

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОСМІЧНИХ ПРОМЕНІВ: ІСТОРІЯ ТА СУЧАСНІСТЬ

**Тетяна Куценко** – студентка 1 року навчання СВО магістра НПУ ім. М. П. Драгоманова

*У статті проаналізовано історію дослідження космічних променів. З'ясовано особливості розвитку космонавтики. Визначено послідовність дослідження космічних явищ.*

**Ключові слова:** Всесвіт, космос, космічні промені, Сонячна система, Галактика.

Космонавтика - це наука про підкорення та пізнання людиною космосу та космічних об'єктів. За відносно короткий термін вона стала одним з основних аспектів сучасного світового процесу, прискорюючи розвиток електроніки, машинобудування, енергетики, обчислювальної техніки та інших галузей світового господарства.

У науковій перспективі людство намагається віднайти відповіді на певні широко поширені запитання, як структура та еволюція Всесвіту, утворення Сонячної системи, виникнення та розвиток життя на планеті за допомогою дослідження космічних явищ. Починаючи з припущень про природу планет і структуру космосу, люди перейшли до деталізованого і прямого дослідження небесних тіл і міжпланетної безмежності, використовуючи авіаційну та ракетно - космічну техніку.

Понад століття астрономи беруть активну участь в дослідженні такого явища як космічні промені, які подорожують до Землі з надзвичайно великою швидкістю із глибин космосу [1].

Космічні промені — це потоки елементарно заряджених частинок високих енергій з космічного простору, які безперервно "бомбардують" Землю (рис. 1). Майже 90% загального числа частинок належить протонам, 9% займають ядра гелію та близько 1% - вміст електронів [2]. Вони були відкриті в 1912 році австрійським фізиком Віктором Гессом за допомогою йонізаційної камери, піднятої на повітряній кулі на висоту понад 5 кілометрів. Швидкість розрядки електрометрів, приладів для вимірювання швидкості випуску йонів в замкненому просторі, виявилася в чотири рази більшою, ніж на поверхні. Так як дослід відбувся під час затемнення Сонця без додаткових джерел випромінювання, то Гесс дійшов до думки про наявність в космосі променів з великою йонізаційною здатністю. За дане відкриття Віктор Гесс у 1936 одержав Нобелівську премію з галузі фізики. У 1913 – 1914 рр. Вернер Колхорстер підтвердив результати досліджень Віктора Гесса, визначивши збільшену швидкість ентальпії йонізації на висоті близько 9 км.



Рис.1. Космічні промені

Позначення "промені" в назві явища не варто тлумачити однозначно, так як частинки входять в атмосферу Землі нарізно, а не у вигляді напрямленої однорідної

сукупності частинок чи променя. Дана назва походить ще з часів виявлення явища і слугує більше пам'яткою історії, ніж відтворення самої події. Термін вперше був застосований у 1920 році американським фізиком Робертом Міллікеном, який виконав вимірювання йонізації за допомогою космічних променів навколо всього світу. Науковець дотримувався думки, що його дослідження підтверджують той факт, що первинні космічні промені – це енергетичні фотони. Міллікен висунув судження, яке свідчило б, що вони виникають у міжзоряній неосяжності, як побічні продукти синтезу атомів водню у більш важкі елементи, а вторинні електрони утворюються в атмосфері внаслідок розсіювання Комптона та гамма - променів. У 1927 році Джейкоб Клей, минаючи шлях з Яви до Нідерландів, знайшов докази зростання інтенсивності космічних променів від тропіків до середніх широт, що означало той факт, що первинні космічні промені відхиляються геомагнітним полем і через це повинні бути зарядженими частинками, а не фотонами.

У 1934 році Бааде та Цвіккі висунули ідею наднових зір в якості джерел космічних променів. Дана гіпотеза доповнювалась розрахунками з наближеними даними. У результаті, потік виходив від  $0.8 \times 10^{-3}$  ерг/(см<sup>2</sup>с) до  $8 \times 10^{-3}$  ерг/(см<sup>2</sup>с), при цьому результати спостереження були наближено  $3.3 \times 10^{-3}$  ерг/(см<sup>2</sup>с). Це були показники, що задовольняли в загальному, проте жодних наступних теоретичних підтверджень протягом наступних 80 років вони не отримали [3].

Вперше дослідження частинки космічного проміння, енергія якої перевищує  $1,0 \times 10^{20}$  еВ (16 Дж) виконали Джон Лінслі та Лівіо Скарсі під час експерименту у 1962 році. Після цього були виявлені частки космічного випромінювання з вищими енергіями. Поряд з ними була частинка під назвою «О – мій - Бог», яку помітили ввечері 15 жовтня 1991 року протягом експерименту під назвою «Fly's Eye». Результати спостереження були несподіваними для астрофізиків, які описали її енергію близько  $3,2 \times 10^{20}$  еВ (50 Дж). З моменту першого дослідження детектором космічних променів "Fly's Eye" було зафіксовано принаймні п'ятнадцять аналогічних подій, що підтверджують це явище. Зазначимо, що частинки космічних променів з відносно високою енергією можна помітити доволі рідко, зазвичай енергія частинок космічного проміння варіює від 10 МеВ до 10 ГеВ.

У 2004 році Жакко Вінко вперше здійснив спосіб прискорення космічних частинок в ударній хвилі, який отримав назву "прискорення на фронті ударної хвилі". За даним прийомом експерименту протони поширюються на магнітних полях, що спричиняє зміну фронтів ударних хвиль. Внаслідок хаотичних напрямів і напруженості магнітного поля кут розсіювання значно змінний у часі, що заподіює прискорення протона при розсіюванні у магнітному полі внутрішнього ударного фронту. На зовнішньому фронті хвилі задля повторного прискорення на внутрішньому фронті його можна розсіяти назад. Внаслідок цього заряджені частинки можуть бути наближено прискорені до енергій космічних променів. Дотепер даний механізм застосовують як провідний при поясненні виникнення космічних променів у наднових.

У 2009 році на основі досліджень за допомогою телескопа група вчених під керівництвом Евеліни Хелдер створила модель прискорення частинок внаслідок вибухів наднових, яка була побудована на дослідженнях за залишком наднової RCW 86. У 185 році н. е. зоря спалахнула на відстані близько 8200 світлових років. Науковці вимірювали температуру та швидкість переміщення газу за ударною хвилею, яка виникла внаслідок вибуху зірки. Було досліджено, що газ при 30 мільйонів К рухався повільніше, ніж очікувалось, врахувавши швидкість ударної хвилі. Науковці дійшли до думки, що замість нагрівання газу, певна кількість енергії наднової частинки спрямовувалася на пришвидшення частинок до релятивістських швидкостей. У 2013 році обробка відомостей за допомогою телескопу Фермі підтвердила, що певна кількість енергії застосовується для розгону частинок.

Вважалося, що активним джерелом космічних променів є Сонце та нейтронні зорі. Нещодавно колаборація Pierre Auger Collaboration дослідила, що джерело космічних променів розташовано за межами Галактики. Автори вказують на той факт, що вивчення прибування космічних променів за напрямком дозволить більше дізнатись про їх походження. Космічні промені становлять ядра атомів хімічних елементів від водню до заліза. Ці частинки рухаються з подібними швидкостями до швидкості поширення світла, і як наслідок мають велику енергію. При досягненні верхніх шарів атмосфери планети енергія переходить до атомів атмосферних газів, ядра яких формують каскади більш низько енергетичних частинок, що реєструються наземними детекторами.

Серед інших джерел космічних променів пропонують також нейтронні зорі. У молодих нейтронних зорях, що мають період обертання  $< 10$  мс діють магнітогідродинамічні сили, які прискорюють ядра заліза до швидкостей, подібних до космічних променів надвисоких енергій. Така нейтронна зоря класифікується як магнітар. Утворене магнітне поле є найпотужнішим у досліджуваному Всесвіті і створює релятивістський зоряний вітер, який, як вважається, прискорює ядра заліза до необхідної енергії. У 2019 році дані припущення підтвердились спостереженням космічних променів, які мають енергію  $> 100$  TeV у Крабоподібній туманності, де знаходиться молодий пульсар з періодом обертання 33 мс.

Дотепер тема дослідження космічних променів залишається актуальною. Існує безліч проектів, які спрямовані на дослідження даного явища, в яких беруть участь астрофізики з різних країн. Серед найбільш стратегічних можна виділити орбітальну обсерваторію Американського космічного агентства NASA – GLAST (Gamma - ray Large Area Space Telescope), яка розпочала свій проект над дослідженням космічних променів у 2008 році. Для дослідів використовується пристрій, призначений для спостереження за Сонцем, SOHO (Solar and Heliospheric Observatory - “Сонячна та Геліосферична обсерваторія”) – космічний апарат для спостереження за Сонцем (рис. 2), який було запущено 2 грудня 1995 року і який приступив до роботи у травні 1996 року, дослідницький космічний апарат для вивчення фізики кордонів Сонячної системи IBEX (Interstellar Boundary Explorer – “Дослідник міжзоряних кордонів”), який запустили з борту літака над Тихим океаном за допомогою ракеті - носія Pegasus, PAMELA (Payload for Antimatter Matter Exploration and Light - nuclei Astrophysics “Навантаження з дослідження антиматерії і астрофізики легких ядер”), що брав участь у багатьох експериментах космічних променів на базі супутників [4].



Рис. 2. Solar and Heliospheric Observatory - “Сонячна та Геліосферична обсерваторія”

Вивченню походження космічних променів приділяється багато уваги, адже науковці впевнені, що це допоможе дослідити походження Всесвіту, Галактики та людства.

### Список використаних джерел:

1. Визначні відкриття та космічні місії в світі астрономії у 2018 році. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nashenebo.in.ua/nauka/vyznachni-vidkryttia-ta-kosmichni-misii-v-sviti-astronomii-u-2018-rotsi>
2. Космічні промені. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: – <https://sites.google.com/site/sonacnasistema1111/kosmicni-promeni>
3. Коваль А. Д. Космос: далекий и близкий / А. Д. Коваль, В. П. Сенкевич. – Москва: Лениздат, 1977 р. – 382 с.
4. Космічні промені. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>

### COSMIC RAY RESEARCH: HISTORY AND MODERNITY

**Tatiana Kutsenko** – 1nd year student of master's program NPDU

*The article analyzes the history of the study of cosmic rays. The features of the development of astronautics are clarified. The sequence of research into cosmic phenomena is determined.*

**Key words:** Universe, space, cosmic rays, Solar system, Galaxy.

### МУЗИКА КОСМОСУ

**Дар'я Кордонська** – учениця 9 класу НВК №30, гуртківець Вінницького ОЦТТУМ

*В роботі розповідається про: космічні явища – звуки космосу, історію їх вивчення та останні дослідження. Розглянуто питання значення дослідження та застосування цих явищ. Розповіла про те як звучать об'єкти Сонячної системи.*

**Ключові слова:** звук, звукозапис, звуки космосу, музика планет, магнітосфера, зловісний шум, марсотрясіння.



*Що таке звуки космосу?* Звук — коливальний рух частинок пружного середовища, що поширюється у вигляді хвиль у газі, рідині чи твердому тілі [1].

Багато людей вважає, що в космосі нічого не чути, тому що космос це вакуум, а наші органи слуху сприймають коливання повітря. Ми здатні чути лише звуки діапазоном від 20 до 20 000 Герц.

Рис. 1. Брижі міжзіркового газу

Це не зовсім так. Всі космічні об'єкти в певній мірі випромінюють енергію і створюють звукові хвилі, які не сприймають наші вуха. У космосі існує ще й інфразвук нижче 20 Герц, він походить від електромагнітних хвиль, які можна вловити антеною, посилити та передати на динамік.

Є багато доказів існування космічних звуків. Один з них це брижі міжзіркового газу, утворені звуковими хвилями надмасивної чорної діри.

Знімок зробив космічний рентген-телескоп Chandra запущений NASA. Астрофізики кажуть, що брижі на фото – сліди наднизькочастотних звукових хвиль. Гарячий, намагнічений газ, обертаючись навколо чорної діри, створює потужне електромагнітне поле. Воно випромінює величезні струмені енергії, які й утворюють глибокі космічні звукові хвилі [2].

