

ІСТОРИЧНІ НАДНОВІ ТИПУ Ia ТА ІХ ЗАЛИШКИ

Василь БЕШЛЕЙ¹, Тарас КУЗЬО²

¹ Інститут прикладних проблем механіки і математики
ім. Я.С. Підстригача НАН України
вул. Наукова 3б, Львів 79060

² Львівський національний університет ім. І.Франка
вул. Кирила і Мефодія 8, Львів 79005

Редакція отримала статтю 21 листопада 2013 р.

Історичні записи останніх двох тисячоліть свідчать про спостереження спалахів наднових зір у нашій Галактиці. Досить точні спостереження в країнах Азії, Африки та Європи дали змогу ототожнити шість таких наднових із залишками, які спостерігаються зараз. Протягом цього періоду спостерігалось чотири спалахи наднових типу Ia – наднові 185, 1006 років, а також Тихо Браге (1572) та Кеплера (1604). У статті робота наведено огляд історичних джерел, що містять дані про наднові типу Ia, а також спостережень їх залишків у наш час.

ВСТУП

Дослідження наднових зір сьогодні є однією з актуальних задач не лише в астрофізиці, але й у більш вузьких її відгалуженнях, зокрема: космології, фізиці зір, фізиці нейтрино, а дослідження їх залишків – у астрофізиці високих енергій (прискорення космічних променів).

Надновими вважаються зорі, світність яких несподівано зростає та за декілька діб досягає $(10^8 - 10^{10}) L_{\odot}$. Усі спалахи наднових поділяються на два типи. До типу I відносять об'єкти, у спектрі яких у максимумі їхнього блиску відсутня лінія водню, а тип II – об'єкти з лінією водню в спектрі. Окрім наявності або відсутності лінії водню у спектрі, наднові також характеризуються різними кривими блиску. Зокрема, для наднових I типу криві блиску подібні. Спочатку наростають протягом 15 діб, декілька діб зоря зберігає максимум блиску, після чого він різко зменшується, а відтак плавно спадає. Для наднових II типу криві блиску більш плавні та слугують критерієм поділу наднових на підтипи (IIp, IIl, IIn, IIb). Наднові I типу поділяють на чотири підтипи: Ia, Ib, Ic і Id.

Характерною особливістю наднових типу Ia є досить стабільне значення енергії спалаху, близько $\sim 10^{51}$ ерг. Із огляду на це, наднові типу

Ia вважаються стаціонарними джерелами для дослідження властивостей розширення Всесвіту. Це зумовлено тим, що відома енергія спалаху наднової Ia дає змогу визначати відстань до віддалених галактик, що робить їх “стандартними свічками” для визначення відстані до них. За допомогою сучасних технологій можна спостерігати спалахи наднових у різних галактиках практично кожного дня. Вперше позагалактичну наднову в галактиці Андромеди спостерігав Ернст Гартвід 18 серпня 1885 року. Відтоді спостереження наднових у сусідніх галактиках допомогло здійснити революційне відкриття в астрофізиці та космології – прискорене розширення Всесвіту, за що 2011 р. Сол Перлмуттер разом з Брайаном Шмідтом і Адамом Ріссом отримали Нобелівську премію. Спалах наднової 1987 р. у Великій Магеллановій Хмарі став, поки що, єдиним джерелом спостережуваних нейтрино від спалахів наднових. Нейтрино від цього залишку спостерігали на кількох детекторах нейтрино, зокрема: Bakson, IMB, Kamiokande, LSD [1].

На жаль, від часу відкриття Галілео Галілеєм телескопа у 1609 році, а також спостереження інших астрофізичних приладів (радіо-, рентгенівських, гама-телескопів, детекторів нейтрино) у нашій Галактиці наднові ще не спалахували (окрім наднової Кассіопея А, що спалахнула близько 300 років тому, але за нею не можна було спостерігати). До початку XVII ст. єдиним засобом для спостережень за космічними об’єктами було людське око.

Сьогодні збережені історичні джерела, рукописи допомогли ототожнити лише шість спалахів наднових зір із їх залишками: наднові 185 р. (G315.4-2.3, RCW 86, MSH 14-63), 1006 р. (G327.6+14.6, SN 1006), 1054 р. (Крабоподібна туманність), 1181 р. (130.7+3.1, 3C58, SN 1181), 1572 р. (120.1+1.4, Tycho, 3C10, SN1572) та 1604 р. (4.5+6.8, Kepler, SN1604, 3C358). Як бачимо, остання наднова, про яку збереглися історичні дані, це наднова Кеплера 1604 р. Проте лише чотири наднові: 185 р., 1006 р., 1572 р. та 1604 р. є надновими типу Ia [2, 3]. Дослідженню історичних наднових та їх залишків присвячено монографії [4, 5, 6].

Основними джерелами, в яких описано спостереження усіх історичних наднових, є рукописи з історіями правління деяких імператорів чи королів у Азії (Китай, Японія, Корея). У Китаї, ймовірно, наднові спостерігали задовго до нашої ери. В записах, датованих XIV ст. до н. е., описують спостереження “великої зорі” [5]. Слід зазначити, що нотатки спостережень часто були настільки докладними, що дають змогу відновити інформацію не лише про координати, час і тривалість спалахів наднових, а й їх тип. Це підвищує зацікавленість дослідженням історичних астрономічних подій, в тому числі спалахів наднових. На рис. 1 зображено частину японського манускрипту (том 48) *Мейгетсуки* (“Щоденник повного місяця”), в якому наведено записи про три спостережувані наднові: наднову 1006 р., Крабоподібну туманність і наднову 1181 р.

1. ІСТОРИЧНА НАДНОВА 185 РОКУ ТА ЇЇ ЗАЛИШОК

1.1. Єдина згадка про спостереження наднової 185 року

Як і більшість наднових зір у нашій Галактиці, які спостерігали в Китаї, наднова 185 р. не була винятком. Але, на відміну від своїх наступників, вона стала єдиною надною, яку спостерігали лише в Китаї. Єдину згадку

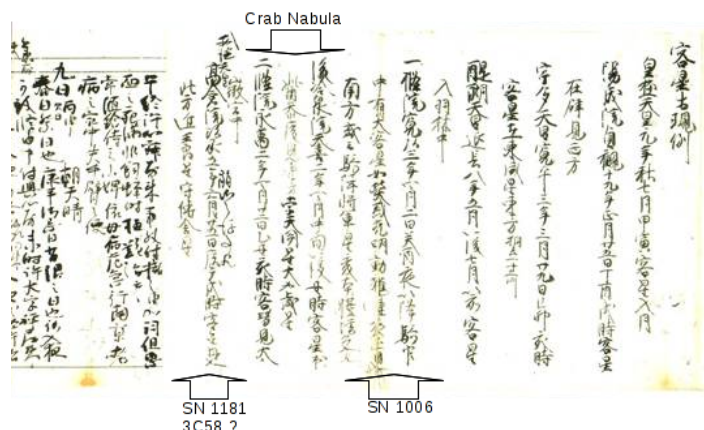


Рис. 1: Частина манускрипту *Мейгетсуки* (“Щоденник повного місяця”) написаний *Фудзіварою Садаї* (1162–1241) [7]

про появу “зорі-гості” у 185 р. описано в підрозділі літопису “*Хау Хан Шу*” – Історія династії Хан від 6 до 189 р.н.е, присвяченому астрономічним спостереженням. Слід зауважити, що основна робота над створенням *Хау Хан Шу* була зроблена лише в V ст., за правління династії *Лю Сун*, – *Фань Єном* (398–445). Для цього використано більш ранні джерела. Проте за його життя праця не була завершена. Більш ніж через півстоліття, *Лю Чжао* додав до тексту *Фань Єна* працю *Сіма Бяо* (між 238 і 246–306), що включала астрономічні літописи. Значна частина праці *Сіма Бяо* містить текст, написаний *Цай Юн* (132–192) і/або *Цяо Чжюю* (201–270). Саме в цьому тексті (глава 22) згадується про “зорю-гостю”. Цю частину китайського манускрипту можна перекласти так:

У день *Гуйгаї*, десятого місяця, другого року періоду правління *Чжонг'їнь*' (що за нашим календарем – 7 грудня 185 р.), в середині астеризми *Нанмен* (Південні ворота) з'явилася “зоря-гостя”. Здавалося, що за розмірами вона була як половина *Ян* (бамбуковий килимок). Її спостережуване зображення містило п'ять кольорів, а також *Хі* (задоволення) і *Ну* (гнів). Вона поступово зменшувалася в розмірі та в яскравості, протягом шести місяців *Гоу Ніан*, вона зникла.

За прикметами – це прогнозувало військові дії (повстання). Протягом шести років (189/190), *Юан Шао*, губернатор столичної області, був покараний та усунений чиновниками середньої ланки. *Ву Куань*' атакував і убив *Гі Мао*, генерала колісниць та кавалерії, а також декілька тисяч людей.

Єдина згадка про цю “зорю-гостю”, а також різні інтерпретації “*Хау Хан Шу*”, зумовили деякі труднощі для дослідників, що породило різні думки стосовно того, чи це справді була наднова зоря. Цю подію стали трактувати трояко, а саме: як спалах наднової [6, 4, 8], комету [22, 20],

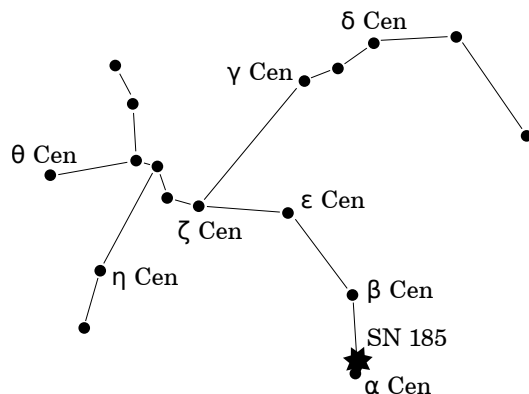


Рис. 2: Розташування надгової 185 року в сузір'ї Кентавра на момент спалаху

а також у 1995 р. в роботі [21] з'явилася гіпотеза, що ця подія є об'єднує дві незалежні події – спалах нової та рух комети P/Swift-Tuttle. В частині тексту, де йдеться про “зорю-гостю”, наведено три китайські поняття, які дозволяють по-різному трактувати сенс події, описаної у ньому.

Перше й, напевне, основне, розмір спостережуваного об'єкта – половина *Ян*. *Ян* розуміють як бамбуковий килимок завдовжки приблизно 2 метри. Такий великий розмір вказує на те, що спостережуваним об'єктом була комета. Автори праці [20] припускають, що *Ян* – це старовинна одиниця довжини що дорівнює 9 *Чи* ($чи=1/3$ м). Тому вони роблять висновок, що кутові розміри спостережуваного об'єкта близько 4° або 5° . Такий великий розмір “зорі-гості” став одним з аргументів, що природа спостережуваного об'єкта – комета. Опоненти цієї думки зазначають, що для опису хвостів комет з 200 р. до н.е. використовували лише дві одиниці довжини: *Чи* ($\sim 1^\circ$) або *Чжанг* ($\sim 10^\circ$) [4]. Для порівняння в електронному варіанті [8] (http://www.chjaa.org/2006_6_5.htm) наведена таблиця з розмірами комет (з 22 до 218 р.н.е.), звідки бачимо, що їх розміри в середньому становлять десятки *Чжанг*. Інша концепція пояснення розміру “зорі-гості” висвітлена в [4, 8] і пов'язана з перекладом слова *Ян*. У монографії Стефенсона і Гріна показано, що *Ян* можна інтерпретувати як бамбуковий килимок, який застеляють на землю для сидіння. Такого ж висновку дійшов Чжао [8]. Розміри такого килимка змінюються від 60 до 100 см. У цьому випадку “половина *Ян*” не повинна перевищувати 30–50 см або 3–8 аркмініт. Висока яскравість “зорі-гості” (-7.0 ± 2 – -8.8 ± 2 [2]), а, також розташування дуже близько до горизонту [6], завдяки ефектам у атмосфері (заломлення, розсіяння), могли зумовити те, що розмір спостережуваного об'єкта міг становити 3–8 аркмініт.

Ще одна неузгодженість полягає в трактуванні року, коли “зоря-гостя” зникла з горизонту. Вона зумовлена інтерпретацією терміну *Гоу Ніан*. У [20] цей термін трактується як наступний рік. У цьому випадку спостережуваний об'єкт зник з горизонту в період з 2 липня по 2 серпня наступного 186 року. Інше, ширше тлумачення цього терміна знаходимо в [8], яке ґрунтується на докладному дослідженні астрономічних записів “*Хау Хан Шу*”. Ці дослідження узгоджуються з аналізом, проведеним у працях [6, 4], і

датують час зникнення “зорі-гості” в період з 24 липня по 23 серпня 187 р., що є аргументом на користь спостереження наднової.

Поява “зорі-гості” в “середині астеризми *Нанмен* (Південні ворота)”, внаслідок тлумачення слова *Нанмен*, або, що саме в Китаї розуміли під “Південними воротами”, також виявилась неоднозначною. *Нанмен*, або південні ворота – це лінія яка сполучає дві зорі в сузір’ї Кентавра. Питання полягає лише в тому, які це зорі. У працях [6, 4] показано, що імовірно астеризм “Південні ворота” – це лінія, яка по’єднує зорі α і β Кентавра. Іншої думки дотримуються *Чін* та *Гуань* [20], спираючись на більш пізні записи, які належать до часу династії *Тан* (618–907 р.н.е), а також на те, що з тодішньої столиці *Лоян* династії *Хан* астеризм між зорями α і β Кентавра не могли спостерігати. Вони надають перевагу парі зір α і ξ_2 . Проте дослідження більш ранніх джерел показало, що насправді астеризмом *Нанмен* вважали пару зір α і β Кентавра [8].

1.2. Ототожнення наднової 185 року з залишком

Ототожнення цієї наднової з відповідним залишком також було пов’язане з труднощами, оскільки в околі астеризми *Нанмен* (між зорями α і β Кентавра) спостерігається три залишки: G315.4-2.3 (RCW 86, MSH 14-63), G311.5-0.3, а також G320.4-1.2 (MSH 15-52, RCW 89) [4]. Розв’язати спірне питання, який саме залишок спостерігали, дає змогу уточнення, що “зорю-гостю” спостерігали в “середині астеризми”, а лише один із трьох залишків міститься в середині астеризми – залишок G315.4-2.3 (RCW 86, MSH 14-63) [4]. На рис. 2 зображено розташування наднової 185 року в сузір’ї Кентавра на час її спалаху.

Протягом чотирьох років (з 1958 до 1961 рік) наднову 185 р. асоціювали з радіоджерелом MSH 14-63, а в 1967 р. це радіоджерело ототожнили із залишком наднової [10].

Рентгенівське випромінювання, що відповідало джерелу MSH 14-63, вперше отримали в 1977 р. за допомогою місії “Аполло-Союз” [11]. Уже через рік рентгенівське випромінювання від цього залишку було отримане за допомогою супутника OSO-7, в діапазоні 2–10 кеВ [12]. Сьогодні цей залишок спостерігають рентгенівські обсерваторії Chandra, XMM-newton [13] та Suzaku [14]. Спектральний аналіз, проведений цими телескопами, показав великий рівень заліза у залишку, а тому спалах наднової відносять до типу Ia.

У 2009 р. опубліковано результати про спостереження залишку наднової RCW 86 у високоенергетичному гама-діапазоні за допомогою черенковського телескопа H.E.S.S [9].

Відстань до залишку, за різними оцінками, від 2.3 кпк [15] до 2.8 кпк [16], а його кутовий діаметр $\sim 40'$.

Особливістю цього залишку є те, що вибух відбувся в середовищі з низькою концентрацією. Це припущення було підтверджене в праці [17].

2. ІСТОРИЧНА НАДНОВА 1006 РОКУ ТА ЇЇ ЗАЛИШОК

Наднава, що спалахнула в 1006 році, була однією із найяскравіших наднових, які спостерігали в нашій Галактиці. Це зв’язано насамперед з тим, що вона знаходилась високо над площиною Галактики $\sim 15^\circ$, тому поглинання світла міжзоряним середовищем було малим. На відміну від наднової

185 р., цю наднову спостерігали в багатьох країнах Європи, Азії, а також Африки. Припускають, що її спостерігали в Америці. Але, як і про більшість історичних наднових, найбільше записів про спостереження цієї надрової зосереджені в Китаї та Японії.

2.1. Спостереження надрової в Китаї та Японії

Із 960 по 1279 рік у Китаї правила династія *Сун*, яка повстала після періоду правління П'яти династій і десяти королівств і була знищена силами монгольської держави у 1279 р. Час правління династії *Сун* поділяють на два періоди: *Північна Сун* (960–1127) і *Південна Сун* (1127–1279). Саме в період правління *Північної Сун* спалахнула наднова 1006 р. У рік спалаху надрової Китаєм правив третій імператор династії *Сун* – *Чжень-цзун* (997–1022).

Поява надрової зорі припала на складний час історії Китаю. У 1004 р. на імперію *Сун* напав її північний сусід, королівство *Ляо* (907–1125), і зупинився за 100 кілометрів від тодішньої столиці династії *Сун* – Бяньцзін (сучасний Кайфен). Через поразку у війні імператори династії *Сун* виплачували данину *Ляо*. Астрологи віщували зміни через появу яскравої зорі.

Про наднову пишуть в дев'яти джерелах. Найбільше згадок у *Сун-ші* (“Історія династії Сун”, 960–1279), а також *Сун-Гуяо* (“Важливі документи династії Сун”, 960–1220), *Сюй Чжяці Тон'ян Чан'біан* (“Довготривалий проект продовження всеосяжного дзеркала в якості допомоги уряду”, 960–1126) [23]. Зазначимо, що замість традиційного терміна, який використовували в китайській літературі для опису невідомих зоряно-подібних об'єктів *кехінг* (“зоря-гостя”), у цих манускриптах вживають термін *Чжоу-бо*. Вибір цього терміна зумовлений описом спостережуваних характеристик надрової, а саме, кольору та розміру. Так, *Чжоу-бо* можна перекласти як “велика зоря яскраво-жовтого кольору”. Проте він рідко застосовувався для опису спалахів наднових зір. Ми не цитуватимемо усі згадки через велику кількість джерел, а зупинимось лише на деяких (докладніше див. [4, 18, 19]). Так, у тексті *Сун-Гуяо* сказано:

Першого дня п'ятого місяця *Цинде*, періоду правління імператора *Чжень-цзун* (30 травня 1006 р.), директор астрономічного бюро прозвітував, що раніше, другого дня четвертого місяця (1 травня 1006 р.), на початку ночі помічено велику зорю. Вона була жовтого кольору і розташовувалася на сході *Кулоу* і на заході *Цігуан*. Її яскравість послідовно зростала. Це положення мало міру в 3 *ду* (градуси) в *Ді* ...

В іншому джерелі *Сун-ші* (розділ 56):

У день *у-інь*, четвертого місяця, третього року, *Цинде* періоду правління імператора *Чжень-цзун* (6 травня 1006 р.), помічено зорю *Чжоу-бо*. Вона спостерігалася на південь від *Ді* та один *ду* (градус) західніше *Цігуан*. За величиною вона була як половина місяця, а ділянка довкола неї яскраво світилась...

Поряд із китайськими манускриптами, важливе місце стосовно спостережень надрової 1006 р. посідають згадки в японських джерелах (близько

10 записів). На відміну від китайських джерел, у яких наднову описують як *Чжоу-бо*, в японських джерелах використовують більш звичний термін *кекінг*. Основним поміж цих джерел є *Мейгетсукі* (“Щоденник повного місяця”), написаний японським придворним поетом *Фудзіварою Садаї* (1162–1241) у 1230 р. В цьому документі міститься опис восьми “зір-гостей”, а саме: 648, 877, 891, 930, 1006, 1054, 1166 і 1181. Чотири з них ототожені з надновими – 930, 1006, 1054, 1181, а об’єкт 1166 р. ототожнений з кометою. Частину манускрипту, що стосується опису наднової 1006 р., можна перекласти так:

Другого дня (*гуію*), четвертого місяця, третього року, *Канко* періоду правління імператора *Ітідзьо* (1 травня 1006 р.), коли стемніло, в *Чічун* з’явилася велика “зоря-гостя”. Вона була подібна на Марс, яскрава та мерехтіла. У наступні ночі її було добре видно в південному напрямі. Дехто вважає, що це була зміна самої *Цічень Цзянцзюнь* (к Lur).

Манускрипти з китайських і японських джерел, які збереглися до нашого часу, дають змогу навіть оцінити її яскравість, місце розташування та період видимості на небосхилі. Час появи зорі-гості в Японії та Китаї припадає на одне число — 1 травня 1006 р. Яскравість наднової порівнюють із половиною місяця, що дозволяло бачити її не лише вночі, а й вдень (Китай), а також із яскравістю Марса (Японія). Цю наднову спостерігали досить великий відтинок часу. Є записи про її спостереження 9 жовтня 1009 р. На жаль, точної дати зникнення наднової не знайдено.

2.2. Спостереження наднової 1006 р. в арабських і європейських країнах

Поряд з китайськими та японськими згадками про спостереження наднової 1006 р., віднайдено невелику кількість записів у арабських та європейських країнах. Переважно вони малоінформативні. Це зумовлено, зокрема, тим, що в арабських країнах досліджували в основному рух місяця та планет, а на комети та наднові зорі звертали менше уваги. Зокрема є дані про спостереження наднової 1006 р. в Єгипті, Іраку, на північному заході Африки, Ємені, а також у європейських країнах — Швейцарії та Італії. Зупинимось лише на деяких з них (докладніше див. [4, 18, 19]).

Короткий опис появи наднової дав *ет аль-Фустат*, або *Алі ібн Рідван* з Єгипту в праці “Коментар до Тетрабіблос Птолемея”.

Зараз я опишу видовище, яке я бачив на початку мого навчання. Це видовище з’явилося в сузір’ї Скорпіона, протилежно до Сонця. В цей день Сонце було на висоті 15 градусів у Тільці, а видовище на 15 градусах у Скорпіоні. Цим видовищем було велике кругле тіло величиною 2.5 – 3 розміри Венери. Його яскравість була дещо більшою, ніж чверть Місяця. Воно залишалося нерухомим у своєму сузір’ї, рухаючись по небу, та раптово зникло, коли Сонце було з ним в секстилі в сузір’ї Діви.

На основі досліджень [4, 23] визначено час появи наднової. Він припав на 30 квітня 1006 р. А зникла вона приблизно 2 вересня (це зумовлено зменшенням її яскравості, а також розташуванням відносно Сонця).

Цю наднову спостерігали також на широтах українських Карпат, а саме, в монастирі св. Галени в Швейцарії. Але для цього спостерігач, який розповів про явище, мав перебувати високо в горах на висоті 2500 метрів [4, 19]. Власне поблизу монастиря є гора Сантіс висотою 2502 м.

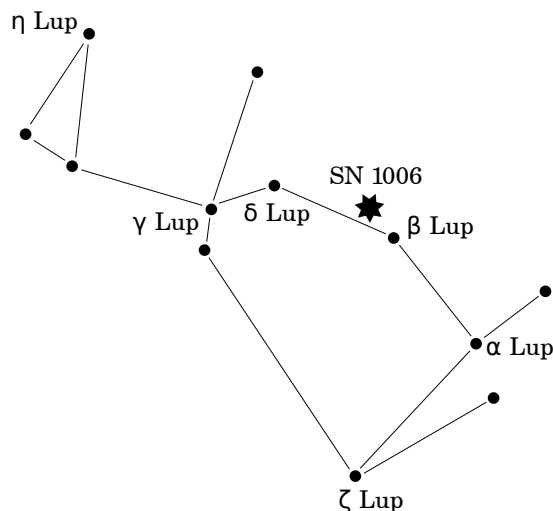


Рис. 3: Спалах надгової у 1006 році в сузір'ї Вовка.

2.3. Ототожнення надгової 1006 року з залишком

На рис. 3 показано місце спалаху надгової 1006 р. в сузір'ї Вовка. Значна кількість відомостей про спостереження спалаху надгової дало змогу ідентифікувати його з залишком надгової G327.6+14.6 [23].

У 1966 р., аналізуючи криву блиску отриману за допомогою історичних джерел, Р. Мінковський припустив, що спалах надгової 1006 р. є типу Ia [24].

Перші радіоспостереження ЗН 1006 були проведені за допомогою австралійського телескопа Паркс [25]. Перші радіокарти цього залишку з'явилися 1971 р. [26]. У статті відзначено поляризацію радіовипромінювання від залишку.

Спостереження ЗН 1006 в рентгенівському діапазоні здійснено телескопом OSO-7 у 1976 р. [27]. Перші зображення цього залишку отримані за допомогою рентгенівського телескопа Einstein. Залишок надгової 1006 р. став першим залишком надгової, де експериментально, за допомогою аналізу спектрів, отриманих телескопом ASCA, підтверджено домінування нетеплової компоненти над тепловою у рентгенівському спектрі випромінювання [28].

Сьогодні цей оболонко-подібний залишок інтенсивно досліджується у високоенергетичному гама-діапазоні за допомогою наземних черенковських телескопів CANGAROO, H.E.S.S. У 2010 р. отримана перша просторово-роздільна карта випромінювання цього залишку в високоенергетичному гама-діапазоні [29].

Віддаль до залишку оцінюється в 2.18 ± 0.08 кпс, а його кутовий діаметр $\sim 30'$ [30].

3. ІСТОРИЧНА НАДНОВА ТИХО БРАГЕ ТА ЇЇ ЗАЛИШОК

Наднова Тихо Браге вперше з'явилася на нічному небі на початку листопада 1572 р. До наших днів збереглися дані про спостереження цієї наднової в Китаї, Кореї та багатьох країнах Європи. Одним із європейських спостерігачів був відомий данський астроном Тихо Браге, який докладно її описав і провів систематичні спостереження положення поміж інших зір та зміни блиску “нової зорі”. Тому наднову 1572 року назвали на його честь.

3.1. Спостереження наднової в Китаї та Кореї

У текстах китайських літописів збереглося п'ять записів про появу “зорі-гості” в 1572 р. Чотири з них найімовірніше зроблені за спостереженнями в Пекіні, що тоді був столицею династії *Мінг* (детальніше див. [4, 18]).

Найбільш детально наднову описує трактат *Мінг Шензонг Шілу* (“Достовірні записи про правління імператора Мінг Шензонга”). Уперше її помітили 8 листопада 1572 р. поблизу сузір'я *Гедоо*. Спостерігачі стверджували, що її було видно перед заходом Сонця і навіть удень. Яскравість зорі поступово стала спадати лише першого року правління *Шензонга* (1573 р.). Зрештою, наприкінці квітня – на початку травня 1574 р. вона повністю зникла.

Астрономічний трактат із літопису *Мінгши* згадує про нову зорю у розділі Постійних зір, де вказано, що зоря-гостя знаходилася поблизу зорі *Цексінг*. Також про появу цієї зорі згадано у біографічному розділі цього ж літопису.

У Кореї поява зорі припала на період правління короля *Соньйо*. Серед корейських літописів збереглося лише два коротких повідомлення про “зорю-гостю”: у додатку до літопису *Соньйо Сіллок* (“Достовірні записи про правління короля *Соньйо*”) та в Офіційній Енциклопедії. Запис у *Соньйо Сіллок*:

5-й рік правління “Соньйо”, 10-й місяць, 1-й день [6 листопада 1572 р.]. “Зоря-гостя” з'явилася поряд з зорею *Цексінг*, вона була більшою за Венеру.

Ця коротка згадка містить важливу інформацію: по-перше, наднова в Кореї спостерігалася на два дні раніше, ніж у Китаї і, по-друге, підтверджується її розташування поряд із зорею *Цексінг*.

Отже, за результатами спостережень у Китаї та Кореї, можна зробити висновок про період видимості наднової 1572 р. та її орієнтовне положення на небесній сфері. На Далекому Сході її вперше помітили в Кореї, 6 листопада 1572 р., а через два дні – в Китаї. За яскравістю корейський літопис порівнює її з Венерою, в Китаї ж зорю-гостю було видно навіть удень.

І в китайських, і в корейських джерелах згадується, що “зоря-гостя” з'явилася біля *Цексінг*. На зоряному небі Далекого Сходу – *Цексінг* відображала “батіг *Ванг Лянга*” – давнього візничого. *Гедоо*, яке згадується у

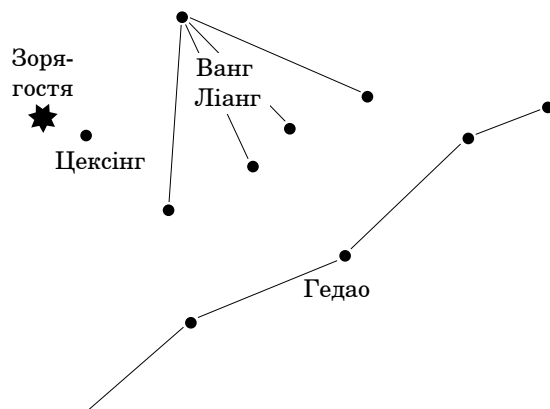


Рис. 4: Положення зорі-гості 1572 р. поміж східних сузір'їв.

Мінг Шензонг Шілу, є лінійним утворенням із зір, які належать до сузір'я Кассіопеї (рис. 4).

3.2. Спостереження в Європі

Відкриття нової зорі у Європі мало важливий космологічний аспект. Її поява поміж непорушними світилами руйнувала панівну на той час аристотелівську доктрину, яка полягала в тому, що всі зорі є непорушними і незмінними. Поява на небі нової зорі, яка не змінювала свого положення відносно інших зір, що підтвердили декілька незалежних спостерігачів, ставила під сумнів це твердження.

Як зазначав один зі спостерігачів наднової 1572 р. професор математики університету Валенсії Джером Муноз, 2 листопада 1572 р. її ще не було помітно на нічному небі. Ввечері того дня він проводив на вулиці публічну лекцію з астрономії, про що пише у своєму трактаті "Libro del puevo Cometa" (Муноз помилково вважав наднову кометою).

Можливо, першим серед європейців помітив нову зорю відомий математик з м. Мессіна (Сицилія) Франческо Мауроліко. 6 листопада він написав невеликий трактат "Роздуми про нову зорю, яка цього року появилася біля сузір'я Кассіопеї". Також Мауроліко додає список 15 зір 1-ї зоряної величини, видимих у Середземномор'ї, та зазначає, що нова зоря перевищує яскравість кожної на зоряну величину. Також він виміряв її нахил – 62° .

З-поміж численних європейських спостерігачів наднової 1572 р. найбільший внесок у її дослідження належить данському астроному Тихо Браге.

Через сильну хмарність Браге помітив наднову лише 11 листопада. Тоді від перебував у аббатстві Херривад, Сканія (сучасна територія Швеції). Увечері того дня, повертаючись після роботи у алхімічній лабораторії на вечерю, він помітив на небі надзвичайно яскраву зорю в сузір'ї Кассіопеї [31]. Незадовго до цього Браге виготовив новий секстант, цим інструментом він і вимірював відстані від нової зорі до головних зір сузір'я Кассіопеї. Разом з трьома основними зорями Кассіопеї – α , β та γ Cas – нова зоря

утворювала паралелограм [31] і перебувала на відстані 1.5° від κ Cas. Щоб визначити паралакс зорі, Браге проводив ці виміри час від часу протягом ночі. На рис. 5 показано розташування нової зорі щодо головних зір у сузір'ї Кассіопеї [4].

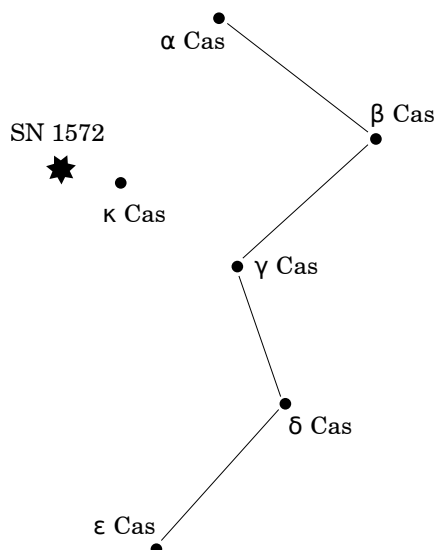


Рис. 5: Наднова Тихо Браге (1572 р.) в околі сузір'я Кассіопеї.

Тихо Браге спостерігав нову зорю за допомогою секстанта протягом зими 1572–1573 рр. За цей період її яскравість помітно зменшилася. Коли астроном уперше помітив нову зорю, вона була така ж яскрава, як і Венера, в грудні її яскравість зменшилася до яскравості Юпітера, в січні трохи перевищувала яскравість зорі першої величини, а в лютому-березні стала такою ж. У квітні та травні вона мала другу зоряну величину, а влітку – вже третю, при цьому зрівнявшись за яскравістю з головними зорями Кассіопеї. Восени її яскравість продовжувала зменшуватися так, що в листопаді 1573 р. вона зрівнялася з κ Cas. У лютому 1574 р. її яскравість впала до 6-ї величини, і, зрештою, в березні вона стала невидимою для неозброєного ока.

У 1573 р. в Копенгагені Браге видав книгу “De Nova Stella”, в якій описав своє відкриття, показав, що нова зоря належить до “сфери непорушних зір”, бо інакше мала б видимий добовий паралакс, а також зауважив про можливе астрологічне значення її появи.

У книзі “Astronomiae Instauratae Progymnasmata” (1602), данський астроном значну частину відвів новій зорі 1572 р. Там, крім власних спостережень, Браге подав детальний аналіз результатів спостережень інших спостерігачів, які свого часу публікували трактати про цей небесний феномен. Тихо Браге аргументував приналежність нової зорі до “сфери непорушних зір”, висунув припущення про її природу, розміри та віддаль до Землі.

Наднову спостерігали також у Англії, зокрема математик та астроном Томасом Діггес та його вчитель Джон Ді. У 1573 р. Діггес опублікував книгу “Alae seu scalae mathematicae”, в якій містилися результати його вимірів положення нової зорі поміж інших зір, а також тригонометричні

теореми для визначення паралакса. Того ж 1573 р. Джон Ді видав книгу "Parallacticae commentationis praxosque", де описав тригонометричні методи визначення віддалі до нової зорі. Діггес навів досить точні вимірювання кутових відстаней від нової зорі до сусідніх зір. Ці спостереження добре узгоджувалися з результатами Тихо Браге.

Ді та Діггес розробили теорію появи нової зорі, згідно з якою зменшення яскравості зорі з часом було спричинене тим фактом, що вона рухалася по прямій в напрямі від Землі. Діггес навіть вдосконалив цю теорію, і будучи прихильником поглядів Коперника, вважав зміну яскравості нової зорі наслідком руху Землі навколо Сонця.

У Чехії наднову спостерігав учитель Йогана Кеплера Міхаель Местлін. Навіть за відсутності астрономічних інструментів йому вдалося досить точно визначити положення нової зорі – Местлін вибирав 4 зорі таким чином, щоб наднова опинилася в точці перетину двох прямих, проведених через ці зорі.

З огляду на нахил надрової Тихо (62 градуси), її можна було спостерігати на всій території України з моменту її першої появи.

3.3. Ототожнення з залишком

До 30-х років ХХ ст. наднову Тихо вважали звичайною новою зорею. У 1938 р. Вальтер Бааде на основі спектральних спостережень ділянки неба в околі її місця появи, показав, що нова зоря, яка спостерігалась у 1572 р., була надровою [32]. Аналіз кривої блиску, відтворений на основі спостережень Тихо Браге, дав змогу віднести наднову до типу Ia з максимумом видимої зоряної величини -4.0^m . Проте Бааде не зміг детектувати слідів випромінювання від її залишку.

Це вдалося зробити лише з новим п'ятим телескопом Паломар у 1959 р, який виявив слабкі волоконноподібні утворення в околі місця появи надрової. Вперше ж залишок цієї надрової був детектований у радіодіапазоні, у 1952 р. 76-метровим телескопом Jodrell Bank (Англія) на частоті 158.5 МГц [34]. У 1957 р. залишок спостерігали на довжині хвилі 1.9 м [35], а 1959 р. в результаті 3-го кембриджського огляду неба, залишок занесений до каталогу радіоджерел як 3С10 [36]. Його перша карта у радіодіапазоні отримана 1967 р. за допомогою спостережень у Кембриджі. Залишок виявив досить правильну оболонкоподібну структуру з відхиленням від однорідності у східній частині [37]. Така ж морфологія спостерігається і в інших діапазонах [38]. 1967 р. залишок надрової Тихо ототожнений із рентгенівським джерелом рентгенівською обсерваторією Uhuru [39]. Сьогодні залишок активно спостерігається космічними телескопами Chandra та ХММ.

Залишок спостерігається в усіх діапазонах електромагнітного спектра, зокрема й у гама-променях надвисоких енергій. Карта залишку в цьому діапазоні отримана наземним гама-телескопом VERITAS [40]. Також він був ідентифікований телескопом Fermi [41]. Віддаль до залишку оцінюється в 2.5–3 кпк, а його кутовий діаметр $\sim 8'$ [42].

4. НАДНОВА ЙОГАННА КЕПЛЕРА

Наднова 1604 р. вперше спостерігалася 9 жовтня в Європі й на один день раніше в Китаї. З-поміж її численних спостерігачів найбільший внесок у її дослідження зробив Йоганн Кеплер. Тому, як і у випадку наднової Тихо Браге, наднову 1604 р. ще називають надною Кеплера. Цю наднову було видно на небі протягом року, що підтверджують регулярні спостереження європейських, китайських і корейських астрономів [4, 6, 18]. Дані про спостереження в Японії та арабських країнах відсутні, як і для наднової Тихо Браге.

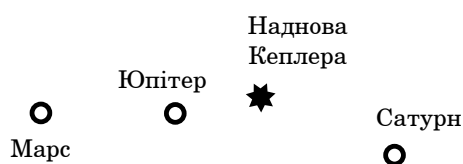


Рис. 6: Положення наднової Кеплера поміж планет на момент її спалаху [4].

Наднова з'явилася на відстані 3° від сполучення Марса і Юпітера та поблизу Сатурна (рис. 6). Вона досягла максимуму свого в середині жовтня, і протягом року її яскравість поступово зменшувалася, поки вона не зникла з поля зору.

4.1. Спостереження в Китаї та Кореї

У Китаї наднова зоря з'явилася в період правління *Шензонга*, який у китайських літописах відомий як *Ванлі*. Дані про спостереження цієї наднової є в двох джерелах: *Мінг Шензонг Шілу* та *Мінгши*. Запис у *Мінгши* зроблений у астрономічному трактаті в розділі “зір-гостей” (докладніше див. [4, 18]).

У *Мінг Шензонг Шілу* знайдено три записи, які стосуються появи нової зорі. В одному з них є згадка про її першу появу – 10 жовтня 1604 р. – вона була оранжевою, завбільшки як арбалетна кулька. Наступний запис стосується її спостережень 3 лютого 1605 р. У третьому ж вказано, що востаннє “зорю-гостю” було видно на небі 7 жовтня 1605 р., й спостереження наступних місяців її не виявили.

Запис у *Мінгши* базується на літописі *Мінг Шензонг Шілу* і об'єднує всі три записи з нього.

Наднову 1604 р. в Кореї вперше помітили 16 жовтня. Придворні астрономи короля *Соньйо* проводили систематичні спостереження за нею (майже щоденно протягом перших шести місяців). Основні записи про її появу знайдено у трактаті “*Соньйо Сіллок*”. Там, починаючи з 13 жовтня, описано близько 100 окремих спостережень “зорі-гості”. Дані спостережень чітко вказують на її фіксоване положення поміж інших зір. За ними можна прослідкувати за зміною блиску зорі протягом періоду спостережень. Останні дані про її спостереження датуються 5 квітня 1605 р. Корейські літописи дають змогу оцінити приблизне положення наднової на небі: зоря з'явилася на півночі від зорі *Тіанянг*, яка тепер ідентифікована як θ Зміносця.

4.2. Спостереження в Європі

У Європі поява наднової 1604 р. викликала великий інтерес, – адже минуло лише 32 роки від спостережень аналогічного небесного об’єкта астрономом Тихо Браге. Найважливішим є дослідження наднової Йоганна Кеплера, акумульоване в книзі “De Stella Nova in Pede Serpentari”, виданій 1606 р. в Празі. Суттєвим аспектом європейських спостережень є точне вимірювання положення наднової поміж інших зір та зміни її блиску за 12 місяців спостережень.

Уперше в Європі наднову 1604 р. спостерігали в Італії. 9 жовтня один із перших спостерігачів Іларіо Альбателлі з Верони порівняв яскравість зорі з Юпітером та зазначив, що та мала оранжевий колір [4]. Починаючи з 10 жовтня, щораз більше європейських астрономів з Італії, Чехії, Німеччини фіксували появу нової зорі.

На рис. 7 зображено розташування наднової відносно зір у сузір’ї Змієносця. Про появу нової зорі Кеплер довідався від празького метеоролога Бруновського, якому 10 жовтня вдалося розгледіти її поміж хмарами. Кеплер, через хмарну погоду в Празі, вперше помітив її лише 17 жовтня. Коли випогодилося, Кеплер за допомогою секстанта почав вимірювати віддалі до планет і сусідніх зір. Кеплер мав на меті з’ясувати, чи нова зоря розташована поміж інших непорушних зір, як це свого часу Тихо Браге показав для наднової 1572 р. Відповідь на це питання була позитивною – нова зоря належала до “восьмої сфери” непорушних зір.

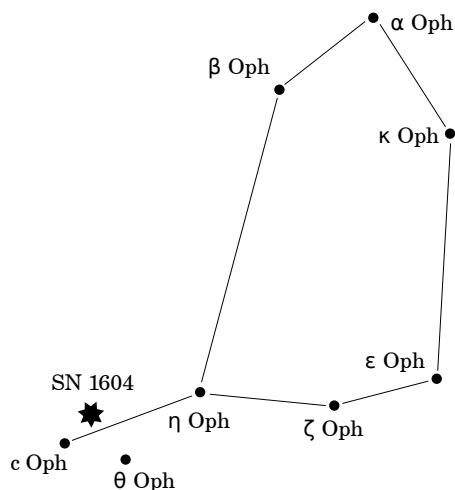


Рис. 7: Наднова 1604 року в сузір’ї Змієносця.

З-поміж інших спостерігачів найточніші виміри виконав Девід Фабрицій з Остеля. Кеплер включив його дані до Stella Nova.

Багато європейських спостерігачів проводили спостереження наднової 1604 р. в період зростання блиску, який тривав від моменту її першої появи і до 17 жовтня 1604 р. [33]. Зокрема, Кеплер зазначав, що вона вдвічі перевищувала за яскравістю Юпітер, зберігаючи свій блиск до кінця місяця. Він продовжував спостереження аж до 16 листопада того ж року, поки зоря залишалася видимою. Після з’єднання з Сонцем, зоря з’явилася на

нічному небі 3 січня 1605 р. зі значно меншим блиском. Кеплер описав її як “яскравішу за Антарес, але слабшу за Арктур”. Далі він систематично фіксував зміну яскравості зорі аж до часу, коли вона зникла з поля зору – через рік після її появи – 8 жовтня 1605 р.

Результати вимірювання положення наднової Кеплера поміж інших зір свідчать про те, що її також було видно й на території України.

4.3. Ототожнення наднової з залишком

На основі досить точних даних спостережень Йоганна Кеплера та Девіда Фабриція у 1943 р. Бааде вдалося ідентифікувати на місці її появи слід туманності за допомогою 100-дюймового телескопа обсерваторії Маунт Вільсон. При цьому похибка між наявними та спостережуваними координатами становить не більше 30 секунд дуги, що свідчить про високу точність вимірювань, виконаних Кеплером і Фабрицієм. Крім цього, Бааде відтворив криву блиску наднової, показавши, що вибух належить до типу Ia [33].

У радіодіапазоні залишок був ідентифікований 1957 р. [35] і пізніше занесений до каталогу як 3C358. Першу карту в радіодіапазоні отримано пізніше, у 1975 р., поєднанням даних спостережень двох радіотелескопів [43]. Залишок наднової має оболонкоподібну структуру з максимумом світності в північній частині і досить значними відхиленнями від сферичної форми.

У рентгенівському діапазоні залишок уперше детектований 1977 р. [44]. Спостереження у рентгенівському діапазоні виявили морфологію об'єкта подібну до радіокарт.

У 2008 р. опубліковано працю, в якій оцінено обмеження на верхній потік високоенергетичного гама-випромінювання телескопом H.E.S.S [45]. Віддаль до залишку оцінюється від 3.3 [46] до 6 кпк [47], а його кутовий діаметр $\sim 4'$.

ВИСНОВКИ

Спалахи наднових зір, а також їх залишки є основними об'єктами для дослідження в космології, астрофізиці нейтрино, та у астрофізиці високих енергій. У статті подано огляд спостережень спалахів наднових типу Ia в історичних джерелах, починаючи з наднової, що спалахнула 185 р. і закінчуючи спалахом у 1604 р. Спостереження наднових проведені у багатьох країнах Європи, Азії, Африки дають змогу оцінити їх яскравість і час, протягом якого наднові залишалися видимими для людського ока. Такі дані використано для оцінки кривих блиску наднових, а також енергії їх вибуху.

Література

- [1] *Soler F. J. P., Froggatt C. D., Muheim F.* Neutrinos in Particle Physics, Astrophysics and Cosmology. – New York; London: CRS Press, 2009. 386 p.
- [2] *Schaefer B. E.* ApJ. 1996. **459**. 438–454.
- [3] *Gonzalez H. et. al.* Nature. 2012. **489**. 533–536.

- [4] *Stephenson F. R., Green D. A.* Historical Supernovae and their Remnants. – New York; Oxford: Clarendon Press, 2002. 266 p.
- [5] *Wang Zh.* Proceedings International Astronomical Union “Supernovae and Supernova Remnants”. 1996. 232 p.
- [6] *Clark D. H., Stephenson F. R.* The Historical Supernovae. – Oxford: Pergamon Press, 1977.
- [7] http://www-cr.scphys.kyoto-u.ac.jp/conference/suzaku2006/toppage_fig/SN1006.html
- [8] *Zhao Fu-Yuan, Strom R. G., Jiang Shi-Yang, Chin. J.* Chinese J. Astron. Astrophys. 2006. **6**. 635–640.
- [9] *Aharonian F. et al.* ApJ. **692**. 2009. 1500–1505.
- [10] *Hill E. R.* Austr. J. Phys. 1967. **20**. 297–307.
- [11] *Naranans S., Shuman S., Yentis D., Fritz S. and Friedman H.* ApJ. Lett. 1977. **213**. L53–L56.
- [12] *Winkler P. F.* ApJ. **221**. 1978. 220–224.
- [13] *Vink et al.* ApJ. 2006. **648**. L33–L37.
- [14] *Ueno et al.* PASJ. 2007. **59**. 171–176.
- [15] *Sollerman J., Ghavamian P., Lundqvist P., Smith R. C.* Astron. Astrophys. 2003. **407**. 249–257.
- [16] *Rosado M., Ambrocio-Cruz P., Le Coarer E., Marcelin M.* Astron. Astrophys. 1996. **315**. 243–252.
- [17] *Williams B. J. et al.* ApJ. 2011. **741**, 96–111.
- [18] *Green D. A., Stephenson F. R.* Supernovae and Gamma-Ray Bursters. – Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag, 2003. 7–19 p.
- [19] *Stephenson F.R., Clark D.H., Crawford D.F.* MNRAS. 1977. **180**. 567–548.
- [20] *Chin Y. N., Huang Y. L.* Nature. 1994. **371**. 398–399.
- [21] *Schaefer B. E.* Astronomical J. 1995. **110**. 1793–1795.
- [22] *Williams J.* Observation of Comets, from B.C. 611 to A.D. 1640. – London, 1871. 220 p.
- [23] *Stephenson F. R.* A& G. 2010. **51** 5.27.
- [24] *Minkowski R.* Astronomical J. 1966. **71**. 371–372.
- [25] *Bolton J. G., Stanley G. J.* Austr. J. Scient. Res. A. 1964. **2**. 139–148.

- [26] *Milne D. K.* Aust. J. Phys. 1971. **24**. 757–767.
- [27] *Winkler P. F., Laird F. N.* ApJ. 1976. **204**. L111–L114.
- [28] *Koyama K. et al.* Nature. 1995. **378**. 255–258.
- [29] *Acero F. et al.* Astron. Astrophys. 2010. **516**. A62. 7 pp.
- [30] *Winkler P. F., Gupta G., Long K. S.* ApJ. 2003. **585**. 324–335.
- [31] *Dreyer J.L.E.* Tycho Brahe: A Picture Of The Scientific Life And Work In The Sixteenth Century. – Edinburgh: Adam and Charles Black, 1890. 210 p.
- [32] *Baade W.* ApJ. 1938. **88**. 285–304.
- [33] *Baade W.* ApJ. 1945. **102**. 309–318.
- [34] *Hanbury B. R., Hazard C.* Nature. 1952. **170**. 364–365.
- [35] *Baldwin J. E., Edge D. O.* Obs. 1957. **77**. 139–143.
- [36] *Minkowski R.* IAUS. 1959. **9**. 315–322.
- [37] *Baldwin J. E.* IAUS. 1967. **31**. 337–354.
- [38] *Cassam-Chenai G. et al.* ApJ. 2007. **665**. 315–340.
- [39] *Giacconi R. et al.* ApJ. 1972. **178**. 281–308.
- [40] *Acciari V. A. et al.* ApJ. 2011. **730**. L20. 6 pp.
- [41] *Giordano F. et al.* ApJL. 2012. **744**. L2. 5 pp.
- [42] *Tian W. W., Leahy D. A.* ApJ. 2011. **729**. L15. 6 pp.
- [43] *Gull S. F.* MNRAS. 1975. **171**. 237–242.
- [44] *Bunner A. N.* BAAS. 1979. **11**. 461B.
- [45] *Aharonian F. et al.* Astron. Astrophys. 2008. **488**. 219–223.
- [46] *Katsuda S., Tsunemi H., Uchida H., Kimura M.* ApJ. 2008. **689**. 225–230.
- [47] *Chiotellis A., Schure K. M., Vink J.* Astron. Astrophys. 2012. **537**. 139. 12 pp.

**THE HISTORICAL SUPERNOVAE OF Ia TYPE
AND THEIR REMNANTS**

*Vasyl BESHLEY*¹, *Taras KUZYO*²

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
of the NAS, 3-b Naukova Str., L'viv, Ukraine

² Ivan Franko National University of L'viv, 8 Kyrylo and Mefodiy Str., L'viv,
Ukraine

The historical records of the last two millennia testify to supernova explosions in our Galaxy. The very accurate observations in Asia, Africa and Europe have permitted to identify six supernovae with their remnants. There are four types of Ia supernova explosions (185, 1006 years, Tycho (1572) and Kepler (1604)) that were observed during the last two millennia. The survey presents the historical sources that have got information on the type Ia supernova explosions and the nowadays observation of their remnants.