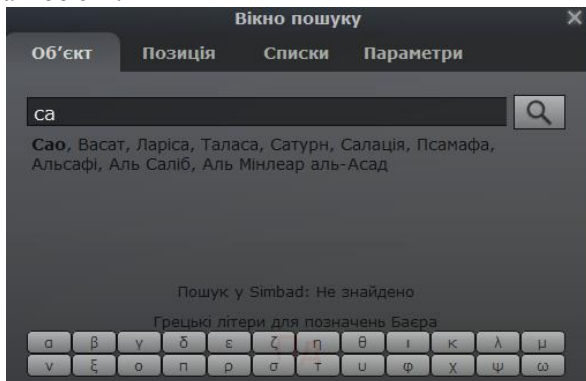


Рис. 2. Здійснення пошуку об'єктів

Здійснимо пошук Сатурна серед усіх небесних тіл і покажемо основну інформацію, яку нам надає програма Stellarium (рис.3).

### Сатурн

Тип: планета  
 Величина: 0.46  
 Абсолютна зіркова величина: 27.04 ПС/Схил (02000.0): 17h48m29.33s/22°05'01.3"  
 ПС/Схил (на дату): 17h49m32.20s/-22°05'10.3"  
 Годинний кут/Сх: 14h41m58.14s/-22°05'10.3"  
 Аз/Висота: +64°24'27.6"/-48°09'09.2"  
 Екліптична довгота/широта (J2000.0): +267° 19'57.9"/+1°19'44.2" Екліптична довгота/широта (на дату): +267°34'32.1"/+1°19'43.8" Відхилення екліптики (на дату): +23°26'13.3"  
 Галактична довгота/широта: +6°12'00.0"/+2°59'41.8"  
 Супергалактична довгота/широта: -177°18'56.5"/+48°50'36.6"  
 Сузір'я МАС: Sgr  
 Середній сидеричний час: 8h31m30.8s  
 Видимий сидеричний час: 8h31m30.3s  
 Відстань від Сонця: 10.053 а. о. (1503.967 млн. км)  
 Відстань: 9.956а. о. (1489.375 млн. км)  
 Видимий діаметр: +0°00'16.7", з кільцями: +0°00'38.9"  
 Сидеричний період: 10760.00 днів (29.459 а)  
 Сидеричний день: 10h39m22.4s  
 Середній сонячний день: 10h39m24.0s  
 Фазовий кут: +5°40'45.4"  
 Видовження: +92°46'25.0"  
 Фаза: 1.00  
 Освітленість: 99.8%

Рис. 3. Основна інформація про Сатурн

Ще одна особливість Stellarium – можливість побачити, як будуть виглядати зірки, якщо дивитися на них не з Землі, а з іншого небесного тіла, наприклад, з Місяця, Меркурія, Марса або з якоїсь іншої планети. Подивимось як буде виглядати зоряне небо з Меркурія (рис.4):

Дослідивши віртуальний планетарій Stellarium 0.15.1, можемо сказати, що пропонувана карта зоряного неба у порівнянні з реальним спостереженням у телескопом суттєво відрізняється, оскільки Stellarium 0.15.1 – це лише комп'ютерна програма, яка надає зображення у вигляді картинок.

Програма **RedShift** – не тільки віртуальний планетарій, це просто величезна інтерактивна карта зоряного неба, що включає в себе знання про понад два мільйони різних комет, планет, астероїдів, зірок. RedShift надає можливість здійснити віртуальні екскурсії по галактиках, супроводжує поясненнями і, виводячи на екрані повну інформацію про об'єкт користувачеві. Програма містить астрономічний календар, за допомогою якого можна завжди дізнатися про всі астрономічні події, які відбуваються в даний момент. RedShift здатна виконати розрахунок і показати візуалізацію всіх найважливіших астрономічних подій, як тих, які мали місце протягом багатьох тисячоліть, так і тих, що відбудуться в майбутньому.

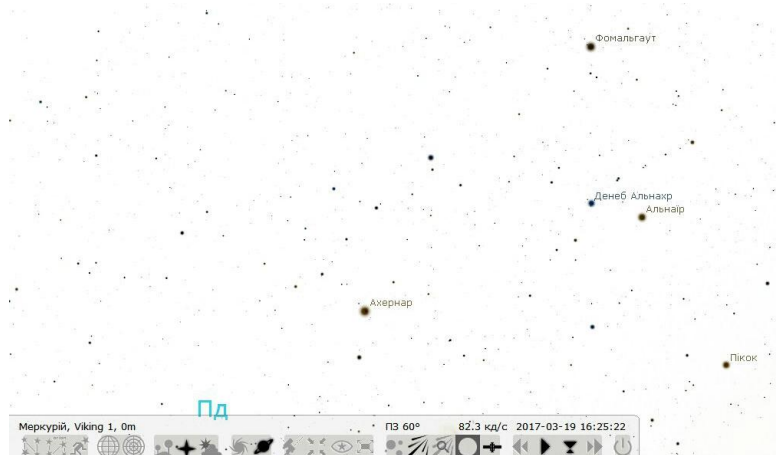


Рис. 4. Огляд неба з Меркурія

RedShift – це дуже просунута програма для вивчення астрономії, якою, проте, цілком можуть користуватися новачки в цій галузі. У цьому планетарії використовується платформа ASCOM, яка забезпечує сумісність зовнішніх програм з більшістю відомих марок телескопів. Завдяки цьому програма може навіть керувати телескопом, підключеним до комп'ютера.

Ще один віртуальний планетарій – **Celestia**. Ця програма використовує зовсім інший підхід до візуалізації небесних тіл, ніж розглянута вище. Зазвичай під віртуальним планетарієм маємо на увазі сферичну модель купола небосхилу, яка містить малюнок сузір'їв, які спостерігаються з поверхні Землі. Але що, якщо уявити собі планетарій, в якому можна не тільки розглядати сузір'я, а й переміщатися в тривимірній моделі космосу? Це можливо в Celestia. Цей планетарій моделює тривимірну модель нашого Всесвіту і дає можливість користувачу швидко переміщатися між будь-якими куточками космосу, навіть найбільш віддаленими.

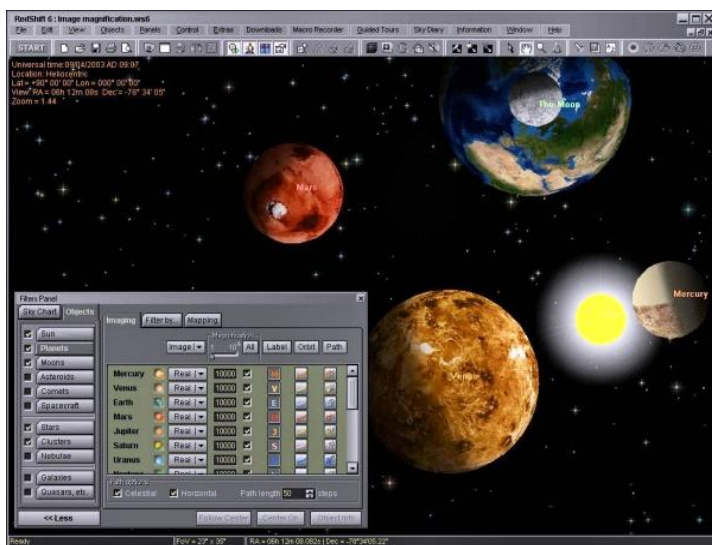


Рис.5. Візуальний планетарій RedShift

Подорож в космічному просторі (нехай і змодельованій на комп'ютері) – це досить незвично і цікаво. Для того, щоб навчитися орієнтуватися в такому просторі, знадобиться деякий час – варто виконати невеликий "стрибок" до якого-небудь світила, і вже дуже

важко знайти "дорогу" назад. В цьому випадку творці цього планетарію рекомендують використовувати в якості орієнтира знайомі кожній людині об'єкти – Землю, Сонце та інші небесні тіла.

Оскільки карта зоряного неба є інтерактивною, положення зірок залежить від обраного часу. Щоб простежити за траєкторією рухів планет і інших об'єктів, можна поспостерігати за їх переміщенням, прискоривши час в програмі. Можна також уповільнити хід часу в програмі або взагалі зупинити його, припинивши рух небесних тіл.

У програмі є функція пошуку докладної інформації про обраний об'єкт в Інтернеті. Якщо необхідно отримати відомості про якесь небесне тіло, потрібно виділити цей об'єкт і вибрати в контекстному меню команду "Інформація". При цьому програма пересилає на веб-сторінку одного з астрономічних порталів, де розповідається про обрану планету або зірку. Програма також вміє обчислювати в заданому інтервалі часу сонячні і місячні затемнення, які можуть спостерігатися на Землі.

Celestia відображає близько 120 000 зірок, орієнтуючись по каталогу HIPPARCOS. Програма використовує точну систему розрахунку траєкторій VSOP87, завдяки чому можна легко побачити певні сонячні і місячні затемнення, відображати орбіти планет і їх великих супутників. За допомогою звичайних кеплерових елементів орбіти відображаються карликові планети, малі супутники планет, астероїди, комети, екзопланети і космічні апарати.

Користувач може змінювати кількість видимих йому зірок і включати їх в трьох різних стилях: як точки (підходить для ПК-моніторів і виглядає найбільш реалістично), як розмиті точки (підходить для ЕПТ-моніторів) і як диски (не реалістичні, але зате набагато легше вибрати потрібну зірку або визначити її колір).

Celestia дозволяє літати по віртуальній Всесвіту за допомогою простих елементів управління і цілого набору гарячих клавіш. Рухатися можна з різною швидкістю, від 0,001 м / с до декількох мільйонів світлових років/с. Поточна швидкість відображається в нижньому лівому кутку. Користувачі можуть розглянути будь-який об'єкт під будь-яким кутом, починаючи космічними кораблями і закінчуючи галактиками. Можна просто спостерігати за їх рухом, стежити або синхронно з ними обертатися (рис.6).

У Celestia моделюється будь-який час в минулому, сьогодні і майбутньому до двох мільярдів років в різні боки від Різдва

Христового, проте точність орбіт зберігається в проміжку від декількох тисяч років до наших днів. Час також можна повернути назад або зовсім зупинити.

При виборі будь-якого об'єкта відображається основна інформація про його розмірах, відстані від центрального об'єкта системи (якщо такий є), температурі, а також про поточний відстані користувача від нього. На планетах і супутниках можуть відображатися назви важливих об'єктів поверхні (рис.7).

У Celestia є ряд обмежень. Більшість з них внесено для можливості використання програми на слабких комп'ютерах і зменшення розміру дистрибутива. Деякі пов'язані з відсутністю достатньої інформації про певні об'єкти (на момент релізу останньої версії), а частина функцій просто ще не реалізована.

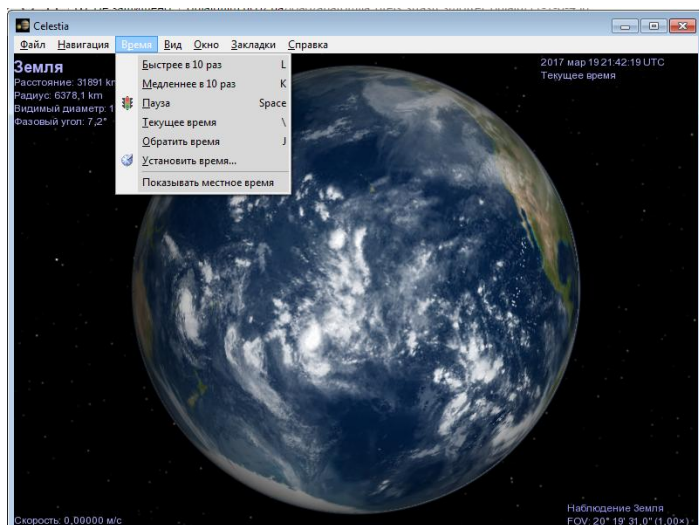


Рис. 6. Огляд можливостей

Дослідимо затемнення на Плутоні. Плутон і Харон не мають будь-яких чітких деталей, оскільки на момент релізу останньої версії програми ще не були отримані зображення з New Horizons (рис.8).

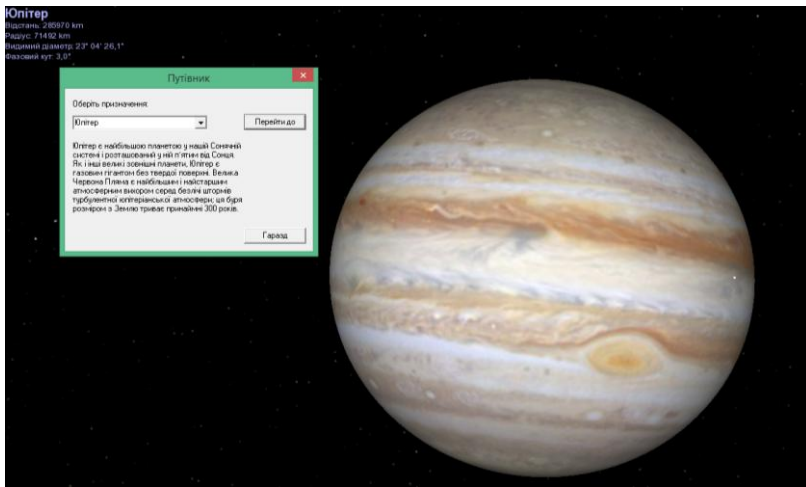


Рис. 7. Історична довідка у «Путівнику»

За замовчуванням Земля в Celestia має форму сфероїда, через що деякі супутники, що летять по низькій навколосемній орбіті, можуть виявитися не зовсім в тому місці.

У стандартний дистрибутив програми не включено багато важливих видів об'єктів, в їх числі змінні і наднові зірки, чорні діри, квазари і туманності.

Незважаючи на те, що в зоряних системах всі об'єкти рухаються, самі зірки мають фіксоване положення в галактиці.

У Celestia є лише кілька сотень подвійних зоряних систем, решта поки не може бути змодельована через відсутність точної інформації про їх траєкторіях. Celestia не містить будь-яких зірок, що знаходяться від Сонця на відстані більше декількох тисяч світлових років, тому що паралакси далеких зірок дуже малі і не можуть бути виміряні за допомогою Hipparcos.

Програма намагається відобразити всі об'єкти якомога реалістичніше з точки зору спостерігача, тому в стандартному дистрибутиві відсутні текстури в штучних квітах і перетримка галактик.

В даний час ведеться науково-дослідна робота під назвою: "Створення каталогу власних рухів зірок в майданчиках поблизу галактичної площини за допомогою технологій віртуальних обсерваторій".



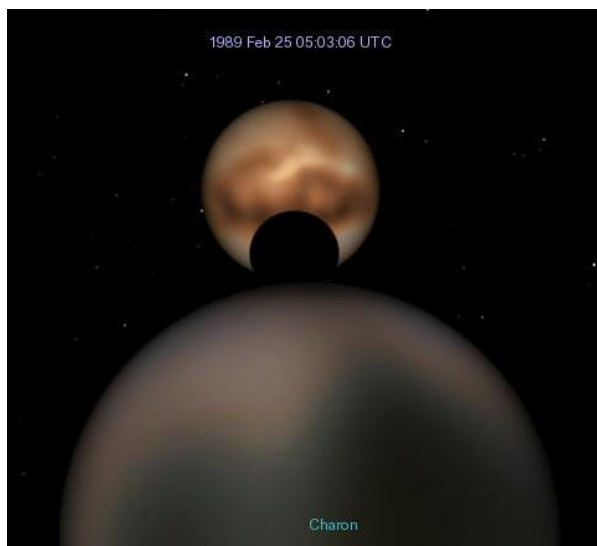


Рис. 8 Плутон і Харон

Міжнародна віртуальна обсерваторія (МВО) – це система, в якій гігантські астрономічні архіви і бази даних, розподілені по всьому світу, разом з інструментами їх аналізу і обчислювальним сервісом, інтегровані в єдине середовище (рис.9). МВО дозволить астрономам, перебуваючи в будь-якій точці світу, не очікувати місяцями доступу до телескопа, а завантажити в комп'ютер оцифровану ділянку неба і таким чином вирішувати багато астрофізичних завдань, для яких уже досить накопичено наглядного матеріалу. Все більше астрономічних каталогів стають взаємопов'язаними, пошукові машини все більше і більше ускладнюються, і результати досліджень он-лайн даних (отриманих через Інтернет) тепер настільки ж багаті, як і дані, отримані з реальних телескопів .

Міжнародна віртуальна обсерваторія є потужним віртуальним середовищем, призначеним для збільшення можливостей астрономічних досліджень і наукового виходу даних. Вона інтегрує в єдину систему гігантські астрономічні архіви і бази даних, розподілені по всьому світу, а також інструменти аналізу даних і обчислювальний сервіс, використовуючи при цьому набір однорідних стандартів і технологій. Така обсерваторія включає в себе всі значні національні і

міжнародні проекти зі створення віртуальних обсерваторій, основна мета яких – об'єднати існуючі архіви наземних і космічних інструментів і забезпечити дослідникам і громадськості зручний доступ до них. Завдання видається надзвичайно важливим не тільки з-за колосального обсягу астрономічних даних, але і через їх спектральне різноманіття - від рентгена до радіо. Кожен спектральний діапазон надає свою, унікальну інформацію про небесні об'єкти або явища; при цьому потрібна спеціалізована експертиза для правильної інтерпретації даних. Вся ця інформація інтегрується в Міжнародній віртуальній обсерваторії і дозволяє синтезувати дані, щоб використовувати їх в конкретних наукових додатках.

Сучасна астрономія стоїть біля кордонів нових відкриттів, можливості для яких надають сучасні інформаційні технології, а також політична і технічна міжнародна кооперація. МВО об'єднує регіональні та національні проекти віртуальних обсерваторій (ВО). Для створення МВО був організований альянс «Міжнародна віртуальна обсерваторія» (International Virtual Observatory Alliance, IVOA) – «інструмент» координації всіх значних проектів регіональних віртуальних обсерваторій.



Рис.9. Склад альянсу МВО

У серпні 2003 р. альянс об'єднав такі проекти:

Astrogrid (VO United Kingdom) - Астрономічна мережу (віртуальна обсерваторія Сполученого Королівства);

Aus-VO (Australian Virtual Observatory) – Австралійська віртуальна обсерваторія;

AVO (Astrophysical Virtual Observatory) – Астрофізична віртуальна обсерваторія (Європейський проект);

China-VO (Chinese Virtual Observatory) – Китайська віртуальна обсерваторія;

CVO (Canadian Virtual Observatory) – Канадська віртуальна обсерваторія;

DRACO (Virtual Observatory - Italy) – віртуальна обсерваторія Італії;

GAVO (German Astrophysical Virtual Observatory) – Німецька астрофізична віртуальна обсерваторія;

JVO (Japanese Virtual Observatory) – Японська віртуальна обсерваторія;

KVO (Korean Virtual Observatory) – Корейська віртуальна обсерваторія;

NVO (US National Virtual Observatory) – Американська Національна віртуальна обсерваторія;

RVO (Russian Virtual Observatory) – Російська віртуальна обсерваторія;

VO-France (French Virtual Observatory) – Французька віртуальна обсерваторія.

Унікальна наукова інформація про небесні об'єкти або явища інтегрується в Міжнародній віртуальній обсерваторії і дозволяє синтезувати дані для використання в конкретних програмах.

За минулі роки концепція віртуальної обсерваторії, покликаної задовольняти існуючим вимогам до управління даними, їх аналізу та поширенню, завоювала широку популярність. Це система, в якій розподілені по всьому світу гігантські астрономічні архіви і бази даних інтегровані в єдину середу разом з інструментами аналізу і обчислювальним сервісом. Астрономія стоїть біля кордонів нових відкриттів, можливості яких надаються сучасними інформаційними технологіями, а також політичної та технічної міжнародною кооперацією.

Необхідно відзначити, що віртуальна обсерваторія є ефективним інструментом "демократизації" астрономії, оскільки

навіть невеликі наукові, а також освітні астрономічні установи отримують, по суті, ті ж можливості для проведення наукових досліджень на сучасному наглядovому матеріалі, що і провідні астрономічні організації світу.

Ідея об'єднати зусилля національних проектів і створити МВО обговорювалася ще на XXIV Генеральній Асамблеї Міжнародного астрономічного союзу (Манчестер, серпень 2000), а перший міжнародний діалог з проблем інтеперабельності відбувся на конференції в Страсбурзі (січень 2002 р.) Альянс МВО був сформований в червні того ж року на конференції по віртуальним обсерваторіям (Гархинг). До нього входять представники всіх проектів, що фінансуються ВО, які зустрічаються і спілкуються на регулярній основі для узгодження рішень по загальним проблемам і досягнення консенсусу при виробленні загального базису, без чого МВО не зможе функціонувати.

Отже, якщо немає можливості реального спостереження можна використати віртуальні комп'ютерні планетарії. Найбільш зручними і наочними, особливо для початківців, є планетарії Stellarium, який дає можливість проводити віртуальні спостереження в реальному часі астрономічних явищ та небесних об'єктів .

Програма Celestia може бути використана як «подорож» у космічному тривимірному просторі.

Для астрономічних досліджень можуть бути використані дані Міжнародної віртуальної обсерваторії.

### **Список літератури**

1. Іваницький О.І. Сучасні технології навчання астрономії в середній школі / Іваницький О.І. – Запоріжжя: Прем'єр, 2001. – С. 83 – 112.

2. Клімішин І.А. Астрономія: Підручник для 11 класу загальноосвітніх навчальних закладів / І. А. Клімішин. – Київ : Знання України, 2002. – С. 58 – 63.

3. Кузьминський О.В. Сучасні засоби наочності на уроках астрономії / О.В. Кузьминський // 36. наук. праць Кам'янець–Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець–Подільський: 2011. – Вип. 17: Інноваційні технології управління компетентісно-світоглядним становленням учителя: фізика, технології, астрономія. – С. 220–222.

4. Мисліцька Н. А. Електронні видання як джерела інформації для формування астрономічних знань / Н.А. Мисліцька, О.В. Кузьминський, К.І. Чурюмов // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету. Серія : Педагогічні науки / Чернігівський держ. пед. ун-т ім. Т.Г. Шевченка. – Чернігів, 2010. - Вип. 77. – С. 110 – 114.

У статті розглянуто можливості віртуальних планетаріїв та обсерваторій, які дають більше можливостей у спостереженні та вивченні зоряного неба .

**Ключові слова:** віртуальні обсерваторії, планетарії, зоряне небо, спостереження

#### USAGE OF VIRTUAL PLANETARIUMS AND OBSERVATORIES FOR ASTRONOMICAL OBSERVATIONS

**Vita Ihnatko, Olha Zhupanova, Viktoriya Dumenko**

The article discusses the possibility of a virtual planetariums and observatories that give more opportunities for observation and study of the starry sky .

**Keywords:** virtual observatories, planetariums, starry sky, surveillance

#### АСТРОНОМІЧНА СКЛАДОВА У СИСТЕМІ ПОЗАШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ

Дар'я Кавунець

Астрономія відкриває для мене з кожним роком все більше можливостей та перспектив. Зараз я поглиблено вивчаю фізико-математичні науки у Вінницькому технічному ліцеї. Маю 8-річний досвід роботи в гуртках Вінницького обласного центру технічної творчості учнівської молоді (ОЦТТУМ), крім астрономічного навчаюсь тут ще й в гуртку WEB дизайну.

Я - астроном у III поколінні, тому, працюючи над обраною темою, опиралась на досвід навчання в гуртках Вінницької СЮТ моєї мами та 28-річний досвід роботи керівником астрономічного гуртка ВОЦТТУМ моєї бабусі. Вивчила досвід роботи інших керівників гуртків нашого центру.



## Поглиблене вивчення астрономії – шлях до успіху

Вивчення астрономії стимулює поглиблене вивчення інших предметів, розвиває міжпредметні зв'язки, формує розвиток наукового світогляду. Астрономія для дитини – це своєрідний дороговказ у професійне майбутнє, це необхідний і обов'язковий комплекс знань, без якого не можливо говорити про справді високий рівень особистості.

Діти завжди є творцями. Цьому процесу не можуть завадити жодні історичні події чи поважні особи. Процес дитячої творчості не можна зупинити, а це значить, що його треба спрямувати у цікаве та правильне русло.

В ОЦТТУМ я спостерігаю наступність та послідовність у роботі гуртків при моєму навчанні в них та навчанні моїх друзів. Інтереси моїх ровесників – різні, до того ж досить часто змінюються. Серед них – інтерес до техніки, до різноманітних технологій, в тому числі й до комп'ютерних, до винахідництва та моделювання.

Зацікавленість учнів значно посилюється, якщо їх правильно мотивувати: залучити їх у творчі об'єднання відповідно до їхніх захоплень, у науково-дослідницькі товариства, наприклад, Малої Академії Наук, Лідер та інші.

Ми завжди знаходимося у творчому пошуку, завжди маємо потребу спрямувати свою енергію в ту чи іншу діяльність, тому що така наша природа. Технічна творчість – один із найкращих варіантів вирішення цієї проблеми [1].

Не секрет, що в наш час у технічних гуртках стає все складніше заохотити дітей до навчання. Щоб ми не втратили цей інтерес, викладачі продумують різні напрямки гурткової роботи, серед них ті, які пов'язані з авіацією, космонавтикою, Всесвітом. Це гуртки: астрономічні, авіамоделльні, ракетомодельні, вільно літаючої техніки і, звичайно, комп'ютерних технологій.

Керівники гуртків запроваджують цікаві й незвичні форми проведення занять, застосовують в навчальному процесі новітні технології, залучають учнів до участі в конкурсах та змаганнях, під час проведення яких ми можемо проявити свої лідерські та організаторські здібності, показати свої знання та вміння, а, за можливості, й отримати винагороду за свою сумлінну працю – диплом, путівку в табір, в астрономічну школу, на форум УМАКО «Сузір'я», на Всеукраїнський колоквиум «Космос. Людина. Духовність», Міжрегіональну конференцію «Астрономія і сьогодні», Міжнародну конференцію

«КАММАК», можливість розповісти про нашу роботу по обласному радіо чи телебаченню.

Існують різні форми роботи на заняттях.

Найnudнішою для школярів є лекція, коли вчитель просто розповідає матеріал. Дуже мала частина викладачів вдається до такого методу – через те, що учням нецікаво, результат їхньої роботи та роботи вчителя низький.

Більш продуктивний метод – це інтерактивна робота, коли вчитель пояснює матеріал, після чого учень повинен показати, як добре він його засвоїв та отримати оцінку своїх знань. За такого способу викладання школяр одразу може збагнути, що саме він не зрозумів з озвученого матеріалу; знає, що йому потрібно повторити, аби підвищити свій рівень. Проте, такий метод викладання також не дуже ефективний, але в школах, зазвичай, тільки ці два й використовуються.

У позашкільних навчальних закладах педагог має більшу свободу у виборі методів викладання: по-перше, в групі на заняттях менше учнів, ніж в класі на уроках; по-друге, тут керівник користується у учнів більшою довірою, ніж шкільний вчитель.

Саме тому школярам цікаво займатися в позашкільних гуртках: тут проводяться ігри, змагання, учням завжди приділяють достатньо уваги, їх не змушують писати контрольні роботи [1].

### **Місце астрономія у навчально – виховному процесі та у формуванні наукових поглядів і технічних здібностей учнів**

Технічна творчість – це не лише творчі виявлення фантазії, це й захоплення точними науками, такими, наприклад, як астрономія.

Астрономія виникла з практичних потреб людини: необхідності лічби часу, передбачень сезонних явищ, визначення місця знаходження.

Вона і сьогодні має велике практичне і теоретичне значення для орієнтування у просторі і в часі, освоєння космічного простору, розвитку народного господарства, розвитку інших наук.

Наприклад, без врахування географічних координат і точного часу не могла б діяти GPS-навігація, розвиватися геодезія та картографія, здійснюватися польоти літаків та космічних апаратів. Створення календаря стало можливим завдяки вивченню видимих рухів Сонця та Місяця.



Рис.1. Форми проведення занять з учнями та їх мотивація

Початкові відомості з астрономії ми отримуємо в молодших класах, потім ці знання поповнюються на уроках географії, фізики, математики, інформатики, хімії, біології, історії і, нарешті, на уроках астрономії.

#### **Актуальність роботи астрономічного гуртка позашкільного закладу**

У рішенні колегії Міністерства освіти і науки України від 25.06.2009 р. №7/3-2 вказано на необхідність: «...забезпечити практичне спрямування вивчення астрономічних явищ, з якими людина зустрічається у повсякденному житті, з метою формування мотивації до навчання урізноманітнювати форми позакласної роботи з астрономії».

*«...Потребує системності та наступності позакласна робота з астрономії. Доцільно проводити заходи щодо популяризації астрономічних знань, зокрема, організовувати наукові конференції, астрономічні вечори, відвідування лекторіїв та проведення екскурсій» [2].*

У Вінницькому ОЦТТУМ ці вказівки МОН України повністю виконуються та, на жаль, через цілий ряд причин в багатьох позашкільних навчальних закладах України не передбачена робота астрономічних гуртків.

#### **Метою роботи астрономічного гуртка є:**

Формувати інтерес до вивчення природничих дисциплін, формувати науковий світогляд учнів, розвивати їхні здібності та бажання здобувати нові знання та вміння на уроках, у позаурочний



час, під час масових заходів астрономічного гуртка, заповнити вільний вечірній час підлітків астрономічними спостереженнями, науковими дискусіями, підготовкою та проведенням вікторин, брейн-рингів, диспутів, інтелект-шоу на астрономічну, астрофізичну та космічну тематики.

Астрономічна складова в позашкільному навчанні вирішує питання:

- особистісно зорієнтованого навчання та виховання,
- раціонального використання учнями вільного часу,
- розвитку міжпредметних зв'язків астрономії з іншими науками,
- системності та послідовності у вивченні предмету,
- формування вмій і навичок самостійної практичної роботи,
- набуття навиків написання науково-дослідницьких робіт,
- вивчення місцевих звичаїв і традицій пов'язаних з певним розташуванням небесних тіл, а це сприяє національно-патріотичному вихованню гуртківців;
- формування наукового світогляду учнів,
- індивідуальної, профорієнтаційної та превентивної роботи.

#### **Завдання і зміст гурткової роботи з астрономії:**

Астрономія – одна з небагатьох наук, де досі є завдання, в наукове вирішення яких свій посильний внесок можуть зробити школярі. Це, насамперед, астрономічні спостереження.

#### **Форми роботи гуртка:** групові, індивідуальні, масові.

Керівник гуртка здійснює диференційований підхід до кожного юного астронома. Він залежить від вподобань, знань, вмій, навичок та віросповідань учнів. Кожне заняття включає теоретичний матеріал і практичну роботу.

В практиці занять юних астрономів є такі форми роботи, як нічні спостереження, літні школи, експедиції. Керівник гуртка проводить з вихованцями не тільки дні, але й вечори, де й створюються для нас особливі умови для довірливого спілкування. Це дуже важливо у наш кризовий час, коли батьки не завжди приділяють достатньо часу спілкуванню з дітьми; коли з року в рік зростає відсоток дітей, які виховуються одним із батьків або ж бабусею, чи бабусею з дідусем, а батьки знаходяться в зоні АТО чи на заробітках.

Для урізноманітнення занять з учнями проводяться тематичні вечори, брейн-ринги, астрономічно-космічні вікторини та конкурси, олімпіади з астрономії.



Рис. 2. Нестандартні форми занять астрономічного гуртка

**Типи занять:** теоретичні, практичні, комбіновані.

Керівник гуртка, застосовуючи різноманітні форми та методи роботи, залучаючи учнів до виготовлення приладів, моделей, макетів та різних видів наочності з астрономії та космонавтики, розвиває технічне мислення, навички та технічну творчість гуртківців.

**На заняттях використовуємо:** комп'ютери, проектор, телескопи, фотоапарати, карти та атласи зоряного неба, астрономічні таблиці та стенди, апарат для гри в брейн-ринг та інше.

Особливо доречними для нас є подарунки від астрономів – випускників

Рис. 3. Випускник Вінницького ОЦТТУМ та технічного відділення Малої Академії Наук 2013 року, багаторазовий переможець обласних і Всеукраїнських



конкурсів **Драгомирик Денис** зробив своїм послідовникам щедрий подарунок – телескоп **CELESTRON 127 IQ**.

Рис. 4. Переможці Всеукраїнських астрономічних олімпіад Сенченко Олеся та Мусійчук Олена - наші випускниці. Нині вони здобувають фах астронома у КНУ імені Тараса Шевченка.



## Екскурс в історію роботи астрономічного гуртка Вінницького ОЦТТУМ

Успіхам юних астрономів Вінниччини сприяли талановиті керівники закладу, а серед них особливо ті, хто вели ще й роботу астрономічних гуртків:

Гороль Петро Каленикович (1966-1969рр.) – кандидат педагогічних наук. Написана ним книга: «Позакласна робота з астрономії. Посібник для вчителів» до цього часу використовується учителями та учнями [3].

Серед усіх керівників обласного технічного позашкільля - найдовше очолював заклад Грушко Михайло Леонтійович (1986-2003рр.), саме він був директором ОЦТТУМ 17 років, частину з яких ще й керівником гуртка юних астрономів! В значній мірі завдяки технічним новаціям Михайла Леонтійовича у 1991 році на Виставці досягнень народного господарства (ВДНГ) СРСР юні техніки Вінниччини завоювали аж 36 медалей [4].



Рис 5. М.Л. Грушко у 1990 р. був запрошений на ВДНГ у Москву, представляти кращі технічні моделі, виготовлені умільцями закладу.

Рис. 6. Герштун Парасковія Григорівна – патріарх технічної творчості Вінниччини

50 років пропрацювала вона у Вінницькому ОЦТТУМ. Саме у Вінниці їй вдалось на повну розкрити свій потенціал у педагогіці.

Вона працювала методистом у Вінницькому фізико-технічному інституті. Потім завідуючою відділом, а згодом Парасковія Григорівна стала директором Вінницької обласної станції юних техніків, або, як тепер називають, Вінницького обласного центру технічної творчості учнівської молоді.

На цій посаді працювала з 1976 до 1986 р. та ще й викладала астрономію. Згодом вона навчала гуртківців технічному



моделюванню. Паралельно з цим викладала у педучилищі, допомагаючи майбутнім педагогам оволодіти спеціальністю «організатор технічної творчості».

Вона написала навчальні посібники з технічного моделювання, де пропонує педагогам власну методику проведення навчання.

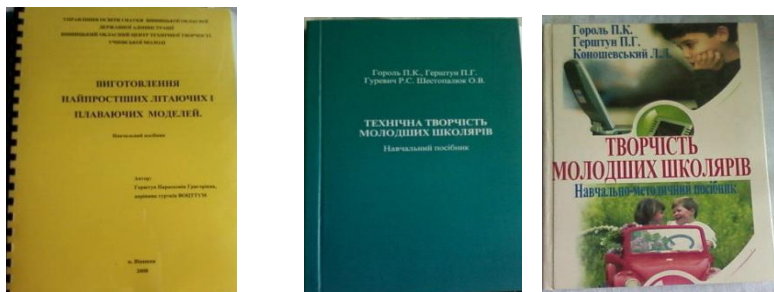


Рис.7. Ці видання схвалено Міністерством освіти і науки України!

### Колоквіум «Космос. Людина. Духовність» - шлях до успіху

У цих же колоквіумах перші місця зайняли й інші учасники з Вінницького ОЦТТУМ:



Вінницького ОЦТТУМ: а) Тимчій Таня, Рогозін Дмитро, б) Титко Коля і Ткачук Андрій (2007 р. II справа). Рис. 8. Францева Катя (на обох знімках II ліворуч) двічі займала перші місця у Всеукраїнських колоквіумах у 2005 та у 2007 роках.



а)



б)

Рис.9. Переможці колоквиумів та III етапу захисту науково-дослідницьких робіт МАН: Францева Катерина (I праворуч, випусниця 2008 р) та Рогозін Дмитро (другий праворуч, випусник 2007 р.) з керівником астрономічного гуртка Почапською Н.І. та експрезидентом України Л.Д.Кучмою.

Дмитро та Катя вже закінчили КНУ ім. Т. Шевченка, здобули спеціальність «Астрофізик», а зараз здобувають звання науковців-астрономів в аспірантурах Німеччини та Нідерландів.

**Катя Францева – астроном у III поколінні.** Це приклад того, що справа її бабусі Парасковії Григорівни, її батька Францева Валерія Васильовича – керівника гуртка повітряних зміїв, у надійних руках. Свідчення того, що астрономічну справу батьків та бабусь продовжують їхні діти та онуки.

### **Це ж я можу сказати і про мою астрономічну родину**

25 років тому, в листопаді 1991 року у м. Дніпропетровськ, за підтримки керівництва Південного машинобудівного заводу, було створено Українське молодіжне аерокосмічне об'єднання (УМАКО) «Сузір'я».



Рис.10. Ветерани астрономічної, авіаційної та космічної галузей – наставники юних сузір'івців

Вихованці Вінницького ОЦТТУМ навчалися в заочній астрономічній школі «Сузір'я», перемагали у Всеукраїнських сузір'ївських конкурсах «Мирний космос», «Космічні фантазії», «Зоряний шлях», брали участь у Міжнародному молодіжному аерокосмічному фестивалі «Сузір'я-Артект».

Найперші та найактивніші астрономи – сузір'івці: Анатолій Довгань, Ігор Солоненко, Олександр Кучерук та Олена Почапська



Рис.11. Чотирьох разова переможниця Всеукраїнських конкурсів УМАКО «Сузір'я», випускниця заочної астрономічної школи Олена Почапська в NASA під час Міжнародної аерокосмічної конференції у США, штат Флорида.

### **Щорічний Всеукраїнський осінній колоквіум школярів «Космос. Людина. Духовність».**

Він розпочав свою роботу восени 1997 року в м. Ужгород.



Рис. 12. Учасники I Всеукраїнського осіннього колоквіуму школярів «Космос. Людина. Духовність». В центрі стоять юні астрономи Вінниччини – Олена Почапська та Іван Мокрецов.

З того часу Всеукраїнський осінній колоквіум школярів «Космос. Людина. Духовність» став шаблем до успіху для юних астрономів Вінниччини та й усієї України.

Це завдяки його організаторам, прискіпливому та справедливому журі, адміністрації Українського державного центру позашкільної освіти та науковим керівникам учнівських робіт.

Наші успіхи у цьому Всеукраїнському форумі стали підґрунтям для відкриття при Вінницькому регіональному відділенні Малої Академії Наук України секції «Астрономія». Очолила її Почапська Н. І.

### **Астрономічні конференції «КАММАК» та «Астрономія і сьогодні» у Вінницькому державному педагогічному університеті**

Починаючи з 1999 р. у ВДПУ раз на три роки проводиться Міжнародна конференція «КАММАК» (комети, астероїди, метеори, метеорити, астроблеми, кратери).



Конференція присвячена вивченню ударно-вибухових геоструктур та проблемам взаємодії між планетами [5]. У ній беруть участь відомі



вчені з усього світу. Я також була учасницею конференції КАММАК-2014, мала можливість спілкуватися з вченими світового рівня та дізнатися багато нового і цікавого.



Рис. 13. Учасники конференції КАММАК-2014 разом з юними астрономами гуртка досліджують Іллінецьку астроблему (автор роботи в центрі)

### «АСТРОНОМІЯ І СЬОГОДЕННЯ»

З 2012 року у ВДПУ щорічно проводиться Міжрегіональна науково-практична конференція «Астрономія і сьогодення». Конференція присвячена Всесвітньому Дню Космонавтики, який відзначається 12 квітня.

У ній беруть участь гуртківці астрономічного гуртка ОЦТТУМ, студенти та науковці українських університетів.

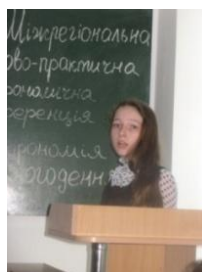


Рис. 14. 12 квітня 2016 року учасники V Міжрегіональної науково-практичної конференції «Астрономія і сьогодення» у ВДПУ. Праворуч - автор роботи.

Для юних астрономів ця конференція – своєрідний науково-випробувальний та профорієнтаційний майданчик.

### **Вінницький планетарій — осередок пропаганди астрономічних знань**

Наш гурток - центр астрономічної та аерокосмічної освіти учнівської молоді та кузня кадрів для цих галузей.



Рис. 15. 4 вересня 2015р. Вінницький планетарій – відзначив 50-річний ювілей з дня початку своєї роботи.

Саме тут лектором більше 15 років працювала моя бабуся Надія Почапська та, певний час, моя мама Олена Почапська.

На свято завітало багато гостей, а серед них і перший космонавт незалежної України Леонід Каденюк.



Рис. 16. На зустріч з Героєм України я запросила мого брата – юного астронома ОЦТТУМ та наших друзів.

Мої рідні залучали мене до вивчення зоряної науки ще з раннього дитинства — тепер я залучаю друзів.

### **Щорічні літні астрономічні школи МАН України та навчання в них наших гуртківців**

Вони працюють з 2010 року. У літній астрономічній школі МАН України навчалися наші гуртківці: Дробата Тетяна, Богданов Дмитро, Сидорук Олег, Сенченко Олеся, Сидорук Вікторія, Міхалін Владислав. Вони наші успішні випускники.

Як не дивно, але мені дуже пощастило: у 2010 році я брала участь в роботі Першої літньої астрономічної школи, яка працювала у Кримській астрономічній обсерваторії. І все це завдяки моїй бабусі, яка супроводжувала туди свою ученицю, переможницю Всеукраїнського колоквиуму та конкурсу МАН Дробату Тетяну та проводила для учнів цієї школи курс астрономічних занять.





Рис. 17. Учасники І Всеукраїнської літньої астрономічної школи на екскурсії до Національного космічного центру України в Криму. Дуже шкода, що Крим є анексованим, а його територія тимчасово окупованою.

Рис. 18. Мене здивував вигляд та розмір радянського комп'ютера, за допомогою якого науковці керували космічними польотами.



### «Сузір'я» – авіаційно-космічна, патріотична та астрономічна школа

В грудні 2016 р. юні астрономи Вінниччини брали участь у Всеукраїнському форумі «Україна космічна», який проводило Українське молодіжне аерокосмічне об'єднання «Сузір'я» у Києві.

Захід було організовано УМАКО «Сузір'я» в честь 25-річчя його заснування та за підтримки Міністерства молоді і спорту України у співпраці з Департаментом освіти і науки, молоді та спорту Київської міської державної адміністрації.



Рис.19. Яскравою подією заходу стала зустріч з першим космонавтом незалежної України - Леонідом Каденюком.



Приємною несподіванкою

для нас було нагородження дипломами УМАКО «Сузір'я» юних вінницьких астрономів, переможців обласного конкурсу «Космос. Людина. Духовність» Бродзя Олексія та Олицького Івана.



Рис. 20. Почесною грамотою і медалью «Сузір'я»: «За вагомий внесок у здійснення аерокосмічної освіти України» нагородили нашого керівника Почапську Н.І.

### Реалізація проекту

Створений мною проект та його електронна презентація можуть використовуватись як приклад на відповідну науково патріотичну тематику, адже педагоги та учні, про яких я розповіла у проекті, є прикладом для наслідування багатьом поколінням.

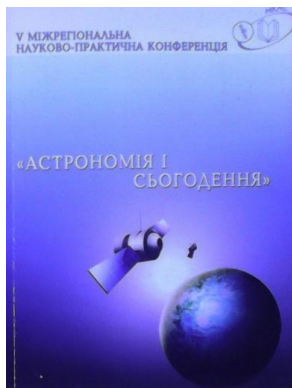


Рис. 21. Праці юних астрономів щорічно публікуються у збірнику Міжрегіональної науково-практичної конференції «АСТРОНОМІЯ І СЬОГОДЕННЯ».

**Ровеснику, космонавтом можеш ти не стати,  
але гарним фахівцем маєш бути!**

У цьому тобі допоможуть заняття в гуртках технічної творчості. Це не пусті слова. Я всіма можливими способами намагаюсь залучати своїх друзів до технічної творчості.



Рис. 22. 13 січня 2017р. з розповіддю про наш гурток та ОЦТТУМ юні астрономи виступали по обласному радіо Вінтера у програмі «А ми такі».

Я неодноразово виступала зі своїми проектами у школі на виховній годині. На загальній раді лідерів-ліцеїстів я запропонувала для учнів нашого ліцею проводити щорічні екскурсії до

Вінницького центру технічної творчості, до ВДПУ та ВНТУ.



Рис.23. 9 травня 2016 року я спостерігала проходження Меркурія по диску Сонця. Наступне таке явище відбудеться 17 листопада 2019 року. Про це я теж розповіла однокласникам та друзям.

Ось, власне, саме так я реалізую мої напрацювання.

### **Технічна творчість для учнів – щабель до успіху**

Всі випускники астрономічного гуртка ОЦТТУМ вступають до ВНЗ на державне замовлення. Більшість з них обирають астрономічний, фізичний, інженерно-технічний напрямки, здобувають професії пов'язані з інформаційно-технічними та іншими креативними технологіями.

Отже, астрономічна складова у системі позашкільного навчання у Вінницькому ОЦТТУМ реалізовується повноцінно, в її реалізації нам допомагають державні та громадські освітні організації.

Щорічно ОЦТТУМ у Вінницькому краєзнавчому музеї проводить обласну виставку – конкурс творчих учнівських робіт: «Наш пошук і творчість – тобі, Україно!»

### **Що нам дає технічна творчість?**

Сьогодні технічна творчість користується все більшою популярністю серед молоді.

Підтвердженням цього є активна участь гуртківців у конкурсах: міських, обласних, всеукраїнських; в щорічних виставках та в багатьох інших інтелектуальних і суспільно-корисних заходах.

Астрономія – це не просто моє захоплення. Це наука, яка відкриває для нас нові перспективи.

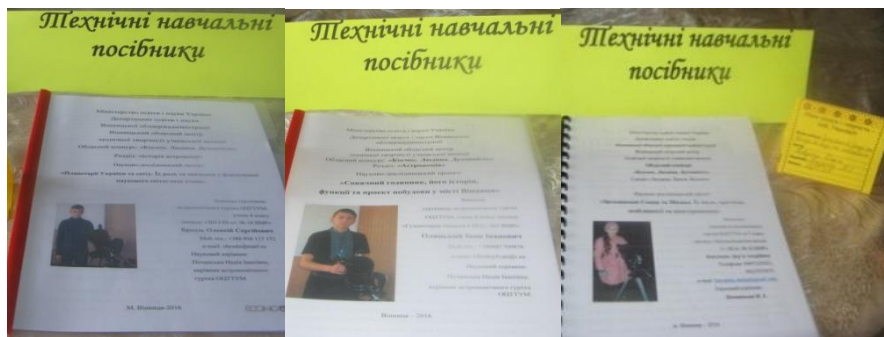


Рис. 24. В ній юні астрономи також беруть участь та здобувають перемоги

Заняття в позашкільних гуртках дають кожному з нас змогу розвиватись як особистості, допомагають знайти друзів, однодумців та, власне, розвиваються у підлітків комунікативні здібності [1].



Рис. 25. Перед людиною, яка займається технічною творчістю, відкривається багато перспектив, а це стимулює впевненість в собі та прагнення досягти ще вищих висот.

Вважаю, що технічна творчість – це шлях до успіху, шлях, що відкриває перед нами нові горизонти та розвиває наші нові здібності, надає нам нові перспективи та нові можливості.

Технічна творчість – найкраще вирішення проблеми, яка виникає, коли дитині нічим заповнити свій вільний час. Ми, юні астрономи, не просто задовольняємо свої інтереси, займаючись у гуртку, ми досягаємо певних успіхів та визнання. Хороших знань замало, для досягнення лідерських висот, в першу чергу потрібно бути людиною.

Життєве кредо, яке передає нам керівник астрономічного гуртка:

«Астрономом можеш ти не бути, та ЛЮДИНОЮ  
бути ЗОБОВ'ЯЗАНИЙ!»

## Список літератури

1. Столяров Ю. С. Техническое творчество школьников: педагогіка / Ю. С. Столяров Техническое творчество школьников: - М.: Педагогіка, 1989. – 217 с.

2. Аналітичний звіт за результатами моніторингового дослідження щодо формування в учнів 5-х та 11-х класів загальноосвітніх навчальних закладі світоглядних і загальнокультурних уявлень про небесні тіла та Всесвіт у цілому. Київ, 2009. (Електронний ресурс): <http://nadoest.com/zvit-za-rezuletatami-monitoringovogo-doslidjennya-shodo-formuv>

3. Гороль П. К. Позакласна робота з астрономії. Посібник для вчителів / П.К. Гороль. – К. : Радянська школа, 1983. – 80 с.

4. Гороль П.К. Творчість юних умільців / П.К. Гороль, О. В. Шестоपालук, В. О. Подоляк, М Л Грушко. – Вінниця : Континет-Прим, 2000. – 144 с.

5. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Іллінецький\\_кратер](https://uk.wikipedia.org/wiki/Іллінецький_кратер)

Розповідається про значення вивчення астрономії у позашкільних навчальних закладах, наступність та послідовність у роботі, історію астрономічного гуртка Вінницького обласного центру технічної творчості учнівської молоді.

**Ключові слова:** обласний центр технічної творчості учнівської молоді, Всеукраїнський колоквиум «Космос. Людина. Духовність», конференції "КАММАК" та "Астрономія і сьогодення"

ASTRONOMICAL COMPONENT IN EXTRACURRICULAR EDUCATIONAL SYSTEM

### **Dariya Kavunets**

The article deals with the importance of studying astronomy in extracurricular educational institutions, continuity and consistency in work, the history of the Astronomical circle of the Vinnitsa regional center of technical creativity of pupils.

**Keywords:** training in Vinnitsa regional center of technical creativity of pupils, All-Ukrainian colloquium “Cosmos (Open Space). Human. Spirituality”, conferences “КАММАК” and “Astronomy and present”

## ДАНІ ПРО АВТОРІВ

**Бачинська Софія Анатоліївна** – здобувач першого рівня вищої освіти, 4 курс, спеціальність Фізика, ВДПУ ім. М. Коцюбинського

**Бескин Григорій Мейерович** - доктор физ.-мат. наук, Специальная Астрофизическая Обсерватория Российской Академии Наук

**Бойко Вікторія Володимирівна** - здобувач першого рівня вищої освіти, 3 курс, спеціальність Математика, ВДПУ ім. М. Коцюбинського

**Бродзь Олексій Сергійович** – гуртківець астрономічного гуртка ОЦТТУМ, учень 7 класу закладу «ЗШ I – III ст. № 10 ВМР»; м. Вінниця, вул. Стахурського, 22

**Бронза Семен Давидович** - канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри вищої математики Українського державного університету залізничного транспорту

**Ваколюк Ганна Андріївна** – здобувач першого рівня вищої освіти, 3 курс, спеціальність Математика, ВДПУ ім. М. Коцюбинського

**Валевська Крістіна Анатоліївна** - здобувач першого рівня вищої освіти, 1 курс, спеціальність 111 Математика, ВДПУ ім. М. Коцюбинського

**Відьмаченко Анатолій Петрович** – д.ф.-м.н, професор, зав. відділом фізики планетних систем, Головна астрономічна обсерваторія НАН України

**Гладько Тетяна Володимирівна** - здобувач першого рівня вищої освіти, 3 курс, спеціальність Фізика, ВДПУ ім. М. Коцюбинського

**Граняк Валерій Федорович**, - кандидат технічних наук, старший викладач Вінницького національного технічного університету, Вінниця, 21021, вул. Хмельницьке шосе, 95.

**Грищенко Геннадій Опанасович** - завідувач кафедри експериментальної і теоретичної фізики та астрономії Фізико-математичного факультету Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова; професор, кандидат фізико-математичних наук.

**Грудинин Борис Александрович** - к.пед.н., доцент кафедри фізико-математического образования и информатики Глуховского национального педагогического университета им. А. Довженко.

**Дашківсв Григорій Миколайович** – к.т.н., ст.н.с., Головна астрономічна обсерваторія НАН України

**Думенко Вікторія Петрівна** – к.т.н., ст. викладач,  
ВДПУ ім. М. Коцюбинського

**Жупанова Ольга Сергіївна**

здобувач першого рівня вищої освіти, 2 курс, спеціальність  
Математика, ВДПУ ім. М. Коцюбинського

**Ігнатко Віта Василівна** - здобувач першого рівня вищої освіти, 2  
курс, спеціальність Математика, ВДПУ ім. М. Коцюбинського

**Кавунець Дар'я Андріївна** – гуртківець астрономічного гуртка  
ОЦТТУМ, учениця 7 класу закладу «ЗШ I – III ст. № 10 ВМР»; м.  
Вінниця, вул. Стахурського, 22

**Кириленко Олена Іванівна** – к.пед.н., ст. викл. кафедри  
експериментальної і теоретичної фізики та астрономії Фізико-  
математичного факультету Національного педагогічного університету  
імені М.П. Драгоманова

**Коломієць Ярослав Валерійович** – здобувач першого рівня вищої  
освіти, 4 курс, спеціальність Фізика, ВДПУ ім. М. Коцюбинського

**Колотилов Николай Николаевич** - доктор-фізико-математических  
наук, стар-ший научный сотрудник отдела Физики планетных систем  
Главной астрономической обсерватории Национальной академии наук  
Украины.

**Котвицький Альберт Тадеушевич** - канд. фіз.-мат. наук, доцент  
кафедри теоретичної фізики імені І.М. Ліфшиця Харківського  
національного університету імені В.Н. Каразіна

**Криводубський Валерій Никифорович** - д.ф.-м.н., провідний  
інженер Астрономічної обсерваторії Київського національного  
університету імені Тараса Шевченка

**Клещонок Валерій Володимирович** - кандидат фіз.-мат. наук,  
старший науковий співробітник, завідувач сектора Астрономічної  
обсерваторії Київського Національного університету імені Тараса  
Шевченка, Київ 04053, Україна, вул. Обсерваторна, 3

**Коваленко Наталія Сергіївна** – кандидат фіз.-мат наук, м.н.с.,  
Астрономічна обсерваторія Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

**Крот Іван Леонідович** – здобувач першого рівня вищої освіти,  
4 курс, спеціальність Фізика, ВДПУ ім. М. Коцюбинського

**Кручиненко Віталій Григорьевич** - доктор фізико-математических  
наук, профессор, астрофизик, Астрономическая обсерватория  
Киевского национального университета имени Тараса Шевченко

**Кузьминський Олександр Володимирович** - асистент кафедри фізики і методики навчання фізики, астрономії, ВДПУ ім. М. Коцюбинського

**Куліш Катерина Вікторівна** – учениця астрономічного гуртка ОЦТТУМ та 10 класу Комунального навчального закладу "Загальноосвітня школа I-III ступенів №5 Козятинської міської ради Вінницької області"

**Люльченко Владислава Богданівна** - здобувач другого рівня вищої освіти, 1 курс, спеціальність Фізика Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова

**Мельник Анастасія Костянтинівна**, - здобувач першого рівня вищої освіти, 2 курс, спец. Математика, ВДПУ ім. М. Коцюбинського

**Мозгова Альона Михайлівна** - викладач кафедри експериментальної та теоретичної фізики і астрономії фізико-математичного Інституту НПУ ім. М.П. Драгоманова, інженер I категорії сектору астрометрії та малих тіл Сонячної системи Астрономічної обсерваторії КНУ імені Тараса Шевченка

**Мозговий Олександр Васильович** – к.т.н., доцент, заступник з навчальної роботи – перший заступник декана ФМФТ, ВДПУ ім. М. Коцюбинського

**Неводовский Петр Викторович** - к.ф.-м.н., с.н.с. Главной астрономической обсерватории НАН Украины

**Нерушенко Ксенія Юріївна** - здобувач першого рівня вищої освіти, 4 курс будівельного факультету Українського державного університету залізничного транспорту

**Олицький Іван Іванович** - гуртківець астрономічного гуртка ОЦТТУМ, учень 9 класу закладу "Гуманітарна гімназія №1 ім. М. І. Пирогова Вінницької міської ради"

**Олицька Маргарита Іванівна**, - учениця астрономічного гуртка ОЦТТУМ та 5 класу Комунального закладу «Гуманітарна гімназія I-III ст. №1 ВМР імені М. Пирогова»

**Олішевська Юлія Вікторівна** - здобувач першого рівня вищої освіти, 3 курс, спеціальність Фізика, ВДПУ ім. М. Коцюбинського

**Пономаренко Василь Олександрович** - к.ф.-м.н., Київський національний університет імені Тараса Шевченка

**Поліщук Дарія Сергіївна** - здобувач першого рівня вищої освіти, 1 курс, спеціальність Фізика, ВДПУ ім. М. Коцюбинського

**Птіцина Інна Ігорівна** - дійсний член Київського відділення МАН, учениця 11 класу гімназії «Діалог», м. Київ



**Рабинчук Яна Олександрівна** - здобувач першого рівня вищої освіти, 1 курс Вінницький транспортний коледж, м. Вінниця

**Романюк Ярослав Орестович** - кандидат технических наук, с.н.с. Главной астрономической обсерватории НАН Украины

**Семенюк Дарина Сергіївна** - здобувач першого рівня вищої освіти, 1 курс, спеціальність Фізика, ВДПУ ім. М. Коцюбинського

**Сімон Андрій Олександрович** - заслужений вчитель України, інженер II категорії кафедри астрономії та фізики космосу Фізичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 03022, Київ, Україна, вул. Глушкова 2

**Степахно Ірина Василівна** – к.ф.-м.н., доцент, Міжрегіональної Академії Управління персоналом, м. Київ

**Стеклов Єгор Андрійович** – здобувач першого рівня вищої освіти, Міжрегіональної Академії Управління персоналом, м. Київ

**Стеклов Олексій Федорович** – к.ф.-м.н., ст.н.с., Головна астрономічна обсерваторія НАН України

**Схабицька Наталія Сергіївна** – здобувач першого рівня вищої освіти, 4 курс, спеціальність Фізика, ВДПУ ім. М. Коцюбинського

**Федченко Ярослав Олегович** - гуртківець астрономічного гуртка ОЦТТУМ, учень 8 класу Комунального закладу «Загальноосвітня школа I – III ст. № 16 ВМР»

**Черниш Вікторія Миколаївна** - здобувач першого рівня вищої освіти, 3 курс, спеціальність Фізика, ВДПУ ім. М. Коцюбинського

**Чубко Лариса Сергеевна** - к.ф.-м.н., с.н.с. Национального Авиационного Университета, г. Киев

**Чурюмов Клим Іванович** – д.ф.-м.н., професор, член-кор. НАН України, Київський національний університет імені Тараса Шевченка

**Шабленко Володимир Юрійович** - здобувач першого рівня вищої освіти, 3 курс фізичного факультету Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна

**Шатківська Вікторія Володимирівна**, - здобувач першого рівня вищої освіти, 2 курс, спеціальність Математика, ВДПУ ім. М. Коцюбинського

**Щебетюк Алла Володимирівна** - здобувач першого рівня вищої освіти, 3 курс, спеціальність Фізика, ВДПУ ім. М. Коцюбинського

ПЕРЕДМОВА	3
<b>НАУКОВА СПАДЩИНА ПРОФЕСОРА КЛИМА ІВАНОВИЧА ЧУРЮМОВА</b>	4
<b>1. Інна Птіціна</b> КЛИМ ЧУРЮМОВ – УКРАЇНСЬКИЙ АСТРОНОМ З КИЄВА ЗІ СВІТОВИМ ІМ'ЯМ	4
<b>2. Віталій Кручиненко, Анатолій Видьмаченко, Алексей Стеклов, Григорий Дашкиев, Лариса Чубко, Ирина Степахно, Егор Стеклов, Петр Неводовский, Ярослав Романюк, Григорий Бескин</b> АСТРОФИЗИК КЛИМ ІВАНОВИЧ ЧУРЮМОВ: ТЕЗИСЫ ЖИЗНИ И ТВОРЧЕСТВА	23
<b>3. Віталій Кручиненко, Анатолій Видьмаченко, Алексей Стеклов, Григорий Дашкиев, Лариса Чубко, Ирина Степахно, Егор Стеклов, Петр Неводовский, Ярослав Романюк, Григорий Бескин</b> ЕДИНАЯ СЕТЬ ЧУРЮМОВА. ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ. СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИИ	35
<b>4. Віталій Кручиненко, Алексей Стеклов, Анатолій Видьмаченко, Григорий Дашкиев, Лариса Чубко, Ирина Степахно, Егор Стеклов</b> СТАНДАРТЫ ЧУРЮМОВА – КРУЧИНЕНКО В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЛУЖБ НАЗЕМНОГО АЭРОКОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА	46
<b>5. Віталій Кручиненко, Алексей Стеклов, Анатолій Видьмаченко, Григорий Дашкиев, Лариса Чубко, Ирина Степахно, Егор Стеклов</b> ПЛАНЕТАРНАЯ ЗАЩИТА И ВНЕЗЕМНЫЕ РЕСУРСЫ КАК ДВЕ ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ КЛИМА ЧУРЮМОВА.	53
<b>6. Алексей Стеклов, Николай Колотилов, Віталій Кручиненко, Анатолій Видьмаченко, Григорий Дашкиев, Борис Грудинин, Егор Стеклов</b> ПЛАНЕТАРНАЯ ЗАЩИТА, БИОРЕСУРСЫ И СИМБИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В НАУЧНОМ НАСЛЕДИИ КЛИМА ІВАНОВИЧА ЧУРЮМОВА	61

<b>7. Борис Грудинин, Віталій Кручиненко, Алексєй Стеклов, Анатолій Видьмаченко, Григорій Дашкнєв, Егор Стеклов</b> МОНІТОРИНГ КОСМІЧЕСКИХ ВТОРЖЕНІЙ: ІСТОРИЧЕСКИЙ АСПЕКТ	68
<b>8. Олексій Бродзь</b> ТЕЛЕСКОП «ХАББЛ» ТА ЙОГО ВІДКРИТТЯ	78
<b>9. Вікторія Бойко, Вікторія Думенко</b> ЕКЗОПЛАНЕТИ: ІСТОРІЯ ВІДКРИТТЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ	92
<b>10. Вікторія Черниш, Вікторія Думенко</b> СПОСТЕРЕЖЕННЯ МІСЯЦЯ: ІСТОРІЯ, РІДКІСНІ ЯВИЩА	104
<b>11. Ярослав Федченко</b> ОСОБЛИВОСТІ РОЗТАШУВАНЬ ТА СПОСТЕРЕЖЕНЬ ПЛАНЕТ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ	109
<b>12. Олена Кириленко, Владислава Люльченко</b> ФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗІР	121
<b>13. Крістіна Валецька</b> СУЧАСНІ ЗНАННЯ КОСМОСУ	124
<b>14. Дарія Полішук</b> ЯК З'ЯВЛЯЮТЬСЯ БЛУКАЮЧІ ПЛАНЕТИ?	134
<b>СТАН СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОСМОСУ</b>	136
<b>15. Валерій Криводубський</b> МОДЕЛЬ АЛЬФА-ОМЕГА ДИНАМО І ПРОГНОЗУВАННЯ МАГНІТНИХ ЦИКЛІВ СОНЦЯ	136
<b>16. Василь Пономаренко, Андрій Сімон, Клим Чурюмов, Валерій Клецонок</b> СПЕКТРАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГАЗОПИЛОВИХ АТМОСФЕР КОМЕТ C/2014 Q2 (LOVEJOY), C/2013 US10 (CATALINA) ТА C/2015 V2 (JOHNSON)	141
<b>17. Василь Пономаренко, Валерій Граняк, Клим Чурюмов</b> ТЕМПЕРАТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТА ВИЯВЛЕННЯ ЛЮМІНЕСЦЕНТНОГО КОНТИНУУМА В КОМІ КОМЕТ	142
<b>18. Альона Мозгова, Ваколюк Ганна</b> МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ МЕТЕОРИВ	145
<b>19. Наталія Коваленко</b> АСТЕРОЇДНО-КОМЕТНО-МЕТЕРОЇДНА ЗАГРОЗА ДЛЯ ЗЕМЛІ: НЕБЕЗПЕКА ВІД ОБ'ЄКТІВ РІЗНИХ СІМЕЙСТВ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ОРБИТАЛЬНОЇ ЕВОЛЮЦІЇ	149

<b>20. Катерина Куліш</b> КОЛОНІЗАЦІЯ МАРСУ	158
<b>21. Олександр Мозговий, Семенюк Дарина, Ярослав Коломієць</b> ПРОБЛЕМА КОСМІЧНОГО СМІТТЯ	171
<b>22. Яна Рабинчук</b> СОНЯЧНИЙ ГОДИННИК В ЛАНДШАФТНОМУ ДИЗАЙНІ	177
<b>23. Анастасія Мельник, Вікторія Шатківська, Вікторія Думенко</b> ГРАВІТАЦІЯ ТА АНТИГРАВІТАЦІЯ У КОСМІЧНОМУ ПРОСТОРИ	189
<b>24. Альберт Котвицький, Семен Бронза,</b> <b>Володимир Шабленко, Ксенія Нерушенко</b> МАТЕМАТИЧНИЙ ЗМІСТ КІЛЬЦЯ ЕЙНШТЕЙНА ТА УМОВИ ЙОГО ВИНИКНЕННЯ. ДОСЛІДЖЕННЯ УЗАГАЛЬНЕНИХ УМОВ	198
<b>25. Маргарита Олицька, Іван Олицький</b> ОЗОНОВИЙ ШАР ЗЕМЛІ КРИЧИТЬ SOS	213
<b>26. Тетяна Гладько, Алла Щебетюк, Юлія Олішевська</b> ВИВЧЕННЯ ПОВЕРХНІ МІСЯЦЯ ЗА ФОТОЗНІМ-КАМИ ТА ОТОТОЖНЕННЯ ЇЇ З МАПОЮ МІСЯЦЯ	228
<b>27. Софія Бачинська, Іван Крот, Наталія Схабицька</b> ОЗНАКИ СОНЦЯ ЯК ПЛАНЕТИ	235
<b>МЕТОДИКА НАВЧАННЯ АСТРОНОМІЇ</b>	239
<b>28. Геннадій Грищенко, Олена Кириленко</b> ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСІВ НА ЛАБОРАТОРНИХ РОБОТАХ З АСТРОФІЗИКИ	239
<b>29. Олександр Кузьминський, Олександр Мозговий</b> ПРАКТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ГОСТРОТИ ЗОРУ ЕКСПЕРИМЕНТАТОРА ПРИ ПРОВЕДЕННІ АСТРОНОМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ	244
<b>30. Віта Ігнатко, Ольга Жупанова, Вікторія Думенко</b> ЗАСТОСУВАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ПЛАНЕТАРІЇВ ТА ОБСЕРВАТОРІЙ ДЛЯ АСТРОНОМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ	249
<b>31. Дар'я Кавунець</b> АСТРОНОМІЧНА СКЛАДОВА У СИСТЕМІ ПОЗАШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ	261
ДАНІ ПРО АВТОРІВ	278

**VI Міжрегіональна науково-практична конференція  
Збірник наукових праць**

Збережено особливості мовного стилю авторів

*Відповідальний за випуск: Мозговий О.В.*

*Дизайн обкладинки: Кузьминський О.В.*

Здано до складання 26.04.2017

Підписано до друку 28.04.2017

Формат 64x90 1/16. Папір офсетний

Гарнітура Times New Roman. Друк цифровий.

Умовн. друк арк. 15

Наклад 60 прим.